

# СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ. ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ ОДНОВРЕМЕННОСТИ. ПОСТУЛАТЫ ЭЙНШТЕЙНА

*Самое прекрасное в мире – это тайна. Она  
источник искусства и науки.*

**Специальная теория относительности (СТО; также называемая частная теория относительности) — теория, описывающая движение, законы механики и пространственно-временные отношения при произвольных скоростях движения, меньших скорости света в вакууме, в том числе близких к скорости света. В рамках специальной теории относительности классическая механика Ньютона является приближением низких скоростей. Фактически СТО описывает геометрию четырёхмерного пространства-времени и базируется на плоском (то есть неискривленном) пространстве.**

# В основу специальной теории относительности

Эйнштейна

## Постулаты специальной теории относительности Эйнштейна (1905 г.)



### Постулат 1. Принцип относительности

*«Движение системы отсчёта по инерции не может быть обнаружено никакими физическими опытами внутри закрытой лаборатории, связанной с этой системой отсчёта»*

### Постулат 2. Принцип постоянства скорости света

*«Свет в пустоте всегда распространяется с определенной скоростью  $c$ , не зависящей от движения излучающего тела»*

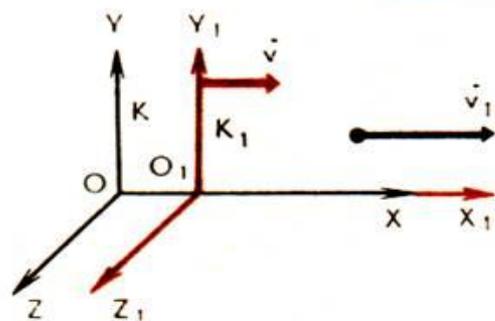
Следствие выше предложенных постулатов может  
быть

## Следствия постулатов СТО

### 3. Релятивистский закон сложения скоростей

$$v_2 = \frac{v_1 + v}{1 + \frac{v_1 v}{c^2}}$$

$v_2$  – скорость тела в движущейся системе отсчета  
 $v_1$  – скорость тела в неподвижной системе отсчета  
 $v$  – скорость движения системы отсчета  
 $c$  – скорость света



Основным отличием СТО от классической механики является зависимость (наблюдаемых) пространственных и временных характеристик от скорости. Описываемые специальной теорией относительности отклонения в протекании физических процессов от предсказаний классической механики называют релятивистскими эффектами, а скорости, при которых такие эффекты становятся существенными, — релятивистскими скоростями.

Центральное место в специальной теории относительности занимают преобразования Лоренца, которые позволяют преобразовывать пространственно-временные координаты событий при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой.

# Создание специальной теории относительности

Предпосылкой к созданию теории относительности явилось развитие в XIX веке электродинамики. Результатом обобщения и теоретического осмысления экспериментальных фактов и закономерностей в областях электричества и магнетизма стали уравнения Максвелла, описывающие эволюцию электромагнитного поля и его взаимодействие с зарядами и токами. В электродинамике Максвелла скорость распространения электромагнитных волн в вакууме не зависит от скоростей движения как источника этих волн, так и наблюдателя, и равна скорости света. Таким образом, уравнения Максвелла оказались неинвариантными относительно преобразований Галилея, что противоречило классической механике.

Специальная теория относительности была разработана в начале XX века усилиями Г. А. Лоренца, А. Пуанкаре, А. Эйнштейна и других учёных.

Экспериментальной основой для создания СТО послужил опыт Майкельсона.

Результаты оказались неожиданными для классической физики того времени: скорость света не зависит от направления и орбитального движения Земли вокруг Солнца. Попытка интерпретировать полученные данные вылилась в пересмотр классических представлений и привела к созданию специальной теории относительности.

При движении со скоростями всё более приближающимися к скорости света отклонение от законов классической динамики становится всё более существенным.

Второй закон Ньютона, связывающий силу и ускорение, должен быть модифицирован в соответствии с принципами СТО. Также импульс и кинетическая энергия тела сложнее зависят от скорости, чем в нерелятивистском случае.

Специальная теория относительности получила многочисленные подтверждения на опыте и является верной теорией в своей области применимости.

# Пространство и время в СТО

## Релятивистские

### Релятивистские эффекты

- относительность одновременности
- относительность расстояний  
(релятивистское сокращение длин)
- относительность промежутков времени  
(релятивистское замедление времени)
- инвариантность пространственно-временного интервала между событиями
- инвариантность причинно-следственных связей
- единство пространства-времени

# Рассмотрим некоторые релятивистские

**эффекты**  
1. Релятивистское замедление времени – кинематический эффект специальной теории относительности, заключающийся в том, что в движущемся теле все физические процессы проходят медленнее, чем следовало бы для неподвижного тела по отсчётам времени неподвижной (лабораторной) системы отсчёта.

Релятивистское замедление времени проявляется, например, при наблюдении короткоживущих элементарных частиц, образующихся в верхних слоях атмосферы под действием космических лучей и успевающих благодаря ему достичь поверхности Земли.

Данный эффект, наряду с гравитационным замедлением времени учитывается в спутниковых системах навигации. Например, в GPS ход времени часов спутников скорректирован на разницу с поверхностью Земли, составляющую суммарно 38 микросекунд в день.

В качестве иллюстрации релятивистского замедления времени часто приводится парадокс близнецов.

Формула для решения задач применимая для эффекта замедления времени:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$t$  – интервал времени  
в движущейся системе отсчета  
 $t_0$  – интервал времени  
в покоящейся системе отсчета  
 $v$  – скорость движения системы отсчета  
 $c$  – скорость света

# Парадокс близнецов

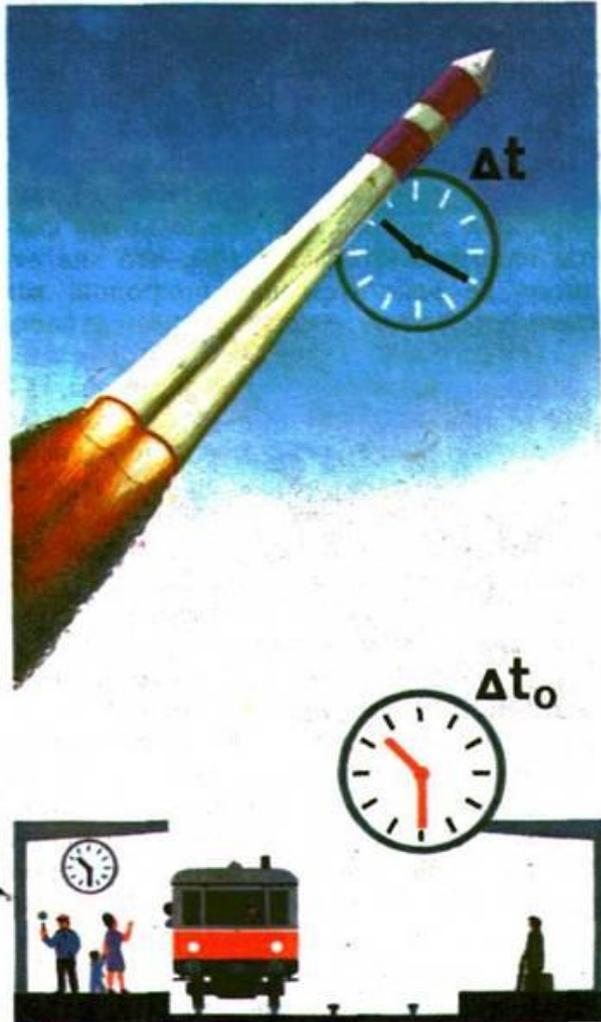
## В чем состоит парадокс?

Теория относительности утверждает, что если что-либо (или кто-либо) движется, то время у него начинает идти медленнее.

Причем, тем медленнее, чем быстрее он движется. В пределе, когда скорость его движения достигает скорости света, время останавливается совсем.

Эффект замедления времени можно рассмотреть и на таком примере:

## Замедление времени



Часы на борту движущегося космического корабля идут медленнее, чем покоящиеся часы

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

2. Релятивистское сокращение длины движущегося тела или масштаба — предсказываемый релятивистской кинематикой эффект, заключающийся в том, что с точки зрения наблюдателя движущиеся относительно него предметы имеют меньшую длину (линейные размеры в направлении движения), чем их собственная длина. Множитель, выражающий кажущееся сжатие размеров, тем сильнее отличается от 1, чем больше скорость движения предмета.

Эффект значим, только если скорость предмета по отношению к наблюдателю сравнима со скоростью света.

# Формула для решения задач применимая для эффекта

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

$l$  – длина тела в системе отсчета,  
в которой тело движется

$l_0$  – длина тела в системе отсчета,  
в которой тело покоится

$v$  – скорость движения тела

$c$  – скорость света

Спасибо за  
просмотр

Авторы: Зайкова Анна и Лутковская  
Арина  
Учащиеся 11 «А» класса