

548  
Анри Бергсон

Дар  
СУВОРОВА С.Г.  
Заместителя  
главного редактора журнала  
«Успехи физики»

# ДЛИТЕЛЬНОСТЬ И ОДНОВРЕМЕННОСТЬ

(ПО ПОВОДУ ТЕОРИИ ЭЙНШТЕЙНА)

Перевод с французского

А. А. Франковского.

АКАДЕМІА

ПЕТЕРБУРГ

1923

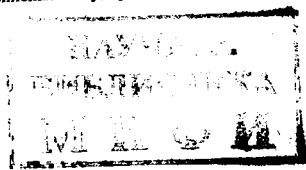
530.72

Всего - 1 экз  
КНХР - 1 экз

Всего - 1 экз  
КНХР - 1 экз 772087

Петрооблит. № 2615. — 2.000 экз.

Российская Государственная Академическая Типография.



## Предисловие

Несколько слов касательно происхождения этого труда объяснят его цель. Я задумал его в своих личных интересах. Мне хотелось знать, в какой мере моя концепция длительности может быть согласована с взглядами Эйнштейна на время. Мое восхищение этим физиком, убеждение, что он даст нам не только новую физику, но также некоторые новые приемы мышления, идея, что наука и философия суть дисциплины различные, но созданные для взаимного дополнения, — все это внушило мне желание и даже вменило в обязанность произвести тщательное сравнение. Но мне тотчас стало ясно, что моя попытка представляет более широкий интерес. В самом деле, моя концепция длительности была результатом прямого и непосредственного опыта. Хотя она не влекла за собой в качестве необходимого следствия гипотезу универсального времени, однако, очень естественно гармонировала с этой гипотезой. Таким образом, я собрался сопоставить с теорией Эйнштейна почти что общепринятые представления. Тогда на первый план выступила та сторона этой теории, которая особенно задевала ходячие взгляды: мне пришлось сосредоточиться на „парадоксах“ теории относительности, на различных „временах“, протекающих с большей или меньшей скоростью, на одновременности, становящейся последовательностью, и последовательности, становящейся одновременностью, в зависимости от изменения точки зрения. Этим положениям свойствен точно определенный физический смысл: они содержат то, что было прочитано гениальной интуицией Эйнштейна в уравнениях Лоренца. Но каково их философское значение? Чтобы выяснить его, я взял один за другим все термины формул Лоренца и стал искать, какой конкретной реальности, какой воспринимаемой или могущей быть воспринятой вещи соответствуют они. Это исследование привело меня к довольно неожиданному результату. Положения Эйнштейна оказались не только не противоречащими обычной вере людей в единое универсальное время, но они утверждали ее, они сообщили ей что-то в роде доказательства. Они кажутся парадоксальными просто вследствие их непонимания. Они запутаны, конечно, не у самого Эйнштейна и не у физиков, которые применяют его

метод чисто физически, а у тех, кто пытается превратить физику Эйнштейна, как таковую, в философию. В уме таких людей существуют и сливаются вместе две различные концепции относительности: абстрактная и представляемая, неполная и законченная. Уничтожая запутанность, мы разрушаем парадоксальность. Я считаю полезным произвести эту работу. Я посоединяю, таким образом, уяснению теории относительности философами.

Анализ, который я вынужден был произвести, оказался особенно полезным для отчетливой обрисовки характерных признаков времени и его роли в вычислениях физика. Он не только подтвердил, но и дополнил все, что я мог сказать раньше о длительности. Ни один вопрос не был в большем пренебрежении у философов, чем вопрос о времени; и однако, все единодушно объявляют его капитальным. Начинают обыкновенно тем, что ставят пространство и время на одну линию: затем дается углубленное толкование одного из этих явлений (почти всегда пространства), что же касается второго, то аналогичное толкование его предоставляется нам самим. Однако, таким способом мы не достигнем ничего. На самом деле аналогия между пространством и временем весьма внешняя и поверхностная. Опорой ее служит то обстоятельство, что для измерения и символизации времени мы пользуемся пространством. Если мы станем ее держаться, если мы будем искать у времени характерные признаки пространства, то мы не выйдем за пределы пространства, — пространства, которое прикрывает время и очень удобно представляет его нашим чувствам: мы не дойдем таким образом до времени самого по себе. Однако, как выиграла бы мы, если бы нам удалось схватить его сущность! В нем ключ самых значительных философских проблем. В свое время я сделал попытку пойти в этом направлении. Теория относительности дала мне повод возобновить ее и найти кое-что новое.

Вот два основания, побудившие меня опубликовать настоящую работу. Как мы видим, предмет ее очень ограничен. Я выделил из теории относительности все, что касается времени, и оставил без внимания другие содержащиеся в ней проблемы. Я остался таким образом в пределах специальной относительности. Тем самым, однако, указывается место и для общей теории относительности, поскольку она стремится к тому, чтобы одна из координат действительно представляла время.

## ГЛАВА I

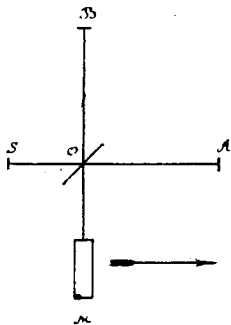
### Односторонняя относительность

**Опыт Майкельсона-Морли. — Малая или «односторонняя» относительность. — Конкретное значение терминов, входящих в формулы Лоренца. — Замедление времени. — Смещение одновременности. — Сокращение длины.**

Теория относительности, даже „специальная“, не основывается в строгом смысле слова на опыте Майкельсона-Морли, потому что она служит обобщенным выражением утверждения, что при переходе от одной системы отсчета к другой законы электромагнетизма необходимо сохраняют неизменную форму. Но опыту Майкельсона-Морли принадлежит то большое достоинство, что он изображает подлежащую нашему разрешению проблему в конкретных терминах и делает ее элементы наглядными. Он, так сказать, материализует трудность. Именно от этого опыта должен отправляться философ, его он постоянно должен иметь в виду, если он хочет схватить истинный смысл рассуждений о времени в теории относительности. Сколько раз излагали и комментировали эту теорию! Однако, и нам нужно заняться ее комментированием, и нам нужно еще раз изложить ее, потому что мы не можем, как это обыкновенно делают, принять целиком того толкования теории относительности, которое дается ей в настоящее время. Мы хотим проследить все переходы между психологической и физической точкой зрения, между временем в обычном смысле и временем в смысле Эйнштейна. С этой целью мы должны перенестись в такое первоначальное душевное состояние, когда мы верим в существование неподвижного эфира, абсолютного покоя, и когда мы все же должны отдать себе отчет об опыте Майкельсона-Морли. Мы составим таким образом некоторую полуотносительную концепцию времени, односторонне относительную, не являющуюся еще концепцией Эйнштейна, и, однако, весьма существенную для наших целей. Пусть теория относительности совсем не считается с этой концепцией в своих научных в строгом смысле выводах: она

все же, думаем мы, находится под ее влиянием с того момента, как перестает быть физикой и стремится стать философией. Нам кажется, что парадоксы, так устрашающие одних и соблазняющие других, проистекают именно отсюда. Они основываются на двусмысленности. Они рождаются вследствие того, что два представления относительности, одно радикальное и абстрактное, другое смягченное и наглядное, помимо нашей воли переплетаются в нашем сознании, и на понятие переносятся недостатки, свойственные образу.

Дадим, следовательно, схематическое описание опыта, впервые произведенного в 1881 году американским физиком Майкельсоном, повторенного им и Морли в 1887 году и снова произведенного с большей тщательностью Морли и Миллером в 1905 году. Луч света  $SO$  (черт. 1), исходящий от источника  $S$ , разделяется в точке  $O$  стеклянной пластинкой, помещенной под углом в  $45^\circ$  к его направлению, на два луча, из которых



Черт. 1.

один отражается перпендикулярно  $SO$  в направлении  $OB$ , между тем как другой продолжает свой путь в направлении  $OA$ , то же самое направление  $SO$ . В точках  $A$  и  $B$ , которые мы условимся считать одинаково отстоящими от  $O$ , помещены два плоские зеркала перпендикулярно  $OA$  и  $OB$ . Два луча, отраженные в свою очередь от зеркал  $B$  и  $A$ , возвращаются в точку  $O$ : первый, проходя сквозь стеклянную пластинку, следует по линии  $OM$ , являющейся продолжением  $BO$ , второй отражается пластинкой в том же самом направлении  $OM$ . Они накладываются таким образом один на другой и порождают систему „бахромы“

интерференции, которую можно наблюдать с точки  $M$  в зрительную трубу, установленную в направлении  $MO$ .

Допустим на мгновение, что вся эта система не перемещается в эфире. Очевидно прежде всего, что, раз расстояния  $OA$  и  $OB$  равны, то время, необходимое для прохождения первым лучом расстояния от  $O$  до  $A$  и возвращения обратно в точку  $O$ , равно времени, затрачиваемому вторым лучом для прохождения пути от  $O$  до  $B$  и возвращения в точку  $O$ , потому что вся система неподвижна в среде, в которой свет распространяется с одинаковой скоростью во всех направлениях. Вид бахромы интерференции останется вследствие этого одним и тем же при некотором вращении чертежа. Он останется, в частности, тем же для вращения в  $90^\circ$ , вследствие которого отрезок  $OA$  займет место отрезка  $OB$ .

Но в действительности система участвует в движении земли

по своей орбите<sup>1</sup>. Нетрудно убедиться, что при этих условиях двойной путь первого луча потребует другого времени, чем двойной путь второго<sup>2</sup>.

В самом деле, можно вычислить, согласно правилам обычной кинематики, продолжительность каждого из этих двух путей. В целях упрощения изложения допустим, что направление  $SA$  светового луча выбрано так, что оно совпадает с направлением движения земли в эфире. Обозначим скорость движения земли через  $v$ , скорость движения света через  $c$ , длину двух равных линий  $OA$  и  $OB$  через  $l$ . Скорость света относительно данной системы в направлении от  $O$  до  $A$  будет  $c - v$ , в обратном же направлении  $c + v$ . Время, необходимое для прохождения световым лучем пути от  $O$  до  $A$  и обратно, будет, следовательно, равно

$$\frac{l}{c-v} + \frac{l}{c+v},$$

т. е.

$$\frac{2lc}{c^2 - v^2},$$

а путь, пройденный этим лучем в эфире, будет равен

$$\frac{2lc^2}{c^2 - v^2}$$

или

$$\frac{2l}{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Рассмотрим теперь путь луча, направляющегося от поверхности стекла  $O$  до зеркала  $B$  и обратно. Свет движется от  $O$  к  $B$  со скоростью  $c$ , но с другой стороны, вся система перемещается в направлении  $OA$ , перпендикулярном  $OB$ , со скоростью  $v$ ; вследствие этого относительная скорость света будет здесь  $\sqrt{c^2 - v^2}$ , а продолжительность прохождения всего пути

$$\frac{2l}{\sqrt{c^2 - v^2}}.$$

<sup>1</sup> Движение земли в течение опыта можно считать прямолинейным и равномерным.

<sup>2</sup> Не нужно забывать, что при всех последующих рассуждениях излучения света из источника  $S$  тотчас же помещаются в неподвижный эфир, и вследствие этого, в отношении скорости своего распространения, оказываются независимыми от движения источника.

Этот результат можно сделать очевидным и без прямого сложения скоростей следующим образом. Когда луч возвращается к стеклянной пластинке, эта последняя оказывается в точке  $O'$  (черт. 2); он касался зеркала в момент, когда последнее находилось в точке  $B'$ ; треугольник  $OB'O'$ , очевидно, является равнобедренным. Опустим, далее, из точки  $B'$  перпендикуляр  $B'P$  на линию  $OO'$ . Так как прохождение пути  $OB'O'$  взяло столько же времени, сколько брало прохождение пути  $OO'$ , то

$$\frac{OB'O'}{c} = \frac{OO'}{v}$$

и, следовательно,

$$\frac{OB'}{c} = \frac{OP}{v}.$$

Так как, далее,  $\overline{OB'^2} = l^2 + \overline{OP^2}$ , то, перенеся в это последнее уравнение значение  $OP$ , полученное из первого уравнения, мы получим:

$$OB' = \frac{lc}{\sqrt{c^2 - v^2}}.$$

Время прохождения линии  $OB'O'$  будет, следовательно, равно

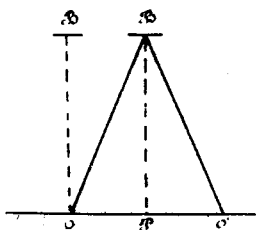
$$\frac{2l}{\sqrt{c^2 - v^2}},$$

а расстояние, действительно пройденное в эфире, равно

$$= \frac{2lc}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

или

$$\frac{2l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$



Черт. 2.

Таким образом, движение земли в эфире оказывает различное влияние на две рассмотренные траектории, и если вращение начерченной схемы приведет к такому положению, что отрезок  $OA$  станет на место отрезка  $OB$ , то мы должны будем наблюдать перемещение линий интерференции. Однако, ничего этого в действительности не происходит. Опыт, повторенный в различные времена года, когда скорость движения земли по отношению к эфиру различна, всегда давал один и тот же результат<sup>1</sup>. Явление

<sup>1</sup> Нужно заметить, что опыт может быть произведен с такой степенью точности, что различие двух траекторий света, если бы оно существовало, не могло бы остаться необнаруженным.



протекает так, как если бы две двойные траэктории были равны друг другу, как если бы скорость света по отношению к земле была постоянной, и, наконец, как если бы земля пребывала неподвижной в эфире.

Вот объяснение, предложенное Лоренцом; его основная идея была и у другого физика, Фицджеральда. Линия  $OA$  вследствие своего движения сократилась, так что равенство двух двойных траэкторий оказалось восстановленным. Если длина  $OA$ , равнявшаяся  $l$ , когда отрезок пребывал в покое, становится равной

$$l\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}},$$

когда он движется со скоростью  $v$ , то, в свою очередь, путь, пробегаемый лучем в эфире, не будет более измеряться через

$$\frac{2l}{1-\frac{v^2}{c^2}},$$

но через

$$\frac{2l}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}},$$

и две траэктории окажутся в действительности равными. Нужно, следовательно, допустить, что тело, движущееся с некоторою скоростью  $v$ , сжимается в направлении своего движения, так что его новая длина будет относиться к прежней как

$$\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

относится к единице. Этому сжатию подвергается, естественно, не только сам объект, но и мера, которой он измеряется. Оно ускользает, таким образом, от земного наблюдателя. Но его можно обнаружить, если допустить неподвижное место наблюдения — эфир<sup>1</sup>.

Разберем вопрос в более общем виде. Обозначим буквой  $S$  некоторую покоящуюся в эфире систему, а буквой  $S'$  — другой экземпляр этой системы, точную копию первого, который перво-

<sup>1</sup> Первоначально кажется, что, вместо продольного сжатия, можно было бы предположить поперечное расширение или же и то и другое одновременно в надлежащей пропорции. Мы вынуждены, однако, оставить в стороне объяснения, даваемые теорией относительности по этому и по многим другим вопросам. Мы ограничиваемся лишь тем, что непосредственно касается настоящего исследования.

начально вполне сливается с нею, но затем отделяется от нее и движется по прямой линии со скоростью  $v$ . Как только система  $S'$  пришла в движение, она сжимается в направлении своего движения. Сжатия подвергаются все ее части, не перпендикулярные направлению движения. Если система  $S$  была сферой, то система  $S'$  будет эллипсоидом. Этим сжатием объясняется, почему опыт Майкельсона-Морли дает такие результаты, как если бы свет обладал постоянной скоростью во всех направлениях, равной  $c$ .

Теперь необходимо уяснить, почему же мы сами, способные измерить скорость света при помощи таких земных опытов, как, например, опыты Физо и Фуко, всегда находим одно и то же число  $c$ , независимо от скорости земли по отношению к эфиру<sup>1</sup>.

Неподвижный наблюдатель в эфире даст следующее объяснение. В опытах этого рода луч света всегда делает двойной путь: путь в направлении от точки  $O$  к какой-нибудь другой точке, расположенной на земле, например, точке  $A$  или  $B$ , и затем обратно в направлении от этих точек к точке  $O$  (как в опыте Майкельсона-Морли). Для наблюдателя, принимающего участие в движении земли, длина этого двойного пути будет, следовательно, равняться  $2l$ . Мы утверждаем, далее, что такой наблюдатель будет неизменно находить одну и ту же скорость света  $c$ . Иными словами, часы, помещенные экспериментатором в точке  $O$ , будут неизменно показывать, что между моментом отправления и возвращения луча протекает один и тот же интервал времени  $t$ , равный  $\frac{2l}{c}$ . Но наблюдатель, находящийся в эфире и следящий за траекторией луча в эфире же, хорошо знает, что расстояние, пробегаемое им, равно в действительности

$$\frac{2l}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.$$

Он видит, что, если измерять время движущимися часами, а не неподвижными, которые находятся при нем, то они покажут интервал

$$c \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}.$$

<sup>1</sup> В самом деле, нужно отметить (что часто забывают сделать), что при допущении неподвижного эфира сжатия Лоренца недостаточно для построения полной теории опыта Майкельсона-Морли, производимого на земле. Необходимо еще принять во внимание удлинение времени и нарушение одновременности, т. е. все то, что мы найдем, после соответствующей переработки, в теории Эйнштейна. Этот пункт хорошо освещен в интересной статье С. D. Broad'a, Euclid, Newton and Einstein (Hibbert Journal, avril 1920).

Если они все же показывают  $\frac{2l}{c}$ , то это служит свидетельством, что их время протекает медленнее. Если в один и тот же промежуток между двумя событиями часы показывают меньшее число секунд, то, следовательно, каждая секунда длится дольше. Секунда часов, движущихся вместе с землею, будет, таким образом, длиннее, чем секунда часов, помещенных в неподвижном эфире. Ее продолжительность равна

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Однако, обитатель земли не замечает этого.

Снова разберем вопрос в более общем виде. Обозначим, как и раньше, буквой  $S$  некоторую покоящуюся в эфире систему, а буквой  $S'$  — другой экземпляр этой системы, который первоначально вполне сливается с нею, но затем отделяется от нее и движется по прямой линии со скоростью  $v$ . Сжатие системы  $S'$  в направлении ее движения сопровождается соответствующим удлинением ее времени. Лицо, связанное с системой  $S$ , наблюдающее систему  $S'$  и фиксирующее свое внимание на секунде часов  $S'$  как раз в момент отделения системы  $S'$ , увидело бы, что секунда  $S$  растягивается в системе  $S'$ , подобно растягиваемой эластической нити, подобно штриху, рассматриваемому в лупу. Будем твердо помнить: ни в механизме часов ни в их ходе не произошло никакого изменения. Явление не имеет ничего общего с удлинением маятника. Время удлинилось не потому, что часы стали идти медленнее; напротив, часы остались прежними, но ход их замедлился, потому что время удлинилось. В результате движения интервал между двумя положениями стрелки стал наполняться большим — вытянутым, удлиненным — временем. Одно и то же замедление распространяется в этом случае на все движения и все изменения системы, так что каждое из них могло бы стать заместителем времени, и каждое из них одинаково отмечается на часах.

Правда, мы только что предположили, что земной наблюдатель следит движение светового луча в направлении из  $O$  к  $A$  и обратно и измеряет скорость света, пользуясь только часами, помещенными в точке  $O$ . Что получилось бы при измерении этой скорости в одном лишь направлении от  $O$  к  $A$ , но уже с помощью двух часов<sup>1</sup>, расположенных соответствующим обра-

<sup>1</sup> Само собою разумеется, что мы называем в этом параграфе часами всякий аппарат, с помощью которого можно измерять промежуток времени или располагать два мгновения в точном отношении одно к другому. В опытах, касающихся скорости света, часами являются зубчатое колесо Физо и вращаю-

зом в точках  $O$  и  $A$ ? Правда, при всех измерениях скорости света, производимых на земле, всегда измеряется двойная траектория светового луча. Следовательно, опыт, о котором мы говорим, никогда не был произведен. Однако, нельзя доказать, что он и не может быть произведен. Мы попытаемся показать, что и он дал бы для скорости света то же самое число. Но объясним предварительно, в чем заключается согласование наших часов.

Как согласуют двое часов, расположенных в двух разных местах? При помощи установления связи между двумя лицами, производящими согласование. Однако, это установление связи не может быть мгновенным; так как всякая передача требует времени, то мы должны избрать тот ее вид, когда она может быть осуществлена в неизменных условиях. Этому требованию удовлетворяют только сигналы, посылаемые через эфир: всякая передача через весомую материю зависит от состояния этой материи и тысячи обстоятельств, ежеминутно изменяющих его. Два экспериментатора должны, следовательно, сообщаться между собою при помощи оптических или, общее говоря, электромагнитных сигналов. Лицо, находящееся в точке  $O$ , посылает лицу, находящемуся в точке  $A$ , луч света, и этот луч тотчас же должен быть послан ему обратно. Все происходит, как в опыте Майкельсона-Морли, с тем, однако, различием, что зеркала заменены людьми. Между двумя экспериментаторами, находящимися в точках  $O$  и  $A$ , было условлено, что второй отметит нуль в том пункте, в котором будет находиться стрелка его часов как раз в тот момент, когда до него дойдет луч света. После этого первому остается только отметить на своих часах начало и конец промежутка времени, потраченного лучем на двойной путь от  $O$  к  $A$  и обратно: желая добиться, чтобы два нуля обозначали „одновременные“ моменты, и чтобы часы были,

---

щееся зеркало Фуко. В дальнейшем это слово будет употребляться в еще более общем смысле. Оно окажется вполне подходящим обозначением какого-нибудь естественного процесса. Часами будет служить вращающаяся земля.

С другой стороны, когда мы говорим о нулевой точке часов и об операции, при помощи которой эта точка определяется на других часах с целью согласования между ними, то мы пользуемся выражениями „циферблат“ и „стрелки“ единственно только, чтобы фиксировать свои мысли. Раз даны два каких-нибудь аппарата, естественных или искусственных — безразлично, служащих для измерения времени, и раз даны, вследствие этого, два движения, то нулем можно назвать любую точку траектории первого движущегося тела. Фиксирование нуля во втором аппарате будет заключаться просто в отметке на траектории второго движущегося тела точки, соответствующей тому же самому моменту. Короче говоря, под „фиксацией нуля“ следует разуметь в последующем такую реальную или идеальную, действительно выполненную или только мыслимую операцию, при помощи которой на двух аппаратах отмечаются две соответствующие точки, обозначающие первую одновременность.

таким образом, согласованы, он намечает нулевую точку на своих часах в середине этого промежутка времени. При этом эксперименте необходимо, кроме того, чтобы траектория сигнала оставалась тою же в обоих направлениях, или, другими словами, чтобы система, к которой принадлежат часы  $O$  и  $A$ , пребывала неподвижной в эфире. Если же система находится в движении, то для согласования двух часов  $O$  и  $B$  необходимо, чтобы они были помещены на линии, перпендикулярной направлению траектории: в самом деле, мы знаем, что, если движение системы перемещает точку  $O$  в  $O'$ , то путь луча света от  $O$  до  $B'$  будет равен его пути от  $B'$  до  $O'$ , так как треугольник  $OB'O'$  — равнобедренный. Однако, дело обстоит иначе при передаче сигнала из  $O$  в  $A$  и *vice versa*. Наблюдатель, пребывающий в эфире в абсолютном покое, хорошо видит, что траектории неравны, потому что в своем первом движении в направлении от точки  $O$  луч должен догонять убегающую от него точку  $A$ , между тем как при своем возвращении он, напротив, встречает идущую по направлению к нему точку  $O$ . Или — если вы предпочитаете иное объяснение — вышеупомянутый наблюдатель отдает себе отчет в том, что расстояние  $OA$ , то же самое в обоих направлениях, в одном направлении пробегается лучом со скоростью  $c - v$ , а в другом — со скоростью  $c + v$ , так что оба времени пробега будут относиться друг к другу как  $c + v$  к  $c - v$ . Помещая нулевую точку в середине расстояния, пройденного стрелкой часов в течение времени между отправлением и возвращением луча, мы относим ее, по мнению нашего неподвижного наблюдателя, слишком близко к отправной точке. Вычисляем величину ошибки. Мы только что сказали, что расстояние, пробегаемое стрелкой по циферблату в течение двойного пробега светового луча, равняется  $\frac{2l}{c}$ .

Если, следовательно, мы обозначили условным нулем ту точку, где находилась стрелка  $O$  в момент подачи сигнала, то окончательный нуль  $M$ , соответствующий, скажем мы, окончательному нулю часов  $A$ , будет помещен в точке циферблата  $\frac{l}{c}$ . Но неподвижный наблюдатель знает, что окончательный нуль часов  $O$ , реально соответствующий нулю часов  $A$ , т. е. вполне с ним одновременный, должен быть помещен в точке, которая делит расстояние  $\frac{2l}{c}$  не на две равные части, но на части, пропорциональные  $c + v$  и  $c - v$ . Назовем  $x$  первую из этих частей. Мы получим

$$\frac{x}{\frac{2l}{c} - x} = \frac{c + v}{c - v}$$

и, следовательно,

$$x = \frac{l}{c} + \frac{lv}{c^2}.$$

Таким образом, снова оказывается, что для неподвижного наблюдателя точка  $M$ , куда был помещен окончательный нуль, оказывается помещенной ближе к условному нулю, чем следовало, на расстояние  $\frac{lv}{c^2}$ ; если же мы хотим оставить ее на прежнем месте, то для получения реальной одновременности между окончательными нулями двух часов нужно отодвинуть назад на расстояние  $\frac{lv}{c^2}$  окончательный нуль часов  $A$ . Короче говоря, часы  $A$  всегда отстают, и, вместо часа, который они должны показывать, они показывают на циферблате точку, остающуюся позади на расстояние  $\frac{lv}{c^2}$ . Когда стрелка показывает точку, которую мы условимся назвать  $t'$  (буквой  $t$  мы будем обозначать показания часов, покоящихся в эфире), неподвижный наблюдатель говорит, что для реального совпадения ее показаний с показаниями часов  $O$  к величине  $t'$  нужно прибавить величину  $\frac{lv}{c^2}$ , так что ее истинным показанием должно быть  $t' + \frac{lv}{c^2}$ .

Но если дело обстоит таким образом, то что получится, когда два наблюдателя, помещающиеся в точках  $O$  и  $A$ , захотят измерить скорость света, отмечая на двух согласованных часах, находящихся в этих двух точках, момент подачи сигнала и момент его получения, т. е. время, которое нужно свету, чтобы пройти расстояние, отделяющее двух наблюдателей?

Мы только что видели, что нули двух часов помещены таким образом, что всякому верящему в согласованность часов время прохождения лучем расстояния  $OA$  покажется равным времени прохождения им расстояния  $AO$ . Таким образом, естественно, что два наших физика найдут время прохождения расстояния  $OA$ , измеренное с помощью двух часов, помещенных в точках  $O$  и  $A$ , равным половине времени, нужного для прохождения полного пути в обоих направлениях и измеренного при помощи одних только часов  $O$ . Но мы знаем, что продолжительность этого двойного пути, измеренная часами  $O$ , всегда одинакова, как бы ни менялась скорость движения всей системы. Вследствие этого, одинаковой будет также продолжительность пути в одном направлении, измеренная при помощи двух часов, согласованных вышеупомянутым способом: мы снова получаем подтверждение постоянства скорости света. Неподвижный наблюдатель в эфире имеет, однако, возможность проследить все происшедшее, пункт за пунктом. Он заметит, что расстояние, пройденное светом от

$O$  до  $A$ , и расстояние, пройденное им от  $A$  до  $O$ , не равны друг другу, но относятся, как  $c+v$  и  $c-v$ . Он констатирует, что нуль вторых часов не согласуется с нулем первых, и вследствие этого времени прохождения лучем пути в прямом направлении и обратном, кажущиеся равными при сравнении показаний двух часов, на самом деле относятся друг к другу, как  $c+v$  к  $c-v$ . Наш наблюдатель скажет, следовательно, что была допущена ошибка в отношении длины пути и ошибка в отношении его продолжительности, но обе эти ошибки компенсируют одна другую, потому что эта же самая двойная ошибка была допущена ранее при взаимном согласовании двух часов.

Таким образом, измеряем ли мы время при помощи одних часов, расположенных в определенном месте, или же пользуемся для этой цели двумя часами, расположенными на некотором расстоянии друг от друга, мы в обоих случаях получим внутри движущейся системы  $S'$  то же самое число для скорости света. Наблюдатели, связанные с движущейся системой, будут считать, что второй опыт подтверждает первый. Но неподвижный наблюдатель, находящийся в эфире, сделает отсюда лишь тот вывод, что во всех показаниях часов системы  $S'$  следует произвести не одну поправку, а две. Он уже констатировал, что эти часы идут слишком медленно. К этому он теперь добавит, что часы, расположенные вдоль направления движения, кроме того, еще отстают одни от других. Допустим еще раз, что движущаяся система  $S'$  отделилась, как точная копия, от неподвижной системы  $S$ , и что разъединение произошло в тот момент, когда часы  $H'_0$  движущейся системы  $S'$ , совпадая с часами  $H_0$  системы  $S$ , показывали, как и последние, нуль. Будем следить теперь за часами  $H'_1$  системы  $S'$ , помещенными таким образом, что прямая  $\overrightarrow{H'_0 H'_1}$  указывает направление движения всей системы, и обозначим через  $l$  длину этой прямой. Когда часы  $H'_1$  показывают время  $t'$ , неподвижный наблюдатель с полным основанием говорит, что часы  $H'_1$  отстали от часов  $H'_0$  этой же системы на расстояние циферблата  $\frac{lv}{c^2}$ , и что в действительности прошло  $t' + \frac{lv}{c^2}$  секунд системы  $S'$ . Но этому наблюдателю уже известно, что, благодаря движению, произошло замедление времени, и что поэтому каждая из упомянутых секунд равняется

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

реальных секунд. Если, следовательно, часы  $H'_1$ , показывают  $t'$ ,

то, согласно расчетам нашего наблюдателя, действительно протекшее время будет равняться

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left( t' + \frac{lv}{c^2} \right).$$

Справившись, далее, в этот момент с часами своей неподвижной системы, он обнаружит, что время  $t$ , показываемое ими, и есть как раз это число.

Но перед тем как уяснить себе необходимость поправки для перехода от времени  $t'$  к времени  $t$ , неподвижный наблюдатель заметил ошибку, которая совершается в отношении оценки одновременности в пределах движущейся системы. Она стала для него ясна, когда он следил за согласованием часов. В самом деле, рассмотрим большое число часов  $H'_0, H'_1, H'_2 \dots$  и т. д., расположенных на бесконечно продолженной линии  $H'_0 H'_1$  этой системы и отделенных друг от друга промежутками, равными  $l$ . Когда система  $S'$  совпадала с системой  $S$  и пребывала вследствие этого неподвижной в эфире, то оптические сигналы, шедшие от одних часов к другим в прямом и обратном направлении, совершали путь, длина которого была одинакова в обоих направлениях. Если все часы, согласованные между собою таким образом, показывали одно и то же время, то это показание происходило в один и тот же момент. Когда, вследствие удвоения,  $S'$  отделилось от  $S$ , то лицо, принадлежащее системе  $S'$  и не знающее о ее движении, оставит часы  $H'_0, H'_1, H'_2 \dots$  и т. д. в том состоянии, в каком они находились раньше; оно будет уверено в реальной одновременности моментов, соответствующих показаниям стрелками одной и той же цифры на циферблате. Если бы даже оно сомневалось в этом, то при проверке согласованности часов нашло бы простое подтверждение того, что было им наблюдаемо в состоянии неподвижности. Но неподвижный наблюдатель, видящий, что оптический сигнал совершает более длинный путь в направлении от  $H'_0$  к  $H'_1$ , от  $H'_1$  к  $H'_2 \dots$  и т. д., чем в направлении от  $H'_1$  к  $H'_0$ , от  $H'_2$  к  $H'_1 \dots$  и т. д., заключает отсюда, что для наличия реальной одновременности при показаниях часами одного и того же момента времени необходимо нуль часов  $H'_1$  отодвинуть назад на  $\frac{lv}{c^2}$ , нуль часов  $H'_2$  — на  $\frac{2lv}{c^2}$  и т. д. Реальная одновременность превратилась в номинальную. Она как бы искривилась и стала последовательностью.

Итак, мы занялись исследованием вопроса, каким образом свет может иметь ту же самую скорость для неподвижного и для движущегося наблюдателя: углубивши его, мы пришли к вы-



воду, что система  $S'$ , являющаяся удвоением системы  $S$  и движущаяся по прямой линии со скоростью  $v$ , подвергается своеобразным модификациям. Их можно формулировать следующим образом:

1) Все линии длины системы  $S'$  сократились в направлении ее движения. Новая длина относится к прежней, как

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

к единице.

2) Время системы удлинилось. Новая секунда относится к прежней, как единица к

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

3) Почти все одновременные моменты системы  $S$  стали последовательными в системе  $S'$ . В системе  $S'$  остались одновременными лишь моменты, принадлежащие линиям, перпендикулярным направлению движения. Два любых других момента, бывших одновременными в системе  $S$ , отделены друг от друга в системе  $S'$   $\frac{lv}{c^2}$  секундами системы  $S'$ , если мы обозначим через  $l$  расстояние между соответствующими им точками, измеренное в направлении движения их системы, т. е. расстояние между двумя плоскостями, перпендикулярными этому направлению и проходящими через каждую из наших точек.

Короче говоря, система  $S'$ , рассматриваемая в абсолютном пространстве и времени, является копией системы  $S$ , но копией, в отношении пространства, сокращенной в направлении своего движения, а, в отношении времени, замедленной в каждой секунде, причем все происходящие в ней изменения, разделенные укороченными расстояниями, перестают быть одновременными и становятся последовательными. Но все эти перемены недоступны наблюдению лица, составляющего часть движущейся системы. Их замечает только неподвижный наблюдатель.

Допустим теперь, что два наших наблюдателя — неподвижный и подвижный, Петр и Павел — могут сообщаться друг с другом. Петр, у которого есть точка опоры, сказал бы Павлу: „С момента, как ты отделился от меня, твоя система сплюснулась, твое время раздулось, твои часы расстроились. Вот тебе формулы, с помощью которых ты можешь произвести поправку и восстановить истину. Тебе видно, что ты должен сделать с ними“. Павел, очевидно, ответил бы ему: „Я вовсе не стану прибегать к ним, потому что в противном случае, и практически и теоретически, нарушилась бы всякая связь частей моей системы. Ты говоришь, что моя система сплюснулась? Но то же,

самое произошло с метром, которым я измеряю ее; а так как длина моей системы, поскольку я не выхожу за ее пределы, есть ее отношение к сокращенной соответствующим образом единице меры, то эта длина должна остаться прежнею. Время, говоришь ты дальше, замедлилось, и ты насчитываешь больше секунды в тот промежуток, когда мои часы показывают только одну секунду? Но если мы допустим, что система  $S$  и  $S'$  суть два экземпляра планеты земля, то секунда системы  $S'$ , так же, как и секунда системы  $S$ , согласно условию, является точно определенной частью времени вращения планеты; пусть продолжительность их различна, все же и та и другая составляют только одну секунду. Одновременные моменты превратились в последовательные? Часы, расположенные в пунктах  $H'_1, H'_2, H'_3$ , все трое показывают одно и то же время, когда на самом деле моменты их показаний различны? Но в различные моменты, когда они показывают в моей системе тот же самый час, в пунктах  $H_1, H_2, H_3$  моей системы происходят события, которые вполне законно были обозначены в системе  $S$ , как события одновременные: в таком случае, я буду продолжать называть их одновременными, потому что иначе мне придется рассматривать отношение этих событий друг к другу и ко всем другим событиям каким-то новым способом. Таким образом я сохраню все твои последовательности, все твои отношения, все твои объяснения. Назвав же последовательностью то, что я раньше называл одновременностью, я нарушил бы связность моей системы или же построил бы ее по плану, совершенно отличному от твоего. Итак, все вещи и все отношения между вещами сохранят свою величину, останутся на своих местах, подчинятся тем же самым законам. Я могу, следовательно, поступать так, как если бы ни одна длина в моей системе не сократилась, как если бы мое время не удлинилось, и все мои часы были согласованы друг с другом. Так, по крайней мере, дело обстоит с весомой материей, принимающей участие в движении моей системы: временные и пространственные отношения между ее частями претерпели глубокие изменения, однако, я их не замечаю, и мне нет никакой нужды замечать их.

Но я должен прибавить, что я считаю эти изменения благодетельными. В самом деле, оставим весомую материю. Представим себе, каким было бы мое положение по отношению к свету или, говоря общее, к электромагнитным явлениям, если бы мои измерения пространства и времени оставались такими, какими они были! Эти явления не принимают участия в движении моей системы. Пусть световые волны и электромагнитные пертурбации зарождаются в движущейся системе: опыт показывает, что они не принимают участия в ее движении. Моя движущаяся система как бы оставляет их на своем пути в неподвижном

эфире, который принимает их в себя. Если бы даже эфир не существовал, его изобрели бы, чтобы символизировать этот экспериментально установленный факт: независимость скорости света по отношению к движению испускающего его источника. Но ты пребываешь неподвижным в этом эфире, перед этими оптическими явлениями, посреди этих электромагнитных движений. Я же перемещаюсь в пространстве, и все, что ты усматриваешь из своего неподвижного наблюдательного пункта в эфире, мне показалось бы совершенно иным. Мне пришлось бы переделывать твою, так тщательно построенную, теорию электромагнетизма; пришлось бы изменять мои однажды установленные уравнения для каждой новой скорости моей системы. Что стал бы я делать в построенной таким образом вселенной? Ценою какой переделки всей науки была бы куплена строгость временных и пространственных отношений! Однако, благодаря сокращению длины моей системы, замедлению времени, смещению одновременных моментов, она, в отношении электромагнитных явлений, стала точной копией неподвижной системы. Пусть она с какой угодно скоростью движется навстречу световой волне: последняя всегда будет сохранять по отношению к ней ту же самую скорость; по отношению к световой волне моя система будет как бы неподвижна. Итак, все к лучшему, все в этом мире устроено добрым гением.

Есть, однако, один случай, когда я должен буду считаться с твоими указаниями и внести изменения в свои измерения. Я имею в виду тот случай, когда приходится конструировать целостную математическую картину вселенной, т. е. всего того, что происходит во всех мирах, движущихся по отношению к тебе с самыми различными скоростями. Чтобы установить эту картину, которая давала бы нам полным и совершенным образом отношение всего ко всему, нужно каждую точку вселенной определить ее расстояниями  $x, y, z$  до трех взаимно перпендикулярных плоскостей, которые пересекаются по координатам  $OX, OY, OZ$ . Но эти координаты  $OX, OY, OZ$ , избранные предпочтительно перед всеми другими координатами, как единственные реально, а не только условно неподвижные, есть как раз координаты твоей неподвижной системы. Находясь же в движущейся системе, я отношу свои наблюдения к координатам  $O'X', O'Y', O'Z'$ , которые моя система увлекает с собою, и каждая точка моей системы определяется в моих глазах своими расстояниями  $x', y', z'$  к трем плоскостям, пересекающимся по вышеуказанным линиям. Так как общая картина вселенной должна быть построена согласно твоей, неподвижной, системе, то мне нужно найти способ относить свои наблюдения к твоим координатам  $OX, OY, OZ$ , т. е., иными словами, мне нужно раз навсегда установить формулы, при помощи которых я мог бы,

зная  $x', y', z'$ , вычислить  $x, y, z$ . Но установить их мне будет легко, благодаря указаниям, которые ты мне только что сделал. С целью упрощения задачи я первоначально предположу, что до разделения миров  $S$  и  $S'$  (для ясности настоящего доказательства их лучше будет считать на этот раз совершенно отличными друг от друга) мои координаты  $O'X', O'Y', O'Z'$  совпадали с твоими, и что  $OX$ , а, следовательно, также  $O'X'$ , обозначают направление движения всей системы  $S'$ . Ясно, что при этих условиях плоскости  $Z'O'X'$  и  $X'O'Y'$  будут только скользить вдоль плоскостей  $ZOX, XOY$ , постоянно совпадая с ними, и что, вследствие этого,  $y$  и  $y'$ , а также  $z$  и  $z'$  равны друг другу. Остается, таким образом, вычислить только  $x$ . Если, начиная с момента, когда точка  $O'$  отделилась от точки  $O$ , я вычислил на часах, находящихся в точке  $x', y', z'$ , время  $t'$ , то я, естественно, представляю расстояние точки  $x', y', z'$  до плоскости  $ZOY$  равным  $x' + vt'$ . Но вследствие сжатия, о котором ты меня уведомляешь, эта длина  $x' + vt'$  не совпадет с твоим  $x$ ; она будет равняться

$$x \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Таким образом, та величина, которую ты называешь  $x$ , будет равна

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (x' + vt').$$

Вот и все решение нашей задачи. Кроме того, мне нужно помнить, что время  $t'$ , протекшее для меня и показанное мне моими часами, помещенными в точке  $x', y', z'$ , отлично от твоего времени. Когда мои часы показали мне  $t'$ , то время  $t$  твоих часов равнялось, согласно сказанному тобой,

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left( t' + \frac{vx'}{c^2} \right).$$

Таково время  $t$ , которое будет отмечено мною для тебя. Как в отношении времени, так и в отношении пространства, я перейду от моей позиции к твоей“.

Так сказал бы Павел. Тем самым он установил бы знаменитые „уравнения трансформации“ Лоренца, которые, впрочем, если занять более общую позицию Эйнштейна, не требуют, чтобы система  $S$  была окончательно неподвижной. В самом деле, мы сейчас покажем, каким образом можно, согласно Эйн-

штейну, превратить систему  $S$  в любую систему, мысленно сделанную нами неподвижной, и каким образом нужно, при этом условии, приписать системе  $S'$ , рассматриваемой с точки зрения системы  $S$ , те же самые временные и пространственные изменения, которые Петр приписал системе Павла. Согласно гипотезе единого времени и независимого от времени пространства, — гипотезе, до настоящего времени допускавшейся всеми, — выходит следующее. Если  $S'$  движется по отношению к  $S$  с постоянной скоростью  $v$ , если  $x', y', z'$  суть расстояния точки  $M'$  системы  $S'$  до трех плоскостей, определенных тремя прямоугольными координатами  $O'X', O'Y', O'Z'$ , и если, наконец,  $x, y, z$  суть расстояния от этой самой точки до трех неподвижных взаимно перпендикулярных плоскостей, с которыми первоначально совпадали три движущихся плоскости, то окажется:

$$\begin{aligned}x &= x' + vt' \\ y &= y' \\ z &= z'\end{aligned}$$

Если, далее, одно и то же время неизменно протекает во всех системах, то, следовательно,  $t = t'$ .

Но если движение вызывает сокращение длины, замедление времени, и то обстоятельство, что в системе с замедленным временем, часы показывают только местное время, то из объяснений, которые произошли между Петром и Павлом, будет следовать:

$$(1) \quad \begin{aligned}x &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (x' + vt') \\ y &= y' \\ z &= z'\end{aligned}$$

$$t = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left( t' + \frac{vx'}{c^2} \right).$$

Отсюда, в свою очередь, вытекает новая формула для сложения скоростей. В самом деле, предположим, что точка  $M'$  движется внутри системы  $S'$  равномерно и параллельно линии  $O'X'$  со скоростью  $v'$ , измеряемой, как это естественно, через  $\frac{x'}{t'}$ . Какой же будет ее скорость для наблюдателя, находящегося в системе  $S$  и относящего последовательные положения движущейся системы

к своим координатам  $OX, OY, OZ$ ? Чтобы получить эту скорость  $v''$ , измеряемую через  $\frac{x}{t}$ , мы должны разделить первое из вышеприведенных уравнений на четвертое. Таким образом окажется:

$$v'' = \frac{v + v'}{1 + \frac{vv'}{c^2}},$$

тогда как до сих пор механика считала, что

$$v'' = v + v'.$$

Итак, если  $S$  есть берег реки, и  $S'$  — пароход, движущийся со скоростью  $v$  по отношению к берегу, то путешественник, идущий по палубе парохода в направлении его движения со скоростью  $v'$ , будет двигаться по отношению к неподвижному наблюдателю, находящемуся на берегу, не со скоростью  $v + v'$ , как утверждали до сих пор, но со скоростью меньшей, чем сумма двух слагаемых скоростей. Так, по крайней мере, дело представляется с первого раза. В действительности же, окончательная скорость несомненно является суммой двух слагаемых скоростей, если скорость путешественника измерять с берега, подобно тому, как измеряется скорость самого парохода. Измеряемая на пароходе, скорость  $v'$  путешественника равняется  $\frac{x'}{t'}$ , если, например, обозначить через  $x'$  расстояние, проходимое путешественником по палубе парохода (расстояние для него неизменное, потому что пароход по отношению к нему всегда представляется покоящимся), и через  $t'$  время, в течение которого он его проходит, т. е. разность между моментами начала и окончания его пути, отмечаемую двумя часами, соответственным образом расположенными на корме и на носу парохода (мы предполагаем необычайно длинный пароход, так что вышеупомянутые двое часов могли бы быть согласованы между собою только при помощи сигналов, передаваемых на расстоянии). Но для неподвижного зрителя, находящегося на берегу, пароход сжимается по мере того, как он переходит из состояния покоя в состояние движения, время на нем замедляется, и часы утрачивают свою согласованность. Расстояние, пройденное путешественником по палубе, ему не кажется, поэтому,  $x'$  (если  $x'$  равнялось длине набережной, совпадавшей с длиной парохода), но

$$x' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}};$$

и время, затраченное им на прохождение этого расстояния, не есть  $t'$ , но

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left( t' + \frac{vx'}{c^2} \right).$$

Он заключит отсюда, что скорость, которую нужно прибавить к  $v$ , чтобы получить  $v''$ , не является  $v'$ , но

$$\frac{x' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left( t' + \frac{vx'}{c^2} \right)},$$

то есть

$$\frac{v' \left( 1 - \frac{v^2}{c^2} \right)}{1 + \frac{vv'}{c^2}}.$$

Он получит таким образом:

$$v'' = v + \frac{v' \left( 1 + \frac{v^2}{c^2} \right)}{1 + \frac{vv'}{c^2}} = \frac{v + v'}{1 + \frac{vv'}{c^2}}.$$

Отсюда видно, что никакая скорость не может превзойти скорости света, потому что, если мы сложим какую-нибудь скорость  $v'$  со скоростью  $v$ , пусть даже равной  $c$ , все равно в сумме получится та же самая скорость  $c$ .

Вот каковы, следовательно, те формулы, которыми Павел (мы возвращаемся к нашей первой гипотезе) должен руководствоваться при переходе от своей позиции к позиции Петра, чтобы получить таким образом (все наблюдатели, связанные с движущимися системами  $S''$ ,  $S'''$  и т. д., должны поступить точно так же) целостное математическое представление о вселенной. Если бы он мог установить свои уравнения прямо, без вмешательства Петра, он также сообщил бы их Петру, чтобы позволить ему, зная  $x, y, z, t, v''$ , вычислить  $x', y', z', t', v'$ . Решим, в самом деле, уравнения (1) по отношению к  $x', y', z', t', v'$ ; у нас получится следующий результат:

$$(2) \quad \begin{aligned} x' &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (x - v t) \\ y' &= y \\ z' &= z \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t' &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left( t - \frac{vx}{c^2} \right) \\ v' &= \frac{v'' - v}{1 - \frac{vv''}{c^2}} \end{aligned}$$

В этих уравнениях чаще выражается преобразование Лоренца<sup>1</sup>. Но для нас это теперь не имеет значения. Рассматривая каждый термин этих формул и определяя впечатления наблюдателей, расположенных в той или другой системе, мы хотели только подготовить к анализу и доказательству, составляющим предмет настоящего труда.

<sup>1</sup> Важно отметить, что в своем построении формул Лоренца мы исходили из комментирования опыта Майкельсона - Морли с той целью, чтобы показать конкретное значение каждого входящего в них термина. Истина заключается в том, что группа трансформаций, открытая Лоренцом, доказывает в общей форме инвариантность уравнений, относящихся к электромагнитным явлениям.



## ГЛАВА II

### Полная относительность

Соотносительность всякого движения. — «Двусторонняя», а не только «односторонняя» относительность. — Переплетение этой второй гипотезы с первой: недоразумения, вытекающие отсюда. — Движение относительное и движение абсолютное. — Распространение и перенесение. — Системы отсчета. — От Декарта к Эйнштейну.

Мы только что на мгновение перенеслись с позиции, которую условимся называть „односторонней относительностью“, на позицию взаимной относительности, т. е. собственную позицию Эйнштейна. Поспешим теперь укрепиться на этой позиции. Заметим с самого начала: сокращение движущегося тела, замедление его времени, превращение одновременности в последовательность будут сохранены в том виде, как требуется теорией Эйнштейна: от этого нам не придется ничего изменить в только что установленных нами уравнениях и вообще во всем сказанном нами о временных и пространственных отношениях системы  $S'$  к системе  $S$ . Единственно только придется открыто заявить, что эти сокращения длины, замедления времени, нарушения одновременности — обоюдны (они были такими и раньше в скрытом виде, согласно самой форме уравнений), и что наблюдатель в системе  $S'$  повторит о системе  $S$  все высказанное наблюдателем в системе  $S$  о системе  $S'$ . Вследствие этого, как мы покажем в дальнейшем, рассеется все, что первоначально казалось парадоксальным в теории относительности: мы утверждаем, что единое время и независимое от длительности протяжение останутся существовать и в гипотезе Эйнштейна, взятой в чистой форме: они остаются теми же, какими всегда были для здравого смысла. Однако, почти невозможно придти к гипотезе двойной относительности, не построив предварительно гипотезы простой относительности, в которой существует еще абсолютная точка опоры в виде неподвижного эфира. Даже в тех случаях, когда мы понимаем относительность во втором смысле, мы ее представляем немного в первом смысле; в са-

мом деле, пусть мы утверждаем, что существует только взаимное движение  $S$  и  $S'$  друг по отношению к другу, — мы способны изучить эту взаимность движения, только допустивши, что один из двух терминов,  $S$  или  $S'$ , является „системой отсчета“: но раз одна из систем сделана, таким образом, неподвижной, она условно становится абсолютной точкой опоры, суррогатом эфира. Короче говоря, абсолютный покой, изгнанный рассудком, восстанавливается воображением. С математической точки зрения тут нет никакого неудобства. Будет ли система  $S$ , принятая в качестве системы отсчета, абсолютно покоиться в эфире, или же она будет находиться в покое только по отношению ко всем системам, с которыми мы ее сравниваем, — в обоих случаях наблюдатель, принадлежащий к системе  $S$ , будет трактовать одинаковым образом измерения времени, передаваемые ему из всех систем, подобных системе  $S'$ ; в обоих случаях он приложит к ним формулы трансформации Лоренца. Для математика обе гипотезы эквивалентны. Но они не таковы для философа. В самом деле, если система  $S$  пребывает в абсолютном покое, все же другие системы — в абсолютном движении, то теория относительности обязывает допускать существование множества времен, причем все они должны быть одного и того же порядка и все реальны. Если же, напротив, мы примем гипотезу Эйнштейна, то мы тем самым примем также допущение множества времен, но — как мы предполагаем доказать — реальным при этом будет только одно время: все же прочие „времена“ превратятся в математические фикции. Вот почему все философские трудности, связанные с понятием времени, по нашему мнению, исчезнут, если мы будем строго держаться гипотезы Эйнштейна; но при этом исчезнут также все странности, сбившие с толку такое большое количество умов. Нам нет нужды, поэтому, долго останавливаться на смысле, который следует придавать словам „деформация тела“, „замедление времени“, „нарушение одновременности“, при допущении неподвижного эфира и привилегированной системы. Нам достаточно будет установить, как их следует понимать в гипотезе Эйнштейна. Бросивши затем ретроспективный взгляд на первую гипотезу, мы согласимся, что первоначально следует остановиться именно на ней, и сочтем естественной попытку возвращения к ней даже в тех случаях, когда мы признали вторую; но при этом мы увидим также, каким образом ложные проблемы возникают благодаря одной только попытке опираться на образы, заимствованные из одной гипотезы, для подтверждения абстракций, относящихся к другой.

Мы представили себе покоящуюся в эфире неподвижную систему  $S$  и движущуюся по отношению к ней систему  $S'$ . Но

эфир никогда не был предметом восприятия; он был введен в физику в качестве опоры для вычислений. Напротив, движение системы  $S'$  по отношению к системе  $S$  есть наблюдаемый нами факт. Впредь до получения новых данных, нужно рассматривать также как факт, постоянство скорости света по отношению к системе, как угодно меняющей свою собственную скорость и могущей, следовательно, низвести ее до нуля. Остановимся теперь на трех утверждениях, которые послужили для нас исходным пунктом: 1)  $S'$  перемещается по отношению к  $S$ ; 2) свет имеет одну и ту же скорость в обеих системах; 3)  $S$  покоится в неподвижном эфире. Ясно, что два первых утверждения выражают факты, третье же является гипотезой. Отбросим гипотезу, и будем иметь дело только с двумя указанными фактами. Однако, в таком случае, нам придется формулировать первое утверждение другим способом. Мы сказали, что  $S'$  перемещается по отношению к  $S$ : почему же мы не сказали, что  $S$  переместилось по отношению к  $S'$ ? Единственно потому, что мы рассматривали  $S$  причастным абсолютной неподвижности эфира. Но для нас нет больше эфира<sup>1</sup>, нет абсолютной неподвижности чего бы то ни было. Мы можем, следовательно, произвольно остановиться на любом из этих двух утверждений:  $S'$  движется по отношению к  $S$ , или  $S$  движется по отношению к  $S'$ , но еще лучше, если мы скажем, что система  $S$  и система  $S'$  движутся одна по отношению к другой. Короче говоря, реально дана нам взаимность перемещения. Да и как же могло быть иначе, если воспринимаемое нами движение в пространстве есть только непрерывное изменение расстояния? Если мы рассматриваем две точки  $A$  и  $B$  и перемещение „одной из них“, то все наблюдаемое глазом, все, что может констатировать наука, сводится к изменению длины промежутка между точками<sup>2</sup>. Обыденный язык выразит этот факт при помощи слов: „ $A$  движется“, или же „ $B$  движется“; он может выбрать то или другое выражение, в зависимости от обстоятельств; но мы держались бы ближе к опыту, если бы сказали, что  $A$  и  $B$  движутся друг по отношению к другу, или, еще проще, что промежуток между  $A$  и  $B$  уменьшается или увеличивается. „Взаимность“ движения

<sup>1</sup> Само собой разумеется, что мы говорим только о неподвижном эфире, образующем привилегированную, единственную, абсолютную систему отсчета. Но если в гипотезу об эфире внести соответствующие поправки, то она вполне может найти место также и в теории относительности. Такого мнения держится сам Эйнштейн (см. его статью 1920 г. „Эфир и теория относительности“). Чтобы сохранить эфир, уже была сделана попытка использовать некоторые идеи Лармора (Ср. Cunningham, *The Principle of Relativity*, Cambridge, 1914, гл. XV).

<sup>2</sup> На этом пункте, равно как на „взаимности“ движения, мы уже останавливались в „*Matière et Mémoire*“, Paris, 1896, гл. IV, и в „*Introduction à la Métaphysique*“ (*Revue de Métaphysique et de Morale*, janvier 1903).

является, следовательно, наблюдаемым фактом. Ее можно было бы рассматривать как априорное условие науки, ибо предмет науки сводится к измерениям, измерение же, вообще говоря, касается длин; но когда длина возрастает или убывает, то нет никакого основания предпочитать одну из отправных точек для измерения: мы должны ограничиться утверждением, что промежуток между двумя точками увеличивается или уменьшается<sup>1</sup>.

Конечно, нельзя утверждать, будто всякое движение сводится к движению в пространстве. Наряду с движениями, которые мы наблюдаем только вне нас, существуют также такие, которые мы ощущаем как производимые нами. Когда Декарт говорил о взаимности движения<sup>2</sup>, то Морус не без основания отвечал ему: „Если я сижу спокойно, а другой человек, удаляющийся от меня, красен от усталости, то, несомненно, движется он, а пребываю в покое я“<sup>3</sup>. Все, что наука может сказать нам об относительности движения, воспринятого нашими глазами, измененного нашими метрами и нашими часами, оставляет непоколебленным глубокое чувство, свидетельствующее нам о совершаемых нами движениях и расходуемых нами усилиях. Пусть „спокойно сидящее“ лицо, о котором говорит Морус, примет решение побегать, пусть оно поднимется и побежит: мы напрасно стали бы утверждать, что его бег есть обоюдное перемещение его тела и почвы под ним, что оно движется лишь в том случае, если наша мысль делает неподвижной землю, но что, напротив, земля движется, если мы объявляем неподвижным беглеца, — никогда оно не согласится с предположением нашей мысли и всегда будет заявлять, что оно непосредственно воспринимает свое действие, что это действие есть факт, и что этот факт — одностороннее движение. Таким сознанием задумываемых и выполняемых движений обладают не только все люди, но, несомненно, и большая часть животных. Но если такова природа движений живых существ, если эти движения принадлежат исключительно им и сознаются ими путем внутреннего восприятия, рассматриваемые же извне представляются глазу как взаимное перемещение, — то отсюда может возникнуть мысль, что так дело обстоит вообще с относительными движениями, и что взаимность перемещения есть тот способ, каким является нашим глазам внутреннее, абсолютное изменение, находящее для себя частичное обнаружение в пространстве. Мы настаивали на этом пункте в работе, озаглавленной нами „Введение в метафизику“. В самом деле, такой

<sup>1</sup> См. относительно этого пункта *Matière et Mémoire*, стр. 214 и сл.

<sup>2</sup> Descartes, *Principes*, II, 29.

<sup>3</sup> H. Morus, *Scripta philosophica*, 1679, t. II, p. 248.

казалась нам задача метафизика: он должен проникать во внутренность вещей; и истинная сущность, глубокая реальность движения лучше всего может раскрыться ему в те моменты, когда он сам совершает движение, когда он, хотя и воспринимает его извне, как все другие движения, но, кроме того, схватывает его изнутри, как усилие, причем видимым в этом усилии является лишь его след. Однако, это прямое, внутреннее и достоверное восприятие доступно только по отношению к движениям, совершаемым нами самими. Только восприятие наших собственных движений может служить для нас гарантией, что они суть подлинные действия, абсолютные движения. Уже движения, совершаемые другими живыми существами, будут рассматриваться нами как независимые реальности не вследствие прямого восприятия, но благодаря симпатии, на основании соображений аналогии. Что же касается движений материи вообще, то о них мы в состоянии будем сказать только то, что существуют, вероятно, внутренние изменения, аналогичные или не аналогичные усилиям, изменения, совершаемые неизвестно где и предстоящие перед нашими глазами, как и наши собственные действия, в виде взаимных перемещений тел в пространстве. Конструкция нашего знания не позволяет нам, следовательно, отдать отчет об абсолютном движении: мы познаем исключительно место, где оно происходит, и, даже и в этом случае, наука не знает, что же дальше делать с ним, потому что оно не поддается измерению, функция же науки сводится именно к измерению. Наука не может и не должна удерживать из действительности что-нибудь сверх пространственных, однородных, измеримых и видимых элементов вещей. Движение, изучаемое ею, является, поэтому, всегда относительным и может заключаться только во взаимном перемещении. В приведенном рассуждении Морус говорит как метафизик, Декарт же поразительно точно формулирует точку зрения науки. Больше того: он возвышается над уровнем современной ему науки, над ньютоновской и над нашей механикой и выставляет принцип, доказать который удалось только Эйнштейну.

В самом деле, замечательный факт: радикальная относительность движения, постулированная Декартом, не могла получить категорического признания со стороны современной науки. Наука, ведущая свое начало от Галилея, несомненно, стремилась к пониманию движения как явления относительного. Она охотно объявляла его таковым. Фактически, однако, она давала ему смягченную и неполную формулировку, отказываясь последовательно проводить принцип до конца. Для этого у нее было два основания. Прежде всего, наука идет против здравого смысла только в случаях крайней необходимости. Хотя всякое прямолинейное и равномерное движение, очевидно, является относи-

тельным, хотя, следовательно, в глазах науки, путь так же движется по отношению к поезду, как поезд движется по отношению к пути, ученый все же не скажет, что путь движется; он будет говорить, как и все, в тех случаях, когда у него нет специального интереса выразаться иначе. Впрочем, это основание не так существенно. Подлинным основанием, почему наука никогда не настаивала на радикальной относительности равномерного движения, была ее неспособность распространить эту относительность на ускоренное движение: она должна была отказаться от этого по крайней мере до поры до времени. Не раз в течение своей истории она подчинялась необходимости этого рода. Наука всегда жертвует некоторую часть имманентного принципа своего метода в пользу непосредственно оправдываемой и немедленно дающей полезные результаты гипотезы: если полученное преимущество оказывается плодотворным, то это свидетельствует о частичной истинности гипотезы; впоследствии, однако, может оказаться, что гипотеза будет содействовать окончательному утверждению того самого принципа, который она на время как будто устранила. Так ньютоновский динамизм как будто оборвал развитие картезианского механизма. Декарт выставил положение, что все физические процессы сводятся к движению в пространстве: исходя из этого положения, он дал идеальную формулу механизма вселенной. Но держаться этой формулы—значит рассматривать во вселенском масштабе отношение всего ко всему; при этих условиях добиться провизорного решения частных проблем можно только ценою более или менее искусственного выделения частей из целого, изоляции их: но, как только мы начинаем пренебрегать отношением, мы вводим силу. Введение силы означало не что иное, как само упомянутое выделение; оно служило выражением необходимости для человеческого интеллекта изучать реальность часть за частью; оно свидетельствовало о его бессилии построить сразу такую концепцию вселенной, которая была бы одновременно и синтетической и аналитической. Динамизм Ньютона мог, следовательно, послужить—так оно и было в действительности—путем к полному доказательству картезианского механизма: будем ожидать этого доказательства от Эйнштейна. Но динамизм Ньютона предполагал существование абсолютного движения. Можно было, пожалуй, допустить относительность прямолинейного и не ускоренного перемещения в пространстве; но наличность центробежных сил во вращательном движении, казалось, свидетельствовала о наличии здесь подлинно абсолютного; вследствие этого приходилось считать абсолютным также и всякое другое ускоренное движение. Такова теория, остававшаяся классической вплоть до Эйнштейна. На нее можно смотреть, однако, только как на условное построение. Один историк механики—Мах—уже отметил ее недо-

статочность<sup>1</sup>, и его критика, несомненно, содействовала возникновению новых идей. Ни один философ не мог вполне удовлетвориться такой теорией, которая принимала движение за простое двустороннее отношение в случае прямолинейного движения и в то же время считала его имманентною движущемуся телу реальностью в случае ускоренного движения. Если я сам считал необходимым допустить абсолютное изменение во всех тех случаях, где наблюдается пространственное движение, если я считал, что сознание усилия свидетельствует об абсолютности сопровождающего его движения, то я прибавлял, что рассмотрение этого абсолютного движения интересно только для познания нами внутренней стороны вещей, т. е. для психологии, переходящей в метафизику<sup>2</sup>. Я прибавлял, что для физики, задачей которой является изучение отношений между данными зрительного опыта в однородном пространстве, всякое движение должно быть относительным. И тем не менее некоторые движения не могли ими быть. Они могут стать ими теперь. Уже в силу одного этого соображения, общая теория относительности означает важную дату в истории идей. Мы не знаем, какую окончательную участь готовит ей физика. Но какова бы ни была эта участь, концепция движения в пространстве, которую мы находим у Декарта, и которая так хорошо гармонирует с духом современной науки, будет сделана Эйнштейном научно приемлемой как по отношению к равномерному движению, так и по отношению к движению ускоренному.

Действительно, эту часть труда Эйнштейна можно назвать последней. Это „общая“ теория относительности. Рассуждения о времени и одновременности принадлежали к „специальной“ теории относительности, которая ограничивалась рассмотрением равномерного движения. Но специальная теория содержала в себе как бы требование общей теории. В самом деле, пусть эта теория была *специальной*, т. е. ограничивалась рассмотрением равномерного движения, она тем не менее была *радикальной* в том отношении, что превратила движение в двусторонний процесс. Но почему же сторонники этой теории не решились открыто пойти так далеко? Почему идея относительности прилагалась даже к равномерному движению, которое было объявлено ими относительным, в смягченном виде? Потому что им было известно, что идея не приложима к ускоренному движению. Но с тех пор как физик стал считать относительность равномерного движения радикальной, он должен был рассматривать как относительное также и ускоренное движение. Не по

<sup>1</sup> Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, II, VI.

<sup>2</sup> Matière et Mémoire, loc. cit. Cp. Introduction à la Métaphysique (Rev. de Métaphysique et de Morale, janvier 1903).

этой ли причине специальная теория относительности была сменена теорией общей относительности и могла стать убедительной в глазах философа, только изъявив готовность обобщить свои положения?

Но если всякое движение относительно, и если нет абсолютной точки опоры, нет привилегированной системы, то у наблюдателя, находящегося внутри системы, не будет, очевидно, никакого средства узнать, движется ли его система или же покоится. Выразимся точнее: такой наблюдатель не имеет права спрашивать об этом, ибо его вопрос лишен смысла; он не укладывается в эти термины. Наш наблюдатель свободен предположить, что ему угодно: его система станет неподвижной по самому определению, если он будет рассматривать ее как свою „систему отсчета“ и твердит на ней свой наблюдательный пункт. Если же мы будем верить в неподвижный эфир, то она не может быть такою, даже при условии равномерного движения. Она ни в коем случае не может быть такою, если мы будем верить в абсолютный характер ускоренного движения. Но с момента устранения обоих этих гипотез, любая система может считаться покоящеюся или движущеюся. Конечно, раз выбор неподвижной системы сделан, то его необходимо держаться и соответственно трактовать другие системы.

Мы не желали бы чрезмерно растягивать это введение. Мы должны, однако, напомнить то, что мы говорили когда-то об идее тела, а также об абсолютном движении. Этот двойной ряд рассуждений позволил нам тогда заключить о полной относительности движения, поскольку оно рассматривается как перемещение в пространстве. Непосредственной данностью нашего восприятия, — разъясняли мы, — является протяженная непрерывность, по которой рассеяны качества: в частном случае это видимая и, следовательно, окрашенная непрерывная протяженность. Тут нет ничего искусственного, условного, специфически человеческого. Несомненно, что цвета казались бы нам иными, если бы наш глаз и наше сознание были устроены иначе: в них все же всегда оставалось бы нечто непоколебимо реальное — то, что физика продолжала бы разлагать на элементарные колебания. Словом, поскольку мы говорим только о качественной и качественно изменяющейся непрерывности, какой является, например, окрашенная и меняющая окраску протяженность, мы выражаем воспринимаемое нами непосредственно, не прибегая ни к каким человеческим условностям; у нас нет никакого основания предполагать, будто мы здесь не находимся перед лицом самой реальности. Всякая видимость должна рассматриваться как реальность, поскольку не доказано, что она иллюзия; между тем, никогда не было приведено такого доказательства в отношении явления, о котором мы ведем речь: правда, многие были



убеждены, будто требуемое доказательство ими дано, но это был самообман; я имею право думать, что разоблачил его<sup>1</sup>. Материя дана нам, следовательно, непосредственно как реальность. Но можно ли сказать то же самое по отношению к определенному телу, представляющемуся как более или менее независимая сущность? Зрительное восприятие тела является результатом разделения на части окрашенной протяженности; оно представляет собой нашу вырезку из протяженной непрерывности. Очень вероятно, что такое фрагментирование производится различно различными видами животных. При этом многие из них неспособны пойти дальше; а способные руководствуются в этой операции характером своей деятельности и природой своих потребностей. „Тела, писал я, выкраиваются из ткани природы восприятием, ножницы которого следуют пунктиру линий, определяющих возможный захват действия<sup>2</sup>“. Вот что говорит психологический анализ. Физика подтверждает его. Она разлагает тело на неопределенно большое число элементарных телец; и в то же время она показывает нам, как это тело связано с другими телами при помощи тысячи взаимных действий и противодействий. Она столько раз рассекает его и в то же время устанавливает между ними и остальными вещами такую непрерывную связь, что ясно, как велики должны быть искусственности и условности нашего разделения материи на тела. Но если каждое тело, взятое изолированно и помещенное в границах, положенных для него привычками нашего восприятия, является в значительной степени чем-то условным, то почему же тогда не считать условным также и движение, которое оказывает действие на это изолированное тело? Существует, сказал я, только одно воспринимаемое нами изнутри движение, и мы знаем, что оно само по себе является реальностью: движение, порождаемое на наших глазах нашим усилием. В других же случаях, наблюдая движение, мы уверены только в том, что во вселенной совершается какое-то изменение. Природа и даже точная локализация этого изменения нам недоступны; все, что мы в состоянии сделать, сводится к отметке нами некоторых изменений положения, составляющих зрительную и поверхностную картину происходящего и непременно являющихся двусторонними. Всякое движение—в том числе и наше, поскольку оно воспринимается извне при помощи зрительного чувства—всегда, следовательно, относительно. Само собой понятно, что речь идет здесь исключительно о движении весомой материи. Только что произведенный нами анализ в достаточной степени показывает это.

<sup>1</sup> Matière et Mémoire, p. 225 et suiv. Ср. всю первую главу.

<sup>2</sup> L'. Evolution créatrice, 1907, p. 12—13. Ср. Matière et Mémoire, 1896, гл. I целиком, и гл. IV, p. 218 et suiv.

Если цвет есть реальность, то реальностью должны быть также колебания, каким-то образом совершающиеся внутри него: но если они обладают, следовательно, абсолютным характером, то должны ли мы все же называть их движениями? С другой стороны, каким образом ставить на одну доску акт, при помощи которого распространяются в пространстве эти реальные колебания, представляющие собой элементы качества и причастные абсолютности, свойственной качеству, с одной стороны, и насквозь относительное, всегда двустороннее перемещение двух систем  $S$  и  $S'$ ; являющихся более или менее искусственными отрезками материи, с другой стороны? И в том, и в другом случае мы говорим о движении; но имеет ли слово в обоих случаях одинаковый смысл? Лучше бы назвать первый вид движения *распространением*, второй же — *перенесением*: это различие является результатом моих прежних исследований, согласно которым распространение должно глубоко отличаться от перенесения. Но в таком случае, если теория истечения отвергнута, и распространение света не является перемещением частиц, мы не станем ожидать изменения скорости света по отношению к какой-либо системе в зависимости от того, „покоится“ ли она или „движется“. Почему, в самом деле, ей зависеть от специфически человеческого способа восприятия и постижения вещей?

Примем теперь совершенно открыто гипотезу взаимности. Мы должны будем прежде всего дать общее определение ряда терминов, смысл которых казался нам до сих пор достаточно ясным в каждом отдельном случае из самого их употребления. Итак, назовем „системой отсчета“ трехгранный угол, ограниченный тремя взаимно-перпендикулярными плоскостями, и согласимся расположить по отношению к нему все точки вселенной, указывая соответствующее расстояние их до трех плоскостей. Пусть физик, занятый построением своей науки, будет помещен в эту трехгранную систему. Пусть вершина трехгранника будет служить ему наблюдательным пунктом. Конечно, все точки системы отсчета будут пребывать в покое друг относительно друга. Но нужно прибавить, что в гипотезе относительности система отсчета сама будет неподвижной в течение всего времени ее применения для отсчитывания. Чем, в самом деле, может быть неподвижность трехгранника в пространстве, как не приписываемым ему свойством, как не сообщаемым ему на известное время привилегированным положением, поскольку он рассматривается как система отсчета? Поскольку мы сохраняем неподвижный эфир и абсолютные положения, постольку вещам также принадлежит неподвижность в самом строгом смысле этого слова; она не зависит от наших предписаний. Но раз эфир вместе с привилегированной системой и неподвижными точками ис-

чезли, то остались только движения объектов друг относительно друга; так как, однако, невозможно двигаться относительно самого себя, то неподвижность будет условным состоянием наблюдательной позиции, куда мы мысленно помещаем самих себя: эта наблюдательная позиция в точности соответствует трехграннику отсчета. Конечно, ничто не мешает предположить, что в определенный момент система отсчета сама придет в движение. Физике часто бывает необходимо сделать такое предположение, и теория относительности вполне с ним совместима. Но когда физик заставляет двигаться свою систему отсчета, то он, значит, мысленно выбрал другую систему, которая становится в таком случае неподвижной. Правда, и эта вторая система, в свою очередь, может быть мысленно приведена в движение, при чем мысль не будет искать непременно прибежища в третьей системе. Но тогда она будет колебаться между двумя системами, делая их неподвижными поочередно и так быстро переходя от одной к другой, что может получиться иллюзия, будто они обе находятся в движении. Мы будем говорить о „системе отсчета“ именно в этом точно определенном смысле.

С другой стороны, мы будем называть „неизменной системой“ или просто „системой“ всю совокупность точек, сохраняющих друг относительно друга те же самые положения, т. е., иными словами, неподвижных друг относительно друга. Земля является системой. Несомненно на ее поверхности обнаруживается и внутри нее скрывается множество перемещений и изменений; но все эти движения происходят в некоторой неподвижной раме: я хочу сказать, что на земле можно найти сколько угодно неподвижных друг относительно друга точек, и держаться только их; в таком случае, события, протекающие в промежутках между ними низведутся до роли простых представлений: они будут только образами, последовательно рисующимися в сознании наблюдателей, находящихся в этих неподвижных точках.

Далее, „система“, как общее правило, может быть превращена в „систему отсчета“. Под этим превращением следует понимать помещение в неизменную систему той системы отсчета, на которой мы остановились. Иногда нужно бывает указать определенную точку системы, куда помещается вершина трехгранника. Большею частью это бесполезно. Так, система „земля“, когда мы принимаем во внимание только ее состояние покоя или движения по отношению к другой системе, может быть рассматриваема нами, как простая материальная точка: эта точка становится, в таком случае, вершиною нашего трехгранника. Но мы можем сохранить у земли все ее размеры: в этом случае трехгранник помещается в любом месте на ее поверхности.

Кроме того, если мы станем на точку зрения теории относительности, то переход от „системы“ к „системе отсчета“ представится непрерывным. В самом деле, для этой теории характерно размещение в разных точках „системы отсчета“ неопределенного количества согласованных друг с другом часов, а, следовательно, также и наблюдателей. Таким образом, система отсчета не может более являться простым трехгранником, на котором находится единственный наблюдатель. Конечно, под „часами“ и „наблюдателями“ я не разумею ничего материального: под „часами“ здесь следует понимать только идеальную регистрацию моментов времени, согласно определенным законам или правилам, под „наблюдателем“ же идеального созерцателя идеально регистрируемых моментов времени. Правда, не исключена возможность представления нами материальных часов и живых наблюдателей во всех точках системы. Нужно заметить, что теории относительности с самого начала была присуща склонность употреблять термины „система“ и „система отсчета“, как равнозначные, потому что неизменность результата опыта Майкельсона-Морли объяснялась в ней стабилизацией земли, превращением системы „земля“ в систему отсчета. В большинстве случаев приравнивание системы отсчета „земле“, понимаемой в этом смысле, не представляет никакого неудобства. Философ же может извлечь из него большие преимущества, например, когда он задастся вопросом, в какой мере времена Эйнштейна являются реальными временами, и когда он ради этого будет вынужден разместить живых наблюдателей, сознательные существа, во всех пунктах системы отсчета, где есть „часы“.

Вот предварительные соображения, которые я желал представить. Я уделил им много места. Поступил я так потому, что все заблуждения по поводу философского смысла рассуждений о времени в теории относительности проистекали, вследствие отсутствия точного определения употребляемых терминов, вследствие непривычки видеть в относительности двустороннюю зависимость, вследствие постоянного упускания из виду связи между полной и умеренной относительностью и неумения уберечься от смешения между ними и, наконец, вследствие непонимания отношения между физикой и математикой. Прибавим к этому, что не больше внимания уделялось исследованию природы самого времени. Между тем, именно отсюда следовало бы начинать. Остановимся на этом пункте. Вооружившись только что произведенным нами анализом и различениями, а также рассуждениями о времени и его измерении, которые мы собираемся сейчас сделать, мы легко сумеем приступить к интерпретации теории Эйнштейна.

## ГЛАВА III

### О природе времени.

Последовательность и сознание. — Происхождение идеи универсального времени. — Реальная длительность и измеримое время. — О непосредственно воспринимаемой одновременности: одновременность потока и одновременность мгновений. — Одновременность, показываемая часами. — Развертывающееся время. — Развернутое время и четвертое измерение. — По какому признаку можно узнать, что время реально?

Несомненно, что время первоначально смешивается нами с непрерывностью нашей внутренней жизни. Что такое эта непрерывность? — Непрерывность течения или перехода, но такого течения и такого перехода, которые довлеют себе: течения, не содержащего текущей вещи, и перехода, не предполагающего состояний, через которые переходят: вещь и состояние суть только мгновения, искусственно выхваченные из перехода; этот переход — единственное, что поддается естественному наблюдению — есть сама длительность. Она является памятью, но не памятью личности, внешней по отношению к тому, что она удерживает, и отличной от прошлого, чье сохранение она утверждает; это память, внутренне присущая самому изменению, память, продолжающая „перед“ в „после“ и препятствующая им быть чистыми мгновениями, появляющимися и исчезающими в виде постоянно возобновляющегося настоящего. Мелодия, которую мы слушаем с закрытыми глазами, не думая ни о чем другом, почти что совпадает с этим временем, представляющимся самой текучестью нашей внутренней жизни; но у мелодии еще слишком много качеств, слишком много определенности. Чтобы найти абсолютное время, нужно предварительно сгладить различие между звуками, затем уничтожить характерные признаки самого звука и удержать из мелодии только продолжение предшествующего в последующем и непрерывный переход, множественность без различенности и последовательность без раздельности. Такова непосредственно воспринимаемая нами длительность, не зная которой, мы не имели бы никакого представления о времени.

§ Как мы совершаем переход от внутреннего времени ко времени, присущему вещам? Мы воспринимаем материальный мир, и это восприятие—правильно или нет—кажется чем-то одновременно существующим и в нас и вне нас: с одной стороны оно является состоянием сознания; с другой же стороны — оно поверхностный слой материи, где ощущающий сливается с ощущаемым. Каждому моменту нашей внутренней жизни соответствует, таким образом, момент нашего тела и всей окружающей нас материи, являющийся „одновременным“ первому моменту: эта материя кажется нам затем участвующей в нашей сознательной длительности<sup>1</sup>. Постепенно мы распространяем эту длительность на весь материальный мир, потому что у нас нет никакого основания ограничивать ее вещами, находящимися в непосредственном соседстве с нашим телом: вселенная представляется нам единым целым; и если окружающая нас часть ее длится подобно нашей внутренней жизни, то мы предполагаем, что так же дело должно обстоять и с частью, непосредственно примыкающей к ней, и так далее до бесконечности. Так рождается идея вселенской длительности, т. е. идея безличного сознания, служащего соединительным звеном между всеми индивидуальными сознаниями и, равным образом, между ними и остальной природой<sup>2</sup>. Такое сознание схватывало бы в едином мгновенном восприятии множество событий, совершающихся в различных точках пространства; одновременность двух или многих событий точно соответствовала бы возможности охватить их одним мгновенным восприятием. Что истинно и что обманчиво в этом способе восприятия вещей? В настоящий момент нас не интересует отделение истины от заблуждения: для нас важно отчетливо уяснить, где кончается опыт и где начинается гипотеза. Мы не можем сомневаться ни в том, что наше сознание ощущает длительность, ни в том, что наше восприятие, с одной стороны, составляет часть нашего сознания, а с другой, в него входит нечто от нашего тела и окружающей нас материи<sup>3</sup>; таким образом, наша длительность и ощущаемая и переживаемая нами причастность окружающего нас материального мира к этой внутренней длительности суть факты опыта. Но—как было нами доказано раньше—с самого начала нужно заявить, что природа этой причастности остается нам неизвестной: возможно, что сами по себе внешние вещи лишены длительности, и их при-

<sup>1</sup> Мысли эти находят дальнейшее развитие в *Essai sur les données immédiates de la conscience* Paris, 1889, главным образом, в главах II и III; *Matière et Mémoire*, Paris, 1896, гл. I и IV; *L'Évolution créatrice*, passim Ср. *Introduction à la métaphysique*, 1903 и *La perception du changement*, Oxford, 1911.

<sup>2</sup> Ср. только что процитированные мои произведения.

<sup>3</sup> Ср. *Matière et Mémoire*, гл. I.

частность к ней зависит от свойства внешних вещей входить в нашу длительность, поскольку они действуют на нас, разбивая таким образом и деля на этапы течение нашей сознательной жизни<sup>1</sup>. Затем, если даже предположить, что окружающий нас мир „длится“, то и в таком случае мы ни откуда не можем почерпнуть строгого доказательства, что та же самая длительность сохранится и при перемене нами обстановки: вполне допустимо, что существуют различные, т. е. обладающие различным ритмом, длительности. В свое время мною была построена такого рода гипотеза по отношению к живым существам. Я различал длительности большего или меньшего напряжения, которые характеризуют различные ступени сознания, внося таким образом иерархичность в животное царство. Во всяком случае, я и тогда не усматривал и теперь не вижу никакого основания распространять на материальную вселенную гипотезу множества длительностей. Я оставил открытым вопрос, делима ли вселенная на независимые друг от друга миры или же неделима; для меня было достаточно нашего мира с тем частным устремлением (*l'élan*), которое свойственно в нем жизни. Но если бы нужно было решать во что бы то ни стало, то, приняв во внимание теперешнее состояние наших сознаний, я остановился бы на гипотезе единого и универсального материального времени. Конечно, перед нами не больше, чем гипотеза, но она опирается на умозаключение по аналогии, которое мы должны считать решающим, пока нам не будет предложено ничего более удовлетворительного. Это полусознательное умозаключение можно, думаю я, формулировать следующим образом. Всем человеческим сознаниям свойственна одна и та же природа, все они воспринимают одинаковым способом, текут с одной и той же скоростью и переживают одну и ту же длительность. Ничто не препятствует нам вообразить сколько угодно человеческих сознаний, рассеянных по вселенной на таких расстояниях друг от друга, что периферическая часть внешнего опыта любых двух соседних сознаний окажется общей. Но каждый из этих двух внешних опытов причастен длительности сознаний, которым он принадлежит. Так как, далее, ритм длительности обоих рассматриваемых сознаний, одинаков, то он должен быть одинаковым и у обоих опытов. Однако, некоторая часть обоих опытов общая. При помощи этого соединительного звена они сливаются в один опыт и разворачиваются в одной длительности, присущей любому из двух соседних сознаний. Это же самое рассуждение можно повторять и дальше, и таким образом одна и та же длительность распространится на все события материального мира; после

<sup>1</sup> Ср. *Essai sur les données immédiates de la conscience*, в особенности стр. 82 и след.

этого мы можем элиминировать человеческие сознания, которые были первоначально, размещены нами на определенных расстояниях и служили этапами для движения нашей мысли: в результате у нас останется безличное время, в котором протекают все вещи. Давая такую формулировку вере людей, мы, может быть, вносим в нее излишнюю точность. Обыкновенно каждый из нас довольствуется неопределенным расширением непосредственно окружающей его материальной обстановки при помощи смутного усилия своего воображения: поскольку эта обстановка воспринимается нами, она причастна длительности нашего сознания. Но когда наше усилие получает точные очертания, когда мы пытаемся ввести его в строгие границы, когда мы удваиваем и умножаем наше сознание, перенося его до крайних пределов нашего внешнего опыта, а затем также до пределов опыта другого — соседнего — сознания, то мы бываем поражены такому беспредельному расширению нашего сознания: именно это множество сознаний, исшедших из нашего и подобных ему; образует для нас как бы цепь, проходящую через всю беспредельную вселенную, и служит нам — вследствие тождества их внутренних длительностей и смежности их внешних опытов — гарантией единства безличного времени. Такова гипотеза здравого смысла. Мы полагаем, что она вполне может быть сохранена Эйнштейном, и что теория относительности скорее укрепляет идею общего всем вещам времени, чем подрывает ее. Эта идея, оставаясь гипотетической, все же приобретает, по нашему мнению, в понятой надлежащим образом теории относительности особую строгость и особую прочность. Таков вывод, являющийся неизбежным результатом нашего анализа. Но сейчас центр тяжести для нас не в этом. Оставим в стороне вопрос о едином времени. Мы желаем установить положение, что невозможно говорить о делящейся реальности, не вводя в свои рассуждения сознания. Метафизик прямо поведет здесь речь о некоем универсальном сознании. Здравый смысл будет представлять его более смутно. Математик, правда, не станет заниматься им, потому что его интересует мера вещей, а не их природа. Но если он спросит себя, что он измеряет, если он фиксирует свое внимание на самом времени, то он необходимо представит себе последовательность: „после“ и „перед“ и мост между ними (если только он не будет иметь в виду один какой-нибудь момент, чистое мгновение); однако, повторим еще раз, невозможно представлять или мыслить соединение между „перед“ и „после“, не вводя при этом памяти, т. е., иными словами, элемента сознания.

Это слово, способно, может быть, оттолкнуть, если мы будем вкладывать в него антропоморфический смысл. Но для представления делящейся вещи вовсе нет надобности брать соб-



ственную память и переносить ее, хотя бы даже в какой-нибудь ослабленной форме, внутрь вещи. Как бы мы ни ослабляли интенсивность памяти, мы всегда будем рисковать сохранить в ней некоторую степень разнообразия и богатства внутренней жизни; мы сохраним в ней, следовательно, свои личные, во всяком случае — человеческие, особенности. Нужно идти обратным путем. Мы должны рассматривать момент развития вселенной, т. е. мгновение, которое существовало бы независимо от всякого сознания, потом мы должны постараться вызвать рядом с ним другой момент, стоящий как можно ближе к первому, и ввести в мир, таким образом, минимум времени, не позволяя проникнуть вместе с ним даже самому слабому проблеску памяти. Мы увидим, что это невозможно. Если нет — пусть самой элементарной — памяти, связывающей друг с другом два мгновения, то перед нами будет либо одно, либо другое из них, т. е. один единственный момент; перед нами не будет ни „перед“, ни „после“, ни последовательности, ни времени. Мы можем приписывать этой памяти только свойство связывать; она будет, если угодно, самой связью, простым продолжением „перед“ в непосредственно за ним следующее „после“, при чем все, что не является непосредственно предшествующим моментом, будет непрерывно предаваться забвению. И тем не менее мы таким образом введем память. Строго говоря, невозможно установить различие между длительностью, разделяющей два мгновения, как бы коротка она ни была, и памятью, соединяющей их друг с другом, потому что длительность, по существу своему, есть продолжение того, чего нет более, в том что есть. Вот каково реальное время, я хочу сказать — время, воспринимаемое и переживаемое. Но таково же и всякое мыслимое время, потому что невозможно мыслить время, не представляя его себе воспринятым и пережитым. Длительность предполагает, следовательно, сознание; и уже в силу одного того, что мы приписываем вещам длящееся время, мы вкладываем в глубину их некоторую дозу сознания. #

Однако, будем ли мы считать время принадлежностью сознания или же чем-то внешним по отношению к нам, — и в том и в другом случае длящееся время не может быть измерено. В самом деле, всякая мера, если только она не является чисто условной, предполагает деление и наложение. Между тем, невозможно накладывать друг на друга последовательные длительности с целью убедиться, равны они или неравны; согласно гипотезе, когда одна из них появляется, другая уже не существует; понятие констатируемого равенства теряет здесь всякое значение. С другой стороны, реальная длительность, как мы сейчас увидим, ставится делимой лишь вследствие солидарности, устанавливающейся между нею и символизирующей ее линией:

сама по себе она заключается в неделимом и целостном поступательном движении. Закройте глаза и слушайте мелодию, сосредоточив внимание исключительно на ней и не нанося на воображаемую бумагу или клавиры нот, которые вы сохраняете одну за другою, и которые становятся вследствие этого одновременно, утрачивают свою непрерывную текучесть во времени и застывают в пространстве: перед вами предстанет нераздельная и неделимая мелодия или часть мелодии, которую вы поместите в чистую длительность. Но наша внутренняя длительность, начиная с первого и кончая последним моментом нашей сознательной жизни, представляет собой нечто подобное этой мелодии. Наше внимание может быть отвлечено от нее и, значит, от ее неделимости; но наша попытка рассечь ее подобна попытке рассечения пламени лезвием ножа: на самом деле мы делим только занятое им пространство. Когда мы наблюдаем очень быстрое движение, например, движение падающей звезды, мы очень отчетливо различаем делимую по нашему произволу огненную линию и неделимую подвижность, которую она охватывает: эта подвижность и есть чистая длительность. Пусть безличное всеобщее время, если только оно существует, без конца продолжается от прошлого к будущему: все оно цельно; различаемые нами в нем части суть только части пространства, которое изображает как бы след времени и становится в наших глазах его эквивалентом; мы делим то, что развернуто, а не само развертывание. Как же, однако, мы переходим от развертывания к развернутому, от чистой длительности к измеримому времени? Механизм этой операции восстановить нетрудно.

Если я провожу пальцем по листу бумаги, не глядя на него, то совершаемое мною движение, если его воспринимать изнутри, представляет собою непрерывность сознания, часть моей внутренней жизни, наконец — моей длительности. Если же я раскрываю глаза, то я вижу, что мой палец чертит на листе бумаги сохраняющуюся на нем линию, в которой все сводится к рядоположности, но не к последовательности; она олицетворяет собою развернутость, т. е. регистрирует результат движения и служит в то же время его символом. Эта линия делима, она измерима. Деля и измеряя ее, я могу, следовательно, если мне удобно, сказать, что я делю и измеряю длительность движения, которое ее чертит.

Таким образом, справедливо утверждение, что время измеряется посредством движения. Но нужно добавить, что это измерение времени посредством движения возможно, главным образом, вследствие нашей способности самим совершать движения, которые имеют всегда две стороны: в качестве мускульных ощущений они составляют часть потока нашей сознательной жизни, они обладают длительностью; в качестве же зрительного

восприятия они описывают траекторию, обладают признаками пространственности. Я сказал „главным образом“, потому что вполне можно вообразить сознательное существо, которому была бы присуща одна только способность зрения, и которое все же пришло бы к построению идеи измеримого времени. Для этого нужно, чтобы его жизнь проходила в созерцании бесконечно продолжающегося внешнего движения. Для этого нужно также, чтобы оно могло отвлечь от движения, воспринимаемого в пространстве и способного быть делимым, подобно своей траектории, — чистую подвижность, т. е. непрерывную связанность „перед“ и „после“, данную сознанию, как неделимый факт: мы только что проводили это различие, говоря об огненном следе, оставляемом падающей звездой. Такое сознание обладало бы непрерывностью жизни, образованную непрерывным чувством бесконечно развертывающейся внешней подвижности. При этом непрерывность развертывания была бы все же отличной от делимого следа, оставляемого в пространстве и относящегося к тому, что развернуто. След делим и доступен измерению, потому что он составляет часть пространства. Развертывание же есть длительность. Без непрерывного развертывания оставалось бы одно только пространство; пространство же, не охватывающее больше длительности, не могло бы уже представлять времени.

Ничто, однако, не мешает предположить, что каждый из нас, от начала и до конца своей сознательной жизни, чертит в пространстве след непрерывного движения. Каждый из нас мог бы идти и день и ночь. Таким образом, совершалось бы путешествие, равное длине нашей сознательной жизни. Вся история каждого из нас развертывалась бы, в таком случае, в измеримом времени.

Не о таком ли путешествии думаем мы, когда говорим о безличном времени? Не совсем о таком, потому что мы живем социальной и даже космической жизнью в такой же и в еще большей степени, чем индивидуальной. Вполне естественно, что мы подменяем путешествие, совершаемое нами, путешествием любого другого лица и затем, вообще, каким нибудь непрерывным движением, одновременным с нашим собственным путешествием. Я называю „одновременными“ два потока, которые являются для моего сознания *одним или двумя* потоками — безразлично; мое сознание воспринимает их вместе, как единый поток, если оно направляет на них один неделимый акт внимания; оно, напротив, всецело разделяет их, если мое внимание раздваивается между ними; мое сознание, наконец, сразу воспринимает их и как один и как два потока, если, не раздваивая внимания всецело, оно все же разделяет его. Я называю „одновременными“ два мгновенные восприятия, постигаемые одним и тем же актом сознания, независимо от того, раздваивается ли при этом наше

внимание или нет. После всех этих оговорок совершенно понятно, почему мы предпочитаем рассматривать в качестве „потока времени“ движение, не зависящее от движения нашего тела. Правильнее говоря, такая точка зрения на время дается нам, как уже готовая. Она выработана для нас обществом. Движением, символизирующим время, является вращение земли. Но мы принимаем этот символ и рассматриваем его, как движение во времени, а не только в пространстве, лишь потому, что в скрытом виде в нем всегда участвует движение нашего тела, которое *могло бы* олицетворять для нас поток времени.

Выберем ли мы в качестве счетчика времени одно движущееся тело или другое — это безразлично. С того момента как мы вынесли нашу собственную длительность наружу, превратив ее в движение в пространстве, все прочее вытекает с неизбежностью. С этого момента время будет казаться нам развертывающейся нитью, т. е. траекторией движущегося тела, при помощи которой мы можем измерять его. Допустим, что мы будем измерять время этого развертывания: вследствие этого будет измерено также время развертывания вселенной.

Нам, однако, не казалось бы, что все вещи развертываются вместе с нитью, и каждый текущий момент вселенной не являлся бы для нас концом нити, если бы в нашем распоряжении не было понятия одновременности. Мы сейчас увидим роль этого понятия в теории Эйнштейна. В данный же момент, мы хотели бы хорошенько выяснить его психологическое происхождение, о котором мы уже сказали несколько слов. Защитники теории относительности всегда говорят только об одновременности двух моментов. Но прежде чем у нас складывается понятие этой одновременности, мы располагаем более естественным представлением одновременности двух потоков. Мы сказали, что существенным свойством нашего внимания является его способность раздваиваться, не разделяясь. Когда мы сидим на берегу реки, то течение воды, движение лодки или полет птицы и непрерывный шопот нашей внутренней жизни могут, по нашему произволу, являться тремя различными вещами или же одной. Мы можем поместить все это внутрь себя, сосредоточить внимание на едином восприятии, которое увлекает в свое течение все три потока, смешавши их; мы можем, далее, оставить два первые потока вне нас и раздвоить наше внимание, сосредоточив его на внутреннем и на внешних потоках; или еще лучше, мы можем делать то и другое сразу, соединяя свое внимание со всеми тремя потоками и в то же время отделяя его от них, пользуясь, таким образом, его замечательным преимуществом быть сразу одним и многим. Вот каково наше первоначальное представление об одновременности. Вслед затем мы называем одновременными два внешние потока, обладающие одной и той же

длительностью, поскольку они причастны одной и той же третьей длительности, именно, длительности нашего сознания: эта длительность является исключительно нашей собственной длительностью, когда наше сознание рассматривает только нас самих, но она становится одновременно длительностью внешних потоков, когда наше внимание охватывает все три потока в одном неделимом акте.

Мы, однако, никогда не перейдем от одновременности двух потоков к одновременности двух мгновений, если мы будем оставаться в пределах чистой длительности; потому что всякая длительность „объемиста“: реальное время не имеет мгновений. Но мы весьма просто образуем представление мгновения, а также представление одновременных мгновений, как только мы усвоим привычку превращать время в пространство. В самом деле, длительность не имеет мгновений, но линия ограничивается точками<sup>1</sup>. С момента, когда мы представляем соответствующую длительности линию, частям линии должны соответствовать „части длительности“ и точке на линии — „точка длительности“: ею окажется мгновение — нечто существующее не в действительности, но только в возможности. Мгновение есть точка, служащая пределом длительности, если бы последняя остановилась. Но длительность не останавливается. Реальное время не может, следовательно, дать нам представления мгновения; это представление заимствовано от математической точки, т. е. от пространства. И все же, без реального времени, точка оставалась бы точкой; она не превращалась бы в мгновение. Мгновенность предполагает, таким образом, две вещи: непрерывность реального времени — я хочу сказать длительности — и непрерывность времени, протянутого в пространстве — я хочу сказать линии, которая, будучи начерчена движением, становится вследствие этого символом времени: протянутое в пространстве время, содержащее в себе точки, дает свое отражение на реальном времени и позволяет выделять из последнего мгновения. Это не было бы возможным, если бы у нас не было склонности — порождающей множество иллюзий — *приравнивать* движение пройденному пространству, отождествлять траекторию с пройденным путем и разлагать вслед затем движение, пробегающее определенную линию, на подобие того, как мы разлагаем самую линию: если мы различали на линии точки, то эти точки станут, в таком случае, „положениями“ движущегося тела (Точно это последнее, двигаясь, может когда-нибудь сов-

<sup>1</sup> Насколько естественно для нас понятие математической точки, это хорошо известно тем, кто обучал начаткам геометрии детей. Даже самые тупые в отношении усвоения первых элементов дети быстро и без затруднений представляют себе линии без толщины и точки, лишенные всяких измерений.

ласть с тем, что пребывает в покое! Точно оно не прекратило бы тотчас же, вследствие этого, своего движения!) Затем, обозначивши на траектории движения положения, т. е. крайние точки подразделений линии, мы ставим с ними в соответствие „мгновения“ непрерывного движения: простые возможности, картину, раскрывающуюся умственному взору. В свое время я описал механизм этой операции; я показал также, каким образом затруднения, обнаруженные философами в вопросе о движении, рассеиваются, как только мы уясняем отношение мгновения ко времени, протянутому в пространстве, и отношение этого последнего к чистой длительности. Сейчас же я замечу только, что рассудочный характер операции только кажущийся: она естественная операция человеческого сознания; мы совершаем ее инстинктивно. Рецепт дается языком.

Одновременность мгновения и одновременность потока суть, следовательно, вещи отличные друг от друга, но взаимно дополняющие. Если бы не существовало одновременности потока, то мы не считали бы возможным замещение одного другим трех следующих терминов: непрерывности нашей внутренней жизни, непрерывности произвольного движения, которое наша мысль продолжает до бесконечности, и непрерывности любого движения в пространстве. Реальная длительность и время, протянутое в пространстве, не были бы, следовательно, равнозначными, и, благодаря этому, у нас не существовало бы универсального времени; существовала бы только длительность каждого из нас. Но, с другой стороны, это универсальное время может быть измеряемо только при помощи одновременности мгновений. Одновременность мгновений нужна, во-первых, для отметки одновременности явления и показания часов; и, во-вторых, для отметки, в течение всей нашей личной длительности, одновременности моментов этих показаний с моментами нашей длительности, создаваемыми самим актом отметки. Из этих двух актов, первый является существенным для измерения времени. Но без второго акта у нас была бы просто некоторая мера, мы нашли бы число  $t$ , представляющее неизвестно что, у нас не возникло бы мысли о времени. Итак, одновременность двух мгновений принадлежащих двум внешним по отношению к нам движениям есть условие возможности измерения времени; но лишь одновременность этих моментов с моментами, отмечаемыми ими на течении нашей внутренней длительности, превращает произведенное таким образом измерение в измерение времени.

Мы должны будем остановиться подробнее на этих двух пунктах. Но откроем раньше скобки и отвлечемся в сторону. Мы только что различили два вида „одновременности мгновения“: ни один из них не есть одновременность, о которой

идет главным образом речь в теории относительности—я имею в виду одновременность показаний двух удаленных друг от друга часов. Об этой одновременности мы уже говорили в первой части нашего труда; в дальнейшем мы займемся ею более основательно. Ясно, что теория относительности, сама по себе, не в состоянии помешать допущению только что описанных нами двух видов одновременности: самое большее, она способна добавить к ним третий вид—одновременность, зависящую от согласования часов. Вне всякого сомнения, можно доказать, что показания двух часов  $H$  и  $H'$ , удаленных друг от друга, согласованных друг с другом и показывающих одно и то же время, являются то одновременными, то неодновременными, в зависимости от точки зрения. Теория относительности имеет право высказывать это утверждение, — мы сейчас увидим, при каком условии. Но тем самым она признает, что событие  $E$ , совершающееся около часов  $H$ , дано одновременно с показанием часов  $H$  совсем не в только что указанном смысле, а в том смысле, какой приписывается слову одновременность психологом. То же самое следует сказать и об одновременности события  $E'$  с показанием „соседних“ часов  $H'$ . В самом деле, если не исходить из допущения этой абсолютной одновременности, которая не имеет ничего общего с согласованием часов, то самые часы оказались бы совершенно бесполезными. Они были бы игрушками, которыми забавляются, сравнивая показания одних с показаниями других; при помощи их невозможно было бы определять время событий; короче говоря, они существовали бы для развлечения, а не для того, чтобы приносить нам пользу. Они потеряли бы всякий смысл для нас и для защитника теории относительности, потому что и этот последний обращается к ним для того, чтобы отметить время события. Совершенно правильно, что одновременность, понятая таким образом, может быть усмотрена только по отношению к моментам двух потоков, протекающих „в одном и том же месте“. Совершенно правильно также, что здравый смысл и вся современная наука до Эйнштейна *a priori* простирали эту концепцию одновременности на события, отделенные каким угодно расстоянием. И здравый смысл, и наука, несомненно, представляют себе — как мы говорили выше — сознание, распространяющееся на всю вселенную и способное охватить два события в едином мгновенном восприятии. Но они применяют таким образом принцип, присущий всякому математическому представлению вещей и обязательный также и для теории относительности. Согласно этому принципу, различие „малого“ и „большого“, „удаленного“ и „близкого“ не имеет научного значения; поэтому, если, независимо от какого-бы то ни было согласования часов, независимо от какой бы то ни было точки зрения, можно говорить об одновременности, когда дело

идет о событии и о часах, находящихся на близком расстоянии друг от друга, то с таким же правом о ней можно говорить и в тех случаях, когда расстояние между часами и событием или между двумя часами — велико. Физика, астрономия и, вообще, наука невозможны, если мы откажем ученому в праве схематически изображать на листе бумаги целое вселенной. Мы безмолвно допускаем, следовательно, возможность сокращать размеры, не искажая картины. Мы полагаем, что размер не есть нечто абсолютное, что существуют только отношения между размерами, и что во вселенной, уменьшенной до любых размеров, все процессы остались бы теми же, если мы сохраним неизменными отношения между ее частями. Но как же, в таком случае, помешать нашему воображению, и даже нашему рассудку, рассматривать одновременность показаний двух очень удаленных друг от друга часов точно так же, как одновременность показаний двух близких друг от друга часов, т. е. часов, расположенных „в том же самом месте“? Микроб, обладающий рассудком, нашел бы между двумя „соседними“ часами громадное расстояние; он не согласился бы с существованием интуитивно усматриваемой, абсолютной одновременности между их показаниями. Будучи больше Эйнштейном, чем сам Эйнштейн, он признавал бы в данном случае только такую одновременность, которую можно бы было отмечать посредством тождественных показаний двух микроскопических часов, согласованных при помощи световых сигналов, и он заменил бы такими часами двое наших „соседних“ часов. Абсолютная для нас одновременность стала бы для него относительной, потому что он перенес бы абсолютную одновременность на показания двух микроскопических часов, которые он воспринимал бы, в свою очередь (опять так же столь же ошибочно) „в том же самом месте“. Но не будем сейчас останавливаться на этом: мы не критикуем концепцию Эйнштейна; мы хотим просто показать, к чему приводит естественное и постоянно совершаемое расширение представления об одновременности, которое мы в действительности черпаем из констатирования двух „соседних“ событий. До сих пор не было сделано попытки произвести подобный анализ; между тем, он раскрывает нам одно обстоятельство, из которого может извлечь пользу также и теория относительности. Мы видим, что причина столь легкого перехода нашего рассудка от малого расстояния к большому, от одновременности между соседними событиями к одновременности между событиями отдаленными, причина перенесения им на второй случай абсолютности, присущей первому случаю, заключается в том, что наш рассудок привык верить, будто можно произвольно изменять размеры всех вещей, при условии сохранения прежних отношений между ними. Пришло, однако, время закрыть скобки. Возвратимся к интуитивно вос-



принимаемой одновременности, о которой мы говорили раньше, и к двум выставленным нами положениям: 1) мы можем измерять промежуток времени благодаря наличности одновременности между двумя мгновениями двух внешних по отношению к нам движений; 2) это измерение является измерением времени благодаря одновременности двух указанных моментов с моментами, отмечаемыми ими на течении нашей внутренней длительности.

Первое положение очевидно. Выше мы видели, каким образом внутренняя длительность выносится наружу и прилагается ко времени, вытянутому в пространстве, и каким образом последнее, являющееся скорее пространством, чем временем, измеримо. Отныне при его посредстве мы будем измерять всякий промежуток времени. Так как мы делим его на части, соответствующие равным отрезкам пространства, и, вследствие этого, равные друг другу по определению, то каждая точка, через которую проходит деление, будет служить границей интервала, мгновением, а за единицу времени мы примем самый интервал. Теперь мы в состоянии рассматривать какое-угодно движение, какое-угодно изменение, совершающееся рядом с нашей моделью движения: в течение всего этого процесса мы будем отмечать „одновременность мгновений“. В течение длительности явления мы считаем столько единиц времени, сколько мы констатируем этих одновременностей. Итак, измерять время — значит, исчислять одновременности. Всякое другое измерение предполагает возможность прямого или непрямого наложения единицы меры на измеряемый предмет. Всякое другое измерение относится, следовательно к промежуткам между границами, даже когда мы ограничиваемся, в действительности, счетом самих этих границ. Но когда дело идет о времени, мы можем считать только границы: простая *условность* говорить, будто мы, таким образом, измерили промежуток. Если мы примем теперь во внимание, что наука занимается исключительно измерением, то для нас станет ясно, что, поскольку речь идет о времени, наука считает мгновения, отмечает одновременность, но не схватывает того, что происходит в течение самых промежутков. Она может увеличивать до бесконечности число границ, уменьшать до бесконечности промежутки; однако всегда самый промежуток будет ускользать от нее, показывая ей только свои границы. Если бы все движения вселенной, в том числе и то, которое служит мерою времени, вдруг ускорились в одинаковой пропорции, то для сознания, которое не совпадает с внутримозговыми молекулярными движениями, при этом кой-что изменилось бы; время от восхода до захода солнца для него не было бы заполнено тем же богатством впечатлений; оно констатировало бы, следовательно, перемену; больше того: гипотеза одновременного ускорения

всех движений вселенной имеет смысл только в том случае, когда мы представляем созерцающее их сознание, чисто качественная длительность которого допускает увеличение и уменьшение, но не становится вследствие этого доступной измерению<sup>1</sup>. Но изменение существует только для сознания, способного сравнивать течение вещей с течением внутренней жизни. Для науки же при этом ничего не изменилось бы. Пойдем дальше. Скорость развертывания этого внешнего и математического времени может стать бесконечной, все прошлые, настоящие и будущие состояния вселенной могут оказаться данными сразу, вместо развертывания может быть данным только развернутое: движение, представляющее время, может обратиться в линию; каждому делению этой линии будет, в таком случае, соответствовать та же самая часть развернутой вселенной, которая соответствовала ему перед этим в развертывающейся вселенной; в глазах науки ничто не изменится. Ее формулы и вычисления останутся теми же, какими они являются сейчас.

Правда, в определенный момент, именно — в момент перехода от развертывания к развернутому, мы бываем вынуждены снабдить пространство дополнительным измерением. Уже более тридцати лет назад<sup>2</sup> я высказал замечание, что время, вытянутое в пространстве, есть на самом деле четвертое измерение пространства. Единственно это четвертое измерение позволяет нам располагать рядом то, что дано в последовательности: не будь его, у нас не было бы места для такой операции. Пусть вселенная обладает тремя измерениями, или двумя, или одним, пусть она вовсе лишена измерений и сводится к математической точке — при всех этих допущениях неопределенная последовательность событий может быть превращена в мгновенную или вечную рядоположность при помощи одного только присоединения нового измерения. Если у вселенной нет ни одного измерения, и она сводится к точке, претерпевающей неопределенно

<sup>1</sup> Гипотеза, конечно, потеряет свой смысл, если мы станем представлять себе сознание как „эпифеномен“, присоединяющийся к мозговым явлениям и служащий только результатом или выражением их. Я не могу останавливаться здесь на этой теории сознания — эпифеномена, которая все чаще и чаще оценивается как произвольная. Я детально обсуждал ее во многих своих работах, особенно в трех первых главах *Matière et Mémoire* и различных статьях сборника *L'Énergie spirituelle*. Здесь достаточно напомнить следующее: 1) эта теория никоим образом не есть отвлечение от фактов; 2) в ней ясно заметен ее метафизический источник; 3) понятая буквально, она оказалась бы противоречащей себе самой (относительно этого последнего пункта, а также относительно колебаний теории между двумя противоречащими утверждениями, см. страницы 203—223 *L'Énergie spirituelle*). В настоящей работе мы берем сознание в виде, согласном со свидетельством опыта, не строя никаких гипотез о его природе и происхождении.

<sup>2</sup> *Essai sur les données immédiates de la conscience*, p. 83.

продолжительное качественное изменение, то можно предположить, что скорость смены качеств стала бесконечно большой, и что *качественные точки* даны все сразу: для этого нужно только к нашему миру без измерений прибавить линию, на которой упомянутые точки расположатся рядом. Если у вселенной уже было одно измерение, если она была линейной, то ей необходимо два измерения, чтобы расположить рядом *качественные линии* (каждая — неопределенной длины), которые были последовательными моментами ее истории. То же рассуждение применимо и в случае, если вселенная имеет два измерения, если она представляет поверхность, бесконечное полотно, на котором беспрестанно рисуются плоские образы, занимающие каждый все полотно целиком: скорость следования этих образов может стать бесконечной, и мы снова перейдем от развертывающейся вселенной к вселенной развернутой, стоит нам только ввести дополнительное измерение. Перед нами будет тогда куча нагроможденных друг на друга полотен, дающих нам последовательные образы, в своей совокупности составляющие полную историю вселенной; мы будем обладать всеми ими сразу; но вследствие этого мы вынуждены будем перейти от плоской вселенной к вселенной, обладающей объемом. Теперь мы легко поймем, как один только факт сообщения времени бесконечной скорости, замены развертывания развернутым, вынуждает нас приписать привычной нам вселенной четвертое измерение. Наука имеет дело с таким временем, которому мы вполне можем придать бесконечно большую скорость развертывания уже по одному тому, что она не в силах специфицировать „скорость развертывания“ времени: она считает одновременные мгновения и вынуждена оставлять без внимания промежутки между ними — вследствие этого она потенциально вводит в пространство некоторое дополнительное измерение.

Нашему измерению времени присуща, следовательно, тенденция размещать его содержание в четырехмерном пространстве, в котором прошлое, настоящее и будущее от века были бы расположены рядом друг с другом или наложены друг на друга. Эта тенденция есть просто свидетельство нашего бессилия математически выразить само время, свидетельство того, что для его измерения мы вынуждены подменять его одновременными моментами, которые мы считаем; эти одновременные моменты суть мгновения; они не причастны природе реального времени; они не делятся. Это простые отметки нашего рассудка, потенциальные остановки сознаваемой нами длительности и реального движения; ради этой цели рассудок применяет математическую точку, которую он переносит из пространства во время.

Но если наука имеет, таким образом, дело только с пространством, то легко все же понять, почему четвертое измерение

пространства, долженствующее заменить время, сохраняет, не смотря на это название времени. В нем присутствует наше сознание. Оно вдыхает живую длительность в обескровленное время-пространство. Наша мысль, истолковывая математическое время, проходит в обратном направлении путь, который она совершила, строя его представление. Тогда от внутренней длительности она перешла к некоторому неделимому движению, еще тесно связанному с нею; это движение стало для нее моделью, генератором или счетчиком времени. От чистой подвижности этого движения — черты, соединяющей движение с длительностью — мысль перешла, далее, к траектории движения, которая является уже чистым пространством; деля траекторию на равные части, она перешла от точек деления этой траектории к соответствующим или „одновременным“ точкам деления траектории всякого другого движения: длительность этого последнего движения оказалась таким образом измеренной; мы стали располагать определенным числом одновременных мгновений; мы получили меру времени; после этого она стала для нас самим временем. Но это превращение возможно только потому, что мы в состоянии мысленно обозреть пройденный нами путь. От одновременных мгновений, служащих вехами на пути непрерывного движения, нам всегда легко перейти к самим движениям, а от последних к совпадающей с ними по времени внутренней длительности: таким образом, серию одновременных мгновений, которые можно сосчитать, но которые сами не являются временем, мы заменяем одновременными потоками, а от них, в свою очередь, переходим к внутренней, реальной длительности.

Кто-нибудь спросит, может быть: нужно ли возвращаться к этой длительности? Ведь наука исправила несовершенство нашего духа, уничтожила ограниченность нашей природы, развернув „чистую длительность“ в пространстве. Нам скажут: „Время, являющееся чистой длительностью, находится в непрерывном течении; мы схватываем в нем только прошлое и настоящее, которое тотчас же становится прошлым; будущее кажется закрытым для нашего знания именно потому, что мы считаем его открытым для нашего действия: оно обещает нам, и мы ожидаем от него непредвиденного и нового. Но операция, посредством которой мы превращаем время в пространство с целью его измерения в скрытой форме учит нас о его содержании. Мера вещи иногда открывает ее природу, и математическое выражение именно здесь обладает магическим свойством: созданное нами и возникшее по нашему зову, оно дает нам больше, чем мы спрашиваем. В самом деле, мы не можем превратить в пространство уже протекшее время, не превратив в пространство всего времени вообще: акт, при помощи кото-

рого мы помещаем в пространство прошлое и настоящее, хотим мы этого или не хотим, развертывает в пространстве также и будущее. Правда, будущее остается как бы закрытым от нас некоторым экраном; но оно уже и теперь находится там, в готовом виде, вместе с остальным временем. Даже то, что мы называем течением времени, является, в сущности, не более, чем непрерывным перемещением экрана и постепенным приоткрытием того, что уже от века дано во вселенной. Итак, будем считать нашу длительность тем, чем она является в действительности: отрицанием, непрестанно отодвигаемой помехой к всевидению; нам не будет больше казаться, что сами наши действия приносят нам новое и неожиданное. Они составляют часть общей ткани вещей, данной один раз навсегда. Не мы вводим их в мир, но, напротив, мир помещает их в совсем готовом виде в нас, в наше сознание, по мере того, как мы к ним подходим. В самом деле, мы говорим о прохождении времени, тогда как в действительности проходим мы сами; движение вперед нашего взора актуализует, шаг за шагом, историю вселенной, которая в скрытом виде дана вся целиком". — Такова метафизика, присущая пространственному представлению времени. Она неизбежна. В отчетливом или смутном виде, она всегда была естественной метафизикой ума, размышляющего о проблеме становления вещей. Мы здесь не собираемся обсуждать ее; в еще меньшей мере нам присуще желание поставить на ее место другую метафизику. Мы уже объяснили в другом месте, почему мы усматриваем в длительности подлинный материал нашего существа и существа всех вещей, и почему вселенная является в наших глазах непрерывным творчеством. Выставляя эти положения, мы хотели возможно ближе держаться непосредственного опыта; мы утверждали только то, что может быть принято и использовано современной наукой. Совсем недавно, один математик философ в замечательном сочинении показал необходимость допущения „advance of Nature“, связывая свою концепцию с нашей<sup>1</sup>. В данный момент мы ограничиваемся проведением демаркационной линии между гипотезой, метафизической конструкцией, и чистыми и простыми данными опыта, потому что мы хотим держаться опыта. Реальная длительность нами испытывается; мы констатируем развертывание времени; с другой же стороны, мы не можем измерять его, не превращая в пространство и не предполагая уже развернутым все, что мы о нем знаем. Но невозможно мысленно превращать в пространство только одну его часть; раз акт, при помощи которого мы

<sup>1</sup> Whitehead, The Concept of Nature Cambridge, 1920. Это сочинение (дающее оценку теории относительности), является, несомненно, одним из самых глубоких исследований в области философии природы.

развертываем прошлое, уничтожая таким образом реальную последовательность, начался, он неудержимо увлекает нас к развертыванию всего времени, в целом; мы фатально относим тогда на счет человеческого несовершенства наше незнание будущего, которое является в сущности настоящим, и считаем длительность простым отрицанием, „ограничением вечности“. Мы фатально возвращаемся к платоновской теории. Но так как эта концепция *должна* возникнуть вследствие отсутствия у нас всякого средства ограничить наше пространственное представление протекшего времени одним прошлым, то *возможно*, что концепция ошибочна и, во всяком случае, *несомненно*, что она представляет собой чисто рассудочную конструкцию. Лучше будем держаться опыта.

Если время обладает положительной реальностью, если замедление длительности, хотя бы на мгновение, представляет некоторое колебание или неопределенность, присущие известной части вещей, при чем от этой части зависят все остальные вещи, если есть, наконец, творческая эволюция, то с таким допущением прекрасно сочетается то, что уже протекшая часть времени перестает быть чистой длительностью и кажется нам пространственным рядом; вполне понятно также, почему вся та часть вселенной, которая математически связана с настоящим и прошлым—т. е. будущее развертывание неорганического мира—может быть представлена при помощи той же пространственной схемы (в свое время мною было доказано, что по отношению к астрономической и физической материи *предвидение* есть на самом деле *видение*). Вполне допустимо, что философия, рассматривающая длительность, как реальную и даже как активную величину, найдет в себе место для пространства-времени Минковского и Эйнштейна (в котором, впрочем, четвертое измерение, называемое временем, не является, как в только что рассмотренных нами примерах, измерением во всех отношениях схожим с прочими измерениями). Напротив, из схемы Минковского вы никогда не извлечете идеи временного потока. Не лучше ли, в таком случае, держаться, впредь до получения новых данных, той из двух точек зрения, которая ни в какой мере не жертвует опытом и не пренебрегает, вследствие этого, непосредственными впечатлениями, не желая предрешать вопрос? Кроме того, на каком основании, будучи физиком и имея дело с восприятиями и, следовательно, с данными сознания, я должен целиком отбрасывать внутренний опыт? Правда, некоторые учения принимают свидетельство чувств, т. е. свидетельство сознания, но лишь для того, чтобы получить опорные пункты и установить отношения между ними, а затем, сохранив отношения, опорные пункты считать несуществующими. Но это метафизика, привитая к науке, а вовсе не наука в ее чистом

виде. Если мы желаем быть точными, то должны сказать, что выделение опорных пунктов, а равно и отношений между ними есть результат абстракции; текущая непрерывность, откуда мы извлекаем опорные пункты и отношения, вернее говоря, поток — вот единственное непосредственное данное опыта.

Но пора уже закрыть скобки этого слишком длинного вводного предложения. Я считаю, что достиг своей цели, заключающейся в установлении характерных признаков того времени, которое содержит в себе реальное следование. Уничтожьте эти признаки: исчезнет последовательность и останется одна только рядоположность. Вы можете утверждать, что вы все-таки имеете дело с временем, — что же: вы вольны давать словам какой угодно смысл при условии их предварительного определения — но мы будем знать, что ваше время не имеет ничего общего с временем, наблюдаемым в опыте; ваше время символично и условно, оно — вспомогательная величина, введенная с целью измерения реальных величин. Затруднительность определения философского значения теорий Эйнштейна, т. е. их отношения к реальности, быть может и проистекает от отсутствия предварительного анализа нашего представления текущего времени, нашего чувства реальной длительности. Кого смущала парадоксальная внешность теории, тот утверждал, что многочисленные „времена“ Эйнштейна являются чисто математическими построениями. А кто хотел бы свести все вещи к отношениям, кто рассматривает всякую реальность, в том числе и нашу, как смутно воспринимаемую математическую сущность, тот охотно сказал бы, что пространство-время Минковского и Эйнштейна есть сама реальность, что все времена Эйнштейна одинаково реальны, настолько же, и даже, может быть, в большей степени реальны, чем то время, которое течет вместе с нами. И те и другие делают слишком поспешные заключения. Мы только что объяснили и вскоре дадим подробное доказательство, почему теория относительности не может служить выражением всей действительности. Отсюда, однако, не следует, что она вообще не выражает никакой действительности. В самом деле, время, о котором идет речь в опыте Майкельсона-Морли, есть реальное время; реальным остается также и то время, с которым мы имеем дело, давая применение формулам Лоренца. Если, таким образом, мы отправляемся от реального времени и снова к нему возвращаемся, то в момент перехода мы, может быть, и пользовались математическими условностями, однако эти условности должны иметь какую-то связь с вещами. Нам предстоит, следовательно, отделить действительность от условностей. Весь наш предшествующий анализ был простой подготовкой к этой работе.

Мы только что произнесли слово „реальность“; и в дальнейшем мы непрестанно будем говорить о реальном в отличие его от нереального. Что мы понимаем под ним? Если нужно определить реальность вообще, указать отличающие ее признаки, то мы будем в состоянии сделать это, только примкнув к какой-нибудь школе: философы не согласны между собою на этот счет, и проблема получила столько решений, сколько существует оттенков реализма и идеализма. Кроме того, мы должны будем различать между точкой зрения философии и точкой зрения науки: первая рассматривает как реальность скорее всего конкретное, обладающее всякого рода качествами; вторая же извлекает или отвлекает одну только сторону вещей; она сосредоточивает свое внимание только на величинах и отношении между ними. К счастью, нам предстоит заниматься в дальнейшем только одной реальностью, именно — временем. При этих условиях, нам легко будет следовать правилу, которое мы поставили себе в настоящей работе: ограничиваться только тем, что может быть принято любимым философом и любым ученым, — тем, что содержится во всякой философии и во всякой науке.

В самом деле, все согласится с нами, что всякая теория времени допускает существование „прежде“ и „после“: время есть последовательность. Но нами было доказано, что где нет никакой памяти, никакого сознания, реального или возможного, констатируемого или воображаемого, действительно наличного или идеально промышляемого, там не может быть „перед“ и „после“; там есть *либо* „перед“ *либо* „после“, и то и другое сразу не даны; между тем, чтобы составить представление времени, нужно и то и другое. Итак, когда мы захотим, во всех последующих рассуждениях, узнать, имеем ли мы дело с реальным временем или же с простой фикцией, нам нужно будет только спросить себя, может или не может быть воспринятым, стать сознательным объектом, предстоящим перед нами. Обстоятельство особенно благоприятное, можно сказать — единственное. Так, если перед нами цвет, то несомненно, с самого начала к его исследованию примешивается сознание, давая физику восприятие вещи; но физик имеет право и даже обязанность заменить данное сознания некоторой измеримой и исчислимой вещью и впредь иметь дело только с нею, оставив за ней название первоначального восприятия из одного только удобства. Он в праве поступать так, потому что и при устранении этого первоначального восприятия у него нечто остается или, по крайней мере, можно считать, что, остается. Но что останется от времени, если вы исключите из него последовательность? Что останется от последовательности, если вы будете старательно устранять из восприятия „прежде“ и „после“? Я признаю за вами право



заменять время хотя бы линией, потому что нужно получить возможность измерить его. Но вы в праве называть линию временем только в том случае, если рядоположность, представляемая нам ею, может быть превращена в последовательность; в противном же случае, название „время“, которое вы сохраняете за этой линией, станет произвольным и условным: вы должны предупредить нас об этом, ибо иначе вы введете нас в тяжелое заблуждение. Что получится, если вы внесете в свои рассуждения и расчеты допущение, что вещь, названная вами „временем“, не может быть воспринята действительным или воображаемым сознанием, потому что, в противном случае, мы впадем в противоречие? Не окажется ли тогда, что вы, согласно вашему же определению, оперируете с фиктивным, нереальным временем? Именно таким образом дело обстоит с „временами“ теории относительности, которыми нам предстоит теперь подробно заняться. Мы встретим там времена воспринимаемые или могущие быть воспринятыми; эти времена можно будет считать реальными. Но там есть также другие времена, восприятие или возможность восприятия которых как бы запрещается теорией: если они станут таковыми, то они изменят свою величину, и при том так, что мера, оказывающаяся точной, будучи приложена к тому, что не воспринимается, становится неправильной, как только мы прилагаем ее к воспринимаемому нами. Как же не объявить эти времена нереальными, постольку, по крайней мере, поскольку они содержат в себе признаки времени? Я допускаю, что физику удобно сохранить за ними название времени; мы сейчас увидим, почему. Но если мы станем уподоблять эти времена нашему времени, мы придем к парадоксальным положениям, которые, несомненно, приносят вред теории относительности, хотя и содействуют ее популярности. Итак, не нужно удивляться, что в настоящем исследовании мы требуем возможности быть воспринятым для всего того, что нам выдают за реальное. Мы не предпрещаем вопроса, обладает ли таким свойством всякая реальность. Мы ведем здесь речь только о реальности времени.

## ГЛАВА IV

### О множественности времен.

Множественность времен и замедление их в теории относительности: как возможно сочетать их с единым универсальным временем? — «Научная» одновременность, превращаемая в последовательность; как она совместима с «интуитивной» и естественной одновременностью? — Анализ парадоксов, относящихся к времени. Гипотеза путешественника, заключенного в ядро. Схема Минковского. — Смещение понятий как источник всех парадоксов.

Приступим, наконец, к анализу времени Эйнштейна и повторим вкратце все, что было сказано нами, когда мы предполагали первоначально наличие неподвижного эфира. Представим землю, движущуюся по своей орбите. Представим расположенную на ней установку опыта Майкельсона-Морли. Мы произведем опыт; мы возобновляем его в различные времена года, т. е. при различных скоростях нашей планеты. Всякий раз луч света движется так, как если бы земля была неподвижна. Таков факт. Каково же его объяснение?

Но прежде всего: зачем мы говорим о скоростях нашей планеты? Разве земле присуще движение в пространстве в абсолютном смысле? Очевидно, нет; мы смотрим на вещи с точки зрения гипотезы относительности, которая отрицает абсолютное движение. Когда вы говорите об орбите, описываемой землей, вы помещаете себя в произвольно выбранный пункт, а именно: пункт, с которого смотрят на нее обитатели солнца (если предположить, что солнце стало обитаемым). Вам угодно избрать эту систему отсчета. Но почему же луч света, отраженный от зеркал в опыте Майкельсона-Морли, считается с вашей фантазией? Если действительно происходящее сводится к взаимному перемещению земли и солнца, то мы можем избрать в качестве системы отсчета солнце, землю и любой другой наблюдательный пункт. Изберем землю. Проблема исчезнет. Теперь нечего спрашивать, почему „бахрома“ интерференции сохраняет тот же

самый вид, почему тот же самый результат наблюдается в любое время года. Все просто, раз земля неподвижна.

Правда, проблема, в таком случае, снова возникает в наших глазах хотя бы для обитателей солнца. Я говорю „в наших глазах“, потому что у физика, находящегося на солнце, вопрос не возникает в отношении солнца: для него движется земля. Словом, у каждого из наших физиков проблема возникнет по отношению к системе, не являющейся системой данного физика.

Каждый из них окажется, следовательно, по отношению к другому в том положении, в котором Петр недавно находился по отношению к Павлу. Петр пребывал в неподвижном эфире; он занимал привилегированную систему  $S$ . Он видел, как Павел, увлекаемый движением системы  $S'$ , совершает тот же опыт, что и он сам, и находит ту же самую скорость света, какая получается и у него, между тем как эта скорость должна быть меньше на величину скорости движущейся системы. Явление находило для себя объяснение в замедлении времени, сокращении длины и нарушении одновременности, обусловленных движением системы  $S'$ . Но теперь у нас нет абсолютного движения и, следовательно, нет также абсолютного покоя: обе системы взаимно перемещаются друг относительно друга, и каждая может быть сделана неподвижной и превращена в систему отсчета по нашему произволу. Но в течение времени, пока мы будем держаться одного из сделанных нами допущений, мы можем повторить относительно системы, сделанной нами неподвижной, все, что мы говорили выше относительно системы действительно неподвижной, а относительно движущейся системы — все, что было сказано относительно системы, реально перемещающейся в эфире. Чтобы точно фиксировать все эти мысли, снова обозначим через  $S$  и  $S'$  две системы, перемещающейся одна относительно другой. Для упрощения дела предположим также, что вся вселенная сведена к этим двум системам. Если системой отсчета является система  $S$ , то физик, помещенный в ней и видящий, что его собрат в системе  $S'$  находит ту же самую скорость света, какую нашел он сам, следующим образом объяснит этот результат. Он скажет то же, что было сказано выше нами, а именно: „Система перемещается со скоростью  $v$  по отношению ко мне, стоящему неподвижно. Но я знаю, что опыт Майкельсона-Морли даст на ней такой же результат, какой он дает здесь. Я знаю, что вследствие движения происходит сокращение длин в направлении перемещения системы; длина  $l$  становится длиной

$$l\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}.$$

С этим сокращением длин связано, однако, замедление времени.

Если часы системы  $S'$  отсчитывают число секунд  $t'$ , то это означает, что в действительности прошло

$$\frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

секунд. Наконец, когда часы системы  $S'$ , расположенные друг за другом по направлению движения системы и отделенные друг от друга расстояниями  $l$ , показывают тот же самый час, то я вижу, что световые сигналы, идущие в прямом и обратном направлении от одних из этих последовательно расположенных часов к другим, совершают не одинаковый путь в обоих направлениях, как то думает физик, находящийся внутри системы  $S'$  и не знающий о ее движении: если эти часы показывают для него одновременные мгновения, то на самом деле ими отмечаются последовательные моменты, отделенные друг от друга  $\frac{lv}{c^2}$  секундами его часов, т. е.

$$c^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

секундами моих часов". Так рассуждал бы физик, находящийся в системе  $S$ . Строя целостное математическое представление вселенной, он может воспользоваться мерами пространства и времени своего собрата из системы  $S'$ , но он должен предварительно подвергнуть их преобразованию Лоренца.

Но физик системы  $S'$  будет рассуждать точно таким же образом. Объявив себя неподвижным, он повторит относительно системы  $S$  все то, что его собрат, помещенный в системе  $S$ , сказал об системе  $S'$ . В строяемом им математическом представлении вселенной он будет считать точными и окончательными те меры, которыми он сам пользовался внутри своей системы, и исправит, согласно формулам Лоренца, все меры, применявшиеся физиком, связанным с системой  $S$ .

Так получаются два математические представления вселенной, совершенно отличные друг от друга, если рассматривать числа, которые фигурируют в них, но тождественные, если отдать отчет об отношениях между явлениями, которые выражаются при помощи этих чисел, — отношениях, называемых нами законами природы. Впрочем различие как раз и составляет условие тождества. Когда мы берем различные фотографии предмета, снятые с различных сторон, то различие деталей этих фотографий есть лишь выражение неизменности отношений, которые

существуют между деталями, иными словами — выражение постоянства предмета.

Мы снова пришли к множественности времен, к одновременности, которая является последовательностью, и последовательности, которая является одновременностью, к длинам которые нужно исчислять различно, в зависимости от того, считаем ли мы их покоящимися или же движущимися. Но на этот раз перед нами окончательная форма теории относительности. Мы должны спросить себя, какой смысл имеют здесь все эти слова.

Рассмотрим первоначально множественность времен и с этой целью возвратимся к двум нашим системам  $S$  и  $S'$ . Физик, помещенный в системе  $S$ , принимает свою систему за систему отсчета. Итак, пусть система  $S$  пребывает в покое, а система  $S'$  движется. В пределах своей системы, почитаемой им неподвижной, наш физик производит опыт Майкельсона-Морли. Для решения той ограниченной задачи, которую мы ставим себе в этот момент, нам будет полезно разделить опыт на две части и удержать из него, если позволительно так выразиться, только одну половину. Итак, предположим, что физик занимается только путем света в направлении  $OB$ , перпендикулярном направлению взаимного движения двух систем. На часах, помещенных в точке  $O$ , он видит время  $t$ , которое понадобилось лучу света, чтобы пройти от  $O$  к  $B$  и обратно от  $B$  к  $O$ . О каком времени идет здесь речь?

Очевидно, о реальном времени в смысле, который дан был нами выше этому выражению. В период между отправлением и возвращением луча сознание физика пережило некоторую длительность: движение часовых стрелок есть поток, одновременный с внутренним потоком сознания и служащий для его измерения. Нет никаких сомнений, никаких затруднений. Время, пережитое и исчисленное сознанием, реально, согласно определению.

Рассмотрим теперь второго физика, помещенного в системе  $S'$ . Он считает себя неподвижным, привыкнув принимать свою собственную систему за систему отсчета. Пусть он производит опыт Майкельсона-Морли или, вернее, производит, подобно первому физiku, только половину опыта. На часах помещенных в точке  $O'$ , он отмечает время, затрачиваемое лучем света на прохождение расстояния от  $O'$  до  $B'$  и обратно. Что же это за время, которое он измеряет? Очевидно, время, которое он переживает. Движение его часов одновременно с движением потока его сознания. И это время является, таким образом, реальным временем, согласно определению.

Итак, время, пережитое и измеренное первым физиком в его системе, и время, пережитое и измеренное вторым физиком опять-таки в его системе, суть и первое и второе реальные времена.

Что же, являются ли оба времени одним и тем же временем? Или же это различные времена? Мы докажем сейчас, что в обоих случаях дело идет об одном и том же времени.

В самом деле, в каком бы смысле мы ни понимали замедления и ускорения времени и, следовательно, множественность времен, о которой идет речь в теории относительности, одно остается несомненным: эти замедления и ускорения касаются только движения рассматриваемых нами систем и зависят только от скорости, которую мы приписываем каждой из них. Мы ни сколько не изменяем, следовательно, никакого времени — ни реального ни фиктивного — системы  $S'$ , если мы предполагаем, что эта система является копией системы  $S$ : ведь содержание системы, природа разворачивающихся в ней событий, нами при этом не затрагиваются; мы принимаем в расчет единственно только скорость перемещения системы. Но если система  $S'$  есть копия системы  $S$ , то очевидно, что время, пережитое и отмеченное вторым физиком в течение его опыта в системе  $S'$ , которую он считает неподвижной, тождественно времени, пережитому и отмеченному первым физиком в системе  $S$ , которую этот последний точно также считает неподвижной: ведь системы  $S$  и  $S'$ , раз они рассматриваются как неподвижные, могут заменить одна другую. Итак, время, пережитое и измеренное в пределах системы, время внутреннее и имманентное системе, время реальное, наконец, — одно и то же в обеих системах  $S$  и  $S'$ .

Но, в таком случае, что означает множественность времен, протекающих с неодинаковой скоростью, та множественность времен, которую теория относительности находит в различных системах, в зависимости от скорости движения этих систем?

Возвратимся к двум нашим системам  $S$  и  $S'$ . Если мы рассматриваем время, которое физик Петр, расположенный в системе  $S$ , приписывает системе  $S'$ , то мы видим, что это время является в действительности более медленным, чем время, отсчитанное Петром в его собственной системе. Следовательно, это время не было пережито Петром. Но мы знаем, что оно не было пережито также и Павлом. Оно, следовательно, не было пережито ни Петром ни Павлом. Тем более оно не было пережито никаким другим существом. Но сказать так — значит сказать недостаточно. Если время, приписанное Петром системе Павла, не было пережито ни Петром, ни Павлом, ни вообще кем бы то ни было, то Петр, может быть, рассматривал его как пережитое или могущее быть пережитым Павлом, или, общее говоря, кем-нибудь другим, или, говоря еще общее, какой бы то ни было вещью? Если мы исследуем вопрос ближе, то окажется, что ни одно из этих предположений не выдерживает критики. Несомненно Петр наклеивает на это время этикетку с именем Павла; но если бы он представил себе Павла сознательным, живущим

своею собственной длительностью и измеряющим ее, то он увидел бы, что Павел избирает в качестве системы отсчета свою собственную систему и помещает себя, следовательно, в том едином, внутренне присущем каждой системе, времени, о котором мы только что говорили; но увидя это, Петр как бы покидает свою систему отсчета, перестает быть физиком Петром и утрачивает таким образом свое сознание; Петр в этом случае, начинает смотреть на себя как на представление Павла. Когда же Петр приписывал системе Павла замедленное время, он не смотрел на Павла ни как на физика, ни как на сознательное существо, ни, вообще, как на существо: он выкинул из своего живого сознания зрительный образ Павла, удержавши от означенного лица только его внешнюю оболочку (в действительности она одна интересует физику); затем Петр умножил на

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

числа, при помощи которых Павел отмечал бы промежутки времени своей системы, если бы он был сознателен; таким образом Петр получил возможность ввести эти числа в математическое представление о вселенной, свойственное именно его позиции, а не позиции Павла. Итак, резюмируя сказанное, мы приходим к выводу, что время приписываемое Петром собственной системе, является переживаемым им временем, время же, приписываемое Петром системе Павла, не является ни временем, переживаемым Петром, ни временем, переживаемым Павлом, ни временем, которое Петр рассматривал бы как переживаемое или могущее быть переживаемым живым и сознательным Павлом. Но разве, в таком случае, это время не является простой математической формулой, которая предназначена выражать то обстоятельство, что системой отсчета избрана система Петра, а не система Павла?

Я—художник и собираюсь изобразить двух лиц, Жана и Жака, одно из которых находится рядом со мною, а другое отделено от меня расстоянием двухсот или трехсот метров. Я нарисую первое в натуральную величину, второму же придам размеры карлика. Но тот из моих коллег, который будет находиться около Жака и который точно также захочет изобразить обоих, поступит как раз обратно по сравнению со мною; он сделает Жана очень маленьким, Жака же нарисует в естественную величину. У нас обоих есть основание поступать так, как мы поступаем. Но из того, что у нас обоих есть основание, в праве ли кто-нибудь заключить, что у Жана и Жака нет ни нормального роста, ни роста

карлика, или что им присуща тот и другой рост сразу, или что размеры их зависят от нашего усмотрения? Очевидно нет. Рост и размер суть термины с точно установленным смыслом, когда речь идет о позирующей модели: ими обозначается высота и ширина человеческого тела, воспринимаемые нами, когда мы находимся вблизи, когда мы можем коснуться его и поставить рядом с ним линейку, предназначенную для измерения. Находясь около Жана, измеряя его, если я этого пожелаю, и собираясь его изобразить в естественную величину, я придаю ему его действительные размеры; изображая же Жака в виде карлика, я выражаю лишь невозможность коснуться его с того места, где я нахожусь,—и даже, если позволительно так выразиться, степень этой невозможности: *степень невозможности* есть как раз то, что мы называем расстоянием, тем расстоянием, о котором дает отчет перспектива. Точно также, находясь внутри своей системы, которую я мысленно считаю неподвижной, приняв ее за систему отсчета, я непосредственно измеряю время, являющееся сразу и моим временем и временем моей системы; эту меру я избираю в моем представлении вселенной для всего, что принадлежит к моей системе. Но сделав неподвижной свою систему, я привел в движение другие системы и привел их в движение различным образом. Они приобрели различные скорости. Чем скорость их больше, тем больше они *удалены* от моей неподвижности. Когда я отсчитываю в большей или меньшей мере замедленные „времена“, которые все, однако, более медленны, чем мое время, то я выражаю таким образом в своем математическом представлении другие системы, большее или меньшее *расстояние* их скорости от моей скорости, равной нулю; я поступаю точно так же как в том случае, когда я выражаю большее или меньшее расстояние между Жаком и мной при помощи большего или меньшего сокращения его роста. Множественность времен, к которой я пришел таким образом, не служит помехой для единства реального времени; скорее она предполагает его, подобно тому как уменьшение роста по мере увеличения расстояния на серии полотен, где я изображаю Жака то больше, то меньше удаленным, свидетельствует о том, что Жак сохраняет ту же самую величину.

Таким образом сглаживается парадоксальная форма, которая была дана теории множественности времен. „Представьте себе“, говорят нам, „путешественника, заключенного в снаряде, пущенном с земли со скоростью равной приблизительно одной двадцатитысячной части скорости света; представьте, что он достигает какой-нибудь звезды, откуда его пускают обратно на землю с той же скоростью. Сам состарившись на два года, он найдет при выходе из своего снаряда, что наша планета сделалась старше на целых двести лет“.—Верно ли это? Исследуем



вопрос внимательнее, и мираж рассеется; а перед нами, действительно только мираж.

Ядро пушено пушкой, стоящей на неподвижной земле. Назовем лицо, находящееся около пушки, Петром; в таком случае, земля станет вышеупомянутой системой  $S$ . Путешественник же заключенный в ядро  $S'$ , будет, следовательно, нашим знакомым Павлом. Примем гипотезу, согласно которой Павел возвращается на землю после того, как Петр прожил двести лет. Мы рассматриваем, значит, Петра как живое и сознательное существо: время отлучки Павла равнялось для него двумстам годам потока его внутренней жизни.

Перейдем теперь к Павлу. Мы хотим узнать, какой период времени был им прожит. Мы должны, следовательно, обратиться к живому и сознательному Павлу, а не к образу Павла, рисуемому в сознании Петра. Но живой и сознательный Павел примет, очевидно, в качестве системы отсчета свое ядро: тем самым он сделает его неподвижным. Но раз мы обратились к Павлу, то будем находиться вместе с ним и примем его точку зрения. В таком случае, ядро остановится: напротив, пушка вместе с землей побегут в пространстве. Все, что мы сказали о Петре, мы должны теперь повторить о Павле: раз движение взаимно, то два названные лица могут быть поставлены одно на место другого. Если только что, обратившись к исследованию внутренних переживаний Петра, мы констатировали там определенный поток, то точно такой же поток мы констатируем и в сознании Павла. Если мы сказали, что первый поток лился двести лет, то двести лет должен также литься и второй поток. Петр и Павел, земля и ядро, переживут одну и ту же длительность и состарятся в одинаковой степени.

Куда же девались два года замедленного времени, которые должны лениво протекать для ядра, между тем как над землей промчались двести лет? Неужели они улетучились вследствие нашего анализа? О, нисколько! Мы сейчас отыщем их. Но мы не будем в состоянии ничего поместить в них: ни живых существ, ни вещей; кто не хочет стариться, пусть ищет другое средство.

В самом деле, мы обнаружили, что оба наши физика прожили один и тот же период времени, именно — двести лет; мы пришли к этому результату, занявши предварительно позицию Петра, а затем позицию Павла. Нам необходимо было проделать это для философского истолкования тезиса Эйнштейна, утверждающего радикальную относительность, а следовательно, безусловную двусторонность прямолинейного и равномерного движения<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Движение ядра можно рассматривать как прямолинейное и равномерное в каждом направлении, взятом изолированно. Это все, что требуется для строгости произведенного нами рассуждения.

Но этот метод исследования свойственен философу, поскольку он берет тезис Эйнштейна в целом и в то же время держится реальности—я хочу сказать области воспринимаемого или могущего быть воспринятым, — которую упомянутый тезис, очевидно, хочет выразить. Наш метод предполагает, что ни на один момент нельзя терять из виду идею двусторонности или обоюдности, и что, вследствие этого, нужно постоянно переходить от Петра к Павлу и от Павла к Петру, помня, что они могут меняться местами друг с другом; нужно будет поочередно делать их неподвижными, но делать только на одно мгновение, благодаря быстрым переходам внимания, ничего не желающего опустить в тезисе относительности. Физик, однако, обязан идти совсем другим путем, даже в том случае если он без оговорок принимает теорию Эйнштейна. Он, несомненно, начнет с того, что в точности примет все сделанные ею допущения. Он примет двусторонность движения. Он признает, что можно сделать выбор между точкой зрения Петра и точкой зрения Павла. Но, согласившись со всем этим, он изберет одну из этих точек зрения, потому что он не может отнести событий вселенной одновременно к двум различным системам координат. Если он мысленно поставит себя на место Петра, он припишет Петру то время, которое и сам Петр исчисляет для себя, т. е. время, реально переживаемое Петром, Павлу же припишет то время, которым наделяет его Петр. Если же он станет на позицию Павла, он опять-таки припишет Павлу то время, которое сам Павел приписывает себе, т. е. время, которое Павел действительно переживает, Петру же—время, которым наделяет его Павел. Но, повторяем еще раз, ему необходимо сделать выбор между позицией Петра и позицией Павла. Допустим, что он выбирает позицию Петра. В таком случае, он должен приписать Павлу два года, и только два года.

В самом деле, Петр и Павел принимают одну и ту же физику. Они наблюдают те же отношения между явлениями, они находят в природе те же самые законы. Но система Петра неподвижна, система же Павла движется. Поскольку речь идет о явлениях, связанных некоторым образом с системой, т. е. определяемых физикой таким способом, что мы считаем их увлекаемыми системой, когда мы считаем систему движущейся, постольку законы этих явлений должны, очевидно, быть одинаковыми для Петра и для Павла: когда движущиеся явления воспринимаются Павлом, который принимает участие в их движении, то в его глазах они неподвижны и кажутся ему точно такими же, какими кажутся Петру аналогичные явления его собственной системы. Но электромагнитные явления рисуются нам таким образом, что, при допущении движения системы, в которой они происходят, их нельзя больше считать участвующими в движении системы.

И все же, отношение этих явлений между собою и их отношение к явлениям, увлекаемым движением системы, остаются для Павла теми же, какими они представляются Петру. Если скорость ядра такова, как мы предположили, то Петр может выразить эту неизменность отношений, только приписавши Павлу время в сто раз более медленное, чем его собственное время, как это явствует из уравнений Лоренца. Если он будет считать иначе, то его математическое представление мира окажется таким, что движущийся Павел не будет в состоянии констатировать тех же самых отношений между всеми явлениями, включая в них и электромагнитные, какие констатирует покоящийся Петр. Петр предполагает, следовательно, втихомолку, что Павел, отнесенный к его системе, может превратиться в Павла, относящего все к своей системе. В самом деле, на каком другом основании отношения сохраняются для Павла, на каком другом основании они должны быть приписаны Петром Павлу в том виде, в каком они являются Петру, если не на том, что Павел может объявить себя неподвижным с таким же правом, как и Петр? Но такой характер исчислений Петра есть простое следствие упомянутой выше взаимности движения, а не служит выражением самой взаимности. Повторим еще раз: Петр смотрит на себя как на лицо отсчитывающее, Павел же является для него только объектом отсчета. При этих условиях время Павла течет в сто раз медленнее, чем время Петра. Но это только приписываемое Павлу время, а не время им переживаемое. Время, переживаемое Павлом было бы временем отсчитывающего Павла, а вовсе не Павла, служащего объектом отсчета: это время в точности равнялось бы времени, которое констатирует у себя Петр.

Мы каждый раз, следовательно, возвращаемся к тому же самому утверждению: есть только одно реальное время, все другие времена фиктивны. В самом деле, что такое реальное время, как не время переживаемое или могущее быть пережитым? Что такое нереальное, вспомогательное, фиктивное время, как не время, которое не может быть пережито в действительности ничем и никем?

Но теперь для нас ясна причина смещения. Мы формулируем ее следующим образом: гипотеза взаимности или двусторонности движения может получить математическое выражение только, будучи заменена гипотезой одностороннего движения, потому что математическое выражение свободы выбора между двумя системами координат заключается в действительном выборе одной из них<sup>1</sup>. Способность выбора мы не можем прочесть в выборе, сделанном на основании ее. Система координат уже в силу того,

---

<sup>1</sup> Само собой разумеется, что всюду здесь речь идет только о специальной теории относительности.

что она избрана, становится привилегированной. В математическом применении, которое ей дается, она не отличима от абсолютно неподвижной системы. Вот почему односторонняя и двусторонняя относительность математически равнозначны, по крайней мере в занимающем нас случае. Различие здесь существует только для философа; оно обнаруживается, только когда мы задаемся вопросом, какая реальность, т. е. какая воспринимаемая или могущая быть воспринятой вещь, предполагается двумя гипотезами. Прежняя гипотеза, гипотеза привилегированной системы, пребывающей в абсолютном покое, несомненно приводит к допущению множественности реальных времен. Согласно этой гипотезе, действительно неподвижный Петр переживает определенную длительность, Павел же, пребывающий в состоянии абсолютного движения, переживает другую, более медленную длительность. Гипотеза о двустороннем характере движения, напротив, предполагает, что более медленная длительность должна быть приписываема Петром Павлу или Павлом Петру в зависимости от того, Петр ли производит отсчет, а Павел является его объектом, или же наоборот. Положения их тождественны, они переживают одно и то же время но они взаимно приписывают друг другу некоторое другое, отличное от первого, время, выражая таким образом, согласно правилам перспективы, тот факт, что физика воображаемого движущегося наблюдателя должна быть тождественна физике пребывающего в покое реального наблюдателя. Итак, гипотеза о двусторонности движения, дает для веры в единое время, по крайней мере, столько же оснований, как и здравый смысл: парадоксальная идея множественности времен находит себе опору только в гипотезе о привилегированной системе. Но, я повторяю еще раз, математическая формулировка возможна только при допущении привилегированной системы, хотя бы даже мы начали с утверждения двусторонности; физик же, отдавши честь гипотезе двусторонности путем избрания той системы отсчета, которая ему показалась более желательной, затем разделяется с нею и предоставляет ее философу, сам же начинает говорить на языке привилегированной системы. Согласно желанию этой физики, Павел войдет в ядро. В пути он обнаружит, что философия была права<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Гипотеза о путешественнике, заключенном в пушечном ядре и переживающем только два года, в то время как на земле протекает двести лет, была предложена Ланжевеном в докладе на Болонском конгрессе в 1911 году. Она всем известна и всюду цитируется. Ее можно найти, в частности, в обстоятельной работе Jean'a Becquerel'я *Le principe de relativité et la théorie de la gravitation*, стр. 52.

Но даже с точки зрения чистой физики она приводит к известным затруднениям, потому что, приняв ее, мы покидаем в действительности почву огра-

Обстоятельством, содействовавшим поддержанию иллюзии, было недвусмысленное заявление специальной теории относительности о том, что она стремится найти представление вещи, которое не зависело бы от системы отсчета<sup>2</sup>. Она, следовательно, как будто запрещает физику становиться на точку зрения, определяемую его выбором. Но здесь необходимо произвести одно важное различие. Сторонник теории относительности, несомненно, в состоянии придать законам природы выражение, которое сохранит одинаковую форму, к какой бы системе отсчета мы ни относили события. Но это означает только то, что, становясь, подобно всякому физику, на точно определенную точку зрения, необходимо избирая определенную систему отсчета и отмечая таким образом определенные величины, наш сторонник теории относительности установит между этими величинами отношения, долженствующие сохраниться инвариантными (неизменными) между новыми величинами, которые он найдет, если выберет новую систему отсчета. *Между тем основание его абсолютного права (плохо обоснованного прежней физикой) держаться своей субъективной точки зрения и все относить к своей единственной системе отсчета, заключается именно в том, что его метод исследования и его приемы отсчета гарантирует ему эквивалентность всех представлений о вселенной, полученных с любых точек зрения.* Но все же реальный физик всегда принадлежит к своей системе отсчета<sup>2</sup>. Этой системы должен, следовательно, придерживаться также и философ, если он хочет провести различие между реальным и фиктивным. Реально то, что измеряется

---

иченной относительности. В момент, когда скорость меняет направление, происходит ускорение, и мы имеем дело с проблемой обобщенной относительности.

Но как бы дело в действительности ни обстояло, данное выше решение устраняет парадокс и упраздняет проблему.

Пользуюсь случаем для заявления, что мое внимание к идеям Эйнштейна было привлечено именно упомянутым докладом Ланжевена на Болонском конгрессе. Все интересующиеся теорией относительности знают, сколь многим мы обязаны Ланжевону, его работам и его лекциям.

<sup>1</sup> Мы придерживаемся здесь ограниченной относительности, потому что мы занимаемся только временем. Бесспорно, что общая относительность стремится избегать всякой системы отсчета, стремится вести свои исследования так, как если бы она строила некоторую имманентную вещам геометрию, независимую ни от каких координат, стремится, наконец, пользоваться только инвариантными элементами. Однако, даже здесь инвариантность, которую она имеет в виду, в действительности является, обыкновенно, инвариантностью отношений между элементами, но эти последние обусловлены выбором системы отсчета.

<sup>2</sup> В своей очаровательной книжечке о теории относительности (*The general Principle of Relativity*, London 1920) Н. Wildon Carr утверждает, что эта теория предполагает идеалистическую концепцию вселенной. Мы не идем так далеко.

реальным физиком, фиктивно то, что представляется мыслью реального физика, как измеряемое фиктивными физиками. Но мы еще возвратимся к этому пункту в дальнейшем ходе нашего исследования. В данный же момент укажем другой источник иллюзии, еще менее явный, чем первый.

Физик Петр обыкновенно допускает (это допущение не более, чем вера, потому что доказать его невозможно), что кроме его сознания существуют еще и другие сознания, рассеянные по всей поверхности земного шара и мыслимые также в любом другом пункте вселенной. Если Павел, Иван, Яков движутся по отношению к нему, то он будет рассматривать их не только как существа движущиеся, но и как существа, наделенные сознанием, мыслящие и чувствующие таким же образом, как и он сам. Ведь Петр прежде всего человек, а потом уже физик. Но когда он считает Павла, Ивана и Якова существами, подобными себе, наделенными сознанием, подобным его сознанию, то он в действительности забывает свою физику или пользуется ее разрешением говорить в повседневной жизни, как говорят обыкновенные смертные. Будучи же физиком, он находится в системе, которой он руководствуется при своих измерениях и к которой относит все, вообще, измеримые вещи. Другие подобные ему физики, обладающие следовательно таким же сознанием, как и он, являются людьми, во всем схожими с ним и принадлежащими к той же самой системе: в самом деле, в своих построениях они оперируют с теми же самыми числами, с тем же представлением мира, полученным с той же точки зрения; все они, подобно ему, занимаются отсчетом. Но другие люди являются только объектами этого отсчета; для физика они могут служить только пустыми марионетками. Если бы Петр наделил их душой, он потерял бы собственную душу; из объектов отсчета они стали бы физиками, Петр же в свою очередь обратился бы в марионетку. Ясно впрочем, что это блуждание сознания начинается только у лиц, занимающихся физикой, потому что им необходимо произвести выбор системы отсчета. В остальных же случаях люди остаются теми же, какими они являются в действительности, т. е. все в одинаковой мере сознательными. Поэтому им нет никакого основания не переживать одной и той же длительности и не эволюционировать в одном и том же времени. Представление множественности времен возникает в тот момент, когда мы построили предположение, будто время *переживается* только одним человеком или одной группой людей. В таком случае, это время становится единственно реальным временем: это реальное время, свойственное всем вообще людям, но узурпированное тем человеком или той группой людей, которые занимаются физикой. Все же другие люди, ставшие с этого момента куклами, свои изменения впредь претерпевают

в тех временах, которые представляет себе физик и которые ни в каком случае не могут быть реальными временами, так как они никем не переживаются, и их нельзя пережить. Это воображаемые времена, и естественно, что их можно вообразить сколько угодно.

Мои дальнейшие слова покажутся парадоксальными, однако, в них содержится одна только истина. Идея реального времени, одинаково присущего двум системам, тождественного в системах  $S$  и  $S'$ , сочетается с гипотезой о множественности математических времен более убедительным образом, чем с обычно принимаемой гипотезой единого и универсального математического времени. В самом деле, во всякой другой гипотезе, кроме гипотезы относительности, системы  $S$  и  $S'$  не могут быть, в строгом смысле слова, рассматриваемы как равноценные: их положение по отношению к некоторой привилегированной системе различно; и если бы даже одна система была копией другой, то и в этом случае они отличались бы друг от друга уже самым фактом различного отношения к центральной системе. Пусть даже мы припишем им одно и то же математическое время, как это всегда делалось до Лоренца и Эйнштейна, все же мы не будем в состоянии дать строгое доказательство, что наблюдатели, помещенные соответствующим образом в эти две системы переживают одну и ту же внутреннюю длительность, и что, вследствие этого, две системы имеют одно и то же реальное время. При таком допущении нам очень трудно также дать точное определение тождества длительности, переживаемой двумя лицами; самое большее, мы можем сказать, что у нас нет никаких оснований думать, будто наблюдатель, перенесенный из одной системы в другую, будет иначе психологически реагировать, будет переживать иную внутреннюю длительность в течение принятых нами за равные промежутков одного и того же математического универсального времени. Эта аргументация кажется нам убедительной, и мы не в состоянии противопоставить ей ничего серьезного, но ей все же не хватает надлежащей строгости и точности. Напротив, сущность гипотезы относительности заключается в отрицании привилегированной системы: мы должны, следовательно, рассматривать системы  $S$  и  $S'$  как такие системы, которые в точном смысле слова могут быть заменены одна другою, если только мы условились, что одна из них является копией другой. Но в таком случае два лица, находящиеся одно в системе  $S$ , а другое в системе  $S'$ , могут быть приведены нашей мыслью к совпадению друг с другом, как две равные фигуры, которые мы накладываем одна на другую: они должны будут совпасть не только в отношении своих различных количественных определений, но, если можно так выразиться, и в отношении своего качества, потому что их внутренняя жизнь

стала столь же неразличимой, как и все их измеримые свойства: обе системы постоянно остаются такими же, какими мы их предположили первоначально, т. е. вторая копией первой, между тем как, отвергнув гипотезу относительности, мы должны согласиться с тем, что они перестают быть равноценными уже через мгновение после того, как мы предоставили их своей собственной участи. Но не будем настаивать на этом пункте. Скажем просто, что два наблюдателя в системах  $S$  и  $S'$  переживают точно одинаковую длительность, и что две системы пребывают, таким образом, в одном и том же реальном времени.

Но обстоит ли дело таким же образом и со всеми системами вселенной? Мы приписали системе  $S'$  неопределенную скорость: мы можем, следовательно, повторить о любой системе  $S''$  все сказанное нами о системе  $S'$ ; наблюдатель, поместившийся на ней, переживет ту же самую длительность, какую он переживал в системе  $S$ . Самое большее, нам могут возразить, что перемещение  $S''$  и  $S$  друг по отношению к другу не тождественно соответствующему перемещению  $S'$  и  $S$ , и что, вследствие этого, когда мы в первом случае превращаем систему  $S$  в систему отсчета, мысленно делая ее неподвижной, то производимое нами не является абсолютно тождественным производимому нами во втором случае. Таким образом, длительность наблюдателя, принадлежащего к неподвижной системе  $S$  в то время, как объектом отсчета по отношению к ней является система  $S'$ , не будет обязательно тождественной длительности этого же самого наблюдателя в случае, когда объектом отсчета по отношению к системе  $S$  является система  $S''$ ; существуют, если можно так выразиться, различные *интенсивности неподвижности* в зависимости от большей или меньшей скорости перемещения систем друг по отношению к другу, перед тем как одна из них, избранная нами в качестве системы отсчета, была мысленно сделана нами неподвижной. Мы не думаем, чтобы кто-либо захотел идти так далеко. Но даже и в этом случае мы попросту принимаем ту гипотезу, которую мы обыкновенно строим, когда предполагаем воображаемого наблюдателя путешествующим по вселенной и считаем себя в праве всюду приписывать ему одну и ту же длительность. Строя эту гипотезу, мы опираемся на отсутствие всякого основания предполагать обратное: когда правдоподобие на стороне одного спорящего, то обязанность доказывать возлагается на того, кто считает обычное восприятие иллюзорным. Но идея множественности математических времен никому не приходила в голову до появления теории относительности; так что, подвергая сомнению единство времени, мы опираемся исключительно на эту теорию. А мы только что убедились, что в единственном точно определенном и ясном случае, именно — случае перемещения друг относительно друга двух систем  $S$



и  $S'$ , теория относительности приводит к более строгому утверждению единства реального времени, чем это способна сделать обыкновенная теория. Она позволяет точно определить и почти что доказать тожество, вместо того чтобы держаться расплывчатого и просто правдоподобного утверждения, которым мы довольствуемся обыкновенно. Словом, как бы мы ни подходили к вопросу о всеобщности реального времени, теория относительности не только не колеблет общепринятого представления, но скорее делает его более веским.

Обратимся теперь ко второму вопросу, вопросу о нарушении одновременности. Но напомним предварительно в двух словах сказанное нами раньше об интуитивной одновременности, которую можно назвать реальной и переживаемой. Она должна быть допущена Эйнштейном, потому что при ее помощи он отмечает время события. Мы можем давать самые ученые определения термина „одновременность“, мы можем говорить, что она является тожеством показаний часов, согласованных друг с другом при помощи световых сигналов, и заключать отсюда, что одновременность соотносительна процессу согласования часов. Но при всём этом истинным остается положение, что сравнение часов производится для определения времени событий; однако, одновременность события с показанием часов не зависит ни от какого согласования событий с часами; она абсолютна<sup>1</sup>. Если бы ее не существовало, если бы одновременность была только соответствием показаний часов, а не являлась прежде всего также соответствием между показанием часов и событием, то никто не стал бы делать часов, а если бы даже их и делали, то никто их не покупал бы. Ведь их покупают только для того, чтобы знать, который час. Но „знать, который час“, это значит — отмечать одновременность события, т. е. некоторого момента нашей жизни или внешнего мира и показания часов; это вовсе не значит констатировать одновременность показаний нескольких часов. Таким образом, сторонник теории относительности не может не допускать интуитивной одновременности<sup>2</sup>. Уже при со-

<sup>1</sup> Правда, она неточна. Но когда ее неточность устанавливается лабораторными экспериментами, когда измеряется „запоздание“, сопровождающее психологическое констатирование одновременности, то при ее критике нужно все-таки опираться на нее же; не будь ее, не было бы возможно никакое истолкование эксперимента. В конечном итоге, все основывается на интуициях одновременности и интуициях последовательности.

<sup>2</sup> По всей вероятности будет сделана попытка возразить мне, что на расстоянии, как бы мало оно ни было, одновременность можно установить только при помощи синхронизации часов. Аргументировать будут следующим образом: Рассмотрим вашу „интуитивную“ одновременность между двумя очень близкими событиями  $A$  и  $B$ . Она является либо только приблизительной одновременностью, при чем эта приблизительность вполне допустима, принимая во внимание гораздо большее расстояние, разделяющее события, между которыми вы

гласовании друг с другом двух часов при помощи оптических сигналов он пользуется этой одновременностью и притом пользуется троекратно, потому что он должен отметить, во-первых, момент посылки оптического сигнала, во-вторых, момент его получения и, в-третьих, момент его возвращения. Кроме того, легко видеть, что вторая одновременность, зависящая от согласования часов при помощи световых сигналов, называется одновременностью только потому, что мы считаем себя способными превратить ее в интуитивную одновременность<sup>1</sup>. Лицо, которое согласует друг с другом несколько часов, всегда помещает их внутри своей системы: так как эта система является его системой отсчета, то оно считает ее неподвижной. Для него, следовательно, сигналы, посылаемые от одних удаленных друг от друга часов к другим, совершают одинаковый путь в обоих направлениях. Если оно поместится в любом пункте, равно удаленном от двух часов, и если у него достаточно хорошие глаза, то оно воспримет в мгновенной интуиции показания, даваемые двумя оптически согласованными друг с другом часами, и оно увидит, что они показывают в этот момент один и тот же час. Таким образом, научная одновременность всегда в его глазах может быть обращена в интуитивную; это единственное основание, почему оно называет ее одновременностью.

хотите установить „научную“ одновременность; либо она — точная одновременность, но тогда вы констатируете только, помимо вашего ведома, тожество показаний двух согласованных „микробовских“ часов, о которых вы говорили выше, и которые потенциально существуют в точках *A* и *B*. Если вы возразите на это, что ваши микробы, расположенные в точках *A* и *B*, пользуются „интуитивной“ одновременностью при чтении показаний своих часов, то мы повторим свое рассуждение, вообразив на этот раз под-микробов и „под-микробовские“ часы. Короче говоря, постепенно уменьшая неточность, мы в результате найдем систему „научных“ одновременностей, независимую от интуитивных одновременностей: эти последние суть только смутные, приблизительные, первоначальные представления первых одновременностей“. — Но это рассуждение направлялось бы также против самого принципа теории относительности, согласно которому, мы никогда не должны предполагать того, что выходит за пределы реально констатируемого и действительно производимых измерений. Это рассуждение предполагает, что до нашего человеческого знания, которое находится в процессе непрерывного роста, существует некоторое интегральное знание, данное *en bloc*, в вечности, тождественное с самой реальностью: мы же ограничиваемся постепенным приобретением знания — кусочек за кусочком. Это господствующая идея греческой метафизики; она заимствована у последней новой философией, и к ней, кроме того, очень склонен наш рассудок. Пусть возвращаются и ней: я не хочу протестовать против этого; но не нужно забывать, что это только метафизика, и притом метафизика, основанная на принципах, которые не имеют ничего общего с принципами теории относительности.

<sup>1</sup> Выше (стр. 49) мной было доказано, и я только что повторил, что невозможно установить радикального различия между одновременностью близких друг к другу событий и одновременностью на расстоянии. Между вещами всегда существует некоторое расстояние, и как бы оно нам ни казалось мало, оно покажется огромным микробу, конструирующему микроскопические часы.

Установив эти положения, рассмотрим две системы  $S$  и  $S'$ , движущиеся друг по отношению к другу. Изберем сначала системой отсчета систему  $S$ . Тем самым мы сделаем ее неподвижной. Как и во всякой системе часы были согласованы в ней при помощи световых сигналов. Как и при всяком согласовании часов, при этом было предположено, что посылаемые сигналы совершали один и тот же путь в обоих направлениях. Но в данном случае это не только предположение, а так дело обстоит и в действительности с того момента, как система стала неподвижной. Если мы обозначим через  $H_m$  и  $H_n$  пункты, в которых помещены двое часов, то наблюдатель, находящийся внутри системы и избравший для себя какой угодно пункт, равно удаленный от  $H_m$  и  $H_n$ , будет в состоянии, если у него достаточно хорошее зрение, обнять оттуда в едином мгновенном зрительном акте два любых события, происходящих в пунктах  $H_m$  и  $H_n$  в тот момент, когда двое часов показывают одно и то же время. В частности, он схватит в этом мгновенном восприятии два согласованных показания двух часов, так как и эти показания суть события. Всякая одновременность показываемая часами, может, следовательно, внутри системы быть обращена в интуитивную одновременность.

Рассмотрим теперь систему  $S'$ . Ясно, что для наблюдателя, находящегося внутри системы, все будет обстоять так же, как и в предыдущем случае. Этот наблюдатель изберет в качестве системы отсчета систему  $S'$ . Он ее сделает, следовательно, неподвижной. Оптические сигналы, при помощи которых он согласует друг с другом свои часы, совершат и у него один и тот же путь в обоих направлениях. Поэтому, когда двое его часов показывают одно и то же время, то отмечаемая ими одновременность может быть пережита и стать интуитивной.

Таким образом, одновременность не содержит в себе ничего искусственного и ничего условного, когда мы рассматриваем ее в пределах каждой из двух систем.

Посмотрим теперь, каким образом наблюдатель, расположенный в системе  $S$ , судит о том, что происходит в системе  $S'$ . Для него система  $S'$  находится в движении, и, следовательно, оптические сигналы, при помощи которых происходит согласование двух часов, принадлежащих этой системе, проходят — вопреки мнению наблюдателя, связанного с ней — различный путь в прямом и обратном направлении (за исключением, конечно, частного случая, когда двое часов расположены в одной и той же плоскости, перпендикулярной к направлению движения). В его глазах часы согласованы, следовательно, таким образом, что они дают одинаковое показание в моменты на самом деле не одновременные, но последовательные. Но подчеркнем, что наш наблюдатель принимает, вследствие этого, чисто

условное определение как последовательности, так и одновременности. Он соглашается называть последовательными совпадающие показания часов, согласованных друг с другом в тех субъективных условиях, при которых он наблюдает систему  $S'$ , т. е. согласованных таким образом, что внешний по отношению к системе наблюдатель приписывает оптическому сигналу различную длину пути в прямом и обратном направлении. Почему он не определяет одновременность при помощи одинакового показания часов, согласованных таким образом, что путь оптического сигнала в прямом и обратном направлении является одним и тем же в глазах наблюдателей, помещающихся внутри системы? На этот вопрос нам отвечают, что каждое из обоих определений значимо для каждого из обоих наблюдателей, и что это как раз и служит основанием, почему одни и те же события системы  $S'$  могут быть названы то одновременными, то последовательными, в зависимости от того, рассматриваем ли мы их с точки зрения системы  $S'$  или же, напротив, с точки зрения системы  $S$ . Но легко видеть, что одно из этих определений является чисто условным, между тем как другое назвать так нельзя.

Возвратимся теперь к построенной нами гипотезе и отдадим себе точный отчет в ней. Предположим, что система  $S'$  является копией системы  $S$ , что обе системы тождественны, и что они развертывают в себе одну и ту же историю. Они перемещаются друг по отношению к другу, будучи вполне способными заменить друг друга; но одну из них мы избираем в качестве системы отсчета и, начиная с этого момента, считаем неподвижной: пусть это будет система  $S$ . Гипотеза, что  $S'$  является копией  $S$ , не наносит никакого ущерба общности нашего доказательства, потому что вышеупомянутое превращение одновременности в последовательность — и притом в более или менее замедленную последовательность, смотря по тому, с большей или с меньшей скоростью перемещается система — обусловлено только скоростью системы, а вовсе не ее составом. Итак, нам теперь ясно, что если события  $A, B, C, D$  системы  $S$  являются одновременными для наблюдателя, находящегося в этой системе, то тождественные события  $A', B', C', D'$  системы  $S'$  будут также одновременными для наблюдателя в системе  $S'$ . Спрашивается теперь, будут ли две группы  $A, B, C, D$ , и  $A', B', C', D'$ , каждая из которых складывается из событий одновременных друг к другу для наблюдателя, находящегося внутри системы, — будут ли они также одновременными между собою, я хочу сказать — воспринимаемыми как одновременные некоторым высшим сознанием, способным симпатически переживать состояния сознаний, расположенных в системах  $S$  и  $S'$ , или же телепатически сообщаться с ними? Очевидно, что ничто не препятствует нам думать так. В самом

деле, мы можем вообразить, как мы это делали выше, что копия  $S'$  в известный момент отрывается от системы  $S$  и затем возвращается на прежнее место. Мы доказали, что наблюдатели, находящиеся внутри обеих систем, переживут в целом одну и ту же длительность. Мы можем, следовательно, разделить эту длительность в обеих системах на одно и то же число отрезков, так чтобы каждый из них в одной системе равнялся соответствующему отрезку другой системы. Если предположить, что момент  $M$ , в который происходят одновременные события  $A, B, C, D$ , являются крайней точкой одного из таких отрезков (а деление всегда может быть произведено в интересах этого предположения), то момент  $M'$ , в который происходят одновременные события  $A', B', C', D'$  в системе  $S'$ , будет крайней точкой соответствующего отрезка системы  $S'$ . Занимая положение, аналогичное положению  $M$ , внутри интервала длительности, крайние точки которого совпадают с крайними точками интервала, внутри которого находится  $M$ , этот момент будет необходимо одновременным моменту  $M$ . Таким образом, две группы одновременных событий  $A, B, C, D$  и  $A', B', C', D'$  оказываются также одновременными друг другу. Мы можем, следовательно, попрежнему представлять мгновенные разрезы единого времени и абсолютную одновременность событий.

Однако, все это наше рассуждение, не имеет никакой цены с точки зрения физики. Действительно, проблема физики сводится к следующему: каким образом эксперименты над скоростью света, произведенные в системе  $S$ , дадут тот же самый результат и в системе  $S'$ , если предположить, что система  $S$  пребывает в покое, а система  $S'$  движется? При этом подразумевается, что физик системы  $S$  только один существует как физик: физик же системы  $S'$  является простым представлением. Чьим же представлением? Конечно, представлением физика системы  $S$ . С момента избрания нами системы  $S$  в качестве системы отсчета научная точка зрения на мир возможна единственно только с этой системы. Удержание сознательных наблюдателей в обеих системах сразу означало бы обращение их обеих в системы отсчета, означало бы объявление обеих систем неподвижными: однако, мы предположили, что они находятся в состоянии взаимного перемещения; нужно, следовательно, чтобы, по крайней мере, одна из них двигалась. Люди, несомненно останутся и в той системе, которую мы условимся считать движущейся; но они тотчас же будут лишены своего сознания или, по крайней мере, своей способности наблюдения; в глазах единственного физика они сохраняют только свою материальную внешность в течение времени, когда эта внешность будет служить предметом изучения физики. Тем самым наше рассуждение опрокинуто, потому что оно предполагало существование равно реаль-

ных, одинаково сознательных и совершенно равноправных людей в системах  $S$  и  $S'$ . Теперь речь может идти только об одном реальном, сознательном, производящем физические наблюдения человеке или об одной группе таких людей: именно группе людей, находящихся в системе отсчета. Другие же играют роль простых марионеток; они могут быть только потенциальными физиками, простыми представлениями в сознании физика в системе  $S$ . Каким же образом он будет представлять их? Он представит себе их, как мы уже говорили об этом выше, экспериментирующими над скоростью света и применяющими с этой целью не одни только часы и зеркало, отражающее световой луч как раз в обратном направлении и удваивающее таким образом его траекторию: нет, в его представлении будет теперь одна простая траектория и двое часов, помещенных в отправной и конечной точках. Наш физик должен, в таком случае, объяснить, почему эти воображаемые физики найдут ту же самую скорость света, что и он, реальный физик, если этот чисто теоретический эксперимент осуществится практически. В его собственных глазах свет движется в системе  $S'$  с меньшей скоростью (в том случае, если соблюдаются описанные выше условия эксперимента); но так как часы в системе  $S'$  согласованы таким образом, что отмечают одновременность там, где он видит последовательность, то реальный эксперимент в системе  $S$  и воображаемый эксперимент в системе  $S'$  дадут для скорости света одно и то же число. Вот почему наш наблюдатель в системе  $S$  придерживается того определения одновременности, которое ставит ее в зависимость от согласования часов. Это не препятствует обоим системам — системе  $S'$  в такой же мере как и системе  $S$  — иметь переживаемые, реальные одновременности, которые не могут быть определены согласованными вышеуказанным способом часами.

Нужно, следовательно, различать два вида одновременности и два вида последовательности. Первый вид внутренне присущ событиям, составляет часть их материала, происходит от них. Другой же только накладывается на них наблюдателем, внешним по отношению к системе. Первый выражает некоторое свойство самой системы; он абсолютен. Второй меняется, он относителен, фиктивен; он зависит от расстояния между часами, он обусловлен целою скалою скоростей, начиная от неподвижности, которую эта система обладает для себя самой и кончая различными видами подвижности — свойства, которое ей присуще в отношении другой системы: тут существует явное смещение одновременности и превращение ее в последовательность. Первая одновременность и первая последовательность принадлежат совокупности вещей, вторая — образу, получаемому наблюдателем в зеркалах, тем более искажающих, чем больше скорость, приписываемая си-

стеме. Однако, превращение одновременности в последовательность есть как раз то, что нужно для сохранения тождества физических, в частности электромагнитных, законов у наблюдателя, находящегося внутри системы, расположенного как бы в абсолютном, и у наблюдателя внешнего, отношение которого к системе может быть бесконечно разнообразным.

Я нахожусь в системе  $S'$ , которую условимся считать неподвижной. Я интуитивно отмечаю в ней одновременность двух событий  $O'$  и  $A'$ , удаленных друг от друга в пространстве и находящихся на одинаковом расстоянии от меня. Так как система неподвижна, то световой луч, который проходит в направлении от точки  $O'$  к точке  $A'$  и обратно, совершает в обоих направлениях один и тот же путь; поэтому, если я произвожу согласование двух часов, расположенных в точках  $O'$  и  $A'$ , держась того предположения, что прямой и обратный путь,  $P$  и  $Q$ , равны друг другу, то я не уклоняюсь от истины. У меня в данном случае есть, следовательно, два способа познать одновременность: один интуитивный, который заключается в охватывании единым мгновенным зрительным актом происходящего в точках  $O'$  и  $A'$ , и другой косвенный при помощи часов; результаты, полученные при этом первым и вторым способом, оказываются совпадающими. Теперь я предположу, что  $P$  не является больше равным  $Q$ , причем все остальные изменения, происходящие в системе, остались прежними. Это происходит как раз в том случае, когда внешний по отношению к системе  $S'$  наблюдатель рассматривает ее как движущуюся. Обратятся ли для этого наблюдателя все прежние одновременности<sup>1</sup> в последовательности? На этот вопрос нужно ответить утвердительно, если мы условимся перевести все временные отношения между всеми событиями системы на такой язык, что они окажутся зависящими от равенства или неравенства длин  $P$  и  $Q$ . Это как раз та операция, которая проделывается теорией относительности. Я, физик-релятивист, находившийся внутри системы и воспринимавший  $P$  как величину равную  $Q$ , теперь выхожу из системы: последовательно помещаясь в бесконечном множестве систем, каждая из которых в соответствующий момент объявляется неподвижной, и по отношению к которым система  $S'$  будет приобретать все большую и большую скорость, — я вижу, как возрастает неравенство между  $P$  и  $Q$ . Поэтому я говорю, что события бывшие раньше одновременными, становятся последовательными, и что разделяющий их промежуток времени делается все более и более значительным. Но все это только условность, которая

<sup>1</sup> За исключением, конечно, одновременностей, касающихся событий, расположенных в одной и той же плоскости, перпендикулярной направлению движения.

является, впрочем, необходимою, если я хочу сохранить в неприкосновенности законы физики. *В самом деле, можно показать, что эти законы, в том числе законы электро-магнетизма, были формулированы на точном основании гипотезы, согласно которой физическая одновременность или последовательность определяется при помощи равенства и неравенства траекторий  $P$  и  $Q$ .* Когда нам говорят, что последовательность и одновременность зависит от точки зрения, то эти слова суть выражение названной гипотезы, напоминание приведенного определения—ничего более. Идет ли здесь речь о *реальных* последовательности и одновременности? Да, о реальных, если мы *улавливаемся* считать заместительницей реальности всякую формулу, выбранную нами для математического выражения фактов физики. Согласимся с этим; но, в таком случае, не будем более говорить о времени; скажем, что здесь речь идет о такой последовательности и такой одновременности, которые не имеют ничего общего с длительностью; в самом деле, в силу прежнего нашего всеми разделяемого соглашения, время есть только там, где есть *прежде* и *после*, констатируемые или могущие быть констатированными сознанием, сравнивающим то и другое, пусть даже это сознание будет бесконечно малым, охватывающим только промежуток между двумя бесконечно близкими моментами. Если вы определите реальность при помощи условной математической формулы, то вы будете иметь дело с условной реальностью. Но подлинная реальность есть реальность воспринимаемая или могущая быть воспринятой. Итак, повторим еще раз: помимо двойной траектории  $PQ$ , меняющей свой вид в зависимости от местонахождения наблюдателя внутри или вне системы, все воспринимаемое и все, могущее быть воспринятым в системе  $S'$ , остается таким, как оно есть. Это значит, что система  $S'$  может быть рассматриваема как покоящаяся или как движущаяся—безразлично: реальная одновременность останется в ней одновременностью, а последовательность—последовательностью.

Когда вы делали систему  $S'$  неподвижной и помещались, следовательно, внутри системы, то научная одновременность, выведенная из совпадения показаний оптически согласованных друг с другом часов, совпадала с интуитивной или естественной одновременностью; *вы называли ее одновременностью единственно только потому, что она служила вам для распознавания этой последней естественной одновременности,—потому, что она была ее знаком,—потому, что ее можно было превратить в интуитивную одновременность.* Теперь, когда сделано допущение, что система  $S'$  движется, два рода одновременности больше не совпадают; всякая естественная одновременность остается естественной одновременностью; но



чем более увеличивается скорость системы, тем более возрастает неравенство траекторий  $P$  и  $Q$ , а мы знаем, что научная одновременность определялась при помощи их равенства. Как должны вы поступить, если у вас есть жалость к бедному философу, обреченному на tête-à-tête с реальностью и не признающему ничего, кроме нее? Вы дадите научной одновременности другое название, по крайней мере, когда вы будете говорить философски. Вы создадите для нее слово — все равно какое — но вы не назовете ее одновременностью, потому что она обязана такому названию единственно только тому обстоятельству, что в неподвижной системе  $S'$  она была способна обозначать присутствие естественной, интуитивной, реальной одновременности, и мы можем подумать, что она все еще обозначает это присутствие. Вы сами, кроме того, продолжаете допускать законность этого первоначального смысла слова „одновременность“, так же как и ее примат, потому что, когда система  $S'$  вам кажется движущейся, когда, говоря о совпадении показаний часов этой системы, вы как будто думаете только о научной одновременности, вы все же непрестанно прибегаете к другой, истинной одновременности одним только фактом констатирования „одновременности“ между показанием часов и „соседним с ними“ событием (соседним с вашей точки зрения, соседним с точки зрения человека, подобного вам, но чрезвычайно удаленным от часов с точки зрения воспринимающего все это учебного микроба). Однако вы сохраняете слово. Больше того: употребляя это слово, обозначающее две разные вещи и действующее магически (разве наука не действует на нас, как прежняя магия?), вы переливаете реальность из одной одновременности в другую, из естественной одновременности в одновременность научную. Так как переход от неподвижности к движению придал слову двойной смысл, то вы незаметно вкладываете во второе значение весь тот элемент материальности и осязательности, который был заключен в первом. Я сказал бы: вы, вместо того, чтобы оградить философа от ошибки, хотите внушить ему ее; но я знаю также преимущество, проистекающее от употребления слова „одновременность“ вами, физиком, в двойном смысле: вы напоминаете таким образом, что научная одновременность берет свое начало от естественной одновременности и всегда может снова стать ею, если мы мысленно сделаем систему неподвижной.

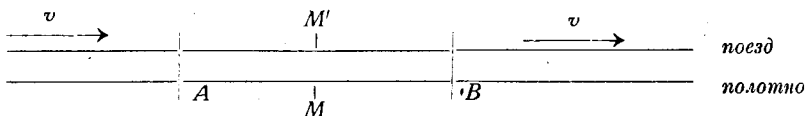
С той точки зрения, которая была нами названа точкой зрения односторонней относительности, существует абсолютное время и абсолютные показания часов, именно — время и показания часов, свойственные наблюдателю, расположенному в привилегированной системе  $S$ . Предположим еще раз, что система  $S'$ , первоначально совпадавшая с системой  $S$ , затем отделилась

от нас при помощи удвоения. Можно утверждать, что часы системы  $S'$ , продолжающие быть согласованными между собою при помощи тех же приемов, т. е. при помощи оптических сигналов, показывают одинаковое время, тогда как на самом деле они должны показывать различное время; они отмечают как одновременные те моменты, которые в действительности являются последовательными. Если мы примем, следовательно, гипотезу односторонней относительности, то мы должны допустить, что одновременные моменты системы  $S$  перестают быть таковыми в ее копии  $S'$ , в силу одного только факта движения, отделившего систему  $S'$  от системы  $S$ . Наблюдателю, находящемуся в системе  $S'$ , кажется, что одновременность сохранилась, но она стала последовательностью. Согласно теории Эйнштейна, напротив, нет привилегированной системы; относительность двусторонняя; все взаимно; наблюдатель системы  $S$ , видящий в системе  $S'$  последовательность, столь же прав, как и наблюдатель системы  $S'$ , видящий там же одновременность. Но нужно заметить также, что здесь дело идет о такой последовательности и одновременности, которые определяются исключительно через свое отношение к двум траекториям  $P$  и  $Q$ : наблюдатель в системе  $S'$  не заблуждается, потому что  $P$  для него равно  $Q$ ; наблюдатель в системе  $S$  также не заблуждается, потому что  $P$  и  $Q$  системы  $S'$  для него неравны. Но принявши гипотезу двойной относительности, мы все же склонны бессознательно возвращаться к гипотезе простой относительности, во-первых, потому что эти гипотезы математически эквивалентны, а во-вторых, потому что очень трудно отучиться представлять в духе второй гипотезы, когда мыслишь согласно требованиям первой. В этом случае мы склонны представлять, что наблюдатель в системе  $S'$  ошибается, квалифицируя как равные траектории  $P$  и  $Q$ , которые кажутся неравными наблюдателю, находящемуся вне системы  $S'$ ; мы поступаем, следовательно, так, как если бы события материальной системы  $S'$  реально смещались при разъединении двух систем, тогда как, на самом деле, их лишь объявляет смещенными наблюдатель, находящийся вне системы  $S'$ , стараясь держаться принятого им определения одновременности. Мы забываем, что одновременность и последовательность становятся в этом случае условными, что они сохраняют единственное свойство первоначальных одновременности и последовательности, а именно — соответствие равенству или неравенству двух траекторий  $P$  и  $Q$ . Но первоначально дело касалось равенства и неравенства, констатируемого наблюдателем, находящимся внутри системы, т. е. равенства и неравенства окончательного и неизменного.

До какой степени смешение двух точек зрения является естественным и даже неизбежным, в этом легко убедиться чи-

тая некоторые страницы самого Эйнштейна. Мы не хотим сказать, что Эйнштейн должен был совершить его; но мы полагаем, что только что установленное нами различие таково, что язык физика едва способен его выразить. Оно, впрочем, и не важно для физика, потому что обе концепции одинаковым способом переводятся на язык математических терминов. Но оно капитально для философа, который будет представлять время совершенно различно в зависимости от того, примет ли он первую гипотезу или же вторую. Страницы, которые Эйнштейн посвятил в своей книге „О специальной и общей теории относительности“ вопросу об относительности одновременности, являются чрезвычайно поучительными в этом отношении. Прочитируем существенную часть его доказательства:

„Пусть по железнодорожному полотну идет очень длинный поезд с постоянной скоростью  $v$  в направлении, указанном стрелкою на черт. 3. Пассажирам этого поезда удобно будет

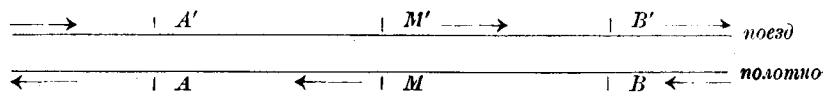


Черт. 3.

принять поезд за систему отсчета; все события они относят к поезду. Всякое событие, происходящее в определенной точке полотна, происходит также в определенной точке поезда. Одновременность определяется одинаково по отношению к поезду и по отношению к полотну. Но в таком случае, возникает следующий вопрос: если два события (например, две молнии  $A$  и  $B$ ) одновременны относительно полотна, будут ли они одновременны и относительно поезда? Мы увидим сейчас, что ответ может быть только отрицательный. Когда мы говорим, что молнии  $A$  и  $B$  одновременны относительно полотна, то мы хотим сказать следующее: световые лучи, исходящие из точек  $A$  и  $B$ , встречаются в точке  $M$ , являющейся серединой расстояния  $AB$ , отсчитанного вдоль полотна. Но событиям  $A$  и  $B$  соответствуют также две точки  $A$  и  $B$  на поезде. Пусть  $M'$  будет серединой расстояния  $AB$  движущегося поезда. В момент сверкания молний (вычисленный по отношению к полотну) эта точка  $M'$  совпадает с точкой  $M$ , но вслед затем она перемещается направо (см. рисунок) со скоростью  $v$  поезда. Если бы наблюдатель, находящийся в поезде в точке  $M'$ , сам не двигался с этою же скоростью, то он продолжал бы оставаться в точке  $M$ , и оба световых луча, исходящих из точек  $A$  и  $B$ , достигли бы его одновременно, т. е. пересеклись бы как раз на нем. В дей-

ствительности же наблюдатель движется (если судить с полотна) навстречу лучу, идущему из точки  $B$ , и удаляется от луча, исходящего из точки  $A$ . Наблюдатель увидит, следовательно, луч  $B$  раньше, чем луч  $A$ . Наблюдатели, пользующиеся в качестве системы отсчета железнодорожным полотном, придут к выводу, что для пассажиров поезда сверкание молнии  $B$  произошло раньше сверкания молнии  $A$ . Мы приходим, таким образом, к следующему важному результату. События, одновременные относительно железнодорожного полотна, неодновременны относительно поезда, и обратно (относительность одновременности). Всякая система отсчета имеет свое особое время; указание времени имеет смысл только тогда, когда указана соответствующая система отсчета, к которой оно отнесено<sup>1</sup>.

Это рассуждение позволяет нам ярко осветить двусмысленность, породившую столько недоразумений. Чтобы рассеять ее, мы должны прежде всего внести в чертёж Эйнштейна некоторые дополнения (черт. 4). Эйнштейн отметил стрелками направ-



Черт. 4.

вление поезда. Мы же отметим, кроме того, другими стрелками обратное направление полотна. В самом деле, мы не должны забывать, что поезд и полотно перемещаются взаимно. Конечно, об этом не забывает и Эйнштейн, когда он воздерживается от изображения стрелок, указывающих направление движения железнодорожного полотна; он лишь показывает этим, что выбрал полотно в качестве системы отсчета. Но философ, желающий знать, каких ему следует держаться взглядов на природу времени, спрашивающий, есть ли у полотна и у поезда одно и то же реальное время (т. е. одно и то же переживаемое или могущее быть переживаемым время), или же его нет, — философ, утверждаю я, должен постоянно помнить, что ему не нужно выбирать между двумя системами: он поместит сознательного наблюдателя в обе системы и станет исследовать, чем является для каждого из них переживаемое время. Итак, начертим добавочные стрелки. Добавим также две буквы  $A'$  и  $B'$ , обозначающие крайние точки поезда: если мы не дадим этим точкам особого названия и сохраним за ними обозначения совпадающих с ними то-

<sup>1</sup> Эйнштейн „Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie“. Русский перевод под ред. А. П. Афанасьева („О специальной и общей теории относительности“), 3-е изд. 1923, стр. 23—25.

чек земной поверхности  $A$  и  $B$ , то мы рискуем еще раз забыть, что полотно и поезд совершенно равноправны и одинаково независимы. Наконец, придадим букве  $M'$  более общее значение всякой точки на линии  $A'B'$ , которая будет расположена по отношению к  $B'$  и  $A'$  таким же образом, как точка  $M$  расположена по отношению к  $A$  и  $B$ . Вот то, что касается чертежа.

Заставим теперь вспыхнуть две наших молнии. Точки из которых исходит свет, не принадлежат ни к поверхности земли ни к поезду; световые волны распространяются независимо от движения своих источников.

При этом условии тотчас окажется, что обе системы равноправны, и что в точке  $M'$  произойдет совершенно то же самое, что происходит в соответствующей ей точке  $M$ . Если  $M$  находится посередине линии  $AB$ , и если одновременность воспринимается на полотне в точке  $M$ , то эта же самая одновременность будет воспринята в поезде в точке  $M'$ , находящейся посередине линии  $A'B'$ .

Итак, если мы действительно придерживаемся того, что нами воспринимается и переживается, если мы обращаемся с вопросом к реальному наблюдателю в поезде и реальному наблюдателю на железнодорожном полотне, то мы обнаружим, что и тот и другой имеют дело с одним и тем же временем: то, что мы называем одновременностью по отношению к полотну, является также одновременностью по отношению к поезду.

Но когда мы начертили двойной ряд стрелок, то мы тем самым отказались от избрания какой-либо системы отсчета; мы мысленно поместили себя *сразу* на полотне и в поезде; мы отказались сделаться физиком. Действительно, мы не искали математического представления вселенной; что же касается последнего, то оно, конечно, должно быть получено с определенной точки зрения и должно подчиняться законам математической перспективы. Мы задаемся вопросом о том, что реально, т. е. о том, что действительно наблюдается и констатируется.

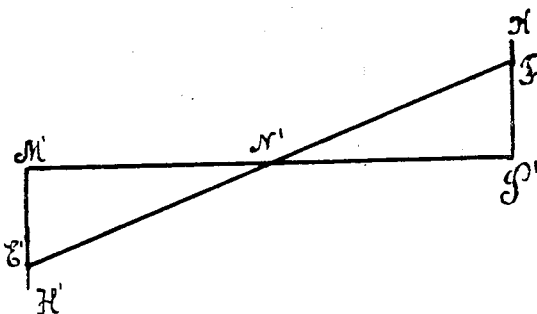
Напротив, для физика существует, во-первых, то что констатируется им самим (факты этого рода отмечаются им так, как они реально существуют) и, во-вторых, то, что констатируется им как предполагаемое констатирование другого лица: это последнее транспонируется им, подводится под собственную точку зрения, потому что всякое физическое представление вселенной должно быть отнесено к какой-нибудь системе отсчета. Но отметки, которые будут произведены физиком при этих условиях, не окажутся более в соответствии ни с чем воспринимаемым или могущим быть воспринимаемым; отметки физика имеют, следовательно, не реальное, но символическое значение. Физик, помещенный в поезде, даст такую математическую картину вселенной, в которой всякая воспринимаемая реальность будет

превращена в пригодное для науки представление, за исключением всего, касающегося поезда и предметов, связанных с ним. Физик, помещенный на железнодорожном полотне, тоже даст такую математическую картину вселенной, где все будет транспонировано, за исключением полотна и предметов, связанных с ним. Величины, которые войдут в эти две картины, в общем будут различны, но некоторые отношения между ними, называемые нами законами природы, окажутся в обеих картинах одинаковыми, и это тождество служит точным выражением того факта, что оба представления являются представлением одной и той же вещи — вселенной, независимой от нашего представления.

Что же увидит физик, находящийся на железнодорожном полотне в точке  $M$ ? Он констатирует одновременность двух молний. Он, однако, не будет в состоянии находиться также в точке  $M'$ . Он, самое большее, может сказать, что он представляет в точке  $M'$  констатирование неодновременности двух молний. Конструируемое им представление мира всецело обусловлено тем обстоятельством, что избранная им система отсчета связана с землей: поэтому поезд движется; поэтому нельзя согласиться с тем, что в точке  $M'$  происходит констатирование одновременности двух молний. Правду говоря, в точке  $M'$  *ничего не констатируется*, потому что для этого нужно, чтобы там находился физик, а между тем единственный физик мира, согласно гипотезе, находится в точке  $M$ . Что же касается точки  $M'$ , то она служит лишь объектом *отметки* наблюдателя, находящегося в точке  $M$ ; он действительно отмечает в ней неодновременность. Или же, если угодно, в точке  $M'$  находится *воображаемый физик, существующий только в сознании физика точки  $M$* . Этот последний напишет, в таком случае, подобно Эйнштейну: „Одновременность относительно железнодорожного полотна не является одновременностью относительно поезда“. И он будет прав, прибавив: „с того момента, как исходным пунктом при построении физики служит железнодорожное полотно“. Ему следовало бы, впрочем, прибавить еще и такие слова: „Одновременность относительно поезда не является одновременностью относительно полотна с того момента, как исходным пунктом при построении физики служит поезд“. В заключение же ему следовало бы сказать так: „Философия, которая принимает в расчет и точку зрения наблюдателя, находящегося на полотне и точку зрения пассажира, сидящего в поезде, философия, отмечающая в поезде ту же самую одновременность, которую она отмечает на полотне, не стоит одной ногой в воспринимаемой реальности, а другой — в научной конструкции; нет, — она всецело погружена в реальное и вместе с тем полностью принимает идею Эйнштейна о взаимности (двусторонности) всякого

движения. Но идея эта, рассмотренная во всей своей полноте, есть вовсе не физическая, а философская идея. Чтобы перевести ее на язык физики, нам нужно стать на ту точку зрения, которая была названа нами гипотезой односторонней относительности. А так как этот язык обладает силою внушения, то мы не замечаем, что, заговоривши на нем, мы, тем самым, принимаем упомянутую гипотезу. Мы поведем речь о множественности времен, которые все равноправны и все, следовательно, реальны, раз реально одно из них. Но истина заключена в том, что последнее в корне отлично от всех прочих. Оно реально, потому что оно реально переживается физиком. Другие же—только мыслимые—времена суть времена вспомогательные, математические, символические“.

Однако, разоблачить двойной смысл одновременности не так легко; здесь можно найти лишь немного уязвимых пунктов.



Черт. 5.

Возьмем систему  $S'$  (черт. 5) и на прямой, указывающей направление ее движения, рассмотрим три точки  $M'$ ,  $N'$ ,  $P'$ , так чтобы точка  $N'$  отделялась от точек  $M'$  и  $P'$  одинаковым расстоянием  $l$ . Предположим, что в точке  $N'$  находится наблюдатель. В каждой из трех точек  $M'$ ,  $N'$ ,  $P'$  разворачивается ряд событий, который образует историю места. Наблюдатель воспринимает в точке  $N'$  в определенный момент совершенно определенное событие. Но являются ли столь же определенными одновременные ему события, происходящие в точках  $M'$  и  $P'$ ? Нет, отвечает теория относительности. В зависимости от различной скорости системы  $S'$ , события в точках  $M'$  и  $P'$ , одновременные событию в точке  $N'$ , будут различными. Если, следовательно, мы будем считать, что настоящее наблюдателя, находящегося в точке  $N'$ , складывается в каждый данный момент из всех одновременных событий, происходящих в этот момент во всех точках его системы, то в нем будет опре-

делен только один фрагмент: таким фрагментом окажется событие, происходящее в точке  $N'$ , где находится наблюдатель. Все прочее будет неопределенным. События в точках  $M'$  и  $P'$ , которые также составляют часть настоящего нашего наблюдателя, будут то одними, то другими в зависимости от большей или меньшей скорости системы  $S'$ , в зависимости от отнесения ее к той или другой системе отсчета. Обозначим скорость системы  $S'$  через  $v$ . Когда часы, согласованные надлежащим образом, показывают в трех пунктах одно и то же время, и когда, следовательно, внутри системы  $S'$  эти моменты одновременны, то, как нам известно, наблюдатель, находящийся в системе отсчета  $S$ , видит, что часы в точке  $M'$  спешат, а часы в точке  $P'$ , отстают по сравнению с часами в точке  $N'$  при чем их забегание вперед и опаздывание измеряется  $\frac{lv}{c^2}$  секундами системы  $S'$ .

Следовательно, для наблюдателя, внешнего системе, в контекст настоящего момента наблюдателя в точке  $N'$  входят прошлое точки  $M'$  и будущее точки  $P'$ . События, которые в точках  $M'$  и  $P'$  составляют часть настоящего у наблюдателя, находящегося в точке  $N'$ , кажутся нашему вне стоящему наблюдателю тем более погруженными в прошлую историю места  $M'$  и тем более предвосхищающими будущую историю места  $P'$ , чем более значительна скорость системы  $S'$ . Восставим теперь на прямой  $M'P'$  в двух противоположных направлениях перпендикуляры  $M'H'$  и  $P'K'$  и предположим, что все события прошлой истории места  $M'$  расположены вдоль прямой  $M'H'$ , а все события будущей истории места  $P'$  — вдоль прямой  $P'K'$ . Мы в праве теперь назвать *линией одновременности* прямую, проходящую через точку  $N'$  и соединяющую друг с другом события  $E'$  и  $F'$ , расположенные по отношению к наблюдателю, внешнему системе, в прошлой истории места  $M'$  и будущей истории места  $P'$  на расстоянии времени  $\frac{lv}{c^2}$  (число  $\frac{lv}{c^2}$  обозначает в данном случае секунды системы  $S'$ ). Мы видим, что эта линия тем более уклоняется от линии  $M'N'P'$ , чем более значительна скорость системы  $S'$ .

В этом пункте теория относительности приобретает на первый взгляд парадоксальный характер, она поражает воображение. Нам приходит на ум мысль, что лицо, расположенное в точке  $N'$ , способно было бы воспринять часть будущей истории места  $P'$ , если бы взор такого лица мог мгновенно преодолеть расстояние, отделяющее его от  $P'$ : ведь это будущее находится там, ведь определенный момент этого будущего одновременен настоящему упомянутого лица. Последнее способно, следовательно, предсказать обитателю места  $P'$  события, свидетелем которых ему предстоит быть. Конечно, такое мгновенное видение на расстоянии



на деле невозможно; не существует скорости, превышающей скорость света. Но мысленно все же можно представить себе мгновенное усмотрение, и этого достаточно, чтобы период будущей истории места  $P'$ , измеряемый величиной  $\frac{lv}{c^2}$ , по праву предсуществовал настоящему этого места, был заранее сложен и, следовательно, предопределен. Сейчас мы увидим, что все это будущее есть на самом деле мираж. К несчастью, сторонниками теории относительности ничего не было сделано для рассеяния миража. Напротив, им доставляло удовольствие всячески поддерживать эту иллюзию. Здесь мы еще не можем заняться анализом концепции „пространства-времени“ Минковского, принятой также Эйнштейном. Она выражена при помощи чрезвычайно остроумной схемы; если не принять мер предосторожности, то в ней легко прочесть только что указанное нами; впрочем, оно и было действительно прочтено самим Минковским и его последователями. Не входя пока в рассмотрение схемы Минковского (она требовала бы целого ряда объяснений, которые в данный момент могут быть опущены нами), изобразим мысль Минковского при помощи только что данного нами чертежа.

Рассматривая нашу линию одновременности  $E' N' F'$ , мы видим, что после первоначального слияния с линией  $M' N' P'$  она удаляется от последней по мере возрастания скорости  $v$  системы  $S'$  по отношению к системе отсчета  $S$ . Но она не может удаляться бесконечно. В самом деле, мы знаем, что нет скорости, превосходящей скорость света. Поэтому длины  $M'E'$  и  $P'F'$ , равные  $\frac{lv}{c^2}$  не могут быть больше, чем  $\frac{l}{c}$ . Предположим, что они равны последней величине. Мы будем иметь, говорят нам, за пределами точки  $E'$ , в направлении  $E'N'$ , область *абсолютного прошлого*, а за пределами точки  $F'$ , в направлении  $F'K'$  — область *абсолютного будущего*; никакая часть этого прошлого и этого будущего не может стать частью настоящего времени наблюдателя, находящегося в точке  $N'$ . Но зато ни один момент периода  $M'E'$  и периода  $P'F'$  не является абсолютно прошедшим или абсолютно последующим по отношению к событиям, происходящим в точке  $N'$ ; достаточно только приписать системе  $S'$  соответствующую скорость, т. е. избрать соответствующую систему отсчета. Все, что произошло в точке  $M'$  в истекший период времени  $\frac{l}{c}$ ; все, что произойдет в точке  $P'$  в предстоящий период  $\frac{l}{c}$ ; все это может войти в неопределенный отрезок настоящего времени наблюдателя, расположенного в точке  $N'$ : выбор будет обусловлен скоростью системы.

Пусть, однако, наблюдатель в точке  $N'$  обладает даром мгно-

венного видения на расстоянии и воспринимает, вследствие этого, в качестве настоящего точки  $P'$  то, что для наблюдателя, находящегося в этой точке, составит ее будущее; пусть такой наблюдатель обладает, кроме того, способностью сообщать в точку  $P'$ , при помощи столь же мгновенной телепатии, то, что в ней произойдет, — защитники теории относительности скрытым образом допускают существование такого наблюдателя, потому что они всячески убеждают нас в наличности следствий из такого положения вещей<sup>1</sup>. Правда, они доказывают, что наблюдатель в точке  $N'$  никогда не будет в состоянии использовать этой наличности в своем настоящем прошлого точки  $M'$  для наблюдателя, находящегося в ней, или будущего точки  $P'$  для наблюдателя в этой точке; никогда он не причинит ни радости ни горя обитателям мест  $M'$  и  $P'$ ; ведь никакая весть не может быть передана, никакая причина не может оказать действие со скоростью, превышающею скорость света; таким образом, лицо, расположенное в точке  $N'$ , не может быть уведомяно о будущем точки  $P'$ , хотя это будущее и составляет часть его настоящего; оно не может также никаким способом повлиять на это будущее: напрасно это будущее включено в настоящее лица в точке  $N'$ ; практически оно остается для него не существующим.

Посмотрим, однако, не имеем ли мы здесь дела с простой иллюзией. Возвратимся к предположению, сделанному нами ранее. Согласно теории относительности, временные отношения между событиями, развертывающимися внутри системы, обусловлены исключительно скоростью системы, а не природой самих событий. Эти отношения останутся, следовательно, одинаковыми и в том случае, если в качестве системы  $S'$  мы возьмем копию системы  $S$ , развертывающую ту же историю, что и система  $S$ , и первоначально совпадающею с нею. Такая гипотеза чрезвычайно облегчит доказательство, не нанеся в то же время никакого ущерба его общности.

Итак, в системе  $S$  есть линия  $MNP$ , от которой ведет свое происхождение линия  $M'N'P'$ , начинающая существовать самостоятельно с того момента, как от системы  $S$  отделяется ее копия, система  $S'$ . Согласно нашей гипотезе, наблюдатели в точках  $M'$  и  $M$ , будучи расположены в двух соответствующих местах двух тождественных систем, оба являются свидетелями одинаковой истории окружающего их, одинакового следования совершающихся около них событий. То же самое следует сказать и относительно наблюдателей в точках  $N$  и  $N'$ ,  $P$  и  $P'$ , поскольку каждый из них сосредоточивает свое внимание только

<sup>1</sup> См. по этому предмету: Langevin, *Le temps, l'espace et la causalité* (Bulletin de la Société française de philosophie, 1912) и Eddington, *Espace temps et gravitation*, trad. Rossignol, p. 61—66.

на том, что происходит в его непосредственном соседстве. Со сказанным согласятся все. Теперь займемся специально двумя наблюдателями в точках  $N$  и  $N'$ , потому что у нас речь идет о событиях, одновременных именно с тем, что совершается в названных точках рассматриваемых нами линий<sup>1</sup>.

Для наблюдателя в точке  $N$  события в точках  $M$  и  $P$ , одновременные его настоящему, являются вполне определенными, потому что система  $S$ , согласно нашему предположению, неподвижна.

Что же касается наблюдателя в точке  $N'$ , то события в точках  $M'$  и  $P'$ , которые были одновременны его настоящему в тот момент, когда его система  $S'$  совпадала с системой  $S$ , равным образом являются вполне определенными: ведь это те же самые два события, которые в точках  $M$  и  $P$  были одновременны настоящему  $N$ .

Но пусть теперь система  $S'$  перемещается по отношению к системе  $S$  и пусть скорость ее все возрастает. Для наблюдателя, расположенного в точке  $N'$  внутри этой системы, она остается неподвижной. Обе системы  $S$  и  $S'$  совершенно равнозначны; мы делаем одну из систем неподвижной, превращая ее в систему отсчета, исключительно для удобства изучения; мы получаем таким образом возможность построить физику. Что же касается реального наблюдателя, обладающего плотью и кровью, то все, воспринимаемое таким наблюдателем, находящимся в точке  $N$ , все мгновенно и телепатически подмечаемое им внутри своей системы в каком угодно удаленном от него месте, — все это совершенно тождественным образом будет воспринято изнутри системы  $S'$  реальным — с плотью и кровью — наблюдателем, помещающимся в точке  $N'$ . Следовательно, часть истории мест  $M'$  и  $P'$ , реально входящая в состав настоящего времени наблюдателя в точке  $N'$ , именно — та часть, которую он воспринимал бы в точках  $M'$  и  $P'$ , если бы обладал даром мгновенного видения на расстоянии, — эта часть является вполне определенной и неизменной, какой бы ни была скорость си-

<sup>1</sup> Для упрощения аргументации мы всюду в дальнейшем будем предполагать, что в точках  $N$  и  $N'$  двух совершенно схожих друг с другом систем  $S$  и  $S'$  разворачивается одно и то же событие. Другими словами, мы рассматриваем точки  $N$  и  $N'$  как раз в момент разъединения обеих систем и допускаем, что система  $S'$  может приобретать свою скорость  $v$  внезапно, одним порывом, минуя промежуточные скорости. Вслед за этим мы сосредоточиваем свое внимание на этом событии, образующем общее настоящее двух лиц, находящихся в точках  $N$  и  $N'$ . Когда мы говорим, что мы увеличиваем скорость  $v$ , то мы подразумеваем под этим возвращение вещей на их прежнее место, мы снова заставляем совпасть обе системы и тем самым снова заставляем лиц, находящихся в точках  $N$  и  $N'$  присутствовать при совершении одного и того же события; вслед за тем мы снова разъединяем обе системы, сообщая, также внезапно, системе  $S'$  скорость большую, чем предшествующая.

стемы  $S'$  в глазах наблюдателя, находящегося внутри системы  $S$ . Это та самая часть, которую воспринимал бы также в точках  $M$  и  $P$  наблюдатель, находящийся в точке  $N$ .

Прибавим, что часы системы  $S'$  идут в глазах наблюдателя в точке  $N'$  совершенно так же, как часы системы  $S$  идут в глазах наблюдателя в точке  $N$ , потому что системы  $S$  и  $S'$  перемещаются взаимно, и поэтому одна из них может быть поставлена на место другой и обратно. Когда часы, расположенные в точках  $M$ ,  $N$ ,  $P$  и оптически согласованные друг с другом, показывают одно и то же время, и когда, следовательно, согласно определению, принимаемому релятивизмом, события, совершающиеся в этих точках, одновременны, то то же самое следует сказать и о показаниях соответствующих часов системы  $S'$ : и в этом случае, согласно тому же определению, события, совершающиеся в точках  $M'$ ,  $N'$ ,  $P'$ , точно так же одновременны, — события, которые мы условились считать тождественными событиями в точках  $M$ ,  $N$ ,  $P$ .

Но как только я сделал систему  $S$  неподвижной, превратив ее в систему отсчета, то происходит следующее. Если система  $S$  стала неподвижной, и если часы в ней, как это принято, согласованы оптически, то, согласно гипотезе о неподвижности системы, одновременность в ней *абсолютна*; я хочу сказать, что наблюдатели, находящиеся внутри этой системы, согласовали свои часы, руководствуясь предположением о равенстве в обоих направлениях траектории оптических сигналов из точек  $N$  и  $P$ ; это предположение становится таким образом решающим; оно необходимо вытекает из того факта, что система  $S$  избрана нами в качестве системы отсчета и сделана абсолютно неподвижной.

Но тем самым мы обязаны допустить, что система  $S$  движется; и наблюдатель, находящийся в системе  $S$ , видит, следовательно, что траектории оптических сигналов между двумя часами в точках  $N'$  и  $P'$  (которые, по мнению наблюдателя, принадлежащего к системе  $S'$ , продолжают совершать один и тот же путь в прямом и обратном направлении) становятся теперь неравными, — при чем неравенство является тем более значительным, чем более значительна скорость системы  $S'$ . В таком случае, в силу принятого нашим наблюдателем определения (а мы предполагаем, что наблюдатель, принадлежащий к системе  $S$ , сторонник теории относительности), часы, показывающие в системе  $S'$  одно и то же время, перестают, *в его глазах*, отмечать одновременные события. Конечно, эти события являются одновременными в его собственной системе, как они одновременны для наблюдателя, находящегося в точке  $N'$  и принадлежащего к системе  $S'$ . Но наблюдателю, находящемуся в точке  $N$ , кажется, что в системе  $S'$  они последовательны; вернее, *ему кажется, что эти события должны быть отмечены им как последо-*

вательные, на основании данного им определения одновременности.

При этих условиях, по мере возрастания скорости системы  $S'$ , наблюдатель, расположенный в точке  $N$ , отодвигает события, совершающиеся в точках  $M'$  и  $P'$ , первые—все дальше в прошлое, а вторые—все дальше в будущее,—те самые события, которые в его собственной системе относятся им к настоящему моменту и которые считаются событиями настоящего момента также наблюдателем, расположенным в системе  $S'$ . Впрочем, об этом последнем наблюдателе, поскольку он является реальным существом, обладающим плотью и кровью, нет более речи; обманным путем он лишен всего своего содержания, лишен, во всяком случае, своего сознания; из наблюдателя он превратился в простой объект наблюдения, ибо физиком, строящим всю науку, теперь является наблюдатель, расположенный в точке  $N$ . С этого момента, повторяю я, по мере того, как  $v$  увеличивается, наш физик *отмечает*, как все более удаляющиеся в прошлое от точки  $M'$  и в будущее от точки  $P'$ , все те же события, которые, и в точке  $M'$  и в точке  $P'$ , составляли часть реально сознаваемого настоящего времени наблюдателя, находящегося в точке  $N'$ , и которые, следовательно, составляют часть его собственного настоящего. В реальное настоящее наблюдателя в точке  $N'$  не входили бы поэтому поочередно, вместе с возрастанием скорости системы, различные события хотя бы места  $P'$ . Нет, одно и то же событие места  $P'$ , составляющее часть настоящего времени наблюдателя в точке  $N'$  в случае неподвижности системы  $S'$ , отмечалось бы наблюдателем, находящимся в точке  $N$ , как принадлежащее все более отдаленному будущему наблюдателя в точке  $N'$ , соответственно возрастанию скорости приведенной в движение системы  $S'$ . Если бы наблюдатель в точке  $N$  не отмечал событий указанным образом, то его физическая концепция вселенной стала бы бессвязной, потому что меры, применяемые им для измерения совершающихся в системе явлений, выражали бы законы таким образом, что их нужно было бы изменять в соответствии с изменением скорости системы; вследствие этого, система, тождественная его собственной системе, каждая точка которой имеет историю, тождественную историю соответствующей точки его собственной системы, оказалась бы подчиненной иной физике, чем его собственная система (по крайней мере, в отношении электромагнитных явлений). Но в таком случае, наш наблюдатель, совершая свои отметки указанным образом, лишь выражает существующую для него необходимость *искривить* одновременность между событиями с момента, когда он приписывает движение своей неподвижной системе  $S$ , называя ее с этой поры системой  $S'$ . Но несмотря на искривление, это все та же одновременность; она

осталась бы тою же для наблюдателя, находящегося внутри системы  $S'$ . Выраженная же перспективно из точки  $N$ , она должна быть изогнута в форме последовательности.

Итак, нет нужды ободрять нас, говорить нам, что наблюдатель, находящийся в точке  $N'$ , несомненно может иметь в составе своего настоящего часть будущего точки  $P'$ , но что он не в состоянии узнать его и сообщить другим, и что, следовательно, это будущее для него как бы не существует. Мы вполне спокойны: мы не могли бы облечь в плоть и кровь нашего опустошенного от всякого содержания наблюдателя в точке  $N'$ , мы не могли бы одушевить его, снова превратить в сознательное существо и особенно в физика, так чтобы при этом событие места  $P'$ , только что помещенное нами в будущее, снова не сделалось событием настоящего момента. В сущности, в упомянутом одобрении нуждается в данном случае сам физик, находящийся в точке  $N$ ; в сущности он ободряет самого себя. Отмечая событие точки  $P'$  вышеупомянутым способом, т. е. локализуя его в будущем этой точки и в настоящем наблюдателя в точке  $N'$ , наш физик должен доказать себе, что он не только удовлетворяет требованиям науки, но остается также в согласии с повседневным опытом. Сделать это ему нетрудно, потому что с момента, как он представляет себе все вещи согласно допущенным им правилам перспективы, все, что связано в действительности, продолжает оставаться связанным и в представлении. Основание, заставляющее его говорить, что нет скорости большей, чем скорость света, что скорость света одинакова для всех наблюдателей и т. д., — это самое основание обязывает его поместить в будущее точки  $P'$  событие, составляющее часть настоящего времени наблюдателя в точке  $N'$  (а также и его собственного настоящего) и принадлежащее к настоящему точки  $P$ . Выражаясь точно, он должен был бы сказать так: „Я помещаю событие в будущее точки  $P'$ ; но с того момента, как я оставил его внутри промежутка будущего времени, измеряемого величиною  $\frac{l}{c}$ , и не отодвинул его дальше, я никогда не буду в состоянии представить, что лицо, находящееся в точке  $N'$ , способно воспринять то, что произойдет в точке  $P'$ , и сообщить об этом обитателям указанного места“. В действительности же его манера рассматривать вещи внушает ему следующие слова: „Напрасно наблюдатель, находящийся в точке  $N'$ , обладает в составе своего настоящего некоторой частью будущего точки  $P'$ , он не может узнать его, не может повлиять на него и, вообще, никак не может использовать его“. Конечно, вследствие этого не произойдет никакой ошибки — ни физической, ни математической; но велико было бы заблуждение философа, который поверил бы на слово физику.

Таким образом, для наблюдателя, находящегося в точке  $N'$ , на ряду с событиями, которые физика согласна помещать в „абсолютное прошлое“ или „абсолютное будущее“ пунктов  $M'$  и  $P'$ , в названных пунктах не существует других событий, отличающихся тем свойством, что, будучи прошлыми или будущими по отношению к  $M'$  и  $P'$ , они в то же самое время входили бы в состав настоящего нашего наблюдателя, по мере приобретения системой  $S'$  соответствующей скорости. В каждом из названных пунктов существует только одно событие, составляющее часть *реального* настоящего наблюдателя, находящегося в точке  $N'$ , какова бы ни была скорость системы: таким событием является то самое событие, которое в пунктах  $M$  и  $P$  составляет часть настоящего времени наблюдателя, находящегося в точке  $N$ . Но это событие будет помещено физиком более или менее далеко в прошлое пункта  $M'$  или будущее пункта  $P'$ , смотря по тому, какая скорость приписывается им системе. Настоящее Павла, расположенного в пункте  $N'$ , всегда складывается из одной и той же пары событий, происходящих в пунктах  $M'$  и  $P'$ , и определенного события в пункте  $N'$ . Но когда эта одновременность трех событий рассматривается Петром, представляющим Павла сквозь призму движения, то она кажется ему изогнувшейся в форму „прошлое — настоящее — будущее“.

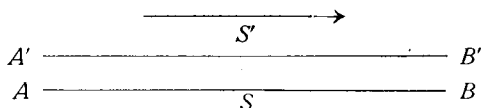
Однако иллюзия, вплетаясь в ходячее толкование теории относительности, с таким трудом поддается разоблачению, что бесполезно будет подойти к ней еще и с другой стороны. Снова предположим, что система  $S'$ , тождественная системе  $S$ , оторвалась от последней и сразу приобрела определенную скорость. Петр и Павел в точке  $N$  сливались воедино: мгновение спустя они уже отличаются друг от друга в точках  $N$  и  $N'$ . Вообразим теперь, что Петр, пребывающий внутри своей системы  $S$ , владеет даром мгновенного видения на каком угодно расстоянии. Если бы движение, сообщенное системе  $S'$ , действительно делало одновременными событие, происходящее в точке  $N'$  (а, следовательно, также и событие, происходящее в точке  $N$ , потому что обе системы разъединяются как раз в этот самый мотент), и событие, относящееся к будущему точки  $P'$ , то Петр присутствовал бы при событии, которое еще только должно произойти в точке  $P$  и которое войдет в настоящее Петра только спустя некоторое время: короче говоря, при посредстве системы  $S'$  он читал бы будущее своей собственной системы  $S$ , конечно, будущее не точки  $N$ , в которой он находится сам, но отделенной от него известным расстоянием точки  $P$ . И чем более значительной была бы скорость, внезапно приобретенная системой  $S'$ , тем глубже его взор погружался бы в будущее точки  $P$ . Если бы у него были средства мгновенного сообщения

на расстоянии, то он известил бы обитателя пункта  $P$  о том, что произойдет в этом пункте, руководствуясь при этом тем, что он усмотрел в пункте  $P'$ . Но ничего этого нет на самом деле. *Воспринимаемое им будущее пункта  $P'$  является точной копией воспринимаемого им настоящего пункта  $P$ . Чем больше скорость системы  $S'$ , тем в более отдаленное будущее пункта  $P'$  относит он воспринимаемое им в пункте  $P$ ; но будущее пункта  $P'$  все же неизменно остается все тем же настоящим пункта  $P$ . Видение на расстоянии и видение будущего не сообщают ему, следовательно, ничего нового.* В „промежутке времени“, отделяющем настоящее пункта  $P$  от тождественного этому настоящему будущему соответствующего ему пункта  $P'$ , даже нет места для чего бы то ни было: все происходит так, как если бы промежуток равнялся нулю. Он и в действительности равен нулю: он есть лишь растянутое ничто. Но он принимает вид промежутка вследствие некоторого внутреннего оптического обмана, аналогичного оптическому обману, возникающему при нажатии на глазное яблоко: предмет как бы отделяется от себя самого и кажется нам двойным. Точнее выражаясь, видение Петром системы  $S'$  есть не что иное, как *искривленное* во время видение им системы  $S$ . Это „искривленное видение“ приводит к тому, что линия одновременности, проходящая в системе  $S$  через точки  $M, N, P$ , в системе  $S'$  копии системы  $S$ , кажется все более и более изогнутой, по мере того, как скорость системы  $S'$  становится все более значительной: копия того, что совершается в точке  $M$ , оказывается, таким образом, отодвинутой в прошлое, а копия совершающегося в точке  $P$  — отодвинутой в будущее; однако все это есть лишь следствие некоторого мысленного искривления. Но все сказанное нами о системе  $S'$ , копии системы  $S$ , распространяется также на какую угодно другую систему, движущуюся с тою же скоростью; потому что — повторяю я еще раз — временные отношения между событиями, совершающимися внутри системы  $S'$ , обусловлены, согласно теории относительности, большей или меньшей скоростью системы, но они обусловлены только скоростью и ничем иным. Предположим теперь, что  $S'$  является какой угодно системой, а не просто копией системы  $S$ . Если мы хотим найти точный смысл теории относительности, то мы должны допустить, что система  $S'$  первоначально пребывает в покое вместе с системою  $S$ , не сливаясь, однако, с последней, а затем начинает двигаться. Мы обнаружим, что события, бывшие одновременными в покоящейся системе, остаются такими же и в системе движущейся, но, будучи воспринята из системы  $S$ , эта одновременность попросту искривляется: линия одновременности, соединяющая три точки  $M', N', P'$ , кажется повернувшейся на некоторый угол вокруг точки  $N'$ , так что



один из ее концов оказывается задержанным в прошлом, между тем как другой предвосхищает будущее.

Мы достаточно подробно разобрали понятия „замедления времени“ и „смещения одновременности“. Остается еще рассмотреть „сокращение длины“. Покажем теперь, что оно является не чем иным, как пространственным обнаружением этих двух временных феноменов. Но теперь нам достаточно будет ограничиться немногими словами. В самом деле, пусть две точки  $A'$  и  $B'$  движущейся системы  $S'$  накладываются; во время движения системы, на две точки  $A$  и  $B$  неподвижной системы  $S$ , тождественной системе  $S'$  (черт. 6).



Черт. 6.

Когда это совпадение имеет место, то часы, помещенные в точках  $A'$  и  $B'$  и согласованные, понятно, наблюдателями, принадлежащими к системе  $S'$ , показывают одно и то же время. Наблюдатель, принадлежащий к системе  $S$  и говорящий, что в этом случае часы, помещенные в точке  $B'$ , запаздывают по сравнению с часами, помещенными в точке  $A'$ , заключит отсюда, что точка  $B'$  совпадает с точкой  $B$  лишь после совпадения точек  $A$  и  $A'$ , и что, следовательно, линия  $A'B'$  короче, чем линия  $AB$ . В действительности он „знает“ об этом только следующим образом. Для согласования своих представлений с только что изложенными нами правилами перспективы, наш наблюдатель должен считать, что совпадение точек  $B'$  и  $B$  запаздывает по сравнению с совпадением точек  $A'$  и  $A$ , именно потому, что часы, помещенные в точках  $A'$  и  $B'$ , показывают один и тот же час для двух совпадений. Получается противоречие; чтобы избежать противоречия он должен считать линию  $A'B'$  более короткой, чем линия  $AB$ . Впрочем, наблюдатель, принадлежащий к системе  $S'$ , будет рассуждать точно таким же образом. Его система для него неподвижна; следовательно, система  $S$  перемещается по отношению к нему в направлении противоположном тому, в каком двигалась только что система  $S'$ . Ему кажется, поэтому, что часы в точке  $A$  запаздывают по сравнению с часами в точке  $B$ . В результате, совпадение точки  $A$  с точкой  $A'$  должно бы произойти, по его мнению, только после совпадения точки  $B$  с точкой  $B'$ , если часы  $A$  и  $B$  показывают одно и то же время для обоих совпадений. Отсюда следует, что

линия  $AB$  должна быть более короткой, чем линия  $A'B'$ . Что же, присуща или не присуща линиям  $AB$  и  $A'B'$  одна и та же длина реально? Повторим еще раз, что мы называем здесь реальным то, что воспринимается или может быть воспринято. Мы должны, следовательно, рассматривать наблюдателей в системах  $S$  и  $S'$ , Петра и Павла, как живых людей, и сравнить две длины линий, которые они действительно видят. Но каждый из этих наблюдателей, когда он сам видит, а не является простым объектом видения, когда он сам отсчитывает, а не является объектом отсчитывания, — делает свою систему неподвижной. Каждый из них рассматривает интересующую нас длину в тот момент, когда она покоится. Но так как обе системы, поскольку они реально перемещаются друг относительно друга, могут быть заменены одна другою, потому что система  $S'$  является копией системы  $S$ , то восприятие линии  $AB$  наблюдателем в системе  $S$  должно оказаться, согласно нашему предположению, тождественным восприятию линии  $A'B'$  наблюдателем, принадлежащим к системе  $S'$ . Можно ли найти более строгое и более абсолютное утверждение равенства длин  $AB$  и  $A'B'$ ? Равенство приобретает абсолютный смысл и становится чем-то более высоким, чем все наши соглашения относительно меры, только в том случае, когда два сравниваемые термина тождественны; но мы как раз отождествили их в тот момент, как предположили, что каждый из них может быть заменен другим. Итак, в специальной теории относительности, протяжение столь же мало может быть реально укорочено, сколь мало время может быть действительно замедлено, а одновременность — действительно быть превращена в последовательность. Но если система отсчета нами избрана и тем самым сделана неподвижной, то все происходящее в других системах должно быть изображено в перспективе, которая определяется значительностью различия между скоростью системы, подлежащей отсчету, и скоростью системы отсчета, при чем последняя скорость, согласно нашему предположению, равна нулю. Не будем же забывать произведенного нами анализа. Если мы желаем, чтобы Жан и Жак живыми сошли с картины, в которой один изображен на переднем плане, а другой — на заднем, то мы остережемся оставить Жаку рост карлика. Придадим ему, как и Жану, нормальные размеры.

Чтобы резюмировать все сказанное, вернемся к нашей первоначальной гипотезе и представим себе физика, находящегося на земле и многократно повторяющего опыт Майкельсона-Морли. Но предположим теперь, что его внимание направлено преимущественно на то, что мы называем реальным, т. е. на то, что он воспринимает или мог бы воспринять. Он остается физиком, он не забывает о необходимости получить связанное

математическое представление всей совокупности вещей. Но он хочет помочь философу в его усилиях; его взгляд ни на минуту не отрывается от подвижной демаркационной линии, отделяющей символическое от реального, рассудочно познаваемое от воспринимаемого. Он будет говорить, следовательно, о „реальности“ и о „видимости“, об „истинных измерениях“ и об „измерениях ложных“. Короче говоря, он не будет пользоваться языком теории относительности. Но самую теорию он примет. Его транскрипция новой идеи в старые термины позволит нам лучше понять, в какой мере мы можем сохранить и в какой мере должны видоизменить то, что было нами принято прежде.

Итак, поворачивая свою схему на  $90^\circ$ , он ни в какое время года не наблюдает никакого перемещения полос, интерференции. Скорость света является, таким образом, одинаковой во всех направлениях, одинаковой при любой скорости земли. Как объяснить этот факт?

„Факт вполне объясним“, скажет наш физик. „Трудности и проблемы возникают здесь лишь оттого, что мы считаем землю движущейся. Но движущейся относительно чего? Где та неподвижная точка, к которой она приближается или от которой удаляется? Эта точка может быть выбрана нами лишь произвольно. В таком случае, я имею полное право объявить, что сама земля является этой точкой, и отнести ее, некоторым образом, к самой себе. Итак, земля неподвижна, и проблема разрешена.

„Однако, у меня закрадывается сомнение. Как бы я был смущен, если бы понятие абсолютной неподвижности вдруг приобрело смысл, и каким-нибудь способом открылась бы безусловно неподвижная точка опоры! Но мне не нужно идти так далеко; мне достаточно посмотреть на звезды; я вижу, как небесные тела движутся по отношению к земле. Физик, находящийся на какой-нибудь из этих внешних по отношению к земле систем и рассуждающий подобно мне, будет считать себя, в свою очередь, неподвижным и он будет в праве поступать так: находясь на своей планете, он будет требовать того же, чего могли бы потребовать обитатели абсолютно неподвижной системы. И он скажет мне, как сказали бы и они, что я обманываюсь, что я не имею права объяснять одинаковую скорость распространения света во всех направлениях тем, что я неподвижен, потому что я движусь.

„Но я могу успокоить себя следующим соображением. Наблюдатель, находящийся вне земли, никогда не сделает мне упрека, никогда не уличит меня, потому что, рассматривая мои единицы меры пространства и времени, наблюдая перемещение моих инструментов и ход моих часов, он констатирует следующее: 1) вне всякого сомнения я приписываю свету ту же самую скорость, что и он, хотя я движусь в направлении светового луча,

а он неподвижен; мои единицы времени кажутся ему в таком случае более длинными, чем его собственные; 2) мне кажется, что я констатирую одинаковую скорость распространения света во всех направлениях, но я измеряю расстояния линейкой, длина которой изменяется вместе с направлением; 3) я найду всегда одну и ту же скорость света, даже если бы я измерял время, затраченное светом на прохождение расстояния между какими-нибудь двумя пунктами на земле, при помощи часов, расположенных в этих двух пунктах? Но ведь, согласуя свои часы при помощи оптических сигналов, я исходил из предположения, что земля неподвижна. Так как она движется, то окажется, что одни из часов отстают от других и отстают в тем большей степени, чем более значительна скорость движения земли. Это запаздывание часов заставляет меня верить, что время, затрачиваемое светом на прохождение какого-нибудь расстояния всегда одинаково, и, следовательно, скорость света есть величина неизменная. Итак, моя позиция защищена от всякого нападения. Мой критик найдет мои выводы правильными, хотя с его точки зрения, единственно законной для него, посылки мои стали ложными. Самое большее, он упрекнет меня за то, что я верю, будто я действительно констатировал постоянство скорости света во всех направлениях: по его мнению, я ее констатирую лишь потому, что мои ошибки в измерении пространства и времени компенсируют друг друга, так что результат получается тождественный его результату. Естественно, что мои пространственные и временные величины войдут в состав конструируемого им представления вселенной так, как он их измеряет, а не так, как измерял их я. Мой физик будет думать, что я неправильно пользуюсь своими мерами во время своих вычислений. Но это неважно, потому что результат моих вычислений он признает правильным. Кроме того, если бы мой воображаемый наблюдатель стал реальным, он встретился бы с такими же затруднениями, у него возникли бы такие же сомнения, и он освободился бы от них таким же способом, как и я. Он сказал бы так: движусь ли я или же неподвижен, истинны ли мои меры или ложны, в результате я прихожу к построению той же физики, что и ты, и законы ее общезначимы“.

Применим еще одно сравнение: когда какой-нибудь экспериментатор производит опыт, подобный опыту Майкельсона-Морли, то дело обстоит так, как если бы защитник теории относительности нажимал на одно из глазных яблок экспериментатора и вызывал бы таким образом двойное зрение некоторого особого рода: первоначально полученное восприятие, первоначально произведенный опыт удваивался бы в виде фантастического образа, в котором время замедлялось бы, одновременность искривлялась бы в последовательность, а пространственно вре-

менные величины вследствие этого изменялись бы. Эта искусственно вызванная у экспериментатора диплопия (двойное зрение) имеет целью успокоить его или, вернее, застраховать против риска, которого он думает избежать (и которого действительно избегает в некоторых случаях) тем способом, что он произвольно принимает себя за центр вселенной и относит все вещи к своей субъективной системе отсчета; несмотря на эту субъективность, он строит такую физику, которая должна быть значимой повсюду: отныне он может спать спокойно; он знает, что сформулированные им законы будут оправданы, как бы ни менялся наблюдательный пункт, откуда мы созерцаем природу. В самом деле, фантастический образ его опыта, образ, показывающий ему, как выглядел бы этот опыт в глазах неподвижного наблюдателя, расположенного на другой системе отсчета, в случае если бы вся его установка пришла в движение, — этот фантастический опыт несомненно представляет собою временное и пространственное искажение первого образа, но такое искажение, в котором остаются нетронутыми отношения между частями первоначальной схемы, в котором все процессы остаются такими же, какими они были раньше, и которое не препятствует тому, чтобы опыт продолжал оправдывать те же самые законы, потому что названные процессы и отношения суть как раз то, что мы называем законами природы.

Но наш земной наблюдатель не должен никогда упускать из виду, что во всех этих рассуждениях реален он один, другой же наблюдатель есть лишь продукт его воображения. Кроме того он в состоянии вызвать столько этих призраков, сколько пожелает, столько, сколько существует скоростей, т. е. бесконечное количество. Ему будет казаться, что все они строят свое представление вселенной, изменяя меры, применяемые им на земле; несмотря на это или, вернее, именно вследствие этого, они получают физику, тождественную его собственной. Приняв все это во внимание, наш земной наблюдатель будет заниматься своею физикой, простосердечно оставаясь на избранном им наблюдательном пункте, т. е. на земле, и не интересуясь более своими воображаемыми физиками.

Но все же необходимо, чтобы эти воображаемые физики были им вызваны; и теория относительности, давая реальному физику средство согласовать свои представления с их представлениями, тем самым заставляет науку сделать большой шаг вперед.

В своих предшествующих рассуждениях мы помещали себя на земле. Но мы с таким же правом могли бы остановить свой выбор на любой другой точке вселенной. В каждой из них находится реальный физик, влекущий за собой целую тучу воображаемых физиков: число их будет равняться числу воображаемых

им скоростей. Станем ли мы, в таком случае, отделять реальное от воображаемого? Займемся ли мы разрешением вопроса, существует ли единое время или же, напротив, множество времен? Нам не для чего заниматься воображаемыми физиками, мы должны считаться только с физиками реальными. Спросим себя: воспринимают ли они одно и то же время или не воспринимают? Вообще говоря, философу трудно утверждать с достоверностью, что два лица переживают один и тот же ритм длительности. Он не мог бы сообщить такому утверждению точного и строгого смысла. Однакоже, приняв теорию относительности, он может это сделать: утверждение приобретает здесь очень точный смысл и становится достоверным, когда мы сравниваем между собою две системы, взаимно и равномерно перемещающиеся друг относительно друга: ведь наблюдатели могут поменяться местами. Нужно заметить, что наше утверждение является совершенно строгим и достоверным только в теории относительности. Во всех же других теориях две системы, как бы ни были они похожи друг на друга, все же обыкновенно в каком-нибудь отношении будут отличаться, потому что они занимают различное место по отношению к привилегированной системе. Удаление привилегированной системы и составляет как раз самое существо теории относительности. Таким образом эта теория вовсе не исключает гипотезы об едином времени, но, напротив, подтверждает ее и сообщает ей высшую понятность, какую только можно ей сообщить.

## ГЛАВА V

### Световые фигуры

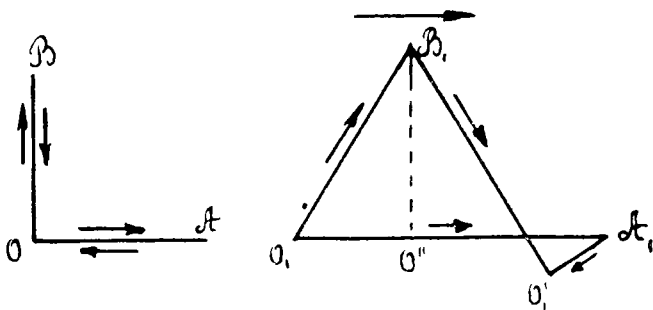
«Световые линии» и «твердые линии». — «Световая фигура» и «фигура пространственная: как они совпадают и как разъединяются? — Тройной результат разъединения. — 1) Изменение в поперечном направлении или «растяжение времени» — 2) Изменение в продольном направлении или «смещение одновременности». — 3) Изменение в поперечном и продольном направлениях или «сжатие Лоренца». — Истинная природа времени Эйнштейна. — Переход к теории пространства-времени.

Этот способ рассмотрения вещей позволяет нам глубже проникнуть в существо теории относительности. Мы только что показали, каким образом сторонник теории относительности вызывает, кроме собственного восприятия мира, получаемого им из своей системы, еще целый ряд представлений, приписываемых им физикам, смотрящим на его систему в те моменты, когда она движется со всеми возможными скоростями. Эти представления различны, но различные части каждого из них расположены таким образом, что отношения между ними остаются одинаковыми; они поэтому служат выражением одних и тех же законов. Рассмотрим теперь как можно тщательнее эти различные представления. Покажем, по возможности конкретнее, как, по мере увеличения скорости, постепенно возрастает искажение внешнего образа, но неизменно сохраняются внутренние отношения. Мы вплотную подойдем таким образом к вопросу о происхождении множественности времени в теории относительности. Смысл их наглядно предстанет перед нашими глазами. Тем самым мы раскроем некоторые постулаты, содержащиеся в этой теории.

Вот перед нами опыт Майкельсона-Морли, произведенный в неподвижной системе  $S$  (чертеж 7). Назовем „твердой линией“ или просто „линией“ геометрическую линию, например,  $AO$  или  $OB$ . Назовем „световой линией“ световой луч, проходящий

вдоль нее. Для наблюдателя, находящегося внутри системы, два луча, пущенные из точки  $O$  в точку  $B$  и в точку  $A$  в двух перпендикулярных друг другу направлениях, возвращаются в те же самые точки, откуда они были пущены. Опыт дает, следовательно, наблюдателю образ двойной световой линии, идущей от  $O$  к  $B$  и обратно, и двойной световой линии, идущей от  $O$  к  $A$  и обратно, при чем эти две двойные световые линии перпендикулярны друг другу и равны между собой.

Будем теперь *смотреть* на покоящуюся систему, но *представим* при этом, что она движется со скоростью  $v$ . Каким окажется наш двойной образ?



Чер. 7.

Когда система покоится, для нас безразлично, будем ли мы рассматривать ее, как составленную из двух обыкновенных „твердых“ взаимно перпендикулярных линий, или же — как состоящую из двух двойных световых линий, также взаимно перпендикулярных: „световая“ фигура и „твердая“ фигура совпадают. Но как только мы предположим, что система движется, две названных фигуры разъединяются. Твердая фигура продолжает состоять из двух взаимно перпендикулярных прямых. Но световая фигура изменяется. Двойная световая линия, проходящая вдоль прямой  $OB$  становится ломанной световой линией  $O_1B_1O'_1$ . Двойная световая линия, проходящая вдоль прямой  $OA$ , становится световой линией  $O_1A_1O'_1$  (часть  $O'_1A_1$  этой линии в действительности накладывается на  $O_1A_1$ , но для большей ясности мы отделяем ее на чертеже). Так дело обстоит с формой. Рассмотрим теперь, что происходит с величиной.

Если бы мы рассуждали *a priori*, до того, как опыт Майкельсона-Морли был действительно произведен, то мы сказали бы: „Мы должны предположить, что твердая фигура остается прежней не только в том отношении, что две линии продолжают



быть взаимно-перпендикулярными, но также и в том, что они всегда равны друг другу. Это вытекает из самого понятия твердости. Что же касается до двух двойных световых линий, первоначально равных друг другу, то мы, в своем воображении, видим, как они становятся неравными с момента своего разъединения вследствие движения, сообщенного системе нашей мыслью. Это неизбежный результат равенства двух твердых линий". Короче говоря, в этом априорном рассуждении, основанном на прежних представлениях физики, мы утверждали бы следующее: „твердая пространственная фигура диктует свои условия световой фигуре“.

Теория относительности в том ее виде, который она приобрела на основании действительно осуществленного опыта Майкельсона-Морли, опрокидывает это положение и говорит: „световая фигура диктует свои условия твердой фигуре“. Другими словами — твердая фигура не является подлинной реальностью: она — не более, чем построение нашего рассудка, при чем правила этого построения должны быть даны световой фигурой, единственно реальной.

В самом деле, опыт Майкельсона-Морли учит нас, что две линии  $O_1B_1O_1'$  и  $O_1A_1O_1'$  остаются равными друг другу при всех возможных скоростях системы. Таким образом, равенство двух двойных световых линий всегда будет сохранено, равенство же двух твердых линий нарушится: эти последние должны быть, следовательно, согласованы с первыми. Посмотрим, каким образом они согласуются. С этой целью рассмотрим ближе изменение нашей световой фигуры. Но не будем забывать, что все это происходит в нашем воображении, вернее — в нашем рассудке. В самом деле, опыт Майкельсона-Морли производится физиком внутри своей системы, т. е. значит в неподвижной системе. Система начинает двигаться только в том случае, если физик мысленно выходит из нее. Но когда его мысль следит за нею, то его рассуждение не будет больше относиться к его собственной системе, но коснется опыта Майкельсона-Морли, производимого в другой системе, или, вернее, коснется представления об опыте, производимом в другой системе, представления, которое он составляет себе и которое он должен себе составить; в самом деле, действительно производимый опыт производится физиком, находящимся внутри системы, т. е., следовательно, в неподвижной системе. Так что во всех рассуждениях нашего физика речь идет только о некотором символическом обозначении не производимого в действительности опыта, обозначении, которое он должен принять, если хочет согласовать свой воображаемый опыт с опытом, действительно совершаемым. Проще говоря, оно служит выражением того, что на самом деле не совершается. Не забывая ни на минуту только что сказанного

нами, проследим теперь изменения нашей световой фигуры. Исследуем порознь три результата изменения формы, порождаемые движением: 1) результат изменения в поперечном направлении фигуры, соответствующий, как мы увидим, тому, что теория относительности называет удлинением времени; 2) результат изменения в продольном направлении фигуры, являющийся для упомянутой теории смещением одновременности; 3) двойной результат продольно-поперечного изменения являющийся „сжатием Лоренца“.

1) *Результат изменения в поперечном направлении или „растяжение времени“.*

Сообщим скорости  $v$  различные возрастающие величины, начиная от нуля. Приучим нашу мысль изводить из первоначальной световой фигуры  $OAB$  ряд других фигур, в которых все больше подчеркивается расхождение первоначально совпадавших световых линий. Попытаемся затем вложить в первоначальную фигуру все фигуры, вышедшие таким образом из нее. Другими словами, поступим с ними так, как мы обращаемся с зрительной трубой, колена которой мы первоначально вытягиваем одно из другого, а затем снова складываем. Или, лучше, возьмем для сравнения известную детскую игрушку, составленную из складных пластинок, вдоль которых прикреплены деревянные солдатики. Когда мы раздвигаем эти пластинки, они вытягиваются в две линии, перекрещивающиеся в форме  $X$ , и солдатики при этом удаляются друг от друга; когда же мы складываем их, они прилегают одна к другой, и солдатики снова строятся в тесно сомкнутые ряды. Запомним хорошенько, что наших световых фигур существует бесконечное множество, и что они, тем не менее, являются только одной фигурой: их множественность служит простым выражением множественности зрительных представлений, могущих возникнуть у наблюдателей, по отношению к которым они движутся с различной скоростью, — т. е., в сущности, зрительных представлений, возникающих у наблюдателей, передвигающихся по отношению к ним; и все эти возможные представления вкладываются в реальное зрительное восприятие первоначальной фигуры  $AOB$  на подобие того, как вкладываются одно в другое отдельные колена телескопа. Какой же вид примет поперечная световая линия  $O_1B_1O_1'$ , происшедшая из линии  $OB$  и могущая снова превратиться в нее и даже превращающаяся в нее в действительности, сливающаяся с ней, в тот самый момент, когда мы ее себе представляем? Эта линия равна

$$\frac{2l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

в то время как первоначальная двойная световая линия равнялась  $2l$ . Ее удлинение в точности соответствует, следовательно, тому удлинению времени, о котором говорит нам теория относительности. Мы видим отсюда, что эта теория поступает так, как если бы она брала в качестве меры времени путь светового луча между двумя определенными точками в прямом и обратном направлениях. Но вследствие этого мы тотчас же интуитивно постигаем отношение многих времен к единому реальному времени. Многие времена, порожденные теорией относительности, не только не разрушают единства реального времени, но, напротив, — они предполагают его и утверждают. В самом деле, реальный наблюдатель, находящийся внутри системы, сознает и различие и тождество этих разнородных времен. Он переживает определенный период психологического времени, и с этим временем совпадают все в большей или меньшей степени замедленные математические времена; действительно, в точном соответствии с тем, в какой мере он раздвигает свою игрушку — я хочу сказать, в какой мере он мысленно ускоряет движение своей системы — удлиняются также световые линии, но все они заполняют одну и ту же пережитую длительность. Не будь этой единой пережитой длительности, не будь этого реального времени, общего всем математическим временам, какой смысл заключался бы в словах, что они соответствуют друг другу, что они заполняют один и тот же промежуток? Какой смысл можно было бы найти в подобном утверждении?

Предположим (мы сейчас снова возвратимся к этому пункту), что наблюдатель в системе  $S$  привык измерять свое время при помощи световой линии, т. е. привык прикладывать свое психологическое время к своей световой линии  $OB$ . Конечно, психологическое время и световая линия (рассматриваемая в неподвижной системе) будут для него синонимами. Если он мысленно сообщит своей системе движение, то он представит себе, что ее световая линия удлинилась, и скажет, поэтому, что время замедлилось; но он увидит также, что замедленное время не является больше временем психологическим; оно не будет больше, как было только что, сразу психологическим и математическим; оно стало исключительно математическим, и не может быть ничьим психологическим временем: как только какое-нибудь сознание захочет пережить одно из этих удлиненных времен  $O_1B_1$ ,  $O_2B_2$  и т. д., так они тотчас сократятся и снова будут измеряться величиною  $OB$ , потому что световая линия перестает быть воображаемой и становится реальностью, а система, которую до тех пор мы мысленно рассматривали как движущуюся, снова оказывается реально неподвижной.

Итак, мы можем следующим образом резюмировать сказан-

ное: тезис относительности в данном случае означает, что наблюдатель, находящийся внутри системы  $S$  и представляющий себе эту систему движущейся со всеми возможными скоростями, увидит, что вместе с возрастанием скорости его системы ее математическое время удлинится, если только оно будет отождествлено со световыми линиями  $OB$ ,  $O_1B_1$ ,  $O_2B_2\dots$  и т. д. Все эти математические времена одинаковы в том смысле, что все они соответствуют одной и той же психологической длительности, переживаемой наблюдателем в системе  $S$ . Но все они фиктивны, потому что они никем не могут быть пережиты как отличные от реального времени системы  $S$ : ни наблюдателем, находящимся в названной системе, ни каким бы то ни было другим реальным или возможным наблюдателем. За ними может быть сохранено название времени только потому, что первое из их ряда, а именно — измеряемое линией  $OB$ , измеряет также психологическую длительность наблюдателя в системе  $S$ . Тогда, рассуждая по аналогии, мы будем продолжать называть словом „время“ постепенно удлиняющиеся световые линии системы, мысленно принимаемой нами за движущуюся; но мы должны будем при этом заставить себя забыть, что все эти времена содержатся в одной и той же длительности. Вы можете сохранить за ними название „время“ — я несколько не протестую; но, согласно определению, они будут условными временами, потому что ими не измеряется никакая длительность, ни реальная ни возможная.

Но каким же образом можно исчерпывающе объяснить это приравнение времени световой линии? Почему первая из световых линий, именно — линия  $OB$ , служит для наблюдателя в системе  $S$  мерой его психологической длительности, так что затем он переносит на последовательные линии  $O_1B_1$ ,  $O_2B_2\dots$  и т. д. название и видимость времени, как бы заражая их некоторою болезнью? Скрытым образом мы уже дали ответ на этот вопрос; бесполезно, однако, подвергнуть его новому исследованию. Но рассмотрим сначала второй результат изменения фигуры, продолжая отождествлять время со световой линией.

2) *Результат изменения в продольном направлении или „смещение одновременности“.*

По мере увеличения расхождения между совпадавшими в первоначальной фигуре световыми линиями растет также неравенство между двумя продольными световыми линиями, именно — линиями  $O_1A_1$  и  $A_1O'_1$ , первоначально сливавшимися в одну двойную световую линию  $OA$ . Так как световая линия всегда служит для нас символом времени, то мы скажем, что момент  $A_1$  не является больше серединой промежутка времени  $O_1A_1O'_1$ ,

между тем как момент  $A$  был такой серединой промежутка  $ОАО$ . Иными словами, предполагает ли наблюдатель, находящийся внутри системы  $S$ , что его система покоится, или же, напротив, считает, что она движется, — его предположение, простой акт его мысли, ни в какой степени не может повлиять на ход часов его системы. Но он влияет, как мы видим, на их согласованность. Часы не изменяются; изменяется время. Оно искажается и смещается между ними. В первоначальной фигуре от  $O$  к  $A$  и обратно пробегали, если можно так выразиться, равные времена. Теперь же прохождение пути в направлении  $ОА$  оказывается более продолжительными, чем прохождение пути в обратном направлении  $АО$ . Но мы легко видим, что запоздание вторых часов по сравнению с первыми измеряется величинами

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c^2}$$

или  $\frac{lv}{c^2}$ , смотря по тому, примем ли мы за единицу меры секунды неподвижной системы или же секунды системы движущейся. Так как часы остаются такими же, как они были, идут так же, как они шли, и сохраняют, следовательно, прежнее отщурение между собою, оставаясь, как и раньше, согласованными друг с другом, то в сознании нашего наблюдателя они окажутся все более запаздывающими друг по сравнению с другом, по мере того, как его воображение ускоряет движение системы. Что же, он воспринимает себя неподвижным? Когда часы в пунктах  $O$  и  $A$  показывают одно и то же время, то между двумя мгновениями существует реальная одновременность. Или же он представляет себя движущимся? Эти самые два мгновения, отмеченные двумя часами, показывающими то же самое время, перестают, согласно определению, быть одновременными, потому что две световые линии, которые первоначально были равными, сделались неравными. Я хочу сказать, что первоначально между часами существовало равенство, теперь же туда *проскользнуло* неравенство, но так, что сами часы оказались незатронутыми. Но если это равенство и неравенство претендует быть отнесенным к времени, то присуща ли и тому и другому одинаковая степень реальности? Что касается равенства, то оно было равенством световых линий и равенством психологических длительностей *сразу*, т. е. было равенством времени в общепринятом смысле этого слова. Что же касается неравенства, то оно является не более, чем неравенством световых линий, т. е. чисто условных времен; но оно имеет место между теми же самыми психологическими длительностями, к которым

относилось только что рассмотренное равенство. Происходит это потому, что психологическая длительность продолжает существовать в неизменном виде в течение всех тех последовательных представлений наблюдателя, которые могут быть им рассматриваемы в качестве эквивалентов всех представляемых им условных времен. Пусть перед нашим наблюдателем будет фигура *ВОА*: он воспринимает некоторую психологическую длительность, измеряемую им при помощи двойных световых линий *ОВ* и *ОА*. Пусть теперь, продолжая направлять свой взор на эту фигуру и продолжая, следовательно, воспринимать одну и ту же длительность, он в своем воображении видит, что двойные световые линии разъединяются и удлинняются, а продольная световая линия расщепляется на две линии неравной длины, при чем неравенство растет вместе с возрастанием скорости. Все эти неравенства вышли из первоначального равенства, как отдельные колена из зрительной трубы; все они в любой момент могут быть возвращены на прежнее место, как колена зрительной трубы, когда мы ее складываем. Все они эквивалентны первоначальному равенству потому, что истинной реальностью является именно это равенство, т. е. одновременность моментов, показываемых двумя часами, а не чисто условная и фиктивная последовательность, порождаемая только мыслимым движением системы и размещением световых линий, являющимся результатом ее движения. Все эти размещения, все эти последовательности суть лишь нечто возможное; единственной реальностью остается одновременность. А так как все эти возможности, все эти разнообразные размещения держатся в пределах реально воспринимаемой одновременности, то все они математически эквивалентны ей. Нужды нет, что одна из приравниваемых величин есть величина воображаемая, чистая возможность, между тем как другая воспринимаема и реальна.

Таким образом — сознательно или бессознательно — теория относительности подменяет время световыми линиями и тем самым делает вполне ясным один из своих основных принципов. В ряде статей по теории относительности<sup>1</sup> Ed. Guillaume утверждал, что сущность теории относительности сводится к новому способу измерения времени, именно — принципом измерения времени в ней служит не вращение земли, но распространение света. Я думаю, что существенное в теории относительности исчерпывается далеко не одним этим. Но я согласен, что подчеркнутое Guillaume'ом принадлежит, действительно к числу существенных моментов теории. Выделяя этот момент, мы подчеркиваем важность теории. В самом деле, мы устанавливаем

<sup>1</sup> Revue de métaphysique (май — июнь 1918 и октябрь — декабрь 1920). Ср. La Théorie de la Relativité, Lausanne, 1921.

таким образом, как она в этом пункте является естественным и, может быть, необходимым завершением целой эволюции. Напомним в двух словах тонкие и глубокие рассуждения, посвященные, еще не так давно, Эдуардом Леруа вопросу о постепенном совершенствовании наших измерений, в частности измерения времени<sup>1</sup>. Он показал, каким образом тот или иной метод измерения позволяет устанавливать законы, и как эти законы, однажды установленные, могут в свою очередь оказывать влияние на метод измерения и привести к его изменению. В частности, что касается измерения времени, то развитие физики и астрономии было в значительной степени обусловлено введением звездных часов: а именно, им мы обязаны открытием ньютоновского закона притяжения и принципа сохранения энергии. Но эти результаты несовместимы с постоянством звездных суток, потому что, согласно им, приливы и отливы должны тормозить вращение земли. Таким образом, применение звездных часов приводит к следствиям, требующим введения новых часов<sup>2</sup>. Несомненно, что прогресс физики стремится представить нам оптические часы, т. е. распространение света, как некоторые предельные часы, так что все прочие являются только последовательным к ним приближением. Теория относительности узаконяет этот результат. А так как сущность физики ведет к отождествлению вещи с ее мерою, то „световая линия“ окажется сразу и мерой времени и самим временем. Но когда мы представляем себе систему движущейся, на деле оставляя ее покоящейся, то наблюдаемая в ней световая линия удлиняется, оставаясь в то же время прежней линией; в результате мы получаем множество времен, эквивалентных друг другу; гипотеза множественности времен, характерная для теории относительности, предстанет в наших глазах как необходимое условие эволюции физики в целом. Определенные вышеупомянутым способом времена будут играть роль физических времен<sup>3</sup>. Но это будут воображаемые времена, за исключением одного, воспринимаемого реально. Последнее, всегда одинаковое, есть также время здравого смысла.

<sup>1</sup> Bulletin de la Société française de philosophie, февраль 1905.

<sup>2</sup> Ср. Borel, L'espace et le temps, стр. 25.

<sup>3</sup> Для избежания путаницы я называл эти времена в течение предшествовавшего изложения *математическими*. В самом деле, мы их постоянно сравниваем с психологическим временем. Но, чтобы сравнивать, их нужно также отличать от него и всегда отчетливо представлять себе это отличие. Особенно же отчетливым является различие между элементами психологии и элементами математики; что же касается элементов физики и психологии, то здесь оно оказывается гораздо меньшим. Выражение, „физическое время“ приобретало бы иногда двойкий смысл; термин же „математическое время“ исключает всякую двусмысленность.

Подведем краткий итог сказанному. Время в обычном смысле этого слова, время, которое всегда может быть превращено в психологическую длительность и которое, по своему определению, оказывается, следовательно, реальным, — это время теории относительно подменяет таким временем, которое может быть превращено в психологическую длительность только в случае неподвижности системы. Во всех других случаях это время, которое раньше было и световой линией и длительностью, оказывается только световой линией — линией эластической, растягивающейся по мере возрастания приписываемой системе скорости. Оно не может соответствовать некоторой новой психологической длительности, потому что оно продолжает занимать ту же самую длительность. Но это неважно: теория относительности — физическая теория; она игнорирует всякую психологическую длительность, одинаково и в первом и во всех других случаях; из всех свойств времени она сохраняет только его соответствие световой линии. Когда последняя удлиняется или сокращается в зависимости от скорости системы, то то же самое происходит и с равными по своей длительности многими временами. Это кажется нам парадоксальным, потому что мы продолжаем переживать реальную длительность. Но это оказывается, напротив, очень простым и естественным, если мы заменим время растяжимой световой линией и назовем одновременностью и последовательностью равенства и неравенства световых линий, отношение между которыми меняется на наших глазах, будучи обусловлено покоем или движением системы.

Но наши рассуждения о световых линиях были бы неполными, если бы мы ограничились изучением двух результатов изменения — в поперечном и продольном направлении, рассматривая каждый из них порознь. Мы должны теперь посмотреть, как они складываются. Мы увидим, что отношение, которое всегда существует между продольными и поперечными световыми линиями, при какой угодно скорости системы, влечет ряд следствий, касающихся „твердости“, а, следовательно, также пространственных очертаний. Мы вплотную подойдем таким образом к переплетению пространства и времени в теории относительности. Это переплетение уясняется только, когда мы сводим время к световой линии. Сосредоточим же внимание на этой линии, которая является линией времени, протянутой в пространстве, которая удлиняется вследствие движения системы и приобретает в пути пространственные свойства, оказывающиеся затем также элементами времени. Мы *конкретно* откроем таким образом в обычных времени и пространстве тот очень простой первоначальный факт, который изображается теорией относительности в виде концепции пространства-времени четырех измерений.



3) *Результат изменения в поперечном и продольном направлениях сразу или „сжатие Лоренца“.*

Сущность специальной теории относительности, сказали мы, заключается в том, что она первоначально представляет двойную световую линию  $BOA$ , затем, приведя систему в движение, изменяет ее в такие фигуры, как  $O_1B_1A_1O_1'$ , и наконец, заставляет вернуться на прежнее место, извлекает оттуда и снова возвращает все эти заключенные одна в другой фигуры; она приучает нас таким образом к мысли, что эти фигуры являются *сразу* и первой фигурой и всеми, вышедшими из нее фигурами. Короче говоря, вместе со всевозможными скоростями, последовательно сообщаемыми системе, мы получаем всевозможные представления одной и той же вещи, при чем эта вещь, по нашему предположению, совпадает со всеми указанными представлениями сразу. Но вещь, о которой здесь идет речь, является ничем иным, как световой линией. Рассмотрим три точки  $O, B, A$  нашей первой фигуры. Когда мы называем их неподвижными точками, то мы, обыкновенно, относимся к ним так, как если бы они были соединены друг с другом при помощи твердых пластинок. В теории же относительности связующим звеном служат световые лучи, один из которых мы пускаем из точки  $O$  в точку  $B$ , так чтобы он снова вернулся в точку  $O$ , — другой же идет из точки  $O$  в точку  $A$ , касается ее и снова возвращается на прежнее место в точку  $O$ . Сказать так — значит слить время с пространством. В гипотезе о твердых пластинках три точки были связаны между собою в одном мгновении или, если угодно, — в вечности, вне времени: их отношения в пространстве были неизменными. Здесь же, вместе с введением эластических и изменяющихся световых пластинок, представляющих собою время или, вернее, являющихся самим временем, отношения между тремя точками в пространстве оказываются зависящими от времени.

Чтобы хорошенько понять „сжатие“, которое произойдет в результате этой зависимости, мы должны будем сосредоточиться на исследовании последовательных световых фигур, отдавая себе отчет в том, чем являются эти фигуры, т. е. помня, что они — световые следы, охватываемые нами одним мгновенным взором, и что их линии нужно, однако, рассматривать так, как если бы они были временем. Эти световые линии являются единственной данностью; на основании их мы должны мысленно реконструировать пространственные линии, которые обыкновенно не воспринимаются нами в световой фигуре. Они могут быть только введены в нее, т. е. мысленно реконструированы. Единственное исключение представляет, конечно, световая фигура системы, которую мы условились считать неподвижной: таким образом, в нашей первой фигуре  $OB$  и  $OA$  оказываются одновременно „гибкими“ световыми линиями и „твердыми“ пространственными

линиями, при чем схему  $BOA$  мы считаем покоящейся. Но как же нам представить себе эту схему в нашей второй световой фигуре, если помнить, что на двух твердых пространственных линиях укреплены два зеркала. Рассмотрим положение схемы, соответствующее моменту, когда точка  $B$  переместилась в точку  $B'$ . Если мы опустим на линию  $O_1A_1$  перпендикуляр  $B_1O_1''$ , то можем ли мы сказать, что фигура  $B_1O_1''A_1$  окажется изображением нашей схемы? Очевидно—нет, потому что хотя равенство световых линий  $O_1B_1$  и  $O_1'B_1$  свидетельствует нам об одновременности моментов  $O''$  и  $B_1$ , хотя, следовательно, линия  $O_1''B_1$  сохраняет особенности твердой пространственной линии и вполне пригодна для того, чтобы служить изображением одной из частей схемы, однако неравенство световых линий  $O_1A_1$  и  $O_1'A_1$  показывает нам, что два момента  $O_1''$  и  $A_1$  последовательны. Линия  $O_1''A_1$  представляет, таким образом, вторую часть схемы, но с добавлением пространства, пройденного схемой в течение промежутка времени, отделяющего момент  $O_1''$  от момента  $A_1$ . Поэтому, если мы хотим получить длину этой второй части, мы должны принять в расчет разность между линией  $O_1''A_1$  и пройденным пространством. Разность эту легко вычислить. Длина  $O_1''A_1$  есть среднее арифметическое между длинами  $O_1A_1$  и  $O_1'A_1$ ; так как сумма этих двух последних длин равна

$$\frac{2l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

потому что линия  $O_1A_1O_1'$  в целом представляет то же время, что и линия  $O_1B_1O_1'$ , то мы видим, что длина линии  $O_1''A_1$  равна

$$\frac{l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Что же касается до расстояния, пройденного схемой в промежуток времени между моментами  $O_1''$  и  $A_1$ , то мы тотчас же вычислим его, если вспомним, что названный промежуток измеряется запозданием часов, расположенных на краю одной из частей схемы, по сравнению с часами, расположенными на краю другой части схемы, т. е. величиною

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c^2}.$$

Пройденный путь будет, в таком случае равняться

$$\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv^2}{c^2}.$$

Вследствие этого длина отрезка схемы, равнявшаяся  $l$ , когда схема покоилась, стала равняться

$$\frac{l}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - \frac{lv^2}{c^2 \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

т. е.

$$l \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}.$$

Мы находим таким образом „сжатие Лоренца“.

Ясно, что означает это сжатие. Отождествление времени со световой линией влечет за собой в качестве следствия порождение движением системы двойного изменения во времени: удлинения секунды и смещения одновременности. В разности

$$\frac{l}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - \frac{lv^2}{c^2 \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

первый член выражает действие удлинения, а второй—действие смещения. И относительно первого и относительно второго случая можно сказать, что причиной здесь является одно только время (фиктивное время). Сочетание же этих временных эффектов дает то, что принято называть сокращением (сжатием) длины в пространстве.

Мы постигаем таким образом самую сущность специальной теории относительности. Если пользоваться обычными терминами, то она получит следующее выражение: „Пусть, в условиях покоя, дано совпадение твердой пространственной фигуры с гибкой световой фигурой, пусть, с другой стороны, дано идеальное разъединение этих двух фигур вследствие движения, мысленно приписываемого системе,—последовательные изменения гибкой световой фигуры вследствие различных скоростей системы есть *все*, с чем при данных предпосылках следует считаться: твердая пространственная фигура должна приспособляться к световой фигуре, как ей угодно“. В самом деле, мы видим, что при движении

системы продольный световой зигзаг должен сохранять ту же длину, что и поперечный зигзаг, потому что равенство этих двух времен первенствует над всем. Так как при этих условиях две твердые пространственные линии — продольная и поперечная — не могут, в свою очередь, сохранить равенство, то пространство должно подчиниться времени. Конечно, оно уступит, если предположить, что твердая схема, изображенная при помощи чисто пространственных линий, является не более, чем регистрацией целостного результата, произведенного различными изменениями в гибкой фигуре, т. е. в световых линиях.

---

## ГЛАВА IV

### Пространство-время четырех измерений.

Как вводится идея четвертого измерения? — Каким образом неподвижность выражается в терминах движения? — Каким образом время спаивается с пространством? — Общая концепция пространства-времени четырех измерений. — Что она прибавляет к реальности и что отнимает от нее? — Двойная иллюзия, внушаемая нам ею. — Особый характер этой концепции в теории относительности. — Смешение, которое мы рискуем сделать здесь. — Реальное и возможное. — Что представляет собою в действительности амальгама «пространство-время»?

Оставим теперь в стороне нашу световую фигуру и ее последовательные деформации. Мы должны были воспользоваться ею для конкретизации абстракций теории относительности, а также для обнаружения содержащихся в ней постулатов. Установленное нами раньше отношение между многими математическими временами и психологическим временем стало, может быть, более ясным благодаря введению этой фигуры. Благодаря ей читатели, может быть, увидели также, как приоткрывается дверь, сквозь которую в теорию относительности вводится идея пространства-времени четырех измерений. Мы собираемся заняться теперь именно пространством-временем.

Уже произведенный нами анализ показал, каким образом теория относительности рассматривает отношение между вещью и ее выражением. Вещь есть нечто воспринимаемое нами; выражение есть то, что сознание ставит на место вещи, когда оно вводит ее в систему своих вычислений. Вещь дана нашему реальному зрительному восприятию; выражение же соответствует, самое большее, тому, что мы называем фантастическим зрительным образом. Обыкновенно мы представляем себе фантастические образы как нечто текучее; они окружают устойчивое и определенно очерченное ядро реального зрительного восприятия. Но существенной чертой теории относительности яв-

ляется принципиально одинаковое отношение ко всем этим зрительным образам. Образ, который мы называем реальностью, есть лишь один из ряда фантастических образов. Я вполне разделяю эту точку зрения, поскольку мы высказываем таким образом невозможность математически выразить различие между упомянутыми образами. Но отсюда не следует заключать о сходстве их природы. Однако мы сделаем именно это заключение, если мы припишем метафизический смысл континууму Минковского и Эйнштейна—пространству-времени четырех измерений. В самом деле, посмотрим, как возникает идея этого пространства-времени.

С этой целью нам нужно сперва точно определить природу „фантастических образов“ в том случае, когда наблюдатель находящийся внутри системы  $S'$  и реально воспринимающий неизменную длину  $l$ , представляет себе неизменность этой длины, мысленно помещая себя вне системы и приписывая затем системе всевозможные скорости. Он будет рассуждать следующим образом: „Так как линия  $A'B'$  движущейся системы  $S'$ , проходя мимо меня в неподвижной системе  $S$ , куда я себя поместил, совпадает с длиной  $l$  этой последней системы, то, став неподвижной, она будет равняться

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot l.$$

Рассмотрим квадрат

$$L^2 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot l^2$$

этой величины. Насколько он будет превосходить квадрат  $l^2$ ? На величину

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot \frac{l^2 \cdot v^2}{c^2},$$

которая может быть написана следующим образом

$$c^2 \left[ \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c^2} \right]^2.$$

Это значит, что величина

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c^2}$$

точно измеряет промежуток времени  $T$ , протекающий для меня, после того как я оказался перенесенным в систему  $S$ , между двумя событиями  $A'$  и  $B'$ , казавшимися мне одновременными, когда я находился в системе  $S'$ . Итак, по мере того, как скорость системы  $S'$  возрастает, увеличивается также промежуток времени  $T$  между двумя событиями, происходящими в точках  $A'$  и  $B'$  и являющимися одновременными в системе  $S'$ ; при этом все изменения происходят таким образом, что разность  $L^2 - c^2 T^2$  остается величиной постоянной. Эту разность я называл раньше  $l''$ . Итак, если мы возьмем за единицу времени величину  $c$ , то мы можем утверждать, что данная реальному наблюдателю в системе  $S'$  постоянная пространственная величина, неизменяющийся квадрат  $l^2$ , покажется фиктивному наблюдателю в системе  $S$  постоянной разностью между квадратом пространства и квадратом времени.

Но мы проанализировали только частный случай. Обобщим вопрос, и спросим себя прежде всего, как выражается расстояние между двумя точками материальной системы  $S'$  по отношению к прямоугольным координатам, расположенным внутри системы. Затем мы исследуем, как это расстояние выразится по отношению к координатам, расположенным в системе  $S$ , которая служит системой отсчета для системы  $S'$ .

Если бы наше пространство было пространством двух измерений, если бы оно сводилось к лежащему здесь листу бумаги, если бы две рассматриваемые точки были точками  $A'$  и  $B'$ , соответствующие расстояния которых до двух координат  $O'Y'$  и  $O'X'$  измеряются величинами  $x_1'y_1'$  и  $x_2'y_2'$ , то ясно, что мы имели бы

$$\overline{A'B'^2} = (x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2$$

Мы могли бы затем взять любую другую систему координат, неподвижных по отношению к первой системе, и придать вследствие этого величинам  $x_1'x_2', y_1'y_2'$  значения, которые в общем отличны от первых: сумма двух квадратов  $(x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2$  останется, однако, прежней, потому что она всегда равна  $\overline{A'B'^2}$ . Точно так же в пространстве трех измерений, в котором точки  $A'$  и  $B'$  расположены уже не в плоскости  $X'O'Y'$ , но определены своими расстояниями  $x_1', y_1', z_1', x_2', y_2', z_2'$ , до трех плоскостей прямоугольного трехгранника с вершиною  $O'$ , мы можем констатировать инвариантность суммы

$$(1) \quad (x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2 + (z_2' - z_1')^2$$

Эта самая инвариантность служит выражением постоянства расстояния между  $A'$  и  $B'$  для наблюдателя, расположенного в системе  $S'$ .

Но предположим, что наш наблюдатель мысленно переносит себя в систему  $S$ , считая что система  $S'$  движется по отношению к ней. Предположим также, что он относит точки  $A'$  и  $B'$  к координатам, расположенным в его новой системе, ставя себя при этом в упрощенные условия, которые были описаны нами выше, когда мы устанавливали уравнения Лоренца. Соответствующие расстояния точек  $A'$  и  $B'$  до трех взаимно перпендикулярных плоскостей, пересекающихся в системе  $S$ , будут теперь  $x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2$ . Квадрат расстояния  $A'B'$  между нашими двумя точками попрежнему будет равен сумме трех квадратов

$$(2) \quad (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$$

Но если, согласно уравнениям Лоренца, два последних квадрата этой суммы тождественны двум последним квадратам предшествовавшей суммы, то этого нельзя сказать относительно первого квадрата, потому что названные уравнения дают нам для  $x_1$  и  $x_2$  значения

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (x_1' + vt')$$

и

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (x_2' + vt');$$

так что первый квадрат будет равняться

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} (x_2' - x_1')^2.$$

Конечно, перед нами только что исследованный нами частный случай. В самом деле, мы рассматривали в системе  $S'$  некоторую длину  $A'B'$ , т. е. расстояние между двумя мгновенными и одновременными событиями, происходящими в двух соответствующих точках  $A'$  и  $B'$ . Но мы хотим теперь обобщить вопрос. Предположим, поэтому, что два события последовательны для наблюдателя в системе  $S'$ . Если одно из них происходит в момент  $t_1'$ , а другое в момент  $t_2'$ , то уравнения Лоренца дадут нам

$$x_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (x_1' + vt_1')$$



$$x_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (x_2' + vt_2'),$$

так что наш первый квадрат обратится в

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} [(x_2' - x_1') + v(t_2' - t_1')]^2,$$

а наша первоначальная сумма трех квадратов выразится следующим образом

$$(3) \quad \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} [(x_2' - x_1') + v(t_2' - t_1')]^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2;$$

величина эта зависит от  $v$  и не является больше инвариантной.

Но если мы рассмотрим в этом выражении первый член

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} [(x_2' - x_1') + v(t_2' - t_1')]^2,$$

являющейся значением  $(x_2 - x_1)^2$ , то мы увидим<sup>1</sup>, что он больше  $(x_2' - x_1')^2$  на величину

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot c^2 \left[ (t_2' - t_1') + \frac{v(x_2' - x_1')}{c^2} \right]^2 - c^2 (t_2' - t_1')^2$$

Но уравнения Лоренца дают:

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left[ (t_2' - t_1') + \frac{v(x_2' - x_1')}{c^2} \right]^2 = (t_2 - t_1)^2$$

Мы получаем, следовательно,

$$(x_2 - x_1)^2 - (x_2' - x_1')^2 = c^2 (t_2 - t_1)^2 - c^2 (t_2' - t_1')^2$$

или

$$(x_2 - x_1)^2 - c^2 (t_2 - t_1)^2 = (x_2' - x_1')^2 - c^2 (t_2' - t_1')^2$$

или, наконец,

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - c^2 (t_2 - t_1)^2 = (x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2 + (z_2' - z_1')^2 - c^2 (t_2' - t_1')^2$$

<sup>1</sup> Преобразование формул мы опускаем.

Результат всего этого можно выразить следующим образом: если бы наблюдатель в системе  $S'$  вместо суммы трех квадратов

$$(x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2 + (z_2' - z_1')^2$$

рассматривал формулу

$$(x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2 + (z_2' - z_1')^2 - c^2(t_2' - t_1')^2,$$

куда входит четвертый квадрат, то благодаря введению времени оказалась бы восстановленной инвариантность, утрачиваемая при ограничении вычислений одними пространственными величинами.

Наши вычисления покажутся несколько неуклюжими. Таковы они и в действительности. Ничего нет проще сразу констатировать, что выражение

$$(x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2 + (z_2' - z_1')^2 - c^2(t_2' - t_1')^2$$

не изменяется, когда составляющие его члены подвергаются преобразованию Лоренца. Но это значило бы поставить на одну доску все системы, в которых в качестве единиц меры берутся все мыслимые величины. Математик и физик должны поступить так, потому что они не стремятся дать реальное истолкование пространства - времени теории относительности, но желают только использовать его для своих научных целей. Напротив, нашей целью является именно само это истолкование. Мы должны, следовательно, отправляться от мер, употребляемых в системе  $S'$  помещающимся в ней наблюдателем, — единственных реальных мер, употребляемых реальным наблюдателем, — и рассматривать меры, применяемые в других системах, как изменения или искажения упомянутых реальных мер, изменения или искажения таким образом согласованные между собою, что некоторые отношения между мерами остаются неизменными. Приняв это во внимание, нужно признать, что только что произведенный нами экскурс был необходим для сохранения за позицией наблюдателя в системе  $S'$  ее центрального положения и для подготовки читателя к анализу пространства-времени, который мы собираемся сейчас дать. Кроме того, нужно было также — это тоже сейчас обнаружится — провести отчетливое разграничение между случаем, когда наблюдатель в системе  $S'$  воспринимает события в точках  $A'$  и  $B'$  как одновременные, и случаями, когда он отмечает их как последовательные. Это разграничение совершенно стусебалось бы, если бы мы рассматривали одновременность как частный случай, при котором  $t_2' - t_1' = 0$ ; она оказалась бы поглощенной последовательностью; исчезло бы всякое различие

природы мер, реально применяемых наблюдателем в системе  $S'$ , и мер только мыслимых, которые, по нашим расчетам, применялись бы наблюдателями, находящимися вне системы. В данный момент, однако, все эти соображения несущественны. Ограничимся пока тем, что покажем, каким образом теория относительности вынуждена, на основании только что приведенных рассуждений, принять гипотезу пространства-времени четырех измерений.

Мы сказали, что формула квадрата расстояния между двумя точками  $A'$  и  $B'$ , отнесенными к двум прямоугольным координатам в пространстве двух измерений, будет  $(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$ , если мы обозначим через  $x_1, y_1, x_2, y_2$  их расстояния до двух координат. Мы прибавили, что в пространстве трех измерений эта формула примет следующий вид  $(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$ . Ничто не мешает нам вообразить пространства 4, 5, 6...  $n$  измерений. Квадрат расстояния между двумя точками будет равняться в них сумме 4, 5, 6...  $n$  квадратов, если каждый из последних квадратов является квадратом разности между расстояниями точек  $A'$  и  $B'$  до одной из 4, 5, 6...  $n$  плоскостей. Приняв это во внимание, рассмотрим нашу формулу

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - c^2(t_2 - t_1)^2.$$

Если бы сумма трех первых членов была инвариантной, она могла бы выразить инвариантность расстояния, как мы ее понимали в нашем пространстве трех измерений, до появления теории относительности. Но одна из существенных особенностей этой теории как раз и заключается в утверждении: для получения инвариантности необходимо ввести четвертый член. Почему же этот четвертый член не соответствует четвертому измерению? Если мы будем держаться его в нашей формуле расстояния, то первоначально покажется, будто два обстоятельства противоречат такому соответствию: во-первых, квадрат  $(t_2 - t_1)^2$  сопровождается знаком *минус* вместо знака *плюс*, и, во-вторых, ему предшествует коэффициент  $c^2$ , отличный от единицы. Но на четвертой координате, символизирующей время, времена необходимо должны отмечаться как длины; поэтому мы можем объявить, что секунда на ней будет представлена как длина  $c$ : наш коэффициент обратится таким образом в единицу. С другой стороны, если мы введем время  $\tau$  так, чтобы  $t = \tau \sqrt{-1}$ , и если мы вообще заменим  $t$  мнимой величиной  $\tau \sqrt{-1}$ , то наш четвертый квадрат выразится через  $-\tau^2$ , и, в таком случае мы будем иметь дело с суммой четырех квадратов. Условимся обозначать через  $\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta \tau$  четыре разности  $x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1, \tau_2 - \tau_1$ , которые являются соответствующими приращениями  $x, y, z, \tau$  при переходе от  $x_1$  к  $x_2$ ,

от  $y_1$  к  $y_2$ , от  $z_1$  к  $z_2$ , от  $\tau_1$  к  $\tau_2$ , и обозначим через  $\Delta s$  расстояния между двумя точками  $A'$  и  $B'$ . Мы получим

$$\Delta s^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 + \Delta \tau^2.$$

После этого ничто нам не мешает сказать, что  $S$  есть расстояние, или лучше — интервал, в пространстве и времени сразу: четвертый квадрат соответствует четвертому измерению континуума пространство-время, в котором пространство и время слиты воедино.

Ничто нам не мешает также предположить, что две точки  $A'$  и  $B'$  бесконечно сблизились, так что линия  $A'B'$  может быть рассматриваема как элемент кривой. Конечное приращение  $\Delta x$  станет, в таком случае, бесконечно малым приращением  $dx$ , и мы получили дифференциальное уравнение:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + d\tau^2.$$

Складывая бесконечно малые элементы, „интегрируя“ их, мы можем перейти от этого уравнения к уравнению, выражающему величину интервала  $S$  между двумя точками любой конечной линии, протянутой сразу и в пространстве и во времени. Обозначим эту линию через  $AB$ . Формула нашего уравнения будет такова:

$$s = \int_A^B \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2 + d\tau^2}.$$

Эту формулу необходимо знать, но в дальнейшем мы к ней больше не возвратимся. Лучше воспользоваться непосредственно рассуждениями, при помощи которых она была получена<sup>1</sup>.

Теперь для нас стало ясно, что четвертое измерение вводится в теорию относительности так сказать автоматически. Несомненно, что это обстоятельство послужило источником часто высказываемого мнения, будто мы обязаны этой теории первой идеей мира четырех измерений, в которое сливаются пространство и время. До сих пор, однако, не было достаточно учтено то обстоятельство, что мысль о четвертом измерении пространства внушается всяким „опространствливанием“ вре-

<sup>1</sup> Если читатель немножко математик, то он заметит, что формула  $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$  может быть отнесена к гиперболическому пространству-времени. Вышеописанная искусственность Минковского заключается в том, что он придает этому пространству-времени эвклидовскую форму, заменивши переменную  $t$  мнимой переменной  $c^t \sqrt{-1}$ .

мени: эта мысль, следовательно, всегда в скрытом виде была заключена в нашей науке и нашей речи. Можно сказать даже, что, будучи отвлечено от нашего ходячего представления о времени, четвертое измерение получает гораздо более ясную и наглядную форму, чем в том случае, когда мы заимствуем его из теории относительности. Но в ходячей теории уподобление времени четвертому измерению только подразумевается, между тем как физика относительности обязана вводить это измерение в свои вычисления. В результате получается эндосмос и экзосмос времени и пространства, взаимный захват одного другим, находящий свое выражение в уравнениях Лоренца: чтобы определить точку, здесь необходимо точно указать ее положение как в пространстве, так и во времени. Но тем не менее пространство-время Минковского и Эйнштейна есть *вид*, а обычное „опространствление“ времени в пространстве четырех измерений — *род*. Путь, по которому нам теперь предстоит пойти, оказывается таким образом намеченным. Мы должны начать с общего исследования вопроса, что означает введение среды четырех измерений, в которой пространство и время приравниваются друг другу. Затем мы должны будем спросить себя, обогащаем ли мы эту концепцию или, напротив, обедняем ее, если мы понимаем отношение между пространственными измерениями и временным измерением по способу Минковского и Эйнштейна. Мы убедимся, что ходячая концепция пространства, включающего в себя „опространствленное“ время, вполне естественно принимает для сознания форму среды четырех измерений; если окажется, что эта среда фиктивна и служит не более, чем символом упомянутого „опространствления“ времени, то для нас станет ясной необходимость такого же заключения и относительно всех видов, подчиненных родовому понятию среды четырех измерений. Во всяком случае, виду и роду будет, несомненно, присуща одинаковая ступень реальности, и пространство-время теории относительности будет, вероятно, не труднее примирить с нашей прежней концепцией длительности, чем пространство-и-время четырех измерений, символизирующее слитые воедино обычное пространство и „опространствленное“ время. Все же мы не вправе будем уклониться от более подробного анализа пространства-времени Минковского и Эйнштейна, после того как мы исследуем, пространство-и-время четырех измерений в обычном смысле этого слова. Обратимся теперь к анализу общепринятого представления.

Напрасно мы пытались бы вообразить себе новое измерение, отправляясь от пространства трех измерений; опыт не открывает нам четвертого измерения. Но нет ничего проще, как наделить дополнительным измерением пространство двух измерений. Мы можем представить себе плоские существа, живущие

на какой-нибудь поверхности и сливающиеся с нею, знающие только два измерения пространства. Пусть вычисления одного из таких существ приведут к постулированию существования третьего измерения. Его собратья, поверхностные в двойном смысле этого слова, несомненно, откажутся признать значение открытия нашего двухмерного существа; и само оно не в состоянии будет наглядно представить себе построения своего ума. Но мы люди, живущие в пространстве трех измерений, обладаем реальным восприятием того, что существу двух измерений кажется простой возможностью: мы можем отдать себе точный отчет в том, что оно прибавляет, вводя новое измерение. Строя предположение, что мы, существа трех измерений, помещены в среду четырех измерений, мы в некотором роде уподобляемся только что рассмотренному нами существу двух измерений; поэтому мы начинаем представлять себе четвертое измерение, которое первоначально казалось нам непредставимым, почти так же, как двухмерное существо должно представлять себе, по нашему мнению, третье измерение. Правда, это не совсем то же самое. Ведь пространство более, чем трех измерений, есть чистое построение мысли, и может не оказаться реальности, соответствующей ему. Между тем пространство трех измерений есть пространство нашего опыта. Поэтому, когда в дальнейшем мы будем пользоваться нашим реально воспринимаемым пространством трех измерений для сообщения осязательности построениям математика, обреченного жить в плоской вселенной,—построениям, которые мыслимы для него, но не представимы,—то отсюда далеко еще не следует, будто существует или может существовать пространство четырех измерений, способное, в свою очередь, реализовать в конкретной форме наши собственные математические построения, выходящие за пределы нашего мира трех измерений. Выводить означенное следствие значило бы поступать подобно лицам, во что бы то ни стало стремящимся дать метафизическое истолкование теории относительности. Искусственное сравнение, которым мы собираемся пользоваться, преследует одну только цель: оно сообщает теории как бы наглядную опору, делает ее, вследствие этого, более ясной и позволяет легче обнаружить ошибки, которые мы совершаем благодаря слишком поспешным заключениям.

Итак, мы просто возвращаемся к гипотезе, от которой мы отпавлялись, когда изображали две прямоугольные координаты и предполагали, что линия  $A'B'$  лежит в той же плоскости, что и эти координаты. Словом, нам дана только поверхность листа бумаги. Допустим, что теория относительности наделяет этот мир двух измерений добавочным измерением, именно—временем: инвариантность будет присуща, в таком случае, не двучлену  $dx^2 + dy^2$ , но трехчлену  $dx^2 + dy^2 - c^2 dt^2$ . Конечно, это доба-

вочное измерение обладает совсем особой природой, потому что, если бы время было таким же измерением как и прочие, то инвариантность оказалась бы присущей трехчлену  $dx^2 + dy^2 + dt^2$ , и не встретилось бы надобности в искусственных преобразованиях для приведения его к этой форме. Мы должны будем отдать себе отчет в характерной разности, которая уже занимала нас, и на которой мы еще сосредоточим свое внимание. В настоящий момент мы, однако, оставим ее в стороне, — сама теория относительности приглашает нас поступить таким образом. В самом деле, если она прибегла здесь к искусственности, если она ввела мнимое время, то исключительно для того, чтобы ее инвариант сохранил форму суммы четырех квадратов с коэффициентом единицей у каждого, и чтобы новое измерение хотя бы условно уподоблялось другим. Поставим теперь себе такой общий вопрос: обогащаем ли мы или же, напротив, обедняем мир двух измерений, обращая его время в дополнительное измерение? Впоследствии мы отдадим отчет о той специальной роли, которую играет это новое измерение в теории относительности.

Нужно вновь и вновь повторять: время математика необходимо является измеримым временем и, следовательно, временем, превращенным в пространство. Вовсе нет надобности допускать гипотезу относительности: во всех случаях (я утверждаю это вот уже больше тридцати лет) математическое время может рассматриваться как добавочное измерение пространства. Предположим, что существует двухмерная вселенная, сводящаяся к плоскости  $P$ ; рассмотрим движущуюся по этой плоскости точку  $M$ , которая описывает какую-нибудь линию, например, окружность, начиная от определенного пункта; этот пункт мы будем рассматривать, как начало. Мы, обитатели мира трех измерений, будем в состоянии представить себе, что движущаяся точка  $M$  увлекает вместе с собой перпендикулярную плоскости  $P$  линию  $MN$ , изменяющаяся длина которой служила бы в каждое мгновение мерой протекшего от начального момента времени. Конечная точка  $N$  этой линии будет описывать в пространстве трех измерений кривую, которая в рассматриваемом случае примет форму винтовой линии. Легко видеть, что эта кривая, начерченная в пространстве трех измерений, изображает нам все особенности временного изменения, происшедшего в пространстве двух измерений  $P$ . В самом деле, расстояние какой-нибудь точки винтовой линии до плоскости  $P$  показывает нам интересующий нас момент времени, угол же, образуемый касательной, проведенной к кривой в этой ее точке, и плоскостью  $P$ , служит мерою скорости движущейся точки в этот момент<sup>1</sup>. Таким

<sup>1</sup> Это можно доказать при помощи очень простого вычисления.

образом, скажут нам, „кривая двух измерений“<sup>1</sup> изображает только часть реальности, констатируемой на плоскости  $P$ , потому что она является одним лишь *пространством* в том смысле, какой придают этому слову обитатели плоскости  $P$ . Напротив, „кривая трех измерений“ содержит эту реальность целиком: она обладает тремя пространственными измерениями, с нашей точки зрения; она является пространством-и-временем трех измерений для математика двух измерений, живущего на плоскости  $P$ ; неспособный наглядно представить себе третье измерение, такой математик приходит к мысленному его построению, основываясь на своих наблюдениях над движением; он выражает его аналитически. Он мог бы вслед за тем узнать от нас, что кривая трех измерений действительно существует и может быть наглядно представлена.

Но как только сделано допущение кривой трех измерений, олицетворяющей сразу и пространство и время, так тотчас кривая двух измерений покажется математику плоской вселенной, простой проекцией первой кривой на плоскость, в которой он обитает. Она покажется ему поверхностным и пространственным аспектом массивной реальности, которая должна называться временем и пространством сразу.

Короче говоря, форма кривой трех измерений позволяет нам узнать в рассматриваемом случае, во-первых, плоскую траекторию, а, во-вторых, временные особенности движения, происходящего в пространстве двух измерений. Выражаясь общее: *движение, данное в пространстве любого числа измерений, может быть представлено в виде формы в пространстве, имеющем одним измерением больше.*

Но можно ли сказать, что это представление реально адекватно представляемому? В точности ли соответствует его содержание содержанию отражаемого им объекта? С первого разу кажется, будто это так; так и мы изображали дело в только что приведенном рассуждении. Но правильнее было бы сказать, что упомянутое представление содержит отчасти больше, а отчасти меньше, чем действительность; и нам кажется, что две вещи вполне способны заместить друг друга только потому, что наше сознание обманчивым образом выбрасывает из представления все, что в нем содержится лишнего, и не менее обманно вводит в него все, что ему недостает.

Начнем со второго процесса. Ясно, что *становление* в собственном смысле этого слова исключено из представления.

---

<sup>1</sup> Мы вынуждены употреблять здесь эти неточные выражения: „кривая двух измерений“, „кривая трех измерений“ для обозначения плоской кривой и кривой, выходящей за пределы плоскости. Другого средства указать пространственные и временные противоречия, заключенные в них, не существует.



Наука не знает, что делать с ним в настоящем случае. Что является предметом науки? Единственно только знание, где будет находиться движущаяся точка в каждый момент своего пути. Наука неизменно переносит свое внимание на конец уже пройденного интервала; она занимается только полученным результатом: если наука может представить себе сразу все результаты, достигаемые во все моменты времени, и при этом может определить, какой результат соответствует любому данному моменту, то успех науки подобен успеху ребенка, научившегося читать слово сразу вместо того, чтобы лепетать одну букву за другою. Это как раз происходит в случае нашей окружности и винтовой линии, вполне соответствующих друг другу. Но соответствие приобретает здесь смысл только потому, что наше сознание *пробегаёт* кривую и *последовательно* сосредоточивается на всех ее точках. Мы могли заменить последовательность рядоположностью, реальное время временем, превращенным в пространство, *становящееся* — *ставшим* только потому, что мы сохраняем становление, реальную длительность в нас самих: когда дитя актуально читает слово все сразу, оно потенциально лепечет его буква за буквой. Не будем же воображать себе, будто наша кривая трех измерений дает нам, как бы кристаллизованные вместе, движение, которое чертит плоскую кривую, и саму эту плоскую кривую. Нет, она содержит в себе не больше, чем экстракт становления, тот экстракт, который интересует науку: наука же может использовать этот экстракт только потому, что наше сознание восстанавливает или чувствует себя способным восстановить элиминированное становление. В этом смысле *начерченная* кривая  $n + 1$  измерений, претендующая быть эквивалентом кривой  $n$  измерений, которая еще только *чертится*, представляет в действительности меньше того, что она желает представить.

Но в другом смысле она представляет больше. Исключая одно, прибавляя другое, она вдвойне неадекватна.

В самом деле, мы получили нашу кривую при помощи точно определенного процесса, а именно при помощи кругового движения точки  $M$  по плоскости  $P$ , причем точка  $M$  в своем движении увлекает с собою прямую меняющейся длины  $MN$ , пропорциональную протекшему времени. Плоскость, окружность, прямая, движение — вот в точности определенные элементы процесса, при помощи которого была начерчена фигура. Но раз фигура уже начерчена, она не требует такого именно способа своего происхождения. Пусть она произошла только что указанным способом; она могла бы произойти также вследствие движения другой прямой, перпендикулярной другой плоскости и обладающей другой скоростью; ее крайняя точка  $M$  описала бы на этой плоскости кривую, которая не была бы окружностью.

В самом деле, возьмем какую-нибудь плоскость и начертим на ней проекцию нашей винтовой линии: эта линия будет также представлять новую плоскую кривую, пробегаемую с новыми скоростями и слитую с новыми временами. Если, следовательно, в только что рассмотренном нами смысле винтовая линия содержит меньше, чем окружность плюс движение, которое в ней будто бы можно найти, то в другом смысле она содержит больше, чем требуется: если ее рассматривать как амальгаму определенной плоской фигуры и определенного вида движения, то в ней можно отыскать бесконечное число других плоских фигур, соответственно дополняемых бесконечным количеством других движений. Короче говоря, представление, как это было заявлено нами выше, вдвойне неадекватно: в нем кой-чего не хватает и кой-что излишне. И мы угадываем причину. Прибавляя лишнее измерение к пространству, в котором мы находимся, мы несомненно можем изобразить *процесс* или *становление*, констатируемое в прежнем пространстве, в виде *вещи*, находящейся в новом пространстве. Но так как мы при этом заменяем *вполне готовой* вещью то, что было воспринимаемо нами *как процесс*, то мы, с одной стороны, исключаем из нее элемент становления, присущий времени, с другой же стороны, вкладываем в нее возможность бесконечного числа других процессов, при помощи которых вещь также могла бы быть построена. В течение времени, пока мы констатировали постепенный генезис этой вещи, мы наблюдали вполне определенный способ ее происхождения; но перенесясь в новое пространство, содержащее одним измерением больше, пространство, в котором вещь разворачивается в одно мгновение благодаря присоединению к прежнему пространству времени, мы вольны вообразить бесконечное число способов происхождения вещи, при чем все они будут одинаково возможны; способ констатированный в действительности, хотя он и является единственно реальным, не кажется больше привилегированным: мы ставим его — ставим несправедливо — на одну доску со всеми другими.

Теперь для нас ясна двойная опасность, которой мы подвергаемся, когда символизируем время в виде четвертого измерения пространства. С одной стороны, мы рискуем принять разворачивание всей прошлой, настоящей и будущей истории вселенной за простое обозрение нашим сознанием этой истории, данной сразу в вечности; события перестают проходить перед нами, напротив — мы проходим перед неподвижным рядом. С другой стороны, в построенном нами таким образом пространстве - и - времени или пространстве - времени мы свободны выбирать между бесконечностью возможных соотношений пространства и времени. Однако, при построении этого пространства-времени мы руководствовались вполне определенным простран-

ством и вполне определенным временем: реальным было единственное частное соотношение пространства и времени. Но мы не делаем различия между этим соотношением и всеми другими возможными соотношениями: вернее, мы видим бесконечность возможных соотношений, и реальное соотношение оказывается только одним из возможных. Короче говоря, мы забываем, что хотя измеримое время необходимо символизируется при помощи пространства, все же пространственное измерение, взятое в качестве символа, содержит сразу и больше и меньше, чем время само по себе.

Эти два пункта могут быть поняты еще более ясно следующим образом. Мы предположили вселенную двух измерений. Она будет продолженной до бесконечности плоскостью  $P$ . Каждое из последовательных состояний вселенной будет мимолетным образом во всю величину плоскости, охватывающим всю совокупность плоских предметов, составляющих содержание вселенной. Плоскость будет, следовательно, подобной экрану, на котором сменяются кинематографические образы вселенной, с тем, впрочем, отличием, что здесь отсутствует аппарат, расположенный вне экрана, здесь нет снимков, бросаемых на экран извне: образы рисуются на экране самопроизвольно. Обитатели плоскости  $P$  могут, однако, представлять себе последовательную смену кинематографических образов в их пространстве двумя различными способами. Они разделятся на два лагеря в зависимости от того, чему они отдадут предпочтение: данным опыта или же символам науки.

Первые будут думать, что созерцаемые или последовательные образы не нанизаны ни на какую фильму. Для этого у них есть два основания: 1) Куда должна быть помещена фильма? Каждый из образов, покрывающий собою весь экран, заполняет, согласно гипотезе, может быть, бесконечное пространство—все, вообще, пространство вселенной. Вследствие этого, они могут существовать только как последовательные образы; нельзя допустить, чтобы они были даны все сразу. Кроме того, время рисуется нашему сознанию как длительность и последовательность, а эти качества не сводимы ни к каким другим и отличны от рядоположности. 2) На фильме все предопределено или, если угодно, определено. Присущее нам сознание выбора, деятельности, созидания должно являться, следовательно, иллюзией. Последовательность и длительность существуют именно потому, что реальность колеблется, нащупывает, постепенно вырабатывает непредвиденно новое. Конечно, область абсолютно определенного велика во вселенной; на этом основании у математической физики существуют широкие возможности. Но что предопределено, то потенциально уже совершено и обладает длительностью лишь вследствие солидарности с совершающимся,

с тем, что является реальной длительностью и последовательностью: нужно всегда помнить об этом переплетении, и тогда станет ясно, что прошлая, настоящая и будущая история вселенной не может быть дана сразу, как ряд изображений на фильме<sup>1</sup>.

Вторые ответят так: „Нам, прежде всего, совсем не нужна утверждаемая вами непредвиденность. Предмет науки — вычисление и, следовательно, предвидение: поэтому мы пренебрегаем вашим чувством неопределенности, к тому же, оно, может быть, не больше, чем иллюзия. Далее, вы утверждаете, что во вселенной нет места, где расположились бы все другие образы, кроме образа, называемого настоящим. Это утверждение было бы правильным, если бы вселенная была обречена только на два измерения. Но мы можем приписать ей еще и третье измерение, недоступное нашим чувствам; как раз в нем будет двигаться наше сознание, когда оно разворачивается во „времени“. Благодаря этому третьему измерению пространства все образы, составляющие совокупность моментов прошлого и будущего вселенной, даны вместе с образом настоящего, при чем они вовсе не расположены друг по отношению к другу как фотографии на фильме (для такой фильма действительно не нашлось бы места), но упорядочены совсем другим способом, который мы не в состоянии представить себе, но который можем, однако, мыслить. Жить во времени — значит проходить это третье измерение, т. е. детализировать его, воспринимать поочередно образы, которым оно дает возможность расположиться рядом. Кажущаяся неопределенность того, что нам предстоит воспринять, заключается просто в факте, что оно еще не воспринято: это только объективация нашего незнания<sup>2</sup>. Мы считаем, что образы создаются только по мере их появления именно потому, что они кажутся *являющимися* нам, т. е. возникающими перед нами и для нас, приходящих к нам. Но не будем забывать, что всякое движение двусторонне или относительно: если мы воспринимаем их приходящими к нам, то столь же правильно будет сказать, что мы приходим к ним. Они существуют объективно; они ожидают нас, выстроившись в ряд; мы проходим вдоль их фронта. Не будем, следовательно, говорить, что события приходят к нам; напротив, мы приходим к ним. Мы их кон-

<sup>1</sup> Относительно этого пункта, относительно того, что мною было названо „кинематографическим механизмом мысли“, равно как относительно нашего кинематографического представления вещей, см. гл. IV L'Évolution créatrice, Paris, 1907.

<sup>2</sup> На страницах, посвященных „кинематографическому механизму мышления“ я когда-то показал, что эта манера рассуждения свойственна человеческому уму (L'Évolution créatrice, chap. IV).

статировали бы непосредственно, если бы мы знали третье измерение так же хорошо, как и другие“.

Предположим теперь, что меня избирают арбитром двух враждующих лагерей. Я, в таком случае, обращаюсь ко второй спорящей стороне со следующими словами: „Позвольте мне прежде всего поздравить вас с тем, что вы обладаете только двумя измерениями, так как, вследствие этого, вы имеете возможность получить для вашего тезиса оправдание, которое тщетно пытался бы найти я, если бы строил рассуждение, аналогичное вашему, в пространстве, куда поместила меня судьба. В самом деле, оказывается, что я обитаю в пространстве трех измерений; и когда я соглашаюсь с теми или другими философами, утверждающими, что в этом пространстве возможно также четвертое измерение, то я высказываю некоторое положение, хотя и допустимое математически, но по существу, может быть, нелепое. Сверхчеловек, которого я выбрал бы, в свою очередь, арбитром между названными философами и мною, разъяснил бы, может быть, что идея четвертого измерения получается вследствие распространения некоторых математических приемов, применяющихся в нашем пространстве (т. е. точно таким же способом, как вы получили идею третьего измерения), но что этой идее не соответствует в данном случае и не может соответствовать никакая реальность. Между тем, пространство трех измерений существует: я нахожусь именно в таком пространстве. Обстоятельство это весьма для вас благоприятно, потому что я в состоянии давать вам разъяснения. Да, ваша догадка была правильна, когда вы допускали возможность сосуществования образов, подобных вашим, т. е. образов, каждый из которых занимает бесконечную „поверхность“; в вашем же обедненном пространстве, к которому, как вам казалось, сводится в каждое мгновение вся ваша вселенная, такое сосуществование невозможно. Для его возможности достаточно, чтобы ваши образы, называемые нами „плоскими“, нагромодились, как мы выражаемся, один на другой. Но вот они нагромождены. Перед мною ваша „телесная“ вселенная (если выражаться на нашем языке); она состоит из нагромождения всех ваших прошлых, настоящих и будущих плоских образов. Я вижу, как ваше сознание движется перпендикулярно этим наложенным друг на друга „плоскостям“ и притом так, что оно охватывает только одну плоскость, через которую оно в данный момент переходит; ваше сознание воспринимает ее как настоящее; оно вспоминает плоскости, оставшиеся позади, но оно ничего не знает о тех, которые ему предстоит пройти и которые заполняют одна за другою его настоящее, покидают его и обогащают затем его прошлое.

Но есть еще одно обстоятельство, которое поражает меня во всей этой картине.

Желая наглядно представить себе ваше неизвестное для меня будущее, я взял ряд образов или, вернее, оболочек, не содержащих в себе образов. Я нагромоздил таким образом на настоящее состояние вашей вселенной ее будущие состояния, содержание которых от меня скрыто: они составляют соответствие ее прошлым состояниям, находящимся по другую сторону настоящего состояния и воспринимаемым мною в качестве образов с определенным содержанием. Но я вовсе не уверен, что ваше будущее сосуществует с вашим настоящим на подобие вашего прошлого. Это вы утверждаете мне, что дело обстоит именно так. Все свое сооружение я построил по вашим указаниям, но ваша гипотеза остается гипотезой. Не забывайте, что это только гипотеза, и что она выражает лишь некоторые свойства совершенно частных фактов, выхваченных из необозримой реальности и составляющих предмет изучения научной физики. Сообщая вам преимущества, извлеченные мною из моего знания третьего измерения, я располагаю теперь возможностью сказать вам, что ваше пространственное представление времени даст вам сразу и больше и меньше того, что вы желаете представить.

Оно даст вам меньше, потому что куча нагроможденных образов, составляющая совокупность состояний вселенной, не содержит в себе свойств, объясняющих движение, при помощи которого ваше пространство  $P$  занимает их одно за другим, или при помощи которого (что, по вашему, равносильно) они одно за другим наполняют пространство, где вы находитесь. Я знаю, что это движение вами не принимается в расчет. С момента потенциальной данности всех образов—а вы убеждены, что они даны таким образом все сразу—с момента получения вами теоретической возможности брать любой образ из той части кучи, которая символизирует собою будущее (в этом заключается вычисление или предвидение события), — с этого момента движение, которое обязывало вас пройти сначала ряд промежуточных образов, начиная от образа настоящего — движение, как раз и являющееся временем — кажется вам простой „задержкой“ или помехой, воздвигнутой *de facto* на пути вашего восприятия, которое *de jure* непосредственно; здесь, по вашему мнению, только недостаток эмпирического знания, совершенно исправляемый, однако, математикой. Движение покажется, наконец, с вашей точки зрения чем-то отрицательным; предполагая последовательность, т. е. необходимость перелистывать альбом, все листы которого даны нам, мы получаем не больше того, что есть в действительности, но, напротив, меньше. Но у меня есть действительное восприятие вселенной трех измерений; я могу действительно воспринять то движение, которое вы только воображаете; на основании своего опыта я должен уведомить вас, что вы видите только одну сторону движения и длитель-

ности: другая сторона, сторона, касающаяся его содержания от вас ускользает. Несомненно можно рассматривать все части всех будущих — предопределенных — состояний вселенной, как нагроможденные в теории одно на другое, как *de jure* данные заранее: мы таким способом лишь выразим их предопределенность. Но эти части, составленные из элементов так называемого физического мира, переплетаются с другими частями, которые до сих пор не поддавались вашему вычислению; вы их объявляете исчислимыми на основании чисто гипотетического уподобления; есть, следовательно, части органические и части сознательные. Внедренный в организованный мир своим телом, а в мир сознательный — своей психикой, я воспринимаю движение вперед как постепенное обогащение, как непрерывное изобретение и творчество. Время есть для меня нечто самое реальное и самое необходимое; оно основное условие действия; больше того: оно — само действие; то обстоятельство, что я обязан его переживать, невозможность перешагнуть промежуток времени, отделяющий меня от будущего, служит достаточным доказательством непредвиденности и неопределенности будущего, если даже не считаться с непосредственным чувством, свидетельствующим об этом. Не принимайте меня за метафизика, если таким именем вы называете человека, занимающегося диалектическими построениями. Я не совершил никакого построения, я лишь констатировал факт. Я сообщаю вам то, что раскрывается моим чувствам и моему сознанию: непосредственно данное мы должны считать реальностью, поскольку у нас нет оснований считать его простой иллюзией; если вы видите здесь иллюзию, то на вас лежит обязанность доказать это. Но вы подозреваете здесь иллюзию лишь потому, что вы сами занимаетесь метафизическими построениями. Впрочем, правильнее будет сказать, что эти построения сделаны уже давно: они восходят к Платону, который считал время простым отрицанием вечности; и большинство древних и новых метафизиков занимались такими же построениями, потому что они действительно отвечают какой-то основной потребности человеческого рассудка. Созданный для установления законов, т. е. для извлечения из меняющегося потока вещей некоторых неизменных отношений, наш рассудок естественно склонен видеть только их; они одни существуют для него; он выполняет, следовательно свою функцию, он отвечает своему назначению, помещая себя вне текущего и длящегося времени. Но мышление, возвышающееся над чистым рассудочным построением, хорошо понимает почему сущность нашего интеллекта сводится к раскрытию законов: наши действия должны знать, на что им рассчитывать, наша воля должна находить для себя больше опоры в вещах: рассудок рассматривает длительность как недо-

статок, как чистое отрицание, чтобы мы могли действовать в этой длительности (являющейся тем не менее самым реальным из всего существующего) с наибольшим возможным успехом. Метафизика большинства метафизиков выражает, следовательно, только самый закон функционирования нашего рассудка, рассудок же является одной из способностей мышления, но не мышлением в целом. Мышление в его совокупности отдает отчет о совокупности испытываемого нами, совокупность же испытываемого нами содержит длительность. Итак, как бы вы ни подходили к теме, все же, ставя на место проходящих друг за другом состояний вселенной сразу данную кучу их, вы нечто исключаете из вселенной, притом нечто очень существенное<sup>1</sup>.

Вы даете таким образом *меньше*, чем следовало. Но в другом смысле вы даете *больше*, чем нужно.

В самом деле, вы хотите, чтобы ваша плоскость  $P$  проходила сквозь все образы, расположенные на ее пути и являющиеся последовательными моментами вселенной. Т. е. — выражая ту же самую мысль иначе — вы хотите, чтобы все эти образы, данные сразу или от века, были осуждены, благодаря несовершенству вашего восприятия, проходить перед вами один за другим по вашей плоскости  $P$ . Впрочем, неважно, будете ли вы выражаться одним способом или другим: в обоих случаях существует плоскость  $P$  — пространство — и перемещение этой плоскости параллельно себе самой — время; вследствие этого плоскость проходит кучу образов, данную раз навсегда. Но если куча реально дана, то вы можете пересечь ее любой другой плоскостью  $P'$ , также перемещающейся параллельно себе самой и проходящей в другом направлении совокупность реальности<sup>2</sup>. Вы установите новое соотношение пространства и времени, столь же законное, как и первое, потому что абсолютная реальность присуща одной только трехмерной куче образов. В самом деле, таков именно характер вашей гипотезы. Вы воображаете, что через прибавление лишнего измерения вы получили пространство-и-время трех измерений, которое может быть разделено на пространство и время бесконечно разнообразными способами: осуществляемый

<sup>1</sup> По поводу отношения, устанавливаемого метафизиками между *кучей* и появляющимися один вслед за другим образами, мной было подробно говорено в *L'Évolution créatrice*, гл. IV.

<sup>2</sup> Правда, при построении обычной концепции времени, обращенного в пространство, никогда еще не было сделано попытки *действительно* изменить направление времени и вообразить новое соотношение пространства и времени в континууме четырех измерений: такое изменение не сулило никаких выгод и дало бы беспорядочные результаты; совсем иначе дело обстоит в теории относительности. Тем не менее амальгама пространства и времени, которую мы считаем характерным признаком названной теории, могла бы, как мы видим, быть осуществлена также и обычной теорией, хотя бы и в несколько отличном виде.



вами есть только один из них; у него нет никакого преимущества перед другими. Но я вижу, чем будут в действительности все эти только мыслимые вами опыты наблюдателей, связанных с вашими плоскостями  $P'$  и перемещающихся вместе с ними; поэтому я в состоянии сказать вам, что, созерцая каждое мгновение образ, состоящий из точек, заимствованных от всех реальных моментов вселенной, такие наблюдатели переживали бы нечто бессвязное и нелепое. Совокупность этих бессвязных и нелепых образов, правда, воспроизводит всю кучу первоначальных образов в целом, но самая куча существует только потому, что она была образована совсем другим способом, именно — движением определенной плоскости в определенном направлении; лишь после того как она образована, наша фантазия может воспроизвести ее. как результат движения любой плоскости в другом направлении, Ставить такие фантазии на одну доску с реальностью, утверждать, что движение, действительно породившее кучу, является только одним из возможных движений, значит пренебрегать вторым обстоятельством, на которое только что я обратил ваше внимание: сложная куча, не содержащая больше в себе длительности, при помощи которой она складывалась, однажды достигнутый и рассматриваемый сам по себе результат не носит в себе признака, выражающего работу, при помощи которой он был получен. Тысяча различных операций мысли способны были бы воспроизвести его, хотя в действительности куча была сложена только одним определенным способом. Когда дом выстроен, наше воображение пробегает его во всех направлениях и отлично реконструирует его, начиная с крыши и прибавляя к ней вслед затем один за другим отдельные этажи. Но кто поставил бы этот метод на одну доску с методом архитектора и объявил бы их равноценными? Присматриваясь ближе, мы убедимся, что метод архитектора есть единственное действительное средство сооружения целого, т. е. его реального осуществления; все другие методы, вопреки первому впечатлению, суть только способы разложения, т. е., в общем, разрушения; их может быть, следовательно, сколько угодно. То что было построено только в одном определенном порядке, может быть разрушено тысячью способами.

Вот два пункта, которых никогда не должно терять из виду при соединении времени с пространством через надделение последнего дополнительным измерением. Мы рассмотрели это соединение в его самом общем виде, не останавливаясь специально на том частном построении, при помощи которого дополнительное измерение вводится в теорию относительности. Странники теории относительности отправляются от чистой науки и дают нам такую идею метафизической реальности, которая служит выражением их математических построений; вследствие этого

они каждый раз начинают со скрытого допущения, будто четвертое измерение обладает *по крайней мере* теми же свойствами, что и три прочих, хотя может быть, привносит что-нибудь сверх них. Они говорят о своем пространстве-времени, считая установленными два следующих пункта: 1) все распределения областей пространства и времени в четырехмерном континууме должны быть признаны равноценными (правда, эти распределения могут быть сделаны в гипотезе относительности только на основании определенного закона, который мы сейчас рассмотрим); 2) переживание нами последовательных событий есть лишь последовательное освещение сознанием точек линии, которая дана вся сразу. — Защитники теории относительности, повидимому, не отдают себе отчета в том, что математическое выражение времени, необходимо сообщающее ему характерные черты пространства и требующее, чтобы четвертое измерение, каковы бы ни были его собственные свойства, обладало прежде всего свойствами трех других измерений, — что такое математическое выражение грешит одновременно и недостатком и избытком, как это было только что показано нами. Кто не внесет в это представление двойного корректива, тот рискует ошибиться насчет философского значения теории относительности и превратить математическое представление в трансцендентную реальность. Мы убеждаемся в этом, просматривая некоторые страницы ставшей уже классической книги Эддингтона: „События не происходят; они даны, и мы лишь встречаем их на своем пути. Выражение „событие произойдет“ служит простым обозначением того, что на своем пути наблюдатель прошел мимо него в абсолютном будущем; оно не имеет особой важности“<sup>1</sup>. Уже в одном из первых трудов, посвященных теории относительности, именно сочинении Зильберштейна, можно было прочесть, что Уэллс замечательным образом предвосхитил эту теорию, когда он вложил в уста своего „путешественника во времени“ следующие слова: „*Между временем и пространством существует только одно отличие: вдоль времени движется наше сознание*“<sup>2</sup>.

Мы должны теперь заняться тем специальным видом, который приобретает четвертое измерение в пространстве-времени Минковского и Эйнштейна. Здесь инвариант  $ds^2$  не является больше суммой четырех квадратов, коэффициентом каждого из которых служит единица, как это должно бы быть, если бы время являлось измерением, подобным трем прочим; четвертый квадрат, со-

<sup>1</sup> Eddington, Space, time and gravitation, Cambridge, 1920, стр. 51. Недавно появился русский перевод этой книги: Эдингтон, Пространство, время и тяготение.

<sup>2</sup> Silberstein, The Theory of Relativity, London, 1914, стр. 134.

провожаемый коэффициентом  $c^2$ , должен быть вычтен из суммы трех предшествующих квадратов; он поэтому занимает особое положение. Правда, прибегнув к искусственному приему, мы можем уничтожить исключительное положение четвертого члена: но эта искусственность насилует исследуемую вещь; она находит для себя выражение и в математическом языке, поскольку три первые измерения называются „реальными“, а четвертое — „мнимым“. Исследуем же, как можно тщательнее, эту частную форму пространства-времени.

Мы заранее сообщим результат, к которому мы придем. По необходимости он будет очень похож на результат, к которому мы пришли, исследуя множественность времен; да он и не может быть ничем иным, как только новым выражением старых выводов. Вопреки здравому смыслу и философской традиции, высказывающимся в пользу единого времени, теория относительности первоначально как будто утверждает многочисленность времен. Однако, рассматривая эту теорию ближе, мы находим в ней лишь одно реальное время, а именно—время физика, строящего науку: другие времена суть времена потенциальные, т. е. фиктивные, приписываемые им потенциальным, т. е. вымышленным наблюдателям. Если какой-нибудь из этих наблюдателей-фантомов вдруг оживает, то он оказывается помещенным в реальную длительность прежнего реального наблюдателя, который, в свою очередь, становится фантомом. В результате, обычная концепция реального времени очень просто согласуется с той конструкцией мысли, по которой математическое выражение электро-магнитных явлений, после приложения к ним формул Лоренца, остается одинаковым как для наблюдателя, которого мы считаем неподвижным, так и для наблюдателя, приписывающего себе равномерное движение какой угодно скорости. Но пространство-время Минковского Эйнштейна как раз и есть такая конструкция. Если под пространством—временем четырех измерений понимать реальную среду, в которой находятся реальные существа и реальные вещи, то пространство-время теории относительности окажется пространством-временем всех нас вообще, потому что все мы склонны допускать четырехмерное пространство-время с момента „опространствления“ нами времени, а мы не можем измерять времени, не можем даже говорить о нем, не превращая его в пространство<sup>1</sup>. Но в этом пространстве-времени время и пространство оставались бы различными: ни пространство не могло бы очищаться от времени, ни время не

<sup>1</sup> Это самое утверждение было высказано нами в другой форме (стр. 52 и сл.), когда мы говорили, что у науки нет никакого средства отличить развернувшееся и развернутое время. Наука превращает время в пространство уже в силу одного того, что она его измеряет.

могло бы уходить из пространства. Если они переплетаются одно с другим, и притом в различных пропорциях, в зависимости от скорости системы (таково как раз отношение между ними в пространстве-времени Эйнштейна), то, очевидно, речь идет только о потенциальном пространстве-времени, свойственном воображаемому физическому, служащему объектом нашего эксперимента, а не физическому, который сам производит эксперимент. В самом деле, пространство-время последнего покоится, а в покоящемся пространстве-времени время и пространство остаются отличными друг от друга; как мы сейчас увидим, они перемешиваются только в сплаве, порождаемом движением системы; но система приходит в движение лишь в том случае, если находившийся в ней физик покидает ее. А он не может покинуть ее, не водворившись в другую систему: тогда эта последняя окажется покоящейся; ее пространство и время будут, следовательно, так же ясно отличаться друг от друга, как и наши. Таким образом, пространство, поглощающее время и время, в свою очередь, всасывающее пространство, всегда являются потенциальными и только мыслимыми пространством и временем, они никогда не актуальны и не реальны. Правда, концепция такого пространства-времени тотчас окажет свое действие на восприятие актуальных пространства и времени. Сквозь пространство и время, которые мы всегда знали как отличные друг от друга и как аморфные, мы будем усматривать, как бы сквозь прозрачное стекло, расчлененный организм пространства-времени. Математическая формулировка этого расчленения, относящаяся к области потенциального и доведенная до наивысшей степени общности, дает нам неожиданную власть над реальным. Мы будем иметь в руках могущественное средство исследования, принцип метода; мы можем предсказать, что отныне человеческий ум не откажется от него даже и в том случае, если бы опыт сообщил новую форму теории относительности.

Для доказательства нашего утверждения, что время и пространство начинают переплетаться друг с другом только с момента, когда они становятся фиктивными, возвратимся к нашей системе  $S'$  и к нашему наблюдателю, который, помещаясь в действительности в системе  $S'$ , мысленно переносится в другую систему  $S$ , делает ее неподвижной и затем сообщает системе  $S'$  самые разнообразные скорости. Мы хотим узнать, что собственно означает в теории относительности переплетение пространства и времени, рассматриваемого, как добавочное измерение. Мы несколько не изменим результат и в то же время упростим наше изложение, если мы предположим, что пространство систем  $S$  и  $S'$  сведено к единственному измерению, к прямой линии, и что наблюдатель в системе  $S'$  имеет червеобразную форму и занимает часть этой линии. В сущности, мы снова

ставим себя в те условия, в которые мы только что помещали себя. Мы утверждали, что наш наблюдатель, поскольку он мысленно анализирует систему  $S'$ , в которой он пребывает в действительности, будет всегда констатировать неизменность длины  $A'B'$ , обозначаемой им через  $l$ . Но как только его мысль переносится в систему  $S$ , он забывает констатированную им конкретную неизменность длины  $A'B'$  и ее квадрата  $l^2$ ; с этих пор он представляет ее себе только в абстрактной форме инвариантной разности между двумя квадратами  $L^2$  и  $c^2T^2$ , которые одни только даны (если через  $L$  мы обозначим удлиненное пространство

$$\frac{l}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}},$$

а через  $T$  промежуток времени

$$\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c^2},$$

который отделяет друг от друга два события  $A'$  и  $B'$ , воспринимаемые внутри системы  $S'$  как одновременные). Мы знаем пространства больше, чем одного измерения; поэтому мы без труда дадим геометрическое истолкование различию этих двух концепций. В самом деле, стоит нам только восставить в окружающем линию  $A'B'$  двухмерном пространстве перпендикуляр  $B'C'$ , равный  $CT$ , и нам тотчас станет ясно, что реальный наблюдатель в системе  $S'$  реально воспринимает, как неизменную, сторону  $A'B'$  прямоугольного треугольника, между тем как фиктивный наблюдатель в системе  $S$  непосредственно воспринимает (или, вернее, мыслит) только другую сторону  $B'C'$  и гипотенузу  $A'C'$  этого треугольника: линия  $A'B'$  явится для него только мыслимой линией, при помощи которой он дополняет треугольник, только выражением, изображаемым через

$$\sqrt{A'C'^2 - B'C'^2}.$$

Теперь представим себе, что удар магической палочки помещает нашего наблюдателя, реально пребывающего в системе  $S'$ , а фиктивно в системе  $S$ , в условия, в которых находимся мы сами, и позволяет ему воспринять или понять пространство более чем одного измерения. Поскольку он является реальным наблюдателем в системе  $S'$ , он воспримет прямую линию  $A'B'$ : это реальность. Поскольку же он является фиктивным физиком в системе  $S$ , он воспримет или помыслит ломанную линию  $A'C'B'$ :

это область воображаемого; это прямая линия  $A'B'$ , отраженная в зеркале движения, как линия удлиненная и ломанная. Но прямая линия  $A'B'$  есть пространство. Ломанная же линия  $A'C'B'$  есть пространство и время; то же самое можно сказать и о бесконечном числе других ломанных линий  $A'D'B'$ ,  $A'E'B'$ ... и т. д., соответствующих различным скоростям системы  $S'$ , в то время как прямая  $A'B'$  остается пространством. Эти чисто потенциальные ломанные линии пространства-времени истекают из прямой линии пространства в силу одного только факта движения, приписываемого сознанием системе. Все они подчинены следующему закону: квадрат их пространственной части минус квадрат их временной части (мы условливаемся брать за единицу времени скорость света) дает неизменную разность, равную квадрату прямой линии  $A'B'$ , тоже чисто пространственной, но реальной. Таково точное определение отношения амальгамы пространства-времени к пространству и времени, как различным величинам, которые здесь всегда противопоставляются друг другу, даже если время превращается в пространство и становится дополнительным измерением пространства. Это отношение кажется особенно поразительным в намеренно выбранном нами частном случае, когда линия  $A'B'$ , воспринимаемая наблюдателем, находящимся в системе  $S'$ , соединяет друг с другом два события  $A'$  и  $B'$ , данные в этой системе как одновременные. Здесь время и пространство настолько отличны друг от друга, что время исчезает, и остается одно только пространство: пространство  $A'B'$  — вот все, что констатируется, вот вся реальность. Но эта реальность может быть мысленно реконструирована при помощи амальгамы мыслимого пространства и мыслимого времени, при чем это пространство и это время удлиняются по мере возрастания скорости, приписываемой системе мыслью наблюдателя, идеально отделяющегося от нее. Мы получаем таким образом бесконечное число чисто мыслимых амальгам пространства и времени, при чем все они эквивалентны чистому и простому, воспринимаемому и реальному пространству и времени.

Но *сущность теории относительности состоит в том, что она считает равноценными реальное восприятие и простые построения мысли*. Реальное в ее глазах есть лишь частный случай мыслимого. Между восприятием прямой линии  $A'B'$  внутри системы  $S'$  и концепцией ломанной линии  $A'C'B'$ , создаваемой при предположении нахождения наблюдателя внутри системы  $S$  нет различия по существу. Прямая линия  $A'B'$  является такой же ломанной линией, как и линия  $A'C'B'$ , но ее сегмент, соответствующий  $C'B'$ , равен нулю, причем этот нуль обусловлен величиной  $c^2 T'^2$ , такой же, как и все другие величины. Конечно, математик и физик в праве выразаться таким образом. Но фи-

лософ должен различать реальное и символическое; поэтому он будет говорить иначе. Он удовольствуется описанием происходящего. Существует воспринимаемая, реальная длина  $A'B'$ . И если мы условимся ограничиться только ею, рассматривая события  $A'$  и  $B'$  как мгновенные и одновременные, то, согласно нашему предположению, существует только эта пространственная длина плюс нуль времени. Но движение, приписываемое системе нашей мыслью, приводит к тому, что первоначально рассмотренное нами пространство кажется нам раздуваемым временем:  $l^2$  обращается в  $L^2$ , т. е. в  $l^2 + c^2 T^2$ . Тогда для нахождения  $l^2$  нужно, чтобы от времени отделилось новое пространство, чтобы величина  $L^2$  была уменьшена на величину  $c^2 T^2$ .

Мы пришли таким образом к нашим прежним выводам. Нам было доказано, что два события, одновременные для лица, наблюдающего их внутри своей системы, оказываются последовательными для лица, находящегося вне системы и представляющего себе, что система движется. Мы согласились с этим, но мы заметили, что промежуток между двумя событиями, ставшими последовательными, было бы неправильно называть временем, так как в течение его не может произойти никакого события: промежуток этот, сказали мы, есть „растянутое ничто“ (см. выше стр. 97). Мы являемся теперь свидетелями такого растягивания. Для наблюдателя в системе  $S'$  расстояние между точками  $A'$  и  $B'$  было пространственной длиной  $l$ , сложенной с нулем времени. Когда реальность  $l^2$  становится только мыслимой величиной  $L^2$ , то нуль реального времени превращается в строяемое нашей мыслью время  $c^2 T^2$ . Но этот промежуток мыслимого времени есть не что иное, как первоначальный временной нуль, породивший какой-то оптический эффект в зеркале движения. Мысль не может поместить в него никакого, хотя бы даже самого короткого, события, подобно тому как мы не можем поставить мебели в гостиную, которую мы видим в зеркале.

Но мы рассмотрели только частный случай, тот случай, когда события  $A'$  и  $B'$  воспринимаются внутри системы  $S'$  как одновременные. По нашему мнению, это лучшее средство проанализировать операцию, при помощи которой пространство соединяется с временем и время с пространством в теории относительности. Рассмотрим теперь более общий случай, когда события  $A'$  и  $B'$  происходят в различные моменты для наблюдателя в системе  $S'$ . Возвратимся к нашему первоначальному обозначению: обозначим время события  $A'$  через  $t_1'$ , а время события  $B'$  — через  $t_2'$ ; обозначим, далее, через  $x_2' - x_1'$  расстояние между точками  $A'$  и  $B'$  в пространстве, причем  $x_1'$  и  $x_2'$  суть расстояния точек  $A'$  и  $B'$  до некоторой исходной точки  $O'$ . Для упрощения рассуждений мы снова предположим, что пространство сведено к единственному измерению. Но на этот раз мы

спросим себя, каким образом наблюдатель, находящийся внутри системы  $S'$  и констатирующий в этой системе  $u$  неизменность пространственной длины  $x_2' - x_1'$  и неизменность временной длины  $t_2' - t_1'$  при всех возможных мыслимых скоростях системы, — каким образом этот наблюдатель будет представлять себе указанную неизменность, мысленно помещая себя в неподвижную систему  $S$ . Мы знаем что  $(x_2' - x_1')^2$ , должно для этого растянуться, превратившись в

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} [(x_2' - x_1') + v(t_2' - t_1')]^2$$

эта величина превышает величину  $(x_2 - x_1)$  на

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left[ \frac{v^2}{c^2} (x_2' - x_1')^2 + v^2 (t_2' - t_1')^2 + 2v (x_2' - x_1') (t_2' - t_1') \right].$$

И здесь, как мы видим, время раздувает пространство.

Но, в свою очередь, и пространство прибавляется к времени, потому что величина, которая раньше равнялась  $(t_2' - t_1')^2$ , стала теперь (см. стр. 124)

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left[ (t_2' - t_1') + \frac{v(x_2' - x_1')}{c^2} \right]^2,$$

т. е. величиной, превосходящей величину  $(t_2' - t_1')^2$  на

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left[ \frac{v^2}{c^2} (x_2' - x_1')^2 + \frac{v^2}{c^2} (t_2' - t_1')^2 + \frac{2v}{c^2} (x_2' - x_1') (t_2' - t_1') \right].$$

Таким образом квадрат времени складывается с величиной, которая, будучи умножена на  $c^2$ , даст увеличение квадрата пространства. Мы видим, следовательно, как пространство пропитывает время и время, в свою очередь, пропитывает пространство, и как это обстоятельство обуславливает инвариантность разности  $(x_2' - x_1')^2 - c^2(t_2' - t_1')^2$  при всех приписываемых системе скоростях.

Но эта амальгама пространства и времени возникает для наблюдателя в системе  $S'$  только в тот точно определенный момент, когда его мысль приводит систему в движение. Эта амальгама существует только в его мысли. Реальность, т. е. наблюдаемое или могущее быть наблюдаемым, сводится к отличным друг от друга пространству и времени, тому пространству и тому времени, с которыми он имеет дело в собственной системе.



Он может ассоциировать их в континуум четырех измерений: мы все более или менее безотчетно поступаем так, когда превращаем время в пространство, а прибегаем мы к этой операции всякий раз, когда мы измеряем время. Но пространство и время остаются в этом случае инвариантными каждое в отдельности. Они не амальгамируются или, выражаясь точнее, инвариантность переносится на разность  $(x_2' - x_1')^2 - c^2(t_2' - t_1')^2$  только наблюдателями-фантомами. Реальный наблюдатель не будет протестовать против этого, он вполне спокоен: так как каждая из двух его величин  $x_2 - x_1$  и  $t_2 - t_1$  — длина пространства и промежутков времени — неизменна, с какого бы пункта внутри своей системы он ни рассматривал их, то он представляет наблюдателю-фантому вводить их, как ему угодно, в формулу его инварианта; он заранее принимает эту формулу, заранее он знает, что она подойдет к его системе в том ее виде, как он сам ее воспринимает, потому что отношение между постоянными величинами есть неизбежно величина постоянная. Принявши упомянутую формулу, он даже выиграет, потому что она служит выражением новой физической истины: она показывает, каким образом „распространение“ света согласуется с „перемещением“ тел.

Но осведомляя его об отношении распространения света к перемещению тел, формула не сообщает ему ничего нового о пространстве и времени: последние остаются такими же, как и раньше, смещение их есть лишь результат математической фикции, назначение которой символизировать физическую истину. В самом деле, эти взаимопроникающие друг друга пространство и время не являются пространством и временем реального физика или физика, которого можно бы было считать реальным. Реальный физик производит свои измерения в той системе, в которой он находится, и которую он делает неподвижной, принимая ее за систему отсчета: время и пространство остаются в ней отличными и непроницаемыми друг для друга. Они пронизывают друг друга только в движущихся системах, где нет реальных физиков, а есть только выдуманные им физики, — выдуманные, правда, на благо науки. Но эти физики не реальны и не могут стать реальными: если мы предположим, что они реальны и припишем им сознание, то система, в которую мы их поместим, превратится в систему отсчета, и мы сами перенесемся в нее, смешавшись с ними; а в этом случае нам придется признать, что их время и их пространство перестали проникать друг друга.

Сделавши длинное отклонение в сторону, мы возвращаемся теперь к нашему отправному пункту. Относительно пространства, обратимого во время, и относительно времени, снова обратимого в пространство, мы просто повторяем то, что было нами

сказано относительно множественности времен, относительно последовательности и одновременности, которые могут быть поставлены одна на место другой. И это вполне естественно, потому что в обоих случаях речь идет об одном и том же. Инвариантность величины  $dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$  есть непосредственный результат уравнений Лоренца. Пространство-время Минковского и Эйнштейна лишь символизирует эту инвариантность, совершенно так же, как гипотеза о множественности времен и об одновременностях, обратимых в последовательности, служит лишь выражением этих самых уравнений.

## Заключительное замечание

### Время специальной теории относительности и пространство обобщенной теории относительности.

Мы подошли к концу нашего исследования. Темой его было время и парадоксы времени, ассоциирующиеся обыкновенно с теорией относительности. Оно ограничивалось, таким образом, специальной теорией относительности. Но не окажется ли оно, вследствие этого, неполным? Я думаю, что не окажется, и мы не прибавили к теории времени ничего существенного, введя в состав упрощенной реальности, которой мы до сих пор занимались, поле тяготения. В самом деле, согласно теории обобщенной относительности, в поле тяготения невозможно определить синхронизацию часов, невозможно также утверждать, что скорость света есть величина постоянная. Вследствие этого исчезает оптическое определение времени. Если, в таком случае, кто-нибудь захочет придать смысл координате „время“, тот неизбежно должен будет поместить себя в условия специальной относительности, возвращаясь к ним, в случае надобности, бесконечное число раз.

В каждое мгновение вселенная специальной теории относительности соприкасается с вселенной обобщенной теории относительности. С другой стороны, никогда не возникает надобности рассматривать скорости, сравниваемые со скоростью света, или поля тяготения соответствующей интенсивности. Поэтому мы, в общем, сохраним достаточную степень приближения, заимствуя понятие времени из специальной теории относительности и оставив его в том виде, в каком оно входит в эту последнюю теорию. В этом смысле время зависит от теории специальной относительности, а пространство — от теории общей относительности.

Отсюда, однако, не следует, что время специальной относительности и пространство обобщенной относительности имеют одинаковую степень реальности. Более углубленное исследование этого утверждения было бы чрезвычайно поучительным

для философа. Оно привело бы его к уяснению того пункта, на котором я всегда настаивал, именно — коренного различия природы реального времени и чистого пространства, несправедливо рассматриваемых традиционной философией, как понятия равнозначные. Оно представило бы также некоторый интерес и для физика. Оно обнаружило бы, что теория специальной относительности и теория обобщенной относительности проникнуты не вполне одинаковым духом и имеют не совсем одинаковое значение. Кроме того, первая была результатом коллективной работы, вторая же служит выражением личного гения Эйнштейна. Первая дает нам, главным образом, новую формулу для достигнутых раньше результатов; она, действительно, является теорией, способом представления, в обычном смысле этого слова. Вторая же в сущности есть метод исследования, орудие открытия. Но мы не собираемся проводить сравнение между ними. Скажем только два слова о различии между временем одной теории и пространством — другой. Мы таким образом возвратимся к идее, которая была уже нами несколько раз высказана на страницах этой книги.

Когда физик—сторонник обобщенной относительности определяет структуру пространства, он говорит о пространстве, в котором он действительно находится. Все, что он утверждает, он мог бы подтвердить при помощи соответствующих измерительных инструментов. Пусть та часть пространства, кривизну которой он определяет, будет отделена от него каким угодно большим расстоянием: теоретически он может перенестись туда, теоретически он может сделать нас свидетелями проверки его формулы. Короче говоря, пространство обобщенной относительности обладает такими особенностями, которые не только строятся мыслью, но могут быть также восприняты. Они относятся к системе, в которой обитает физик.

Но особенности времени, в частности множественность времен, в специальной теории относительности не только фактически ускользают от наблюдения физика, который их утверждает: они и вообще не могут быть проверены на опыте. Тогда как пространство обобщенной относительности есть пространство, в котором находится реальный наблюдатель, времена специальной относительности определены таким способом, что все они, за исключением одного, суть времена, в которых нет реальных существ. В эти времена нельзя проникнуть, потому что, куда бы мы ни отправились, мы всюду приносим с собою время, которое изгоняет все другие времена, подобно тому как фонарик, прикрепленный к путнику, оттесняет с каждым его шагом окутывающий его туман. Мы не можем даже мысленно перенестись в них, потому что, перенесясь таким образом в одно из замедленных времен, мы превратили бы систему, к которой

оно принадлежит, в свою систему отсчета: тотчас это время ускорилося бы и снова сделалось временем, которое мы переживаем внутри своей системы и которое не имеем оснований не считать одинаковым во всех системах.

Замедленные и смещенные времена являются, следовательно, вспомогательными временами, вставленными мыслью физика между отправным пунктом его вычислений, т. е. — реальным временем, и конечным пунктом — опять таки этим самым реальным временем. В этом последнем времени применяются меры, с которыми физик имеет дело; к нему прилагаются результаты вычисления. Другие времена фигурируют в промежутке между условием и решением задачи.

Все эти времена физик ставит на одну доску, называет одним именем, со всеми обращается одинаково. С своей точки зрения он прав. В самом деле, все они суть меры времени; а так как мера вещи является в глазах физики самой вещью, то все они должны быть для физика временем. Но лишь в одном из них — я думаю, что мне удалось доказать это — есть последовательность. Поэтому лишь одно из них длится; другие не делятся. Тогда как это единственное время хотя и соответствует длине, измеряющей его, но отлично от нее, все другие времена суть только длины. Выражаясь точнее, это время является сразу и временем и „световой линией“; другие времена суть только световые линии. Но так как эти последние линии порождаются удлинением первой, и так как первая соответствовала времени, то относительно них говорят, что это удлинённые времена. Вот происхождение бесконечного количества времен специальной теории относительности. Их множественность не только не исключает единства реального времени, но, напротив, предполагает ее.

Парадокс возникает, когда делается утверждение, будто все эти времена реальны, т. е. являются чем-то воспринимаемым или могущим быть воспринятым, чем-то переживаемым или могущим быть пережитым. Однако физика скрытым образом делает допущение, исключающее это утверждение по отношению ко всем временам, за исключением одного, — я имею в виду ее отождествление времени со световою линиею. Таково противоречие, угадываемое нашим рассудком, хотя и не сознаваемое им отчетливо. Правда, это противоречие не возникает ни у одного физика, поскольку он является только физиком: оно появляется только в физике, превращающейся в метафизику. Наш ум не может свыкнуться с этим противоречием. Его упорство неправильно было бы объяснять предрассудком здравого смысла. Предрассудки исчезают или, по крайней мере, ослабляются под влиянием размышления. Но в настоящем случае размышление укрепляет наше убеждение и делает его даже не-

поколебимым, потому что оно показывает нам, что за исключением одного, все времена специальной теории относительности являются временами, лишенными длительности: вещи не могут существовать в них, события не могут следовать, живые существа не могут стариться.

Старение и длительность принадлежат к категории качеств. Никакое усилие анализа не в состоянии разложить их на количества. Вещь остается здесь отличной от своей меры, которая принадлежит скорее пространству, представляющему время, а не времени самому по себе. Совсем иначе дело обстоит с пространством. Его мера исчерпывает его сущность. В этом случае особенности его структуры, открытые и определенные физикой, принадлежат самой вещи, а не точке зрения на нее нашего сознания. Еще лучше, если мы скажем: они — сама реальность; вещь является на этот раз *отношением*. Декарт сводил материю (рассматриваемую вне времени) к протяжению: физика, по его мнению, касалась реальности в той мере, в какой она была геометрической. Исследование обобщенной относительности, аналогичное нашему исследованию специальной относительности, показало бы, что сведение тяготения к инерции является лишь элиминированием прочно установившихся понятий, которые, вставая между физиком и его объектом, между сознанием и конститутивными отношениями вещи, мешали физике быть геометрией. В этом смысле Эйнштейн является продолжателем Декарта.

.....

# Содержание.

|  | Стран. |
|--|--------|
| Предисловие . . . . .  | 5      |
| Глава I. Односторонняя относительность. . . . .  | 7      |
| Опыт Майкельсона Морли — „Односторонняя“ относительность. — Замедление времени. — Смещение одновременности. — Сокращение длины. — Конкретное значение терминов, входящих в формулы Лоренца.  |        |
| Глава II. Полная относительность . . . . .   | 27     |
| Соотносительность всякого движения. — „Двухсторонняя“, а не только односторонняя, относительность. — Переплетение этой второй гипотезы с первой. — Недоразумения, вытекающие отсюда. — Движение относительное и движение абсолютное. — Распространение и перенесение. — Системы отчета. — От Декарта к Эйнштейну.  |        |
| Глава III. О природе времени. . . . .  | 39     |
| Последовательность и сознание. — Происхождение идеи универсального времени. — Реальная длительность и измеримое время. — О непосредственно воспринимаемой одновременности: одновременность потока и одновременность мгновений. — Одновременность, показываемая часами. — Развертывающееся время. — Развернутое время и четвертое измерение. — По какому признаку можно узнать, что время реально?                              |        |
| Глава IV. О множественности времен. . . . .  | 60     |
| Множественность времен и замедление их в теории относительности: как возможно сочетать их с единым универсальным временем? — „Научная“ одновременность, превращаемая в последовательность; как она совместима с „интуитивной“ и естественной одновременностью? — Анализ парадоксов, относящихся к времени. Гипотеза путешественника, заключенного в ядро. Схема Минковского. — Смещение понятий, как источник всех парадоксов. |        |

|  | Стран. |
|--|--------|
| Глава V. Световые фигуры . . . . .   | 105    |
| <p>„Световые линии“ и „твердые линии“. — „Световая фигура“ и фигура пространственная: как они совпадают и как разъединяются? — Тройной результат разъединения. — 1) Изменение в поперечном направлении или „замедление времени“. — 2) Изменение в продольном направлении или „смещение одновременности“. — 3) Изменение в поперечном и продольном направлении или „сжатие Лоренца“. — Истинная природа времени Эйнштейна. — Переход к теории пространства времени.</p>   |        |
| Глава VI. Пространство-время четырех измерений. . . .  | 119    |
| <p>Как вводится идея четвертого измерения? — Каким образом неподвижность выражается в терминах движения? — Каким образом время сплавляется с пространством? — Общая концепция пространства-времени четырех измерений. — Что она прибавляет к реальности и что отнимает от нее? — Двойная иллюзия, внушаемая нам ею. — Особый характер этой концепции в теории относительности. — Своеобразная иллюзия, могущая возникнуть здесь. — Что представляет собою в действительности амальгама „пространство — время“?</p> |        |
| Заключительное замечание . . . . .   | 149    |
| <p>Время специальной теории относительности и пространство обобщенной теории относительности.</p>  |        |