

идеи общего принципа относительности привело к законам, которым удовлетворяет поле тяготения. Однако я здесь же должен предостеречь читателя от одного недоразумения, которое легко может возникнуть при этих рассуждениях. Для человека в ящике существует поле тяготения, в то время как для первоначально выбранной системы координат такое поле не существует. В связи с этим можно подумать, что существование поля тяготения всегда является лишь кажущимся. Можно также подумать, что в любом поле тяготения всегда можно выбрать такое другое тело отсчета, относительно которого никакого поля тяготения не существует. Однако это возможно отнюдь не для всех полей тяготения, но лишь для полей весьма специальной структуры. Так, например, невозможно выбрать такое тело отсчета, чтобы при наблюдении с него поле тяготения Земли (на всем его протяжении) исчезало.

Теперь мы видим, почему неубедителен аргумент против общего принципа относительности, приведенный в конце § 18. Конечно, совершенно правильно, что наблюдатель, находящийся в заторможенном железнодорожном вагоне, вследствие торможения испытывает толчок вперед и тем самым замечает неравномерность движения (ускорение) вагона. Но ничто не заставляет его объяснять этот толчок «истинным» ускорением вагона. Свое ощущение он может интерпретировать иначе: «Мое тело отсчета (вагон) продолжительное время остается в состоянии покоя. Но в вагоне (в течение времени торможения) действует поле тяжести, направленное вперед по движению и меняющееся во времени. Под влиянием этого поля железнодорожное полотно вместе с Землей движется неравномерно, так что его первоначальная, направленная назад скорость постоянно уменьшается. Именно это поле тяжести и дает толчок, который испытывает наблюдатель».

## **§ 21. Насколько неполны основы классической механики и специальной теории относительности?**

Уже неоднократно упоминалось, что классическая механика исходит из следующего положения: материальные точки, достаточно удаленные от других материальных точек, движутся прямолинейно и равномерно или же находятся в состоянии покоя. Мы также неоднократно указывали, что этот основной закон выполняется лишь для тел отсчета  $K$ , находящихся в определенном состоянии движения, а именно

движущихся равномерно и прямолинейно относительно друг друга. По отношению к другим телам отсчета это положение несправедливо. Как в классической механике, так и в специальной теории относительности различают тела отсчета  $K$ , относительно которых законы природы выполняются, и тела отсчета  $K'$ , относительно которых законы природы не выполняются.

Но такое положение вещей не может удовлетворить последовательно мыслящего человека. Он задает вопрос: «Каким образом возможно такое положение, что определенные тела отсчета (или их состояния движения) отличаются от других тел отсчета (или их состояний движения)? *Какое основание для такого предпочтения?*». Чтобы ясно показать, что я подразумеваю под этим вопросом, воспользуюсь таким сравнением.

Я стою перед газовой плитой. На ней поставлены рядом два совершенно одинаковых чайника. Оба они до половины наполнены водой. Я замечаю, что из одного непрерывно поднимается пар, а из другого нет. Я удивлен этим больше, чем зрелищем газовой плиты и чайников, хотя бы ранее мне никогда не приходилось их видеть. Но если я замечаю, что под первым чайником светится нечто голубое, а под другим нет, то мое удивление исчезает, если даже я никогда не видел газового пламени. Я могу лишь сказать, что это нечто голубоватое вызывает (или, по крайней мере, может быть, вызывает) возникновение пара. Однако, если я не замечаю этого нечто голубоватого ни под одним из чайников и в то же время вижу, что в одном из них вода непрерывно кипит, а в другом нет, то я останусь удивленным и неудовлетворенным до тех пор, пока не открою какого-либо обстоятельства, на которое я могу возложить ответственность за различное поведение обоих чайников.

Аналогично, тщетно было бы искать в классической механике (а также в специальной теории относительности) то реальное нечто, к которому можно было бы свести различное поведение тел относительно систем отсчета  $K$  и  $K'$ .<sup>1</sup> Это возражение предвидел уже Ньютон, который тщетно стремился ослабить его. Однако яснее всего его понял Э. Мах, который выдвинул требование, чтобы механика была построена на новом основании. Этого возражения может избежать только физика, основанная на общем принципе относительности. Уравнения такой

---

<sup>1</sup>Это возражение приобретает особое значение в том случае, когда состояние движения тела отсчета таково, что для своего сохранения оно не нуждается во внешнем воздействии, например, в случае равномерного вращения тела отсчета.

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-