

# Презентация по физике на тему:

**Основной закон релятивистской динамики материальной точки.**



**Решение задач на использование закона зависимости массы тела от скорости, на движение тел по окружности.**

Выполнил: Блохин Виталий

Студент 11ТСП БИКа


# Закон взаимосвязи массы и энергии

- Эйнштейн показал, что существует зависимость инертной массы от скорости и это свойство всех материальных тел. Непостоянство массы тела – следствие постулатов теории относительности. Инертная масса движущихся релятивистских частиц зависит от величины их скорости, вернее, от **отношения скорости к скорости света**
- Масса, измеренная в той инерциальной системе отсчета, относительно которой частица находится в покое;  $m$  - масса частицы в системе отсчета, относительно которой она движется со скоростью  $V$ .

- 
- 
- Следовательно, масса одной и той же частицы различна в разных инерциальных системах отсчета. Как следует из , с увеличением скорости инерция тела (частицы) растет и при  $V \rightarrow C$  стремится к бесконечности. Значит ни одно тело при  $m > 0$  не может достичь скорости  $C$ .
  - Опыты на ускорителях, где изучались движения быстрых заряженных частиц, скорость которых приближалась к скорости света, убедительно подтвердили зависимость массы от скорости и правильность формулы.

# Закон взаимосвязи массы и энергии

- Поскольку масса тела растет со скоростью, следовательно, можно предполагать связь массы с кинетической энергией. Найдем кинетическую энергию релятивистской частицы.
- Известно, что приращение кинетической энергии материальной точки на элементарном перемещении равно работе силы на этом перемещении:
- $dT = dA$  или  $dT = F \cdot dr$

- 
- приращение кинетической энергии частицы пропорционально приращению ее массы.
  - Так как кинетическая энергия покоящейся частицы равна нулю, а ее масса равна массе покоя  $m_0$ , то
  - $T = (m - m_0)C^2$
  - Или кинетическая энергия релятивистской частицы имеет вид
  - $T = m_0C^2[1/(\sqrt{1 - v^2/C^2}) - 1]$

□ А. Эйнштейн обобщил положение

□  $dT = d(m_0 C^2 / \sqrt{1 - v^2/C^2}) = C^2 dm$

предположив, что оно справедливо не только для кинетической энергии частицы, но и для полной энергии частицы,

□  $\Delta E = C^2 \Delta m$

□ т.е. если инертная масса увеличивается на некоторую величину  $\Delta m$ , то это означает увеличение энергии на  $C^2 \Delta m$ , и, наоборот, увеличение энергии на  $\Delta E$  какого-либо физического объекта означает увеличение его инертной массы на  $\Delta E/C^2$ .

□ Отсюда Эйнштейн пришел к универсальной зависимости между полной энергией тела  $E$  и его массой  $m$ :

□  $E = mC^2 = m_0 C^2 / (\sqrt{1 - v^2/C^2})$

# Основной закон релятивистской динамики материальной точки

- Масса движущихся релятивистских частиц зависит от их скорости:

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

- где  $m_0$  — масса покоя частицы, т. е. масса, измеренная в той инерциальной системе отсчета, относительно которой частица находится в покое;  $c$  — скорость света в вакууме;  $m$  — масса частицы в системе отсчета, относительно которой она движется со скоростью  $v$

# Масса одной и той же частицы различна в разных инерциальных системах отсчета.

- Из принципа относительности Эйнштейна, утверждающего инвариантность всех законов природы при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой, следует условие инвариантности уравнений физических законов относительно преобразований Лоренца. Основной закон динамики Ньютона

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\mathbf{v})$$

оказывается также инвариантным по отношению к преобразованиям Лоренца, если в нем справа стоит производная по времени от релятивистского импульса.



# Закон сохранения релятивистского импульса:

- В силу однородности пространства в релятивистской механике выполняется **закон сохранения релятивистского импульса**: релятивистский импульс замкнутой системы сохраняется, т. е. не изменяется с течением времени.
- Часто вообще не оговаривают, что рассматривают релятивистский импульс, так как если тела движутся со скоростями, близкими к  $c$ , то можно использовать только релятивистское выражение для импульса.

# Основной закон релятивистской динамики материальной точки имеет вид:

$$\mathbf{F} = \frac{d}{dt} \left( \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \mathbf{v} \right),$$

ИЛИ


$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt},$$

где

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} = \frac{m_0\mathbf{v}}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$$


— релятивистский импульс материальной


точки.




# Решение задач на использование закона зависимости массы тела от скорости, на движение тел по окружности.

- С новыми пространственно-временными представлениями не согласуются при больших скоростях движения законы механики Ньютона. Лишь при малых скоростях движения, когда справедливы классические представления о пространстве и времени, второй закон Ньютона не меняет своей формы при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой (выполняется принцип относительности). Но при больших скоростях движения этот закон в своей обычной (классической) форме несправедлив. Согласно **второму закону Ньютона:**
- Постоянная сила, действуя на тело продолжительное время, может сообщить телу сколь угодно большую скорость. Но в действительности скорость света в вакууме является предельной, и ни при каких условиях тело не может двигаться со скоростью, превышающей скорость света в вакууме.

- 
- Требуется совсем небольшое изменение уравнения движения тел, чтобы это уравнение было верным при больших скоростях движения. Предварительно перейдем к той **форме записи второго закона динамики, которой пользовался сам Ньютон:**
  - **$\Delta p = \Delta A t$**
  - где  **$p = mv$**  — импульс тела. В этом уравнении масса тела считалась независимой от скорости.
  - Поразительно, что и при больших скоростях движения уравнение не меняет своей формы. Изменения касаются лишь массы. При увеличении скорости тела его масса не остается постоянной; она тоже увеличивается. Зависимость массы от скорости можно найти, исходя из предположения, что закон сохранения импульса справедлив и при новых представлениях о пространстве и времени. Расчеты слишком сложны.

- 
- Необходимость пользоваться релятивистским уравнением движения при расчете ускорителей заряженных частиц означает, что теория относительности в наше время стала **инженерной наукой**.
  - Принцип соответствия. Законы динамики Ньютона и классические представления о пространстве и времени можно рассматривать как частный случай релятивистских законов, справедливых при скоростях движения, много меньших скорости света. Это проявление так называемого **принципа соответствия**, согласно которому любая теория, претендующая на более глубокое описание явлений и на более широкую сферу применимости, чем старая, должна включать последнюю как предельный случай.

- 
- Принцип соответствия впервые был сформулирован **Нильсом Бором** применительно к связи квантовой и классической теорий.
  - Великий ученый раньше всех понял суть дела. Релятивистское уравнение движения, учитывающее зависимость массы от скорости, применяется при конструировании ускорителей элементарных частиц и других релятивистских приборов.

# Рассмотрим задачу на движение тел по окружности

Какова должна быть наименьшая скорость мотоцикла для того чтобы он мог ехать по внутренней поверхности вертикального кругового цилиндра радиусом  $R = 6$  м по горизонтальной окружности. Коэффициент трения скольжения между шинами и поверхностью цилиндра  $\gamma = 0,4$

**Решение:**

На систему человек - мотоцикл действуют три силы: сила реакции  $\mathbf{N}$ , перпендикулярная поверхности цилиндра, сила тяжести  $mg$  и сила трения покоя  $F_{tp}$

Согласно второму закону Ньютона:

$$m\mathbf{a} = m\mathbf{g} + \mathbf{N} + F_{tp}$$

Запишем проекции этого уравнения на три взаимно перпендикулярные оси.

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt}\vec{e} + \frac{v^2}{R}\vec{n} + 0 * \vec{e}$$

$$m\frac{dv}{dt} = F_{..}, 0 = 0, \text{ Остальные}$$

$$m \frac{v^2}{R} = N$$

$$0 = F_{tp} - mg$$

Для движения с наименьшей скоростью мы должны положить:

$$F_{tp} = \gamma N$$

Из (1), (2) находится наименьшая скорость.

Применяется формула центростремительного ускорения, и она равна силе  $N$ , сила давления выбирается чтобы сила трения была не меньше  $mg$ . Почему получается положительная величина ускорения, величина ускорения равна силам перпендикулярным окружности (реакция опоры  $N$  равна противодействующей сумма сил равна нулю).



# Задача на зависимость массы тела от скорости:

- На сколько увеличится масса  $\alpha$ -частицы при движении со скоростью  $0.9c$ ? Полагать массу покоя  $\alpha$ -частицы равной  $4$  а.е.м

**Решение:**

Из формулы

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


Находим:

$$m = \frac{4 \text{ а. е. м.}}{\sqrt{1 - 0,9^2 c^2/c^2}} = 9,18 \text{ а. е. м.}$$

ТОГДА:

$$m - m_0 = 9,18 \text{ а. е. м.} - 4 \text{ а. е. м.} = 5,18 \text{ а. е. м.}$$

**Ответ:** Масса увеличится на  $5,18$  а.е.м



**Выполнил: Блохин Виталий.  
Проверяла: Занина И. Э.**

**□ Используемая литература:**

- Сайт [its-physics.org](http://its-physics.org)
- Сайт [natalibrilenova.ru/blog](http://natalibrilenova.ru/blog)
- Сайт [pppa.ru](http://pppa.ru)
- Сайт [revolution.allbest.ru](http://revolution.allbest.ru)
- Сайт [bambookes.ru](http://bambookes.ru)