СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Все инерциальные системы отсчёта равноправны, абсолютной, "самой правильной" системы отсчёта не существует. Это означает, что во всех инерциальных системах отсчёта вид уравнений, описывающих поведение рассматриваемого тела или системы тел, абсолютно одинаков.

Такая точка зрения была общепринятой примерно до середины XIX в., поскольку ни одно из известных физике явлений ей не противоречило. Но в 1864 г. была издана работа Дж. К. Максвелла "Динамическая теория электромагнитного поля", в которой раскрывалась природа электромагнитных волн. Из работы следовало, что вид уравнений Максвелла, описывающих электромагнитную волну, зависит от выбора системы отсчёта. Но это означало, что по виду уравнений, полученных в разных системах отсчёта, можно отличить одну систему отсчёта от другой!

В те годы многие физики полагали, что входящая в уравнения Максвелла скорость распространения электромагнитных волн, равная скорости света в вакууме, есть скорость распространения электромагнитных волн относительно неподвижного "эфира", заполняющего всю Вселенную ("эфиром" называли среду, в которой распространяются электромагнитные волны; тогда физики не могли допустить, что волны могут распространяться в пустоте).

Последнее из названных предположений казалось чрезвычайно интересным. Это видно из следующего. Пусть на гладкую поверхность воды опущена лодка. По поверхности воды во все стороны пойдут волны. Они будут удаляться от лодки со скоростью, равной скорости распространения волн в воде.

Если лодка начнёт медленно двигаться вперёд, то волна, идущая от носа лодки, будет удаляться от него медленнее, так как лодка будет двигаться в ту же сторону. Следовательно, скорость волны относительно лодки станет меньше. Значит, если измерить скорость волны, идущей от лодки, то можно определить, движется ли лодка по воде.

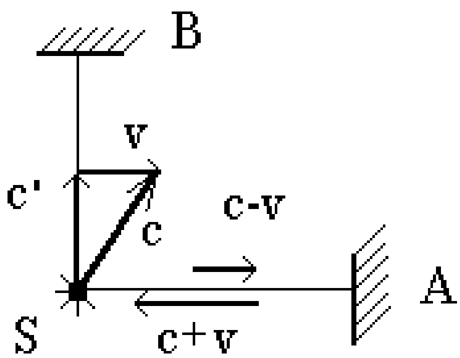
То же самое можно ожидать от световых волн. Измерение скорости света относительно источника световых волн должно показать, движется ли источник относительно эфира.

Но если это так, то систему отсчёта, покоящуюся относительно эфира, можно отличить от всех остальных инерциальных систем отсчёта. Тогда система отсчёта, связанная с эфиром, становится абсолютной!

Возможность выделения абсолютной системы отсчёта опровергала фундаментальный принцип классической физики - принцип относительности Галилея. Казалось, возникла возможность совершить революционный переворот в физике. Поэтому ряд учёных занялись экспериментальной проверкой рассмотренного выше предположения.

1. ОПЫТ МАЙКЕЛЬСОНА-МОРЛИ

В конце XIX в. было известно, что Земля движется вокруг Солнца со скоростью около 30 км/с.



Экспериментаторы использовали установку, состоящую из источника света и двух зеркал *A и B,* находящихся от него на одинаковых расстояниях. Свет от источника шёл к зеркалам, отражался от них и возвращался в точку *S*.

Пусть к зеркалу А свет идёт параллельно скорости Земли, а к зеркалу *B* - перпендикулярно ей.

На пути к *A* свет должен идти со скоростью c-v, а от *A к S* - со скоростью c+v, так как вначале источник догоняет световую волну, а затем идёт волне навстречу. Следовательно, время на пути *SAS*

$$t_{||} = \frac{l}{c-v} + \frac{l}{c+v} = \frac{2l}{c} \cdot \frac{1}{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}.$$

Луч, идущий от источника света вертикально вверх, от зеркала *B* не отразится, потому что пока луч дойдёт зеркала, оно переместится вправо. Поэтому отразится тот луч, который идёт под углом к вертикали (см. схему установки). Но это означает, что на пути *SBS* скорость света относительно установки равна $c' = \sqrt{c^2 - v^2}$ и

$$t_{\perp} = \frac{2l}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{2l}{c} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

т.е. время, затрачиваемое на пути *SAS,* отличается от времени, затрачиваемого на пути *SBS.*

Точность эксперимента позволяла уверенно измерить разность времён на этих путях. Однако оказалось, что эти времена одинаковы, т.е. $t_{||}-t_{\perp}=0$.

Этот результат противоречил ожиданиям. Выявить абсолютную систему отсчёта не удалось.

Вместо революции в физике эксперимент породил проблему, которую удалось решить А. Эйнштейну.

2. ПОСТУЛАТЫ ЭЙНШТЕЙНА

Для решения упомянутой выше проблемы Эйнштейну пришлось пересмотреть исходные положения классической физики. В результате он сформулировал два постулата, ставшие основой специальной теории относительности.

Первый постулат распространяет действие принципа относительности Галилея на любые (не только на механические) физические процессы:

• все физические явления протекают одинаковым образом во всех инерциальных системах отсчёта; все законы природы и уравнения, их описывающие, инвариантны по отношению к инерциальным системам отсчёта.

Другими словами, все инерциальные системы отсчёта эквивалентны по своим физическим свойствам, абсолютной системы отсчёта не существует.

Второй постулат гласит:

• скорость света в вакууме не зависит от движения источника света и одинакова во всех направлениях. Это означает, что скорость света одинакова во всех инерциальных системах отсчёта.

В соответствии с преобразованиями Галилея, перемещение одного и того же светового импульса, измеренное наблюдателями из разных систем отсчёта, различно (см. разд. 1.6). Время во всех системах отсчёта течёт одинаково, т.е. $dt=dt'$.Потому скорости этого светового импульса в разных системах отсчёта различны: $c=\frac{dr}{dt}$, $c'=\frac{dr'}{dt'}$.

Эйнштейн допустил, что для наблюдателей, находящихся в разных системах отсчёта, один и тот же световой импульс не только совершит разные перемещения dr и dr', но и совершит их за разные интервалы времени dt и dt', причём отношение этих величин для всех наблюдателей одинаково:

$$c=\frac{dr}{dt}=\frac{dr'}{dt'}$$

3. ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛОРЕНЦА

Как отмечено в предыдущем разделе, при переходе к другой инерциальной системе отсчёта координаты x, y, z и время t становятся другими - x', y', z', t'.

Преобразования Лоренца показывают, как именно связаны между собой координаты и время в разных системах отсчёта.

Пусть имеются две инерциальные системы отсчёта, которые отвечают следующим требованиям:

1) система отсчёта $X'Y'$ движется равномерно и прямолинейно относительно системы отсчёта XY, причём оси координат X и X' совпадают и скорость движущейся системы отсчёта относительно неподвижной системы равна v и направлена параллельно оси X;

2) в момент времени $t=t'=0$ начала координат совпадали.

Если в неподвижной системе отсчёта в момент t в точке с координатами x, y произошло событие, то каковы координаты этого события в движущейся системе отсчёта?

Ответить на этот вопрос можно следующим образом.

Координаты y и y' должны быть равны между собой, так как в противном случае можно было бы отличить одну инерциальную систему отсчёта от другой. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим следующую ситуацию.

Пусть на осях *Y* и *Y′* закреплены стержни одинаковой длины. На верхних концах этих стержней прикреплены кисточки с краской. Когда один стержень пролетает мимо другого, кисточки делают отметки на стержнях.

Допустим, что у движущегося стержня длина уменьшилась. Тогда на неподвижном стержне отметка будет ниже конца стержня, а на движущемся отметки не будет (кисточка пройдёт выше его конца). Значит, можно отличить движущийся стержень от неподвижного, что противоречит первому постулату Эйнштейна. Поэтому

$$y=y'.$$

Предположим, что координаты x и x' связаны следующим образом:

$$x=\gamma(x'+vt'),$$
$$x'=\gamma(x-vt).$$

Предположим также, что в момент $t=t'=0$ в точке О вспыхнула лампочка.

Поскольку скорость света в обеих системах отсчёта одинакова, расстояния, пройденные светом за время t, в каждой из систем отсчёта будут равны x и x' соответственно:

$$x=ct$$
$$x'=ct'.$$

Заменяя x и x' на ct и ct' соответственно, получаем

$$ct=\gamma(ct'+vt')$$
$$ct'=\gamma(ct-vt).$$

Перемножив уравнения, получаем:

$$c^2tt'=\gamma^2(c^2tt'-v^2tt').$$

После сокращения на tt' получаем

$$c^2=\gamma^2(c^2-v^2)$$

и

$$\gamma=\sqrt{\frac{c^2}{c^2-v^2}}=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Теперь преобразование координат x и x' принимает вид

$$x=\frac{x'+vt'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}},$$

$$x'=\frac{x-vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.$$

В выражении $x=\gamma(x'+vt')$ заменим x' на $\gamma(x-vt)$:

$$x=\gamma(\gamma(x-vt)+vt').$$

Из последнего уравнения выразим t'

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

Действуя аналогично, можно получить

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

Таким образом, преобразования координат приняли окончательный вид

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \qquad y=y' \qquad z=z' \qquad t = \frac{t' + \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Эти преобразования были впервые получены в 1895 г. нидерландским физиком Хендриком Лоренцем, который пытался определить, при каких условиях уравнения Максвелла будут одинаково выглядеть во всех инерциальных системах отсчёта.

Эйнштейн же понял, что значение полученных преобразований гораздо шире. Они показывают, как связаны между собой координаты и время, измеренные в разных инерциальных системах отсчёта.

Важной особенностью преобразований Лоренца является то, что в преобразованиях "перемешаны" координаты и время. Это говорит о том, что пространство и время едины.

Обратите внимание на то, что при скоростях v, намного меньших скорости света в вакууме с, преобразования Лоренца принимают вид преобразований Галилея. Поэтому преобразования Лоренца не опровергают правильность представлений Галилея о свойствах пространства и времени. Просто при низких по сравнению со скоростью света скоростях эффекты, открытые Эйнштейном, обнаружить невозможно.

Обратите также внимание и на то, что при $v>c$ преобразования Лоренца теряют физический смысл (выражение под стоящим в знаменателе корнем при $v>c$ становится отрицательным). Это соответствует утверждению о предельности скорости света в вакууме. Ни одно тело не может двигаться со скоростью, превышающей скорость света в вакууме.

4. СЛЕДСТВИЯ ИЗ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЛОРЕНЦА

4.1. СОКРАЩЕНИЕ ДЛИНЫ ДВИЖУЩЕГОСЯ ТЕЛА

Пусть стержень длиной l_0, параллельный оси X' штрихованной системы отсчёта K', неподвижен относительно неё. Следовательно, стержень движется со скоростью v относительно нештрихованной системы отсчёта K.

Длина стержня в системе K' равна разности координат концов стержня в этой системе отсчёта: $l_o = x'_2 - x'_1$. Отметим, что длину стержня, неподвижного относительно системы отсчёта, называют "собственная длина".

Для того чтобы узнать длину стержня l в системе отсчёта K, необходимо одновременно зафиксировать координаты концов стержня в этой системе отсчёта. Очевидно, что длина стержня l будет равна разности этих координат.

Используя преобразования Лоренца, запишем:

$$l_o = x'_2 - x'_1 = \frac{x_2 - vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - \frac{x_1 - vt}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{l}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.$$

Из последнего выражения следует, что длина движущегося стержня всегда меньше, чем длина этого же стержня в неподвижном состоянии, т.е. собственной длины стержня:

$$l = l_o\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}.$$

Обратите внимание на то, что сокращается длина стержня, параллельного направлению движения.

Длина стержня, перпендикулярного направлению движения, не изменяется, так как в преобразованиях Лоренца показано, что $y=y'$ и $z=z'$.

Таким образом, сокращаются только продольные, т.е. параллельные скорости движения размеры.

Поперечные размеры движущегося тела не изменяются.

Помните также, что эффект сокращения продольных размеров симметричен: если в какой-либо системе отсчёта имеется неподвижный, параллельный оси x стержень длиной l_0, то в системе отсчёта, движущейся параллельно оси x со скоростью v, этот стержень будет иметь меньшую длину, равную $l = l_o\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$.

Важно отметить, что сокращаются не только продольные размеры тел, но и продольные расстояния между событиями.

4.2. ЗАМЕДЛЕНИЕ ХОДА ДВИЖУЩИХСЯ ЧАСОВ

Пусть в одной и той же точке x'_0 штрихованной системы отсчёта в моменты t'_1 и t'_2 последовательно происходят два события. Моменты t'_1 и t'_2 фиксируются часами, неподвижными в этой системе отсчёта.

Длительность временного интервала между событиями в нештрихованной системе, измеренная неподвижными в этой системе часами, будет равна

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{t_2' + \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - \frac{t_1' + \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t_2' - t_1'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\Delta t_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.$$

Таким образом, длительность временного интервала между одними и теми же событиями, измеренная часами, находящимися в разных инерциальных системах отсчёта, будет различной.

Временной интервал между событиями измеренный неподвижными относительно наблюдателя часами, всегда больше, чем временной интервал измеренный движущимися часами. Следовательно, движущиеся часы идут медленнее, чем неподвижные.

Эффект замедления времени, как и эффект сокращения длины, симметричен: для любого наблюдателя движущиеся относительно него часы будут идти медленнее, чем неподвижные.

Время Δt_0, измеренное часами, неподвижными относительно наблюдателя, называется "собственным временем".

4.3 ПОНЯТИЕ ОДНОВРЕМЕННОСТИ

Пусть в нештрихованной системе отсчёта происходят события $A(x_1, y_1, t_1)$ и $A(x_2, y_2, t_2)$. Найдём интервал времени между ними в системе отсчёта, движущейся относительно нештрихованной.

В соответствии с преобразованиями Лоренца

$$t_2' - t_1' = \frac{(t_2 - t_1) - (x_2 - x_1)\frac{v}{c^2}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.$$

Если t_2-t_1=0, т.е. события в нештрихованной системе отсчёта происходят одновременно, то вполне возможно, что $t_2' - t_1' \neq 0$, т.е. эти же события в движущейся относительно неё системе отсчёта могут быть не одновременны.

Если t_2-t_1>0, то $t_2' - t_1'$ может быть как больше нуля, так и меньше нуля. Это означает, что может меняться не только интервал времени между событиями, но даже порядок следования событий! Правда, этого не может произойти в том случае, если события связаны причинно-следственной связью, - поскольку причина не может произойти позже следствия, вызванного этой причиной.

5. ИНТЕРВАЛ

Открытие теории относительности перевернуло представления об окружающем нас мире. Оказывается, наблюдатели, находящиеся в разных инерциальных системах отсчёта, измеряя длину одного и того же тела, получат разные результаты.

Два события, происходящие на определённом расстоянии друг от друга и через определённый интервал времени, для наблюдателя из другой инерциальной системы отсчёта будут происходить на другом расстоянии и через другой интервал времени.

Более того, событие, которое произошло первым, для другого наблюдателя может произойти вторым!

Но в специальной теории относительности есть и *инвариантные*[•] величины. Одна из них - скорость света в вакууме. Другой инвариантной величиной является интервал.

Интервал S_n между событиями 1 и 2 есть величина, определяемая выражением

$$S_{12}^2 = c^2 t_{12}^2 - l_{12}^2,$$

где t_{12} - промежуток времени между событиями; l_{12} - расстояние между точками, где происходят события.

Попробуем вычислить интервал между двумя событиями, пространственные и временные координаты которых определены наблюдателями из разных систем отсчёта:

$$c^2 t_{12}^{'2} - x_{12}^{'2} = c^2 \frac{\left(t_{12} - x_{12}\dfrac{v}{c^2}\right)^2}{1 - \dfrac{v^2}{c^2}} - \frac{\left(x_{12} - v t_{12}\right)^2}{1 - \dfrac{v^2}{c^2}} = c^2 t_{12}^2 - x_{12}^2 .$$

Таким образом, интервал между двумя событиями действительно одинаков, т.е. инвариантен, в различных инерциальных системах отсчёта. Поэтому утверждение "события разделены интервалом S_{12}" абсолютно, оно справедливо во всех инерциальных системах отсчёта.

По своей сути интервал есть расстояние между событиями. Только это расстояние не в привычном трёхмерном пространстве, а в четырёхмерном, координатами которого являются три пространственные координаты и время.

В процессе работы над специальной теорией относительности Эйнштейн обнаружил, что один из фундаментальных законов классической физики - закон сохранения импульса не выполняется. Точнее - если в одной системе отсчёта суммарный импульс тел системы сохраняется, то в другой системе отсчёта импульс той же системы тел может не сохраняться.

Позже Эйнштейн показал, что если изменить определение классического импульса $\boldsymbol{p}=m\boldsymbol{v}$, то закон сохранения импульса будет выполняться и в рамках теории относительности. Поскольку Эйнштейн исходил из того, что специальная теория относительности не должна

[•] так называют величины, имеющие одинаковое значение во всех инерциальных системах отсчёта отвергать фундаментальные законы классической механики, он предложил заменить классическое определение импульса на новое

$$\mathbf{p} = \frac{m\mathbf{v}}{\sqrt{1 - \mathrm{v}^2 / c^2}}.$$

Релятивистский импульс зависит от скорости движения тела относительно наблюдателя и нелинейно увеличивается с её ростом.

Масса является релятивистски инвариантной – она одинакова во всех инерциальных системах отсчёта.

7. ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ДИНАМИКИ

Основное уравнение релятивистской динамики (в классической физике это второй закон Ньютона) внешне выглядит как в классической - $\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$. Но вместо классического в нём использован релятивистский импульс. Поэтому его можно переписать в такой форме:

$$\boldsymbol{F} = \frac{d}{dt}\left(\frac{m}{\sqrt{1 - \frac{\mathrm{v}^2}{c^2}}}\mathbf{v}\right)$$

Это выражение и называют **основным уравнением релятивистской динамики**.

Важно отметить, что одно и то же внешнее воздействие в разных инерциальных системах отсчёта будет характеризоваться различными силами. Другими словами, сила в теории относительности – величина неинвариантная.

Кроме того, в общем случае сила и ускорение не совпадают не только по величине, но и по направлению. Чтобы убедиться в этом, возьмём производную по времени, имеющуюся в правой части основного уравнения релятивистской динамики

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{m}{\sqrt{1 - \mathrm{v}^2 / c^2}}\right) \cdot \mathbf{v} + \left(\frac{m}{\sqrt{1 - \mathrm{v}^2 / c^2}}\right) \cdot \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{F}.$$

Обратите внимание: первый член полученной суммы направлен параллельно скорости частицы, а второй член, в который, собственно, и входит ускорение *d*v/*dt*, параллелен ускорению. В то же время сумма этих двух векторов равна силе, приложенной к частице.

Таким образом, ускорение параллельно силе лишь в тех случаях, когда складываемые векторы параллельны между собой. В остальных случаях направления у них не совпадают.

8. КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ЧАСТИЦЫ

Кинетическая энергия в теории относительности вводится точно так же, как и в классической динамике, - это величина, приращение которой равно работе силы (сил), действующей на частицу:

$$dW_к = \boldsymbol{F}d\boldsymbol{r} = \boldsymbol{F}\boldsymbol{v}dt.$$

В соответствии с основным уравнением релятивистской динамики

$$\mathbf{F} = \frac{m}{\sqrt{1-\mathrm{v}^2/c^2}} \cdot \frac{d\mathbf{v}}{dt} + \frac{m\mathbf{v}}{c^2\left(1-\mathrm{v}^2/c^2\right)^{3/2}} \cdot \mathrm{v}\frac{d\mathrm{v}}{dt}.$$

Переписав с учётом последнего выражения определение кинетической энергии, получим

$$dW_к = \frac{m\mathrm{v}d\mathrm{v}}{c^2\left(1-\mathrm{v}^2/c^2\right)^{3/2}} \cdot \mathbf{v}\mathbf{v} + \frac{m}{\sqrt{1-\mathrm{v}^2/c^2}} \cdot \mathbf{v}d\mathbf{v}$$

После несложных преобразований получим связь между изменением кинетической энергии и ее скоростью

$$dW_к = c^2 d\left(\frac{m}{\sqrt{1-\mathrm{v}^2/c^2}}\right) \Rightarrow W_к = \int_0^{\mathrm{v}} \frac{m\mathrm{v}}{\left(1-\mathrm{v}^2/c^2\right)^{3/2}} d\mathrm{v} = mc^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\mathrm{v}^2/c^2}} - 1\right)$$

Последнее выражение при $\mathrm{v} \ll c$ после разложения в ряд Тейлора можно свести к классическому выражению для кинетической энергии

$$W_к = \frac{m\mathrm{v}^2}{2}.$$

9. ВЗАИМОСВЯЗЬ МАССЫ И ЭНЕРГИИ

В предыдущем разделе было показано, что приращение кинетической энергии тела связано с возрастанием его импульса. Поскольку кинетическая энергия есть нечто иное, как разность значений полной энергии в двух состояниях: покоя и движения, то

$$W = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\mathrm{v}^2/c^2}}$$

Это полная энергия в состоянии движения тела, а $W_0 = mc^2$ - это полная энергия покоя или просто собственная энергия частицы (тела).

Тогда полную энергию движущегося тела можно записать как:

$$W = W_к + mc^2$$

Полученный результат очень важен, поскольку масса тела и его энергия покоя связаны между собой. Масса есть мера энергосодержания тела. Всякое увеличение энергии покоя тела увеличивает массу тела, и, наоборот, всякое уменьшение энергии покоя тела вызывает уменьшение его массы. Например, Солнце, испускающее излучение за счёт внутренней энергии, за каждую секунду теряет примерно $4 \cdot 10^9$ кг. В повседневной жизни мы не замечаем увеличения массы нагретого тела потому, что сообщённая нагретому телу дополнительная энергия составляет очень незначительную долю полной энергии тела.

10. СВЯЗЬ ЭНЕРГИИ И ИМПУЛЬСА ЧАСТИЦЫ

Поскольку полная энергия тела и его импульс зависят от скорости, они должны быть связаны. Найдём эту связь.

$$W^2 - p^2c^2 = \frac{m^2c^4}{1 - \mathrm{v}^2/c^2}\left(1 - \frac{\mathrm{v}^2}{c^2}\right) = m^2c^4 .$$

Полученное выражение довольно интересно. Обратите внимание: в правой части выражения отсутствует скорость тела, а имеющиеся величины - масса и скорость света в вакууме - являются релятивистскими *инвариантами*. Значит, это соотношение выполняется во всех инерциальных системах отсчёта, т.е. оно инвариантно по отношению к системе отсчёта.

Несмотря на то что скорость одного и того же тела в разных системах отсчёта различна и соответственно различны импульс и кинетическая энергия тела, разность квадрата полной энергии тела и произведения квадрата импульса тела на квадрат скорости света в вакууме во всех инерциальных системах отсчёта одинакова!

Кроме того, полученное выражение показывает, как связаны между собой полная энергия тела E и его импульс p

$$W^2 - p^2c^2 = m^2c^4 .$$

11. ИНВАРИАНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Привычные представления об окружающем мире основаны на механике Ньютона. Эйнштейн показал, что классический подход верен при скоростях, значительно меньших скорости света в вакууме. Более адекватны представления, основанные на постулатах Эйнштейна, т.е. на специальной теории относительности.

Как отмечено в разд. 5, многие инвариантные по классическим представлениям характеристики зависят от того, в какой инерциальной системе отсчёта они измеряются. Создаётся впечатление, что мир становится неопределённым - одно и то же тело для разных наблюдателей имеет разную длину, одни и те же часы для разных наблюдателей идут по-разному.

Но тем не менее мир остаётся вполне определённым. В нём всё-таки существуют инвариантные характеристики. Может быть, они не так привычны, но они есть. Это скорость света вакууме, масса, собственное время, интервал между событиями, заряд, электромагнитные инварианты и др.