

средством для отыскания общих законов природы. Если бы был найден некоторый общий закон природы, не удовлетворяющий указанному условию, то тем самым было бы опровергнуто по меньшей мере одно из двух основных положений теории. Посмотрим теперь, к каким общим результатам привела до настоящего времени эта теория.

§ 15. Общие результаты теории

Из изложенного выше видно, что (специальная) теория относительности выросла из электродинамики и оптики. Она мало изменила положения этих теорий, но значительно упростила теоретические построения, т. е. вывод законов, и — что несравненно важнее — заметно уменьшила число не зависящих друг от друга гипотез, лежащих в основе теории. Теория относительности придала теории Максвелла — Лоренца такую степень очевидности, что физики были бы полностью убеждены в ее справедливости даже в том случае, если бы эксперимент говорил бы в ее пользу не столь убедительно.

Классическая механика нуждается в некоторой модификации, чтобы быть в согласии с требованиями специальной теории относительности. Однако эта модификация касается по существу лишь законов быстрых движений, когда скорость движения материи v не очень мала по сравнению со скоростью света. Такие быстрые движения мы встречаем лишь для электронов и ионов; в других движениях отклонения от законов классической механики слишком малы, чтобы их можно было заметить практически. О движениях звезд мы будем говорить лишь в связи с общей теорией относительности. Согласно теории относительности, кинетическая энергия материальной точки с массой m дается уже не общезвестным выражением

$$m \frac{v^2}{2},$$

а выражением

$$\frac{mc^2}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}.$$

Это выражение становится бесконечным, когда скорость v приближается к скорости света c . Следовательно, скорость всегда должна оставаться меньшей c , как бы ни была велика энергия, затраченная на

ускорение. Разлагая приведенное выше выражение для кинетической энергии в ряд, получаем

$$mc^2 + m \frac{v^2}{2} + \frac{3}{8} m \frac{v^4}{c^2} + \dots$$

Третий член этого разложения всегда мал по сравнению со вторым (который только и принимается во внимание в классической механике), если величина v^2/c^2 значительно меньше единицы. Первый член mc^2 не содержит скорости v и, следовательно, неинтересен в тех случаях, когда в задаче существенна лишь зависимость энергии материальной точки от скорости. О принципиальном значении этого слагаемого будет сказано ниже.

Важнейший результат общего характера, к которому привела специальная теория относительности, относится к понятию массы. Дореволюционная физика знала два фундаментальных закона сохранения, а именно: закон сохранения энергии и закон сохранения массы; оба этих фундаментальных закона считались совершенно независимыми друг от друга. Теория относительности слила их в один. Расскажем кратко, как это произошло и как следует понимать это слияние.

Принцип относительности требует, чтобы закон сохранения энергии был справедлив не только относительно *одной* системы координат K , но и относительно всякой другой системы координат K' , движущейся относительно K (короче говоря, относительно всякой «галилеевой» системы координат) равномерно и прямолинейно. Переход от одной такой системы к другой, в отличие от классической механики, определяется преобразованием Лоренца.

Из этих предпосылок вместе с основными уравнениями электродинамики Максвелла можно путем сравнительно простых рассуждений с необходимостью прийти к следующему выводу. Некоторое тело, движущееся со скоростью v и получающее энергию E_0 в форме излучения¹ и без изменения своей скорости, увеличивает при этом свою энергию на величину

$$\frac{E_0}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}.$$

Тогда искомая энергия тела с учетом приведенного выше выражения

¹Здесь E_0 — полученная телом энергия при наблюдении из системы координат, движущейся вместе с телом.

для кинетической энергии будет

$$\frac{(m + E_0/c^2) c^2}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}.$$

Следовательно, тело обладает такой же энергией, как и тело, движущееся со скоростью v и имеющее массу $m + \frac{E_0}{c^2}$. Таким образом, можно сказать: если тело получает энергию E_0 , то его инертная масса возрастает на E_0/c^2 ; инертная масса тела не является постоянной, но изменяется с энергией тела. Инертная масса системы тел может рассматриваться как мера энергии этой системы. Закон сохранения массы системы совпадает с законом сохранения энергии и выполняется потому, что система не получает и не отдает энергию. Записав выражение для энергии в виде

$$\frac{mc^2 + E_0}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}},$$

увидим, что член mc^2 , уже встречавшийся ранее, есть не что иное, как энергия, которую имело тело¹ до получения энергии E_0 .

Непосредственное сравнение этого заключения с опытом пока что невозможно потому, что изменения энергии E_0 , которые мы можем сообщить телу, недостаточно велики, чтобы их можно было заметить как изменения инертной массы системы. Величина E_0/c^2 слишком мала по сравнению с массой m , которую имело тело до изменения энергии. Этим обстоятельством объясняется тот факт, что закон сохранения массы с успехом мог иметь самостоятельное значение.

Сделаем еще одно принципиальное замечание. Успех объяснения Фарадеем и Максвеллом электромагнитного дальнодействия с помощью промежуточных процессов, имеющих конечную скорость распространения, привел физиков к убеждению, что непосредственные, мгновенные дальнодействия типа ньютонаского закона тяготения в действительности не существуют. Согласно теории относительности, вместо мгновенного действия на расстоянии, или дальнодействия с бесконечной скоростью распространения, должно существовать дальнодействие со скоростью света. Это обстоятельство связано с той принципиальной ролью, которую скорость c играет в этой теории. Во второй части настоящей работы будет показано, каким образом этот результат видоизменяется в общей теории относительности.

¹ С точки зрения системы координат, движущейся вместе с телом.