«Элементы теории относительности»

Выполнил ученик 11 «а» класса
Рядчиков Дима
Руководитель:
Владимирова Людмила Ильинична

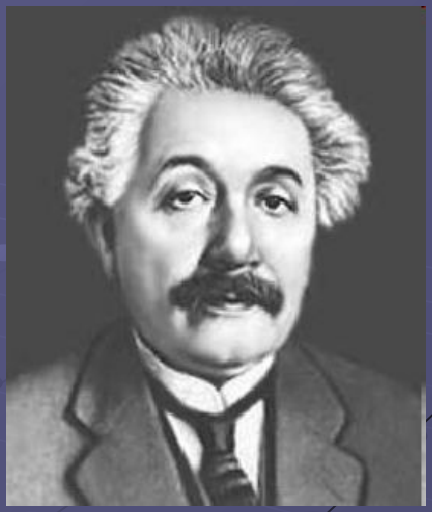
Содержание

- Законы электродинамики и принцип относительности.
- Постулаты теории относительности и основные следствия, вытекающие из постулатов теории относительности.
- Относительность одновременности.
- Зависимость массы от скорости. Релятивистская динамика и связь между массой и энергией.

Законы электродинамики и принцип относительности.

Согласно законам электродинамики скорость распространения электромагнитных волн в вакууме одинакова по всем направлениям и равна с = 300000000м/с. Но с другой стороны, в соответствии с законом сложения скоростей механики Ньютона скорость может равняться только в одной избранной системе отсчета.

Таким образом, обнаружились определенные противоречия между электродинамикой и механикой Ньютона, законы которой согласуются с принципом относительности. Возникшие трудности пытались преодолеть тремя различными способами.



Эйнштейн Альберт (1879—1955) — великий физик XX века.

- Первая возможность состояла в том, чтобы объявить, несостоятельным принцип относительности в применении к электромагнитным явлениям. На эту точку зрения стал великий голландский физик, основатель электронной теории Х. Лоренц. Электромагнитные явления еще со времен Фарадея рассматривались как процессы в особой, всепроникающей среде, заполняющей все пространство, «мировом эфире». Инерциальная система отсчета, покоящаяся относительно эфира, - это согласно Лоренцу особая преимущественная система. В ней законы электродинамики Максвелла справедливы и имеют наиболее простую форму. Лишь в этой системе отсчета скорость света в вакууме одинакова по всем направлениям.

- Вторая возможность состоит в том, чтобы считать неправильными уравнения Максвелла и пытаться изменить их таким образом, чтобы они при переходе от одной инерциальной системы к другой (в соответствии с обычными, классическими представлениями о пространстве и времени) не менялись. Такая попытка, в частности, была предпринята Г. Герцем. По Герцу, эфир полностью увлекается движущимися телами, и поэтому электромагнитные явления протекают одинаково, независимо от того, покоится тело или движется. Принцип относительности справедлив.

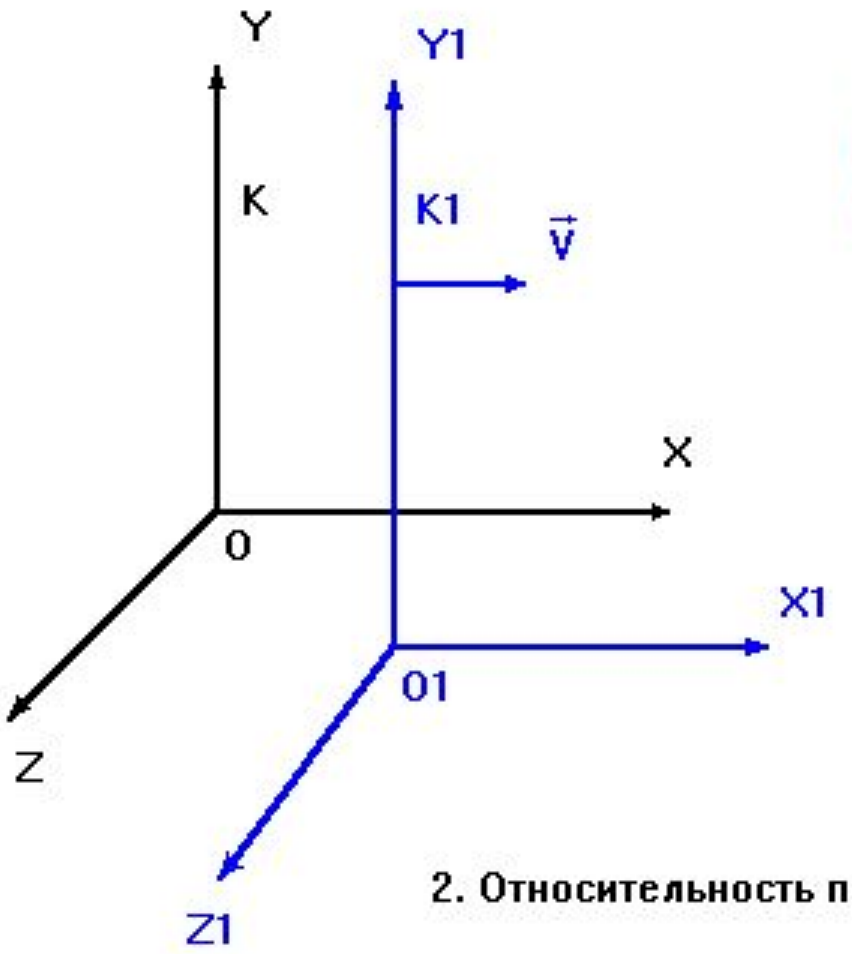
- Наконец, третья возможность разрешения указанных трудностей состоит в отказе от классических представлений о пространстве и времени, с тем, чтобы сохранить как принцип относительности, так и законы Максвелла. Это наиболее революционный путь, ибо он означает пересмотр в физике самых глубоких, самых основных представлений. С данной точки зрения оказываются неточными не уравнения электромагнитного поля, а законы механики Ньютона, согласующиеся со старыми представлениями о пространстве и времени. Изменять нужно законы механики, а не законы электродинамики Максвелла.

Единственно правильной оказалась именно третья возможность. Последовательно развивая ее. А. Эйнштейн пришел к новым представлениям о пространстве и времени. Первые два пути, как оказалось, опровергаются экспериментом.

При попытках Герца изменить законы электродинамики Максвелла выяснилось, что новые уравнения не способны объяснить ряд наблюдаемых фактов. Так, согласно теории Герца движущаяся вода должна полностью увлекать за собой распространяющийся в ней свет, так как она увлекает эфир, в котором свет распространяется. Опыт же показал, что в действительности это не так.

Точка зрения Лоренца, согласно которой должна существовать избранная система отсчета, связанная с мировым эфиром, пребывающим в абсолютном покое, также была опровергнута прямыми опытами.

Согласовать принцип относительности с электродинамикой Максвелла оказалось возможным, только отказавшись от классических представлений о пространстве и времени, согласно которым расстояния и течение времени не зависят от системы отсчета.



Постулаты теории относительности Эйнштейна.

1. Принцип относительности.
Все процессы природы протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчёта.

2. Скорость света в вакууме одинакова для всех инерциальных систем отсчёта. Она не зависит ни от скорости источника, ни от скорости приёмника светового сигнала.

Основные следствия, вытекающие из постулатов теории относительности.

1. Относительность расстояний.

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

2. Относительность промежутков времени. $t = \dfrac{t_o}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}$

3. Релятивистский закон сложения скоростей.

$$V_2 = \frac{V_1 + V}{1 + \dfrac{V_1 V}{c^2}}$$

4. Зависимость массы от скорости. $m = \dfrac{m_o}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}$

Импульс тела: $p = mV$

Формула Эйнштейна

$$E = m c^2$$

Рис. 4

Относительность одновременности.

Причиной несостоятельности классических представлений о пространстве и времени является неправильное предположение о возможности мгновенной передачи взаимодействий и сигналов из одной точки пространства в другую. Существование предельной конечной скорости передачи взаимодействий вызывает необходимость глубокого изменения обычных представлений о пространстве и времени, основанных на повседневном опыте. Представление об абсолютном времени, которое течет раз и навсегда заданным темпом, совершенно независимо от материи и ее движения, оказывается неправильным.

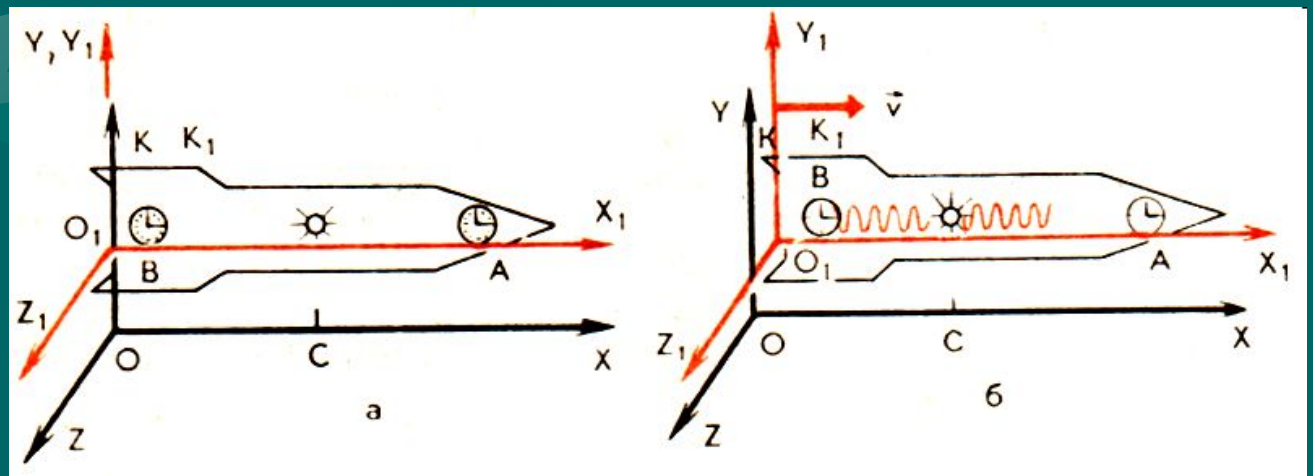
- Если допустить мгновенное распространение сигналов, то утверждение, что события в двух пространственно разделенных точках А и В произошли одновременно, будет иметь абсолютный смысл. Можно поместить в точки А и В часы и синхронизировать их с помощью мгновенных сигналив. Если такой сигнал отправлен из А, например, в 0 ч 45 мин и он в этот же момент времени по часам В пришел в точку В, то, значит, часы показывают одинаковое время, т. е. идут синхронно. Если же такого совпадения нет, то часы можно синхронизировать, подведя вперед те часы, которые показывают меньшее время в момент отправления сигнала.

- Любые события, например два удара молнии, одновременны, если они происходят при одинаковых показаниях синхронизированных часов.

- Только располагая в точках А и В синхронизированными часами, можно судить о том, произошли ли два каких-либо события в этих точках одновременно или нет. Но как можно синхронизировать часы, находящиеся на некотором расстоянии друг от друга, если скорость распространения сигналов не бесконечно велика?

- Для синхронизации часов естественно прибегнуть к световым или вообще электромагнитным сигналам, так как скорость электромагнитных волн в вакууме является строго определенной, постоянной величиной.

- Рассмотрим подробнее простой метод синхронизации часов, не требующий никаких вычислений. Допустим, что космонавт хочет узнать, одинаково ли идут часы А и В, установленные на противоположных концах космического корабля. Для этого с помощью источника, неподвижного относительно корабля и расположенного в его середине, космонавт и производит вспышку света. Свет одновременно достигает обоих часов. Если показания часов в этот момент одинаковы, то часы идут синхронно. Но так будет лишь относительно системы отсчета К1, связанной с кораблем. В системе же отсчета К, относительно которой корабль движется, положение иное. Часы на носу корабля удаляются от того места, где произошла вспышка света источника (точка с координатой ОС), и чтобы достигнуть часов А, свет должен преодолеть расстояние, большее половины длины корабля. Напротив, часы В на корме приближаются к месту вспышки, и путь светового сигнала меньше половины длины корабля. Поэтому наблюдатель в системе К придет к выводу, что сигналы достигают обоих часов не одновременно.
- Два любых события в точках А и В, одновременные в системе К1 не одновременны в системе К. Но в силу принципа относительности системы К1 и К совершенно равноправны. Ни одной из этих систем нельзя отдать предпочтение. Поэтому мы вынуждены прийти к заключению, что одновременность пространственно разделенных событий относительна. Причиной относительности одновременности является, как мы видим, конечность скорости распространения сигналов.



РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ДИНАМИКА. СВЯЗЬ МЕЖДУ МАССОЙ И ЭНЕРГИЕЙ

Зависимость массы от скорости:

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

где m_0 — масса покоящегося тела, m — масса того же тела, движущегося со скоростью v.

Импульс движущегося тела:

$$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Уравнение движения: $\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F}$, где $\vec{F}$ — сила, действующая на тело.

Это уравнение совпадает с уравнением второго закона Ньютона, записанного в "импульсной" форме.

Энергия движущегося тела:

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

При изменении энергии на ΔE масса изменяется на $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$.

Энергия покоя $E_0 = m_0 c^2$ имеется у любого тела уже благодаря самому факту его существования. Эта энергия полностью освобождается (переходит в другую форму) при аннигиляции пары частица — античастица. При ядерных реакциях происходит частичное превращение энергии покоя атомных ядер в кинетическую энергию ядер и/или их осколков (см. разделы "Энергия связи атомных ядер", "Ядерные реакции").