

II. Об общей теории относительности

§ 18. Специальный и общий принцип относительности

Основным тезисом, вокруг которого развивалось все предшествующее изложение, был *специальный* принцип относительности, т. е. принцип физической относительности всякого *равномерного* движения. Тщательно проанализируем еще раз его содержание.

Всегда признавалось, что всякое движение по определению должно мыслиться как *относительное* движение. В неоднократно использовавшемся нами примере с полотном железной дороги и вагоном можно, например, с одинаковым правом говорить о движении в двух формах:

- а) вагон движется относительно полотна железной дороги;
- б) полотно железной дороги движется относительно вагона.

В случае «а» телом отсчета служит полотно дороги, а в случае «б» — вагон. При простом констатировании или описании движения принципиально безразлично, к какому телу отсчета относится движение. Это утверждение, как мы уже говорили, очевидно само собой и его не следует смешивать с более глубоким утверждением, которое мы назвали «принципом относительности» и положили в основу наших исследований.

Примененный нами принцип утверждает не только то, что для описания любого события в качестве тела отсчета можно выбрать как вагон, так и полотно дороги (это также очевидно). Он утверждает значительно большее: если общие законы природы формулировать в том виде, как они получаются из опыта, пользуясь в качестве тела отсчета: а) полотном железной дороги, б) вагоном, то эти общие законы природы (например, законы механики или закон распространения света в пустоте) будут совершенно одинаковыми в обоих случаях. Это можно выразить также следующим образом: для *физического* описания процессов природы ни одно из тел отсчета K , K' не выделено среди других. Это последнее положение не обязано быть справедливым априори; оно не содержится в понятиях «движение» и «тело отсчета» и не выводится из них; вопрос о его справедливости может быть решен только *опытом*.

Однако до сих пор мы не утверждали равноценности *всех* тел отсчета K в отношении формулирования законов природы. Наш путь был следующим. Мы исходили прежде всего из предположения о существовании тела отсчета K , движущегося таким образом, что по отно-

шению к K применим основной закон Галилея: материальная точка, предоставленная самой себе и достаточно удаленная от других материальных точек, движется равномерно и прямолинейно. По отношению к K (*галилеево тело отсчета*) законы природы должны выражаться возможно проще. Но кроме K , все тела отсчета K' , которые движутся относительно K *прямолинейно, равномерно и без вращения*, совершенно эквивалентны K при формулировании законов природы; все эти тела отсчета можно рассматривать как *галилеевы*. Справедливость принципа относительности предполагалась только для этих, но не для других (иначе движущихся) тел отсчета. В этом смысле мы говорим о *специальном* принципе относительности или о специальной теории относительности.

В противоположность этому под «общим принципом относительности» мы подразумеваем утверждение, что все тела отсчета K , K' и т. д. эквивалентны в отношении описания природы (формулирования общих законов природы), каким бы ни было их состояние движения. Заметим здесь же, что эта формулировка должна быть позднее заменена другой, более абстрактной, по причинам, которые выяснятся позже.

После того как введенный специальный принцип относительности нашел оправдание на опыте, всякому, кто стремится к обобщению, может показаться заманчивым сделать шаг и к общему принципу относительности. Но одно простое и, на первый взгляд, совершенно бесспорное соображение как будто обрекает подобную попытку на неудачу. Пусть читатель представит себе, что он находится в столь часто упоминавшемся нами равномерно движущемся вагоне железной дороги. Пока вагон движется равномерно, пассажир совершенно не замечает движения. Отсюда следует, что пассажир может без особого труда интерпретировать это событие таким образом, будто вагон покоится, а движется полотно дороги. Впрочем, с точки зрения специального принципа относительности эта интерпретация полностью оправдывается и с физической точки зрения.

Однако, если движение вагона становится неравномерным, например, при сильном торможении вагона, то пассажир испытывает сильный толчок вперед. Ускорение вагона проявляется в механическом движении тел по отношению к нему; механическая картина здесь иная, чем в предшествующем случае, и поэтому представляется невозможным, чтобы одинаковые механические законы были справедливы как относительно равномерно движущегося вагона, так и по отношению

к покоящемуся или равномерно движущемуся вагону. Во всяком случае ясно, что в отношении неравномерно движущегося вагона основной закон Галилея не выполняется. Поэтому сначала мы чувствуем себя вынужденными, вопреки общему принципу относительности, приписать неравномерному движению некоторого рода абсолютную физическую реальность. Однако мы скоро увидим, что этот вывод неоснователен.

§ 19. Поле тяготения

На вопрос: «Почему камень, который мы поднимаем и затем выпускаем из рук, падает на землю?» — обычно отвечают: «Потому что его притягивает Земля». Современная физика формулирует ответ несколько иначе по следующей причине. Более точное исследование электромагнитных явлений показало, что непосредственное действие на расстоянии не имеет места. Например, в случае притяжения магнитом куска железа нельзя удовлетворяться представлением, что магнит действует на железо непосредственно через пустое пространство между ними; согласно Фарадею, магнит вызывает появление в окружающем пространстве некоторой физической реальности, называемой «магнитным полем». В свою очередь это магнитное поле воздействует на кусок железа так, что он стремится двигаться к магниту. Мы не будем обсуждать здесь законность этого, несколько произвольного, вспомогательного представления. Заметим лишь, что с его помощью можно дать значительно более удовлетворительное теоретическое описание электромагнитных явлений и в особенности распространения электромагнитных волн, чем без этого представления. Аналогичным образом истолковывается и действие тяготения.

Воздействие Земли на камень происходит не непосредственно. Земля создает в окружающем пространстве поле тяготения. Последнее действует на камень и вызывает его падение. Как показывает опыт, действующая на камень сила уменьшается с расстоянием от Земли по вполне определенному закону. Согласно нашему толкованию, это означает: закон, управляющий пространственными свойствами поля тяготения, должен быть вполне определенным, чтобы правильно описывать убывание силы тяготения с увеличением расстояния между взаимодействующими телами. Представим себе, что тело (например, Земля) в непосредственной близости от себя создает поле; величина и направление поля на большем расстоянии определяются отсюда законом, регулирующим пространственные свойства полей тяготения.