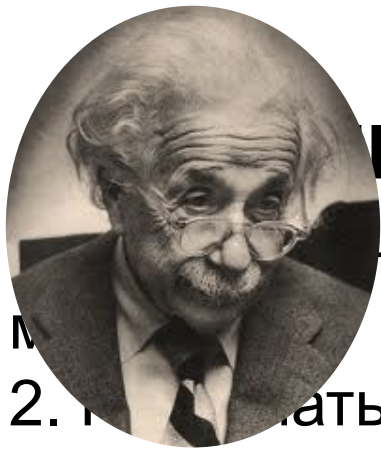


Лекция № 10. (10.04.15)

ЭЛЕМЕНТЫ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ МЕХАНИКИ



...ность принципа относительности классической

М

2. ...аты специальной теории относительности.

3. Преобразования Лоренца.

4. Следствия специальной теории относительности.

5. Пространственно-временной интервал и его инвариантность.

Самое прекрасное и глубокое переживание, выпадающее на долю человека, - это ощущение таинственности.

А. Эйнштейн

Возникшие проблемы

Классическая физика не могла объяснить:

- явление фотоэффекта;
- спектр излучения нагретых тел;
- взаимопревращаемость химических элементов;
- опыт Майкельсона - Морли;
- появление энергии при радиоактивном распаде;
- изменение скорости электрона в зависимости от его скорости

Пути выхода из кризиса

1. Объявить несостоятельными принцип относительности Галилея и выделить преимущественную систему отсчёта;
2. Считать неправильными уравнения Максвелла;
3. Отказаться от классических представлений, пересмотрев их с новой точки зрения.

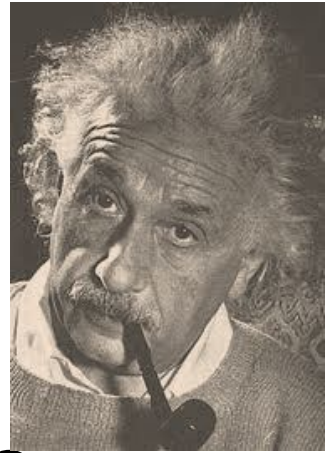
2. Постулаты СТО

Эта теория, считая, что все инерциальные системы координат совершенно равноправны и в отношении механических, и электромагнитных явлений, а скорость света инвариантна во всех инерциальных системах отсчета, разрешала противоречия классической физики тем, что содержала новый взгляд на пространство и время. Эйнштейн в основу специальной теории относительности заложил два постулата:

1. Принцип относительности Эйнштейна. Уравнения, выражающие законы природы инвариантны (неизменны) по отношению к преобразованию координат и времени от одной инерциальной системы отсчета к другой.

2. Принцип постоянства скорости света. Скорость света в пустоте одинакова во всех инерциальных системах отсчета и не зависит от движения источника или приемника света. Скорость света в вакууме всегда постоянна и равна 300000 км/с, она является предельной скоростью распространения любого сигнала.

Постулаты СТО

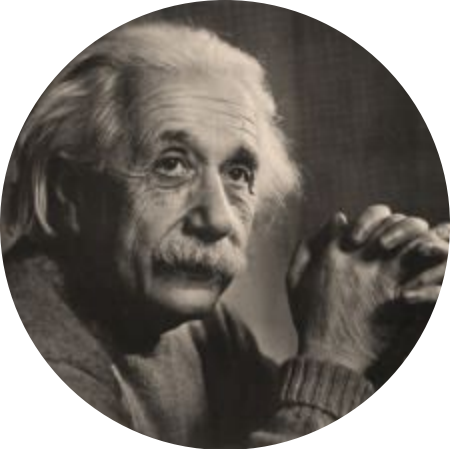


1. Принцип относительности:

Все законы природы одинаковы во всех ИСО.

Следствия:

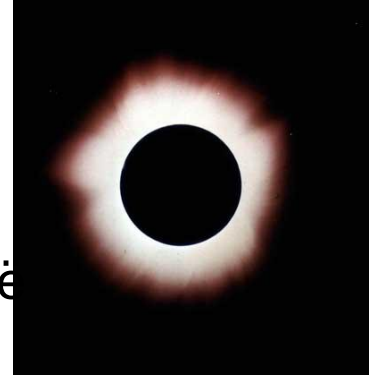
1. Относительность времени.
2. Относительность расстояний.
3. Относительность массы.
4. Взаимосвязь массы и энергии.
5. Релятивистский закон сложения скоростей.



Постулаты СТО

С тех пор, как на теорию относительности навалились математики, я сам перестал её понимать.

А. Эйнштейн



2. Принцип постоянства скорости света:

скорость света в вакууме одинакова во всех ИСО.

Следствие:

Скорость света – максимально возможная скорость распространения любого взаимодействия.

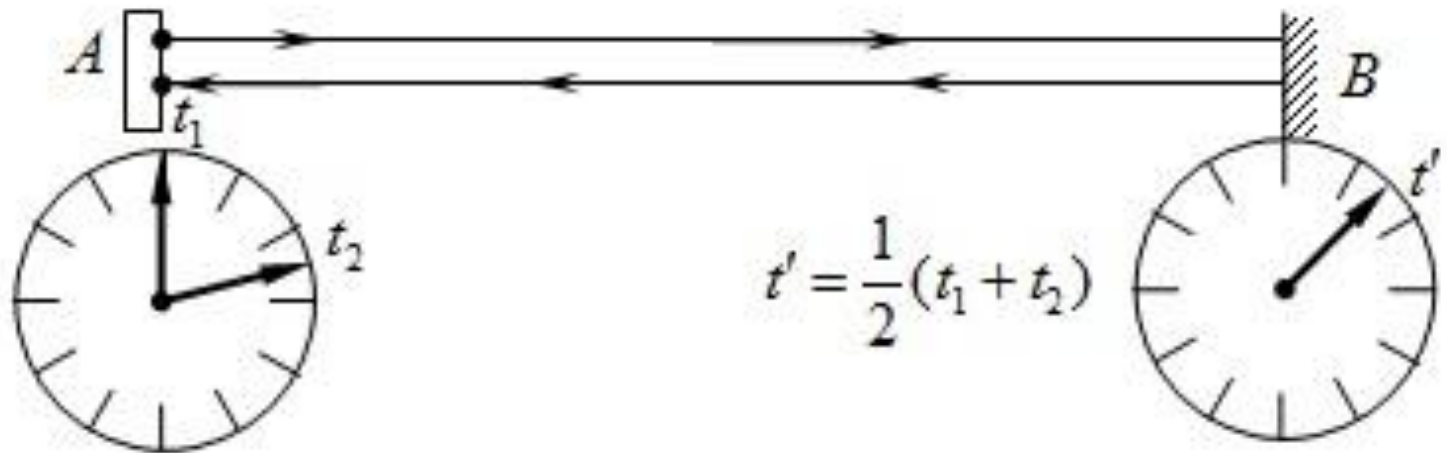
3. Преобразования Лоренца

В СТО *событие* определяется как физическое явление, происходящее в какой-либо точке пространства в некоторый момент времени в избранной системе отсчета. ¶

Измерение промежутка времени опирается на понятие *одновременности*: длительность какого-либо процесса определяется путем сравнения с промежутком времени, отделяющим показание часов, одновременное с концом процесса, от показания тех же часов, одновременного с началом процесса. Если же оба события происходят в разных точках системы отсчета, то для измерения промежутков времени между ними в этих точках необходимо иметь *синхронизованные часы*. ¶

После выполнения процедуры синхронизации часов (основано на независимости скорости света в вакууме от направления распространения) — *события одновременны, если синхронизованные часы показывают одинаковое время*. ¶

3. Преобразования Лоренца



3. Преобразования Лоренца

$$\begin{array}{l} K \rightarrow K' \\ \left\{ \begin{array}{l} x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \\ y = y', \\ z = z', \\ t = \frac{t' + vx' / c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \end{array} \right. \end{array} \quad \begin{array}{l} K' \rightarrow K \\ \left\{ \begin{array}{l} x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \\ y' = y, \\ z' = z, \\ t' = \frac{t - vx / c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \end{array} \right. \end{array} \quad (10.1)$$

где $\beta = v/c$.

4. Следствия специальной теории относительности

$$\tau = t_2 - t_1 = \frac{t'_2 + vx'/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} - \frac{t'_1 + vx'/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{t'_2 - t'_1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}}. \quad (10.2)$$

Таким образом, собственное время τ_0 всегда меньше, чем промежуток времени между этими же событиями, измеренный в любой другой системе отсчета. Этот эффект называют *релятивистским замедлением времени*.

4. Следствия специальной теории относительности

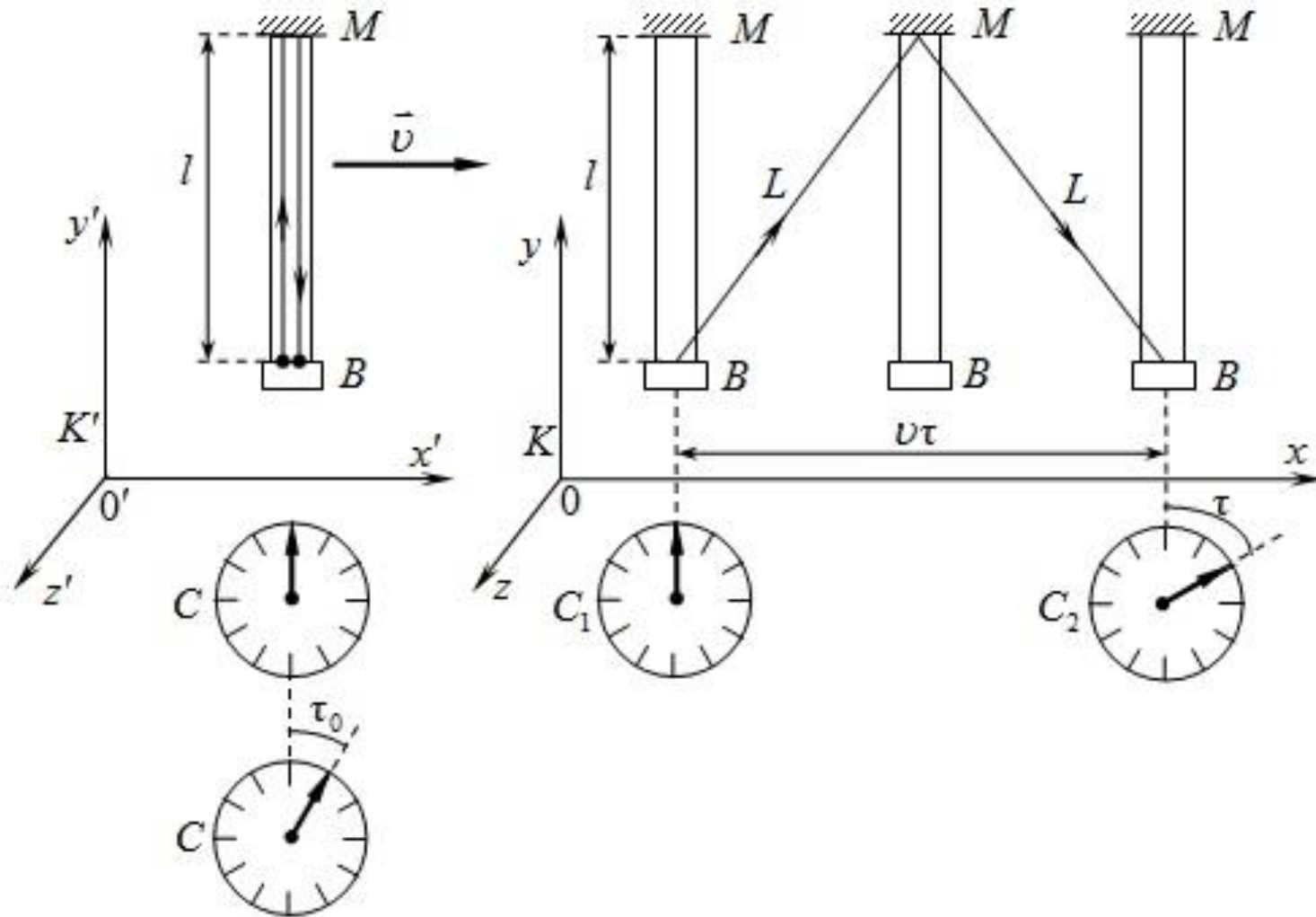


Рис. 10.2

4. Следствия специальной теории относительности

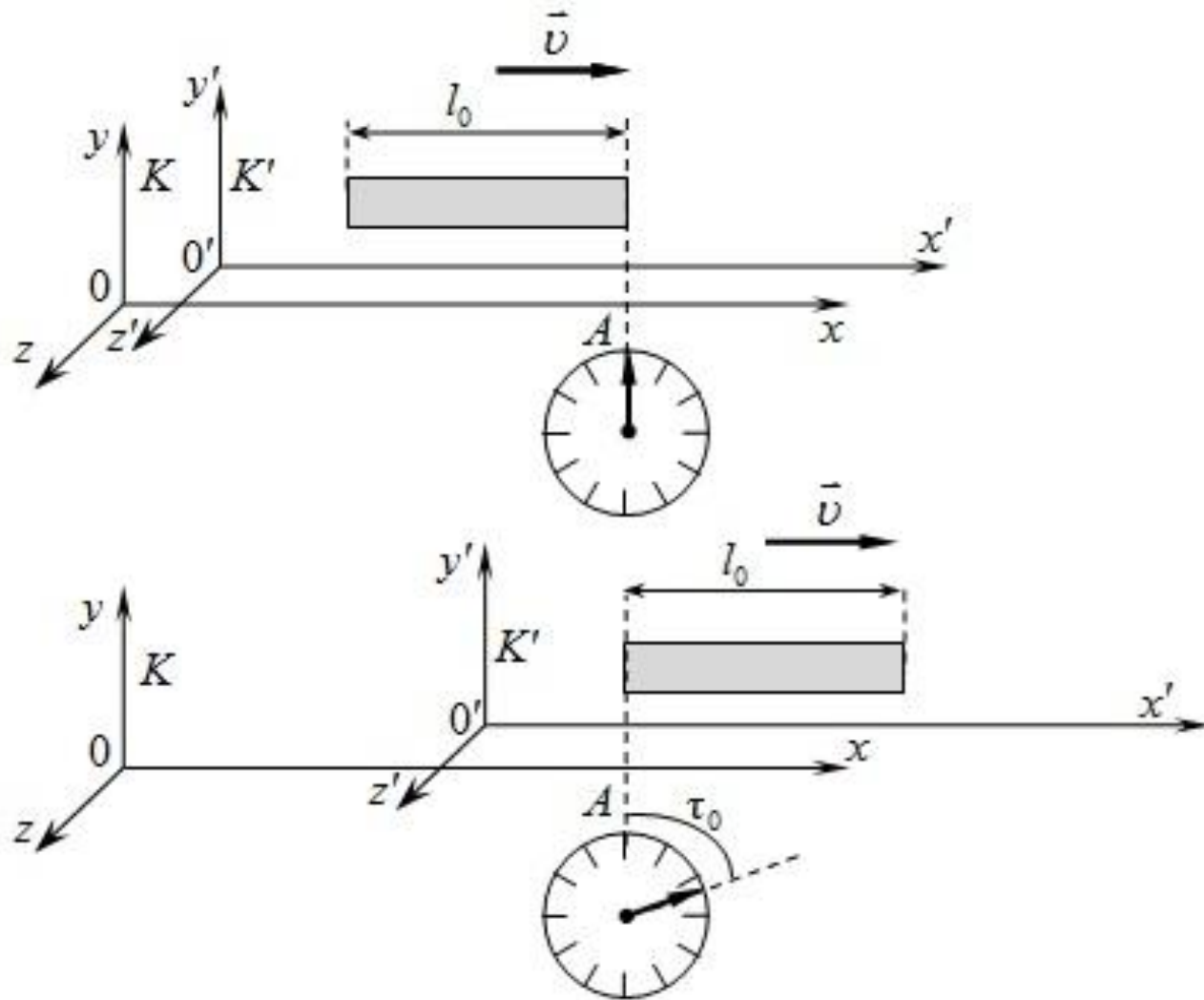


Рис. 10.3.

4. Следствия специальной теории относительности

Длина l движущегося стержня равна $l = v\tau_0$.

С точки зрения наблюдателя в системе K' , точка A , принадлежащая системе K , движется вдоль неподвижного стержня налево со скоростью v , поэтому:

$$l_0 = v\tau, \quad (10.3)$$

где τ – промежуток времени между моментами прохождения точки A мимо концов стержня, измеренный по синхронизованным часам в K' .

Используя связь между промежутками времени τ и τ_0 (10.2):

$$l = l_0 \sqrt{1 - v^2 / c^2} = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}. \quad (10.4)$$

Движущиеся относительно наблюдателя тела сокращаются в направлении своего движения. Этот релятивистский эффект называется лоренцево сокращение длины.

4. Следствия специальной теории относительности

Одно из важнейших следствий из преобразований Лоренца – вывод об *относительности одновременности*.

Пусть, например, в двух разных точках системы отсчета K' ($x'_1 \neq x'_2$) одновременно с точки зрения наблюдателя в K' ($t'_1 = t'_2 = t'$) происходят два события. Согласно преобразованиям Лоренца, для наблюдателя в системе K :

$$x_1 = \frac{x'_1 + vt'}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad x_2 = \frac{x'_2 + vt'}{\sqrt{1-\beta^2}} \Rightarrow x_1 \neq x_2. \quad (10.5)$$

$$t_1 = \frac{t' + vx'_1/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad t_2 = \frac{t' + vx'_2/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} \Rightarrow t_1 \neq t_2. \quad (10.6)$$

Следовательно, в системе K эти события, оставаясь пространственно разобщенными, оказываются неодновременными.

4. Следствия специальной теории относительности

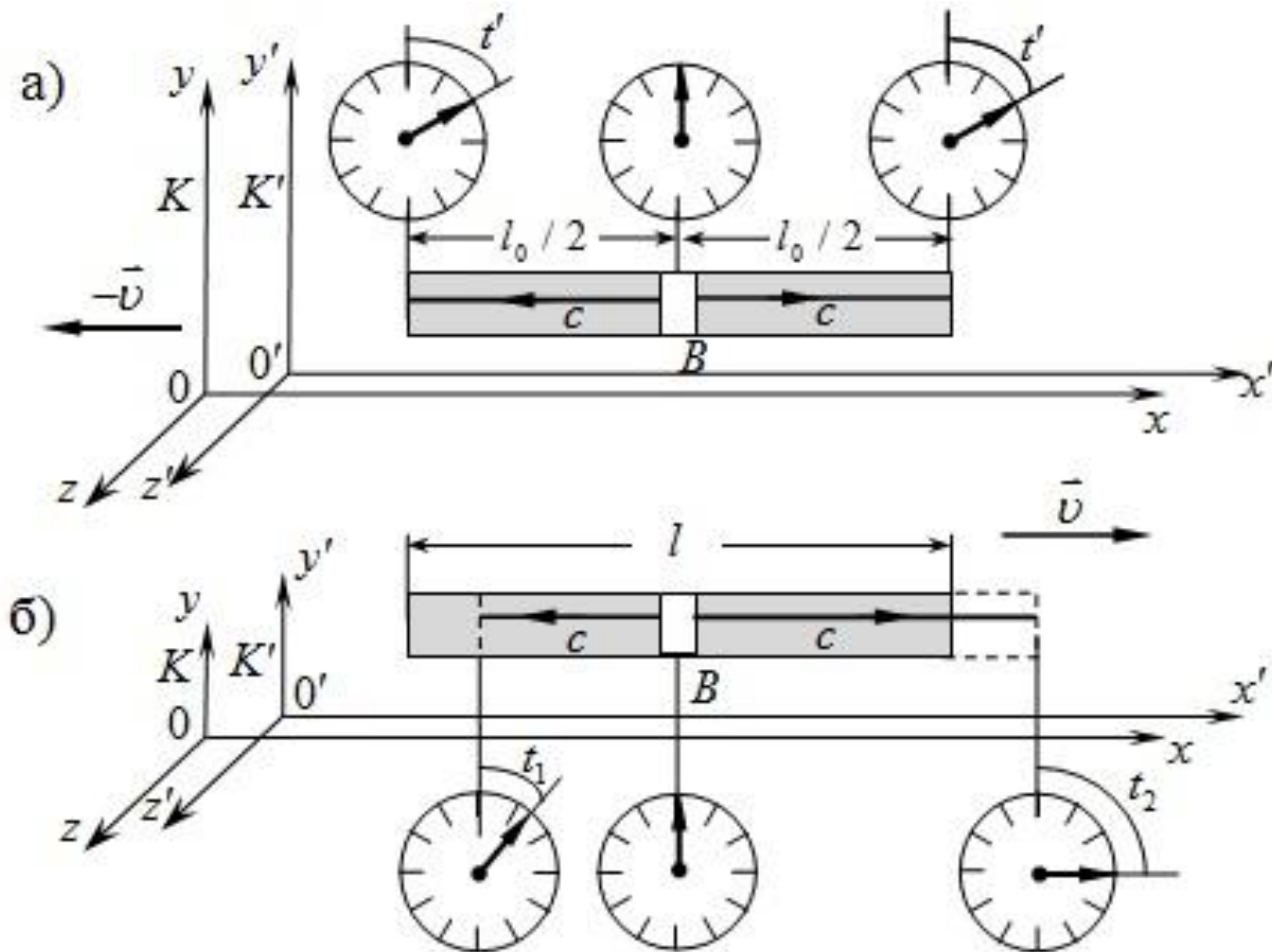


Рис. 10.4.

5. Пространственно-временной интервал и его инвариантность

Пространственно-временной интервал определяется в СТО соотношением:

$$s_{12} = \sqrt{c^2 t_{12}^2 - l_{12}^2}, \quad (10.7)$$

где t_{12} – промежуток времени между событиями в некоторой системе отсчета, а l_{12} – расстояние между точками, в которых происходят рассматриваемые события, в той же системе отсчета.

В частном случае ($x_1 = y_1 = z_1 = 0$, в момент времени $t_1 = 0$ для 1-го события, а второе – в точке с координатами x, y, z в момент времени t), пространственно-временной интервал между этими событиями записывается в виде:

$$s = \sqrt{c^2 t^2 - x^2 - y^2 - z^2}. \quad (10.8)$$

5. Пространственно-временной интервал и его инвариантность

Инвариантность интервала означает, что, несмотря на относительность расстояний и промежутков времени, протекание физических процессов носит объективный характер и не зависит от системы отсчета.

Например, если одно из событий – вспышка света в начале координат СО при $t=0$, а второе – приход светового фронта в точку с координатами x, y, z в момент времени t , то $x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$, \Rightarrow интервал для этой пары событий $s=0$. В другой СО координаты и время второго события будут другими, но и в этой системе $s'=0$, т. к.

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2. \quad (10.9)$$

Таким образом, для любых двух событий, связанных между собой световым сигналом, интервал равен нулю.

Если изучение физики порождает:
беспокойство, замешательство, страх,
уныние или негодование, то это
привычное с детства отношение к
возникшим трудностям !!!

Надо незамедлительно заменить на
прямо противоположное и проблема
начнет решаться быстро и легко...



Лекция окончена!!!