

Тема 5.2.1. Основы специальной теории относительности.

Классической механикой называется механика Ньютона. В классической механике выполняется принцип относительности Галлилея: **В любых инерциальных системах отсчета все механические процессы протекают одинаково.**

Следствия:

1. Время абсолютно, т.е. течет одинаково во всех системах отсчета

$$\Delta t = \Delta t'$$

2. Пространство абсолютно, т.е. длина любого отрезка одинакова во всех системах отсчета.

$$l = l'$$

3. Выполняется классический закон сложения скоростей

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}'$$

где v' - скорость тела в движущейся системе отсчета;
 v_0 - скорость движения системы отсчета.

С открытием электромагнитных волн и электромагнитной природы света возникла проблема применимости принципа относительности к электромагнитным явлениям. Согласно законам электродинамики в теории Максвелла скорость распространения электромагнитных волн в вакууме должна быть постоянной и независимой от скорости движения источника волн и наблюдателя, что впоследствии было экспериментально доказано.

1905 г. А. Эйнштейн создает **специальную теорию относительности** (СТО) - современную физическую теорию пространства и времени. СТО также называют **релятивистской теорией**, а специфические явления, описываемые этой теорией, - **релятивистскими эффектами**. Эти эффекты наиболее отчетливо проявляются при скоростях движения тел, близких к скорости света в вакууме $c \approx 3 \cdot 10^8$ м/с. В основе специальной теории относительности лежат два постулата, сформулированные как обобщение опытных фактов:

Все физические процессы протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета. (Принцип относительности Эйнштейна).

Скорость света в вакууме не зависит от скорости движения источника света или наблюдателя и одинакова во всех инерциальных системах отсчета

Следствия из постулатов СТО.

1. Релятивистский закон сложения скоростей.

$$\vec{v} = \frac{\vec{v}_0 + \vec{v}'}{1 + \frac{v_0 \cdot v'}{c^2}}$$

где

v' - тела в движущейся системе отсчета;

v_0 - скорость движения системы отсчета

Скорость света в вакууме - это максимальная в природе скорость.

2. Относительность промежутков времени.

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

где $\Delta t'$ - промежуток времени, отсчитываемый часами, движущимися вместе с телом (собственное время).
 Δt - промежуток времени, отсчитываемый часами в неподвижной системе отсчета (координатное время)

Вывод: В движущейся системе отсчета время замедляется.

3. Относительность длины

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

где l' - длина в движущейся системе отсчета.
 l - длина в неподвижной системе отсчета.

Вывод: Движущееся тело сокращается в направлении движения.

Релятивистская динамика.

Второй закон Ньютона в импульсной форме:

$$F \cdot \Delta t = \Delta p; \quad F \cdot \Delta t = mv - mv_0;$$

$$\text{при } v_0 = 0 \quad F \cdot \Delta t = mv \Rightarrow v = \frac{F \cdot \Delta t}{m}$$

$$\text{При } \Delta t \rightarrow \infty \quad v \rightarrow \infty$$

А, согласно постулатам СТО, скорость тела не может быть больше скорости света. Т.е. возникает противоречие.

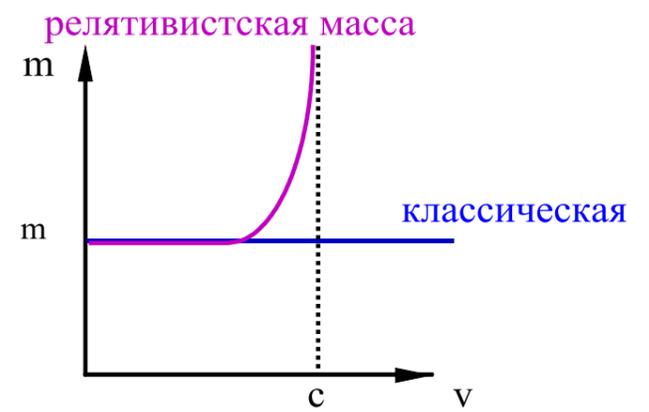
Релятивистская масса.

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

m – масса движущегося тела.

m_0 – масса покоящегося тела (масса покоя)

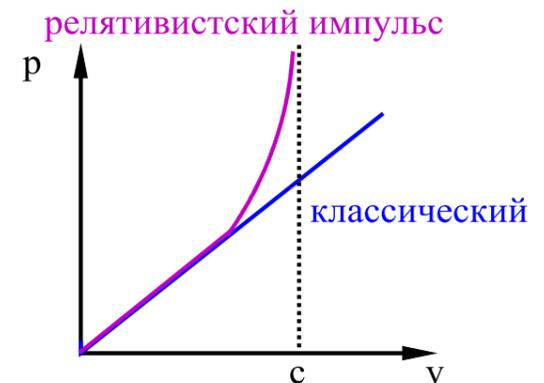
При $v \rightarrow c$ $m \rightarrow \infty \Rightarrow$ тело имеющее массу покоя не может двигаться со скоростью света.



Релятивистский импульс.

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

Закон сохранения импульса в СТО выполняется. в импульсной форме.



Взаимосвязь энергии и массы.

По Эйнштейну энергия движущегося тела

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad E_0 = m_0 c^2 - \text{энергия покоя}$$

Любое тело обладает энергией уже только благодаря своему существованию. В релятивистской механике не выполняются закон сохранения энергии и закон сохранения массы в отдельности. Вместо них единый закон сохранения энергии и массы.

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

Полная энергия тела складывается из энергии покоя и кинетической энергии тела.

$$E = E_0 + E_k$$