

§ 20. Равенство инертной и тяжелой массы как аргумент в пользу общего постулата относительности

Представим себе обширную область пустого мирового пространства, настолько удаленную от звезд и значительных масс, что со значительной степенью точности осуществляется случай, предусмотренный основным законом Галилея. Тогда для этой части мира можно выбрать галилеевское тело отсчета, относительно которого покоящиеся точки остаются в покое, а движущиеся — в состоянии прямолинейного и равномерного движения. В качестве тела отсчета представим себе обширный ящик в виде комнаты; в нем находится наблюдатель, снабженный необходимыми приборами. Для него, естественно, тяжесть не существует. Он должен прикрепить себя к полу веревками, чтобы от малейшего удара о пол не всплывать медленно к потолку комнаты.

Пусть в центре крышки ящика с наружной стороны прикреплен трос, за который какое-то существо начинает тянуть ящик с постоянной силой. Тогда ящик с наблюдателем будет двигаться равномерно ускоренно «вверх». Его скорость с течением времени будет возрастать до фантастической величины, если наблюдать с другого тела отсчета, которое уже никто не тянет.

Как же судит об этом явлении человек, находящийся в ящике? Ускорение ящика передается ему давлением со стороны пола. Следовательно, он будет воспринимать это давление своими ногами, если только не захочет прийти в соприкосновение с полом всем своим телом. При этом он стоит в ящике совершенно так же, как и в комнате своего дома на Земле. Если он выпускает из рук некоторое тело, то этому телу уже не будет передаваться ускорение ящика; поэтому оно будет приближаться к полу ящика с ускорением относительно последнего. Далее наблюдатель убедится, что *ускорение тела относительно пола ящика всегда одинаково, с каким бы телом ни производился опыт*.

Итак, человек в ящике, основываясь на своих сведениях о поле тяжести в том виде, как мы изложили их в последнем параграфе, придет к выводу, что он вместе с ящиком находится в постоянном во времени поле тяжести. Правда, какое-то время он будет удивлен тем, что сам ящик не падает в этом поле тяжести. Но затем он обнаружит в центре крышки крюк с прикрепленным к последнему натянутым тросом и придет к выводу, что ящик подвешен и покоятся в поле тяжести.

Можем ли мы посмеяться над этим человеком и сказать, что его предположение ошибочно? Думаю, что мы не вправе поступить так, если хотим оставаться последовательными; мы должны также признать, что его предположение не содержит ни логических противоречий, ни противоречий с известными законами механики. Мы можем рассматривать ящик покоящимся, если даже он движется ускоренно относительно упомянутого выше «галилеевского пространства». Следовательно, мы имеем достаточное основание распространить принцип относительности на тела отсчета, движущиеся ускоренно одно относительно другого; таким путем мы получаем сильный аргумент в пользу обобщенного постулата относительности.

Следует учесть, что возможность такого понимания основывается на фундаментальном свойстве поля тяжести сообщать всем телам одно и то же ускорение или, иными словами, на равенство инертной и тяжелой масс. Если бы этот закон природы не существовал, человек в движущемся с ускорением ящике не мог бы объяснить поведение окружающих его тел с помощью предположения о существовании поля тяжести и никакой опыт не давал бы ему основания считать, что его тело отсчета «находится в состоянии покоя».

Пусть человек в ящике прикрепил внутри ящика к его крышке веревку и к свободному концу ее привязал какое-либо тело. Под действием последнего веревка будет натянута в «вертикальном» направлении. Мы ставим вопрос о причине натяжения веревки. Человек в ящике скажет: «Подвешенное тело испытывает действие силы тяжести, направленной вниз и уравновешиваемой натяжением веревки; то, чем определяется натяжение веревки, это *тяжелая масса подвешенного тела*». Но, с другой стороны, наблюдатель, который свободно парит в пространстве, так объяснит натяжение веревки: «Веревка ускоренно движется вместе с ящиком и передает это ускорение прикрепленному к нему телу. Величина натяжения веревки такова, что она сообщает данное ускорение телу. Величина натяжения веревки определяется *инертной массой тела*». Из этого примера видно, что из нашего обобщения принципа относительности с необходимостью следует положение о равенстве инертной и весомой масс. Тем самым мы получаем физическую интерпретацию этого положения.

Рассмотрение явлений в ускоренно движущемся ящике показывает, что общая теория относительности должна привести к важным выводам о законах тяготения. Фактически последовательное проведение

идее 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 таковое 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 объяснить 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