

Таким образом, сумма двух скоростей, каждая из которых меньше скорости света c , всегда будет меньше скорости света. Сумма двух скоростей, одна из которых равна, а другая меньше скорости света, равна скорости света.

Из закона сложения скоростей непосредственно следует, что величина угла имеет относительное значение и изменяется при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. Поскольку

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{u_y}{u_x},$$

где θ — угол, образуемый вектором скорости частицы с осью x , из (7,2) и (7,1) находим

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{u' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \sin \theta'}{v + u' \cos \theta'}, \quad (7,4)$$

где $u'_x = u' \cos \theta'$, $u'_y = u' \sin \theta'$.

Последняя формула выражает закон преобразования углов в теории относительности. Она связывает углы θ' и θ , образуемые вектором скорости с осями x' и x соответственно.

В заключение следует подчеркнуть, что под скоростью тела v следует понимать такую скорость, с которой может перемещаться некоторое реальное тело или распространяться реальный процесс взаимодействия (сигнал). Можно представить себе, не входя в противоречие с теорией относительности, процессы, имеющие скорость, превышающую скорость c , но имеющие кинематический характер и не могущие переносить тела или осуществлять взаимодействие.

Рассмотрим, например, скорость движения воображаемой точки a , в которой пересекается линейка A с линейкой B , при вращении линейки B . Если угол α как угодно мал, а длина подвижной линейки как угодно велика, скорость движения точки a также может быть как угодно велика. Однако движение воображаемой точки пересечения линеек не сопровождается переносом энергии и не может служить способом передачи сигналов и взаимодействий.

§ 8. Одновременность, близко- и дальноедействие

Пусть в некоторой инерциальной системе отсчета K' в точках x'_1 и x'_2 в некоторый момент времени t' одновременно произошли два физических события. С точки зрения классической физики два события, являющиеся одновременными в одной системе отсчета, происходят одновременно во всех других инерциальных системах отсчета.

Иначе обстоит дело в теории относительности.

Рассмотрим инерциальную систему K , по отношению к которой система K' движется со скоростью v в положительном направлении оси x . В системе отсчета K первое событие происходит в момент времени

$$t_1 = \frac{t' + \frac{x'_1 v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Второе событие происходит в момент

$$t_2 = \frac{t' + \frac{x'_2 v}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Следовательно, в системе отсчета K события происходят не одновременно, а по прошествии промежутка времени

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{v}{c^2} \frac{(x'_2 - x'_1)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (8,1)$$

Более того, в зависимости от знака $(x'_2 - x'_1)$, промежуток времени Δt может быть как положительным, так и отрицательным, т. е. в системе K «первое» событие происходит раньше или позднее «второго».

Таким образом, понятие одновременности оказывается относительным.

Единственным, но очень важным исключением является случай, когда два события происходят одновременно и в одном месте, т. е. в момент времени t' в точке x' . Тогда согласно (8,1) во всех инерциальных системах отсчета (при любом v) $\Delta t = 0$, т. е. оба события совершаются абсолютно одновременно.

Сказанное особенно ясно иллюстрирует тот факт, что теория относительности несовместима с понятием дальнего действия. Два события могут относиться друг к другу как причина и следствие только в том случае, когда они происходят одновременно и в одном и том же месте, как этого требуют представления о близком действии. Если бы, наоборот, причина и следствие могли быть пространственно разделены (причем взаимодействие распространялось с бесконечно большой скоростью), то всегда существовало бы бесконечное множество инерциальных систем отсчета, в которых следствие предшествовало причине.

Следует подчеркнуть, что представление об относительности одновременности было с самого начала положено в основу теории относительности (в виде принципа конечности предельной скорости распространения взаимодействий) и его можно рассматривать лишь как наглядный пример внутренней согласованности теории.

§ 9. Абсолютные величины в теории относительности.

Интервал и собственное время

Теория относительности разрушила учение классической физики об абсолютном характере пространства и времени.

Относительный характер пространственных и временных промежутков казался настолько парадоксальным, что авторы ряда многочисленных популярных изложений теории относительности, появившихся в особенности в 20-х годах, передавали идейное содержание теории относительности хлестким, но абсолютно неверным афоризмом: «Теория относительности показала, что все в мире относительно».

В действительности дело обстоит как раз наоборот. Задача, которую ставит перед собой теория относительности, заключается в нахождении абсолютных, не зависящих от выбора инерционной системы отсчета законов природы¹⁾.

Таким образом, теория относительности отнюдь не отрицает существование абсолютных величин и понятий. Она устанавливает лишь, что ряд понятий, считавшихся в классической физике абсолютными, например, величины пространственных и временных промежутков, в действительности являются относительными.

В связи с этим часто высказывалось мнение, что само название «теория относительности» неудачно, так как оно не отражает содержания этого раздела физики. Указывалось, например, что с большим правом теорию относительности можно было бы именовать «теорией физической инвариантности». Нужно, однако, иметь в виду, что в момент возникновения теории относительности ее критическая сторона — установление относительности пространственных и временных промежутков — представлялась более существенной и новой.

Задача о нахождении абсолютного выражения законов природы тесно связана с нахождением инвариантных, абсолютных величин. Первой из таких величин является универсальная скорость распространения взаимодействия — скорость света c . Другой, также весьма важной инвариантной величиной, является так называемый интервал.

¹⁾ В общей теории относительности, которую мы лишены возможности изложить в рамках этой книги, задача о нахождении абсолютных законов природы расширяется на любые системы отсчета.