ние для всех выбранных (галилеевых) тел отсчета. Если мы заменим x, y, z, $\sqrt{-1}ct$ соответственно на x_1, x_2, x_3, x_4, то в результате получим, что выражение

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + dx_4^2$$

не зависит от выбора тела отсчета. Величину ds мы называем «расстоянием» между двумя событиями или точками четырехмерного континуума.

Итак, если мы выбрали в качестве временно́й переменной мнимую величину $\sqrt{-1}ct$ вместо вещественной величины t, мы можем рассматривать пространственно-временной континуум — согласно специальной теории относительности — как «евклидов» четырехмерный континуум; этот результат следует из последнего параграфа.

§ 27. Пространственно-временной континуум общей теории относительности не является евклидовым

В первой части этой работы мы имели возможность пользоваться пространственно-временными координатами, которые допускали непосредственную простую физическую интерпретацию и которые могли, согласно § 26, рассматриваться как четырехмерные декартовы координаты. Эта возможность следовала из закона постоянства скорости света. Но, согласно § 21, в общей теории относительности этот закон уже не справедлив. Наоборот, мы пришли к выводу, что, согласно последней, скорость света всегда должна зависеть от координат, если присутствует гравитационное поле. В связи со специальным примером в § 23 мы нашли, что гравитационное поле делает невозможным то определение координат и времени, которое привело нас к цели в специальной теории относительности.

Из этих соображений мы приходим к убеждению, что, согласно общему принципу относительности, пространственно-временной континуум не может рассматриваться как евклидов и что здесь мы встречаемся с общим случаем, с которым мы ознакомились на примере двумерного континуума неравномерно нагретой доски стола. Так же, как в указанном примере было невозможно построить декартову систему координат из одинаковых линеек, здесь невозможно построить из твердых тел и часов такую систему (тело отсчета), чтобы линейки и часы,

закрепленные жестко по отношению друг к другу, непосредственно указывали бы положение и время. В этом состоит сущность той трудности, с которой мы встретились в § 23.

Однако соображения, изложенные в § 25 и 26, указывают нам путь преодоления этой трудности. Отнесем четырехмерный пространственно-временной континуум произвольным образом к гауссовым координатам. Припишем каждой точке континуума (событию) четыре числа x_1, x_2, x_3, x_4 (координаты), которые не имеют никакого непосредственного физического смысла, но служат лишь для определенной, хотя и произвольной нумерации точек континуума. При этом нумерация вовсе не должна быть такой, чтобы x_1, x_2, x_3 рассматривались обязательно как «пространственные» координаты, а x_4 — как «временна́я» координата.

Читатель может подумать, что подобное описание мира было бы совершенно неадекватным; какой смысл в том, что я приписываю некоторому событию определенные координаты x_1, x_2, x_3, x_4, если сами эти координаты лишены смысла? Однако более внимательное рассмотрение показывает, что это беспокойство неосновательно. Рассмотрим, например, любую движущуюся материальную точку. Если бы эта точка существовала лишь мгновение, а не продолжительное время, то она описывалась бы в пространстве-времени единственной системой значений x_1, x_2, x_3, x_4. Длительное же существование материальной точки характеризуется бесконечно большим числом таких систем значений, которые примыкают друг к другу, образуя континуум. Таким образом, материальной точке соответствует (одномерная) линия в четырехмерном континууме. Другим движущимся материальным точкам соответствует столько же линий нашего континуума. Только те из утверждений относительно этих точек могут претендовать на физическую реальность, которые касаются встреч этих точек. В нашей математической формулировке такая встреча описывается тем, что обе линии, представляющие соответствующие движения рассматриваемых материальных точек, имеют одну определенную общую систему значений координат x_1, x_2, x_3, x_4. После тщательного размышления читатель, несомненно, согласится с тем, что единственное реальное утверждение пространственно-временного характера, которое содержится в наших физических высказываниях, относится только к таким встречам.

Описывая движение материальной точки относительно некоторого тела отсчета, мы констатировали лишь встречи этой точки с опреде-

ленными точками тела отсчета. Соответствующие значения времени мы можем также определить путем констатации встреч тела с часами вместе с констатацией встреч стрелок часов с определенными точками циферблатов. После некоторого размышления мы видим, что точно так же обстоит дело с пространственными измерениями с помощью масштабов.

Вообще, всякое физическое описание сводится к некоторому числу констатаций, каждое из которых относится к пространственно-временному совпадению двух событий A и B. В гауссовых координатах всякая такая констатация выражается через совпадения четырех координат x_1, x_2, x_3, x_4 этих событий. Таким образом, в действительности описание пространственно-временного континуума в гауссовых координатах вполне заменяет описание с помощью тела отсчета, не страдая при этом недостатками последнего метода описания; оно не связано с евклидовым характером описываемого континуума.

§ 28. Точная формулировка общего принципа относительности

Теперь мы в состоянии заменить предварительную формулировку общего принципа относительности, данную в § 18, более точной. Первоначально мы формулировали общий принцип следующим образом: «Все тела отсчета K, K' и т. д. эквивалентны для описания природы (формулировки общих законов природы), каково бы ни было состояние движения этих тел отсчета». Эта формулировка не может быть сохранена, поскольку невозможно пользоваться твердыми телами отсчета в том смысле, в каком это делалось в специальной теории относительности, при пространственно-временном описании. Место тела отсчета занимает гауссова система координат. Основной идее общего принципа относительности соответствует следующее утверждение: «*Все гауссовы системы координат в принципе эквивалентны для формулирования общих законов природы*».

Этот общий принцип относительности можно выразить еще и в другой форме, из которой еще отчетливее видно, что он является естественным обобщением специального принципа относительности. Согласно специальной теории относительности, уравнения, которые выражают общие законы природы, сохраняют свою форму, если вместо пространственно-временных переменных x, y, z, t относительно (галилеева)