

теории справедливы для любого тела отсчета, в каком бы состоянии движения оно ни находилось.

§ 22. Некоторые выводы из общего принципа относительности

Рассуждения в § 20 показывают, что общий принцип относительности дает нам возможность вывести чисто теоретическим путем свойства гравитационного поля. Именно, пусть нам известно пространственно-временное развитие какого-либо естественного процесса, происходящего в галилеевом пространстве относительно галилеева тела отсчета K . Тогда посредством чисто теоретических операций, т. е. лишь с помощью вычислений, можно найти, как будет протекать этот процесс относительно тела отсчета K' , движущегося с ускорением относительно K . Но так как относительно этого нового тела отсчета K' существует гравитационное поле, то таким путем мы найдем, как влияет гравитационное поле на изучаемый процесс.

Мы узнаем, например, что тело, движущееся относительно K прямолинейно и равномерно (в соответствии с законом Галилея), относительно ускоренно движущегося тела отсчета K' (ящика) совершает ускоренное, вообще говоря, криволинейное движение. Это ускорение и кривизна соответствуют влиянию на движущееся тело гравитационного поля, существующего относительно K' . Такое влияние гравитационного поля на движение тел известно, так что эти рассуждения не вносят ничего принципиально нового.

Однако получается новый фундаментальный результат, если провести соответствующее рассуждение применительно к световому лучу. Свет распространяется относительно галилеевского тела отсчета K по прямой линии со скоростью c . Относительно же движущегося с ускорением ящика (тело отсчета K') путь того же светового луча, как легко показать, уже не будет представлять собой прямую линию. Отсюда следует заключить, что *в гравитационных полях световые лучи распространяются, вообще говоря, по криволинейному пути*. Этот вывод важен в двух отношениях.

Во-первых, этот вывод можно проверить экспериментально. Хотя при ближайшем рассмотрении оказывается, что искривление световых лучей, согласно общей теории относительности, крайне незначительно для гравитационных полей, доступных нашему опыту, тем не менее для световых лучей, проходящих вблизи Солнца, искривление долж-

но составлять 1,7 угловой секунды. Это должно было бы проявляться в том, что неподвижные звезды, видимые вблизи Солнца при полных солнечных затмениях, казались бы смещеными на указанную величину по сравнению с тем положением, которое они занимают в том случае, когда Солнце находится в другом месте неба. Проверка правильности этого вывода представляет собой задачу чрезвычайной важности и мы надеемся на скорое решение ее астрономами¹.

Во-вторых, этот вывод показывает, что закон постоянства скорости света в пустоте, представляющий собой одну из двух основных предпосылок специальной теории относительности, не может, согласно общей теории относительности, претендовать на неограниченную применимость. Изменение направления световых лучей может появиться лишь в том случае, если скорость распространения света меняется в зависимости от места. Можно было бы думать, что вследствие этого вывода становится несостоятельной специальная теория относительности, а вместе с ней и теория относительности вообще. На самом же деле это не так. Можно лишь заключить, что специальная теория относительности не может претендовать на неограниченную применимость; ее результаты применимы лишь до тех пор, пока можно не учитывать влияние гравитационного поля на физические явления (например, световые).

Поскольку противники теории относительности часто утверждали, что общая теория относительности опровергает специальную теорию относительности, для разъяснения действительного положения вещей обратимся к сравнению. До установления электродинамики законы электростатики считались просто законами электрических явлений. Теперь мы знаем, что электростатика может дать правильное описание электрического поля лишь в том никогда строго не реализующемся случае, когда электрические массы покоятся относительно друг друга и относительно системы координат. Опровергается ли тогда электростатика электродинамическими уравнениями Максвелла? Никоим образом! Электростатика содержится в электродинамике в качестве предельного случая; законы электродинамики приводят непосредственно к электростатике в случае полей, не зависящих от времени. Лучший удел физической теории состоит в том, чтобы указывать путь созда-

¹Существование требуемого теорией отклонения света было экспериментально установлено во время солнечного затмения 29 мая 1919 г. двумя английскими экспедициями Королевского и Королевского астрономического обществ под руководством астрономов Эддингтона и Кроммелина. (См. Приложение III.)

ния новой более общей теории, в рамках которой она сама остается предельным случаем.

В только что приведенном примере распространения света мы видели, что общий принцип относительности дает нам возможность теоретически определить влияние поля тяготения на течение процессов, законы которых в отсутствие поля тяготения уже известны. Однако наиболее увлекательной задачей, ключ к решению которой дает общий принцип относительности, является отыскание закона, которому подчиняется само гравитационное поле. Здесь дело заключается в следующем.

Мы знаем пространственно-временные области, которые при соответствующем выборе тела отсчета обладают (приблизительно) «галилеевскими» свойствами, т. е. области, в которых гравитационные поля отсутствуют. Если такую область мы отнесем теперь к любому движущемуся телу отсчета K' , то относительно K' будем иметь переменное во времени и пространстве гравитационное поле¹. Свойства этого поля зависят, очевидно, от того, каким мы выберем движение тела отсчета K' . Общий закон гравитационного поля должен, согласно общей теории относительности, выполняться для всех получаемых таким образом гравитационных полей. Хотя отнюдь не все гравитационные поля могут быть созданы таким путем, все же можно надеяться вывести из этих специального типа гравитационных полей общий закон гравитации. Эта надежда блестяще оправдалась! Но между ясным пониманием этой цели и ее действительным осуществлением остается преодолеть еще одну серьезную трудность, о которой я не могу умолчать перед читателем, так как она связана с существом вопроса. Нам необходимо еще раз углубить понятие пространственно-временного континуума.

§ 23. Поведение часов и масштабов на вращающихся телах отсчета

До сих пор я умышленно не говорил о физической интерпретации пространственных и временных отсчетов в случае общей теории относительности. Тем самым я допустил некоторую небрежность, которая, как мы знаем из специальной теории относительности, никоим образом не является несущественной и простительной. Теперь весьма своеувре-

¹Это следует из обобщения рассуждений в § 20.