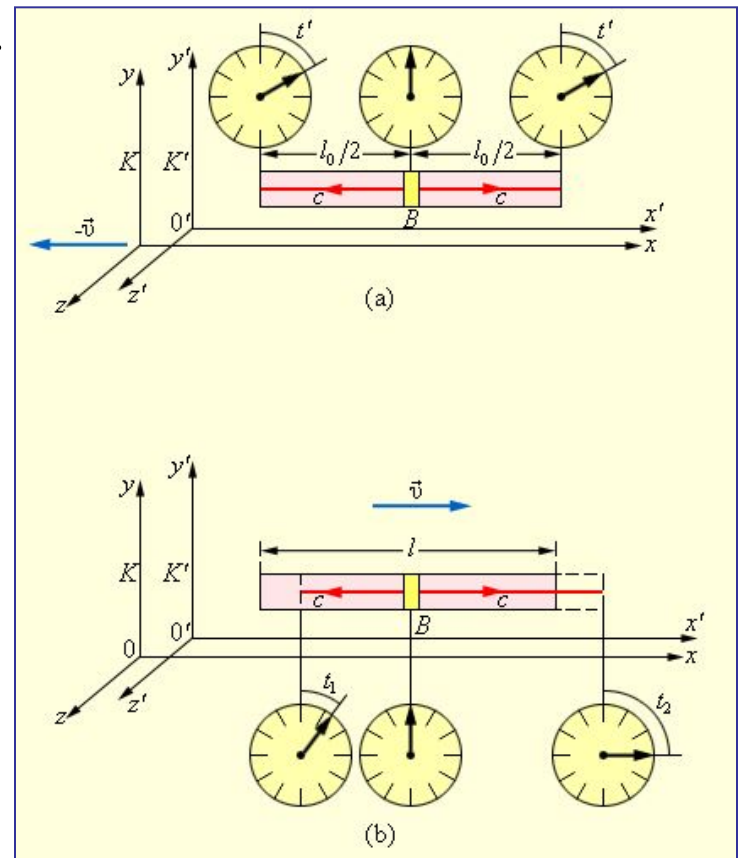


Следствия из преобразований Лоренца.

1. Относительность одновременности:

Два события одновременные в одной системе отсчета, могут быть неодновременными в другой системе.



Световой импульс достигает концов твердого стержня одновременно в системе отсчета K' (a) и не одновременно в системе отсчета K (b).

2. Относительность промежутков времени между событиями:

Промежуток времени между событиями – величина относительная и зависит от выбора системы отсчета.

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

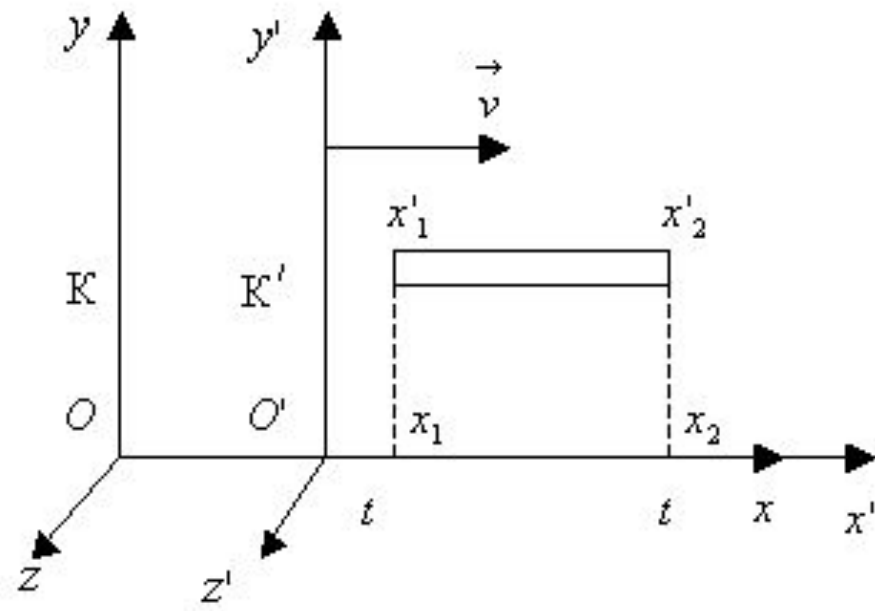
где $\Delta t'$ - промежуток времени между событиями, произошедшими в системе отсчета K' (отсчитывается по часам, находящимся в системе K'); Δt – промежуток времени между этими событиями, отсчитанный по часам, находящимся в системе S .

При исследовании космических лучей в их составе обнаружены μ -мезоны – элементарные частицы с массой, примерно в 200 раз превышающей массу электрона. Их среднее собственное время жизни равно $2,2 \cdot 10^{-6}$ с. В космических лучах μ -мезоны движутся со скоростью, близкой к скорости света. Без учета релятивистского эффекта замедления времени они в среднем пролетали бы в атмосфере примерно 660 м. Как показывает опыт, мезоны за время жизни успевают пролетать без распада гораздо большие расстояния. Согласно СТО, среднее время жизни мезонов по часам земного наблюдателя больше собственного времени жизни и средний путь, проходимый мезоном в земной системе отсчета, оказывается значительно больше 660 м.

3. Изменение размеров движущихся тел:

Продольный размер тела – величина относительная и зависит от выбора системы отсчета.

Длина стержня, измеренная в системе отсчета, относительно которой он покоится, называется **собственной** длиной.



Длина стержня в К (длина движущегося стержня): $L = x_2 - x_1$.

Длина стержня в К' (в этой системе стержень покоится):

$$L' = x_2' - x_1'$$

$$L' = \frac{L}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}},$$

где L' – длина стержня, расположенного вдоль оси и покоящегося в системе K' (отсчитывается в системе отсчета K'); L – длина этого же стержня, измеренная в системе отсчета K .

При движении тел изменяются только продольные размеры; размеры перпендикулярные к направлению движения, остаются неизменными.

Лоренцево сокращение – эффект чисто кинематический: никакими внутренними напряжениями в телах это сокращение не сопровождается. Лоренцево сокращение нельзя ни увидеть, ни сфотографировать. Увидеть – это значит получить световые сигналы, идущие от разных точек тела. Вследствие того, что разные точки тела удалены от наблюдателя не одинаково, а скорость света конечна, на сетчатку глаза попадают одновременно световые импульсы, испущенные не одновременно. Это приводит к такому искажению изображения, которое полностью компенсирует Лоренцево сокращение.

4. Релятивистский закон сложения скоростей:

Пусть некоторое тело движется вдоль оси x' в системе отсчета K' со скоростью $\overset{\Delta}{u}'$ относительно последней. Проекция этой скорости на ось x' в системе отсчета $K' - u'_x$.

Проекция $\overset{\Delta}{u}$ скорости этого тела в системе отсчета K на ось x этой системы равна:

$$u_x = \frac{u'_x + V}{1 + \frac{V \cdot u'_x}{c^2}}.$$

Рассмотрим пример. Свет распространяется в K' : $v'_x = c$. Найдём скорость света относительно K : $v_x = ?$

$$v_x = \frac{c + V}{1 + \frac{Vc}{c^2}} = c$$

Таким образом, свет в любой системе отсчета распределяется со скоростью c . Скорость света в вакууме есть предельная величина.

Пространственно–временной интервал

В теории относительности рассматривается связь пространства и времени, которая выражается в четырехмерном пространстве-времени. Точки этого пространства характеризуются 4 числами (x, y, z, t) и называются событиями.

Пусть одно событие имеет координаты $x_1 y_1 z_1 t_1$, а другое $x_2 y_2 z_2 t_2$. Величину ΔS называют интервалом между этими событиями:

$$\Delta S = \sqrt{c^2 (t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2}$$

$$L = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \quad \text{— расстояние между точками обычного трехмерного пространства}$$

$$\Delta S = \sqrt{c^2 \cdot \Delta t^2 - L^2}$$

Пространственно-временной интервал является инвариантной величиной по отношению к переходу от одной инерциальной системы отсчета к другой.

Виды интервалов:

1. Если первое событие – отправка светового сигнала из точки (x_1, y_1, z_1) в момент времени t_1 , а второе – прием этого сигнала в точке (x_2, y_2, z_2) в момент времени t_2 , то $L = c \cdot \Delta t$ и следовательно $\Delta S = 0$.
2. Если $L > c \cdot \Delta t$, то события причинно не связаны друг с другом. Интервал ΔS в этом случае является мнимым и называется пространственноподобным. События, разделенные таким интервалом, называются абсолютно удаленными. Эти события не могут быть пространственно совмещены ни в одной системе отсчета, но можно найти систему отсчета, где они происходят одновременно ($\Delta t=0$).
3. Если $L < c \cdot \Delta t$, то события могут быть причинно связаны друг с другом. Интервал ΔS в этом случае называется времениподобным. События, разделенные таким интервалом, не могут произойти одновременно ни в одной системе отсчета, но можно найти систему отсчета, где они происходят в одной и той же точке ($L=0$).

Основное значение теории относительности в том, что она разрушила учение классической физики об абсолютном характере пространства и времени, установила их относительный характер и неразрывную связь между ними.

Релятивистские масса и импульс. Взаимосвязь массы и энергии.

Эйнштейн показал, что масса тела зависит от его скорости:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где m_0 – масса тела в той системе отсчета, где тело покоится (масса покоя); m – масса тела в той системе, относительно которой тело движется (релятивистская масса); v – скорость тела относительно системы отсчета, в которой определяется масса m .

Релятивистский импульс:

$$\vec{p} = m\vec{v},$$

где m – релятивистская масса.

Закон взаимосвязи массы и энергии. Полная энергия материального объекта равна произведению его релятивистской массы на квадрат скорости света в вакууме:

$$E = mc^2,$$

где m – релятивистская масса; E – полная энергия материального объекта.

Кинетическая энергия объекта:

$$E_k = E - E_0,$$

где $E = mc^2$ - полная энергия; $E_0 = m_0c^2$ - энергия покоя.

В полную энергию и энергию покоя не входит потенциальная энергия, которой обладает тело во внешнем потенциальном поле.

Из закона взаимосвязи массы и энергии следует, что всякое изменение массы тела на Δm сопровождается изменением его энергии на ΔE :

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2.$$

Зависимость
кинетической энергии
от скорости для
релятивистской (a) и
классической (b)
частиц.
При $v \ll c$ оба закона
совпадают.

