

Тема урока

Элементы релятивистской динамики

ГБОУ СОШ №1877 «Люблино»
Учитель физики Л. Н. Молочко

Задание

- Запишите формулу зависимости массы тела от скорости его движения.
- При каком условии можно массу тела считать не зависящей от скорости?
- В чем состоит закон взаимосвязи массы и энергии?
- Что такое энергия покоя?
- Почему при нагревании тела не удастся обнаружить на опыте увеличения его массы?

Задача . С какой скоростью должен двигаться космический корабль, относительно Земли, чтобы часы на нем шли в 4 раза медленнее, чем на Земле.

Решение задач

1. С какой скоростью относительно Земли должен двигаться космический корабль, чтобы его продольные размеры для земного наблюдателя были в 2 раза меньше истинных?
2. В ракете движущейся со скоростью $0,96c$ было зафиксировано время полета 1 год. Сколько времени должно пройти по подсчетам земного наблюдателя.
3. Длина линейки, неподвижной относительно земного наблюдателя, 2 м. какова длина линейки, движущейся со скоростью $0,5c$?

В классической механике основным законом динамики является второй закон Ньютона: $F = m \cdot a$

Этот закон можно записать и в другом виде через изменение импульса:

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = F, \text{ где } p = m \times v \text{ – импульс тела}$$

Основной закон релятивистской механики записывается в прежней форме.

Изменения касаются лишь массы.

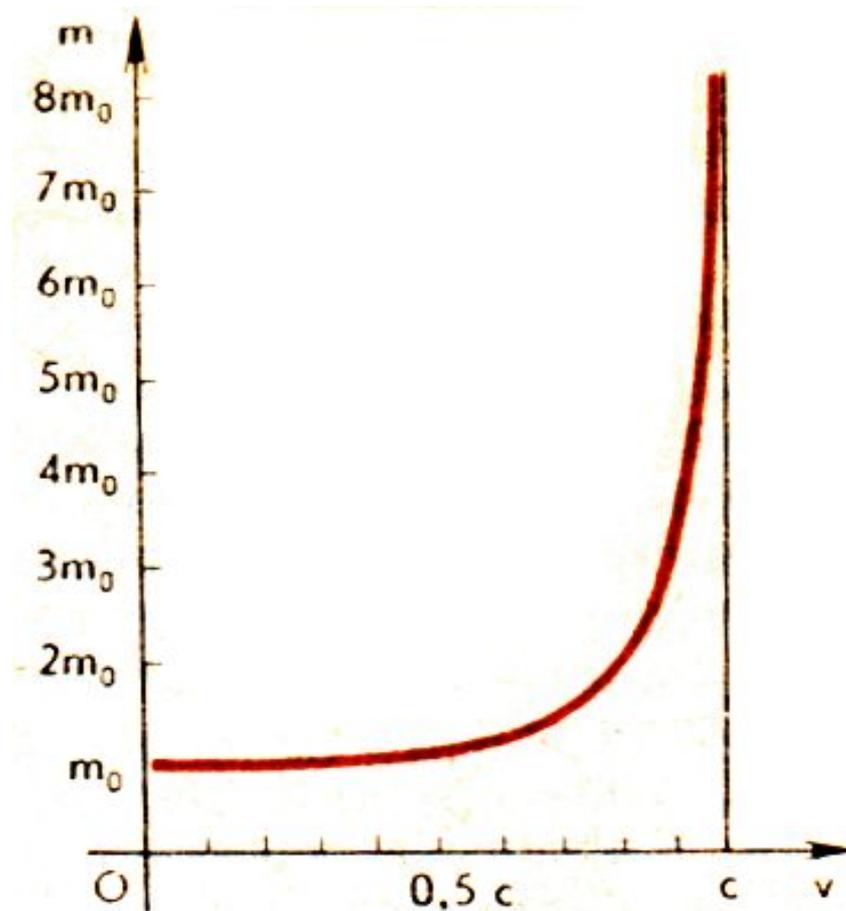
Если через m_0 обозначить массу покоящегося тела, то масса m того же тела, но движущегося со скоростью близкой к c

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

График зависимости массы тела от его скорости

Возрастание массы тем больше, чем ближе скорость движения тела к скорости света c .

При скорости ракеты $10\,000\text{ км/с}$ увеличение массы нельзя заметить, т.к. выражение под корнем равно $0,99999999999944$, очень мало



Релятивистский импульс

С учетом соотношения

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

импульс тела равен:

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

Масса, считавшаяся со времен Ньютона неизменной, в действительности зависит от скорости.

Релятивистские уравнения движения учитывают при расчете ускорителей заряженных частиц..

- Теория относительности в наше время стала инженерной наукой.
- Законы механики Ньютона можно рассматривать как частный случай релятивистской механики, справедливый при скоростях движения тел, много меньших скорости света.

Связь между массой и энергией

С помощью теории относительности Эйнштейн установил замечательную по своей простоте и общности формулу связи между энергией и массой:

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

Энергия тела или системы тел равна массе, умноженной на квадрат скорости света.

Если изменяется энергия системы, то изменяется и ее масса:

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

Энергия покоя- E_0

энергия при скорости, равной нулю.

$$E_0 = m_0 c^2$$

1. Любое тело уже только благодаря факту своего существования обладает энергией, которая пропорциональна массе покоя m_0 .
2. При превращениях элементарных частиц, обладающих массой покоя, в частицы, у которых $m_0 = 0$, энергия покоя целиком превращается в кинетическую энергию вновь образовавшихся частиц.
3. Этот факт является наиболее очевидным экспериментальным доказательством существования энергии покоя.

Ответить на вопросы

1. Запишите формулу зависимости массы тела от скорости его движения.
2. При каком условии можно массу тела считать не зависящей от скорости?
3. В чем состоит закон взаимосвязи массы и энергии?
4. Что такое энергия покоя?
5. Почему при нагревании тела не удастся обнаружить на опыте увеличения его массы?

Решение задач

1. С какой скоростью должна двигаться частица (тело), чтобы его масса увеличилась в 2 раза?

$$m = 3 m_0; m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{m_0}{m}; \frac{v^2}{c^2} = 1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2; v^2 = c^2 \left(1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2\right)$$

$$v = c \sqrt{1 - \left(\frac{m_0}{m}\right)^2}; v = c \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \frac{c}{3} \sqrt{8} = 0,94 c$$

2. Чему равна будет масса космонавта, движущегося в космическом корабле со скоростью $0,8c$? Масса покоящегося космонавта 90 кг.

Дано	Решение
$v = 0,8c$ $m_0 = 90 \text{ кг}$	$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{(0,8c)^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{0,6};$
$m - ?$	$m = \frac{90 \text{ кг}}{0,6} = 150 \text{ кг}$ <p>Ответ: 150 кг</p>

Из формулы:

$$t = t_1 / \sqrt{1 - (v/c)^2}$$

$$\sqrt{1 - (v/c)^2} = t_1/t$$

Возводим в квадрат:

$$1 - (v/c)^2 = (t_1/t)^2$$

$$(v/c)^2 = 1 - (t_1/t)^2$$

$$(v/c)^2 = 1 - (1/4)^2 = 1 - 1/16 = 0,9375$$

$$v/c = \sqrt{0,9375} \approx 0,968$$

$$v = 0,968 * c = 0,968 * 3 * 10^8 \approx 2,9 * 10^8 \text{ м/с} \text{ или } 290\,000 \text{ км/с}$$