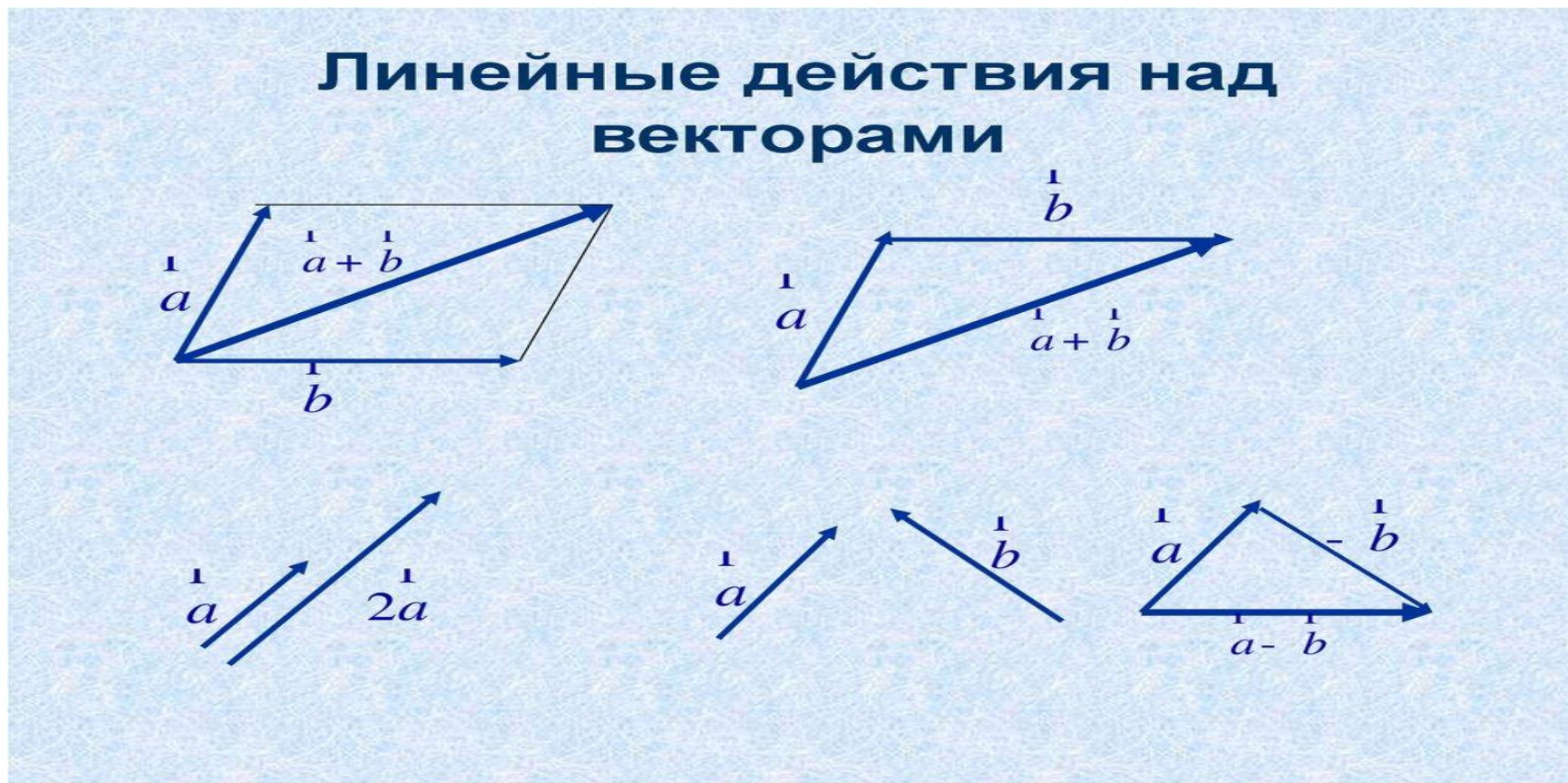


# Математическое введение

# Вектор - направленный отрезок прямой в пространстве



# ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

```
graph TD; A(ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА) --> B(скалярная); A --> C(векторная); B --- B_list[✓ длина  
✓ время  
✓ объём  
✓ площадь  
✓ масса]; C --- C_list[✓ сила  
✓ скорость  
✓ перемещение  
✓ ускорение];
```

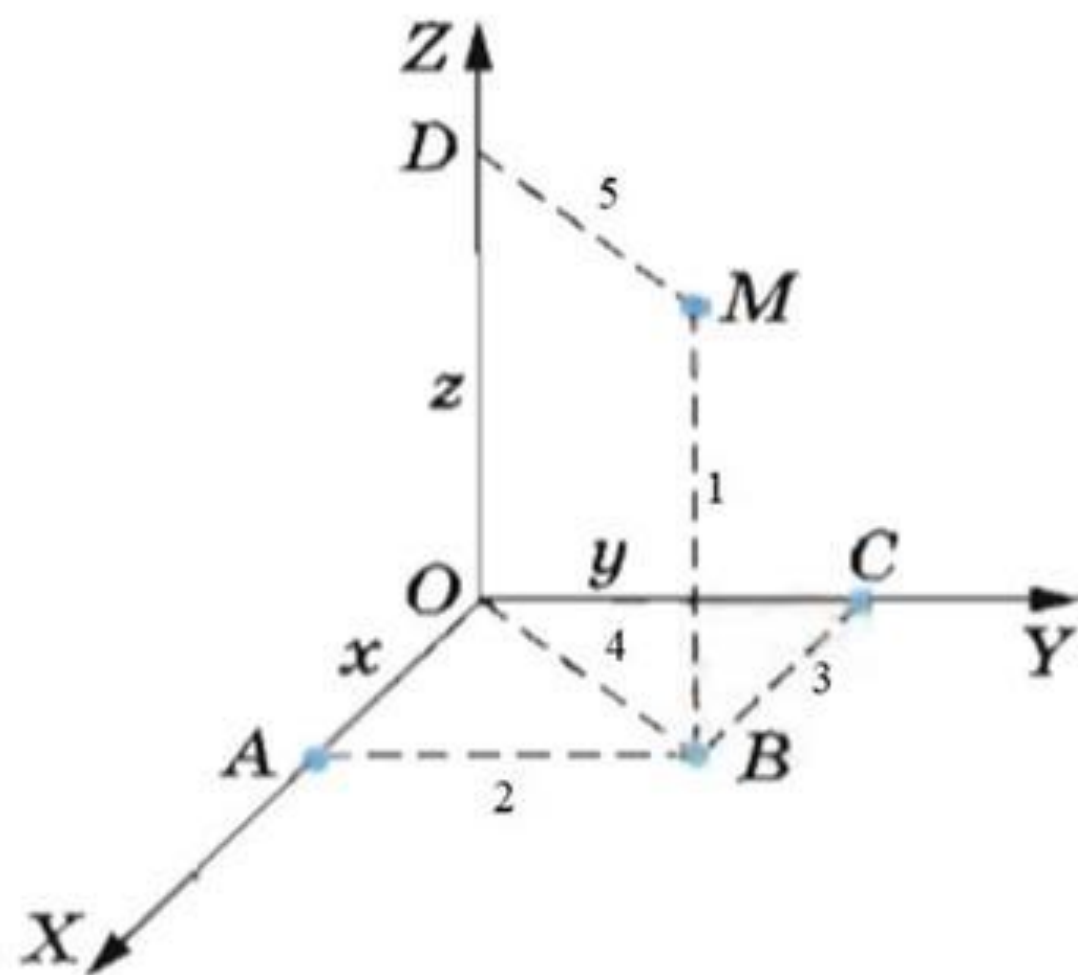
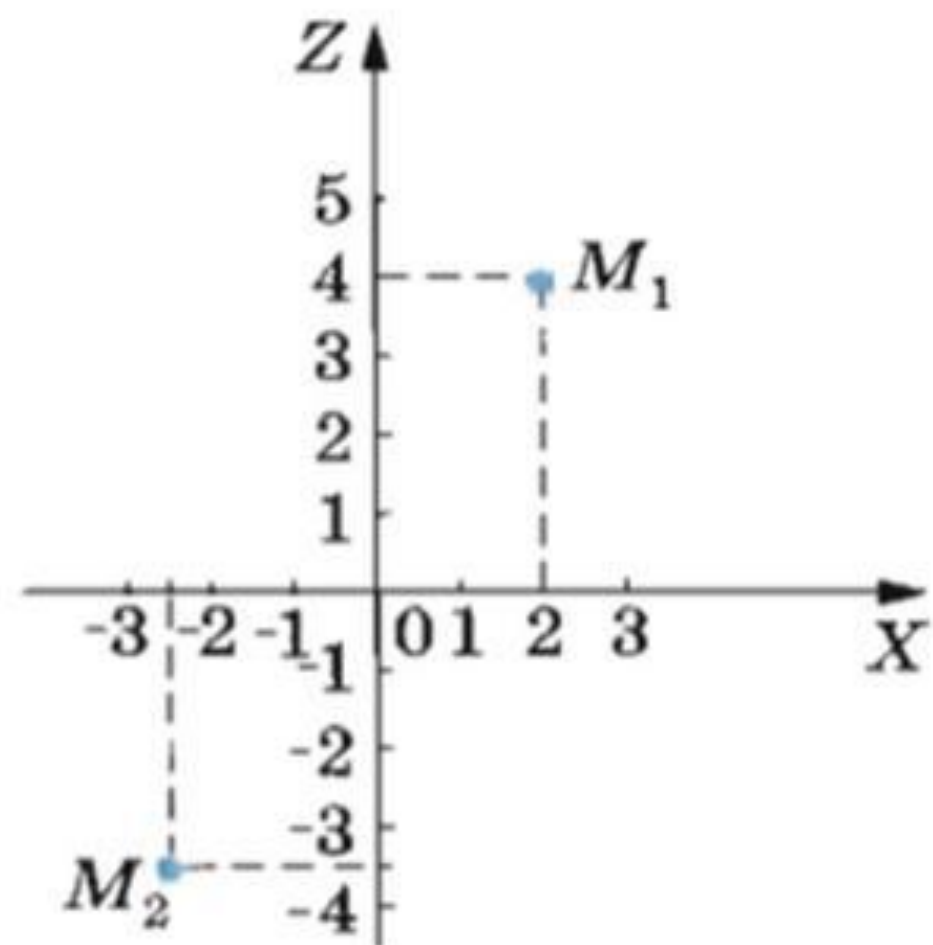
## скалярная

- ✓ длина
- ✓ время
- ✓ объём
- ✓ площадь
- ✓ масса

## векторная

- ✓ сила
- ✓ скорость
- ✓ перемещение
- ✓ ускорение

Задание положения точки с помощью координат.



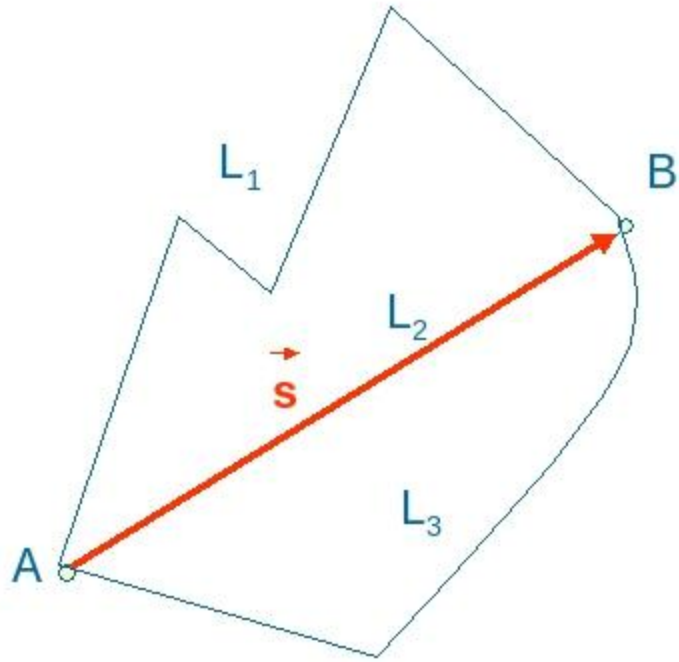
# Материальная точка и система отсчёта

- ▶ Материальная точка - тело, размерами которого при решении задач механики можно пренебречь
- ▶ Система отсчёта состоит из:
  - ▶ Тела отсчёта
  - ▶ Координатной плоскости
  - ▶ Часов

# Движение, путь и перемещение

- ▶ Движение - изменение положения тела в пространстве
- ▶ Путь - длина траектории движения тела
- ▶ Перемещение - вектор, характеризующий движение тела с течением времени.

# Путь и перемещение



$\vec{s}$  – перемещение,  
L – путь.

Механика - раздел физики, изучающий движение тел и взаимодействие между ними



***Кинематика*** –  
раздел механики, в котором изучается механическое движение тел без учета причин, вызывающих это движение



# Скорость

Определение: **Скорость** – это физическая величина характеризующая быстроту изменения положения точки в пространстве.



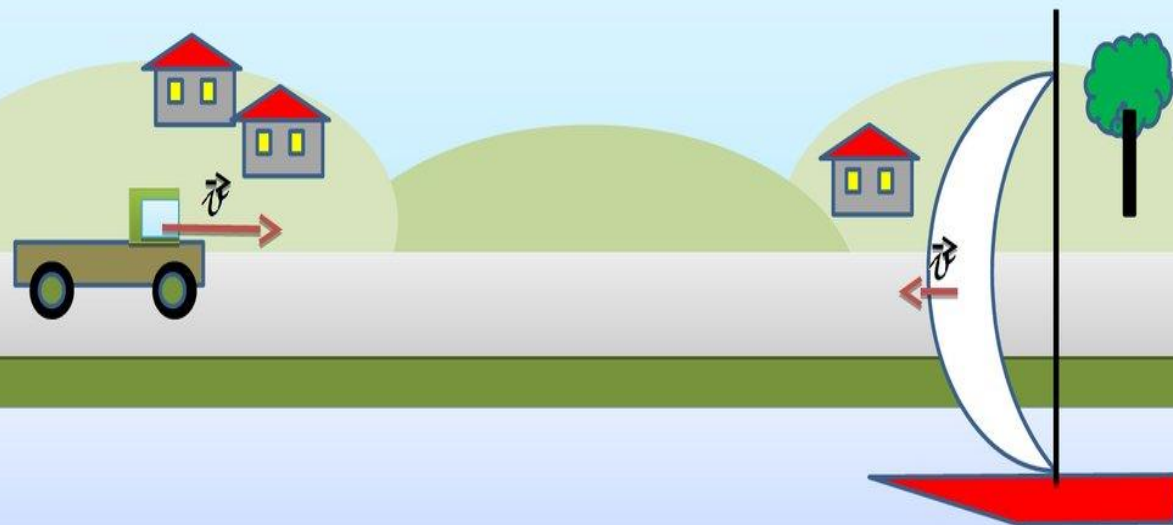
## Скорость векторная величина

Скорость – это **векторная** физическая величина

Скорость обозначается -  $\vec{v}$

Модуль скорости  
(численное значение)  
обозначается буквой  $v$

Скорость, кроме числового значения, имеет и направление.



# УСКОРЕНИЕ

- характеристика неравномерного движения, показывает на сколько изменилась скорость за 1с.

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$$

$v$  – конечная скорость

$v_0$  – начальная скорость

$a$  – ускорение (м/с<sup>2</sup>)





$a > 0$  движение равноускоренное,  $v$  увеличивается

$a < 0$  движение равнозамедленное,  $v$  уменьшается

Направление вектора ускорения совпадает с направлением изменения скорости.

# Равноускоренное прямолинейное движение

## Скорость

Формула	График
$v_{0x} = 0 \quad a_x > 0$ $v_x = a_x t$	
$v_{0x} \neq 0 \quad a_x > 0 \quad v_{0x} > 0$ $v_x = v_{0x} + a_x t$	
$v_{0x} = 0 \quad a_x < 0$ $v_x = a_x t$	
$v_{0x} \neq 0 \quad a_x < 0 \quad v_{0x} > 0$ $v_x = v_{0x} + a_x t$	

$$\vec{v} = \vec{v} + \vec{a}t$$

При движении  
вдоль оси «X» в  
положительном  
направлении

$$v = v_x \quad v_0 = v_{0x}$$



# Проверь свою работу.



Равномерное движение

$$a_x = 0$$

$$U_x = \frac{s_x}{t}$$

$$S_x = v_x \times t$$

$$X = x_0 + s_x$$

Равноускоренное движение

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$$

$$U_x =$$

$$S_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$X = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

Равноускоренное движение без начальной скорости.

$$a_x =$$

$$\frac{v_x}{t}$$

$$U_x =$$

$$S_x = \frac{a_x t^2}{2}$$

$$X =$$

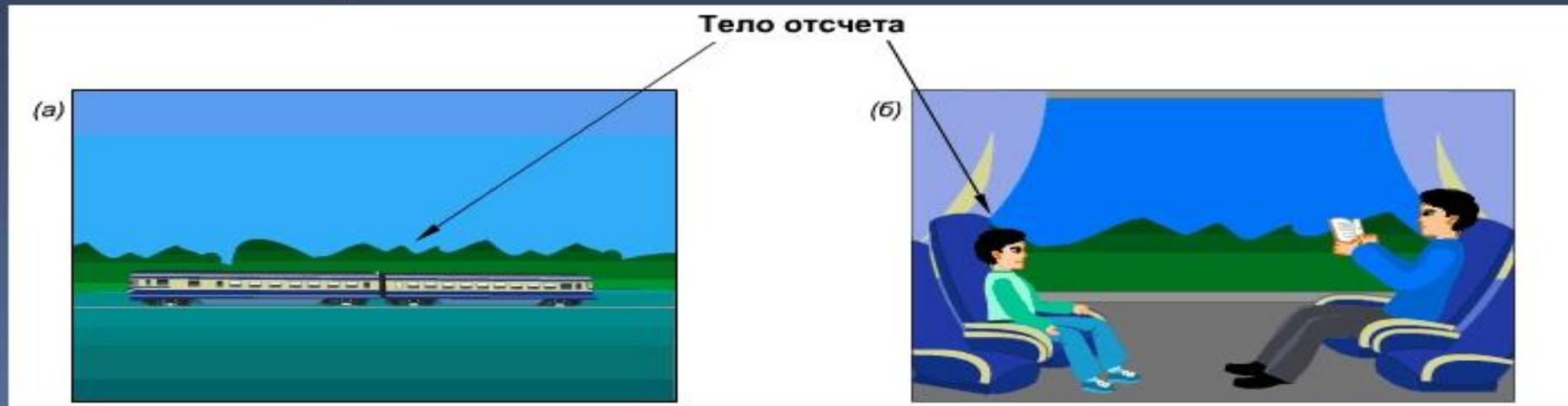
$$x_0 + \frac{a_x t^2}{2}$$

# Относительность движения

Положение тела в пространстве всегда рассматривается относительно другого тела, которое называется телом отсчета.

Тело отсчета, связанная с ним система координат и часы составляют систему отсчета.

Характеристики механического движения могут быть различными в разных системах отсчета.



# Первый закон Ньютона

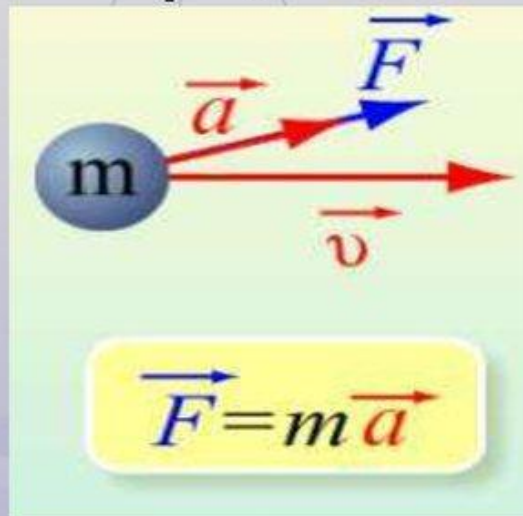
Существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет свою скорость постоянной, если на него не действуют другие тела (или действия других тел компенсируется).



$$\vec{v} = \text{const},$$
$$\text{при } \vec{F} = 0$$

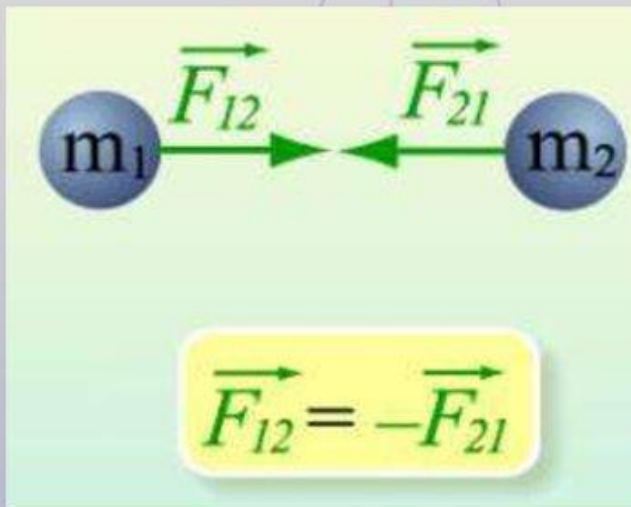
# Второй закон Ньютона

Ускорение тела  
прямо пропорционально  
равнодействующей сил,  
приложенных к телу,  
и обратно пропорционально  
его массе



# Третий закон Ньютона

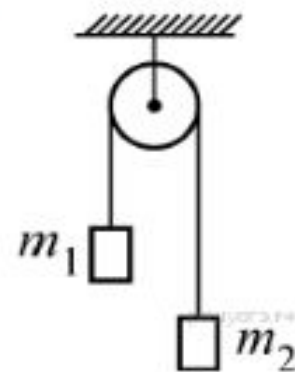
Силы, с которыми тела взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны



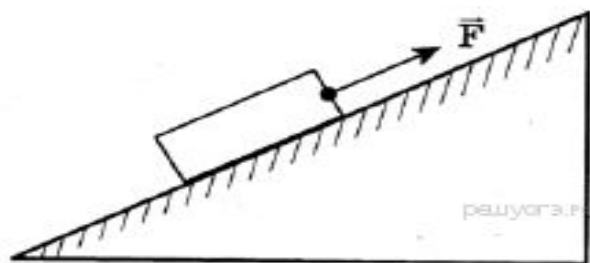


Через неподвижный лёгкий блок перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам которой подвешены два груза массами  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 3$  кг (см. рисунок).

Пренебрегая трением, найдите силу натяжения нити при движении грузов. *Ответ запишите в Н.*



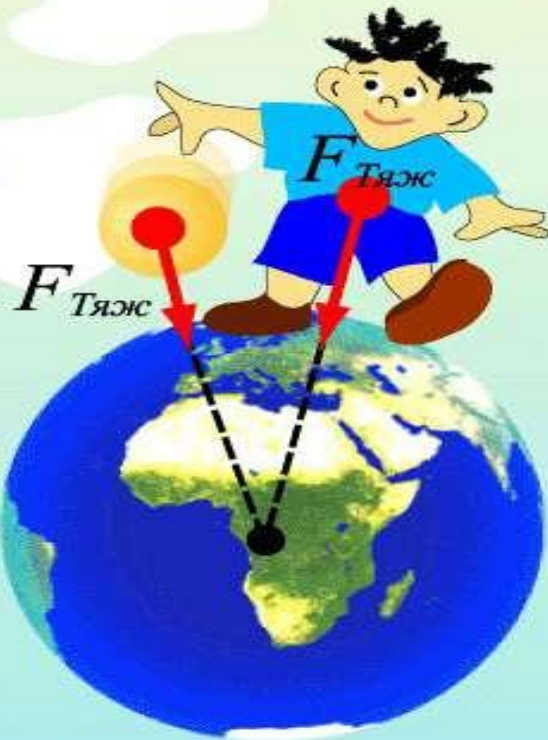
Под действием силы 40 Н груз массой 4 кг перемещается вверх по наклонной плоскости. Коэффициент полезного действия наклонной плоскости — 50%. Чему равна длина наклонной плоскости, если её высота — 1 м? *Ответ запишите в метрах.*



Мальчик стоит на напольных весах в лифте. Лифт начинает движение вверх с ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ . Что покажут весы в этот момент времени, если в покоящемся лифте они показывали 40 кг? *Ответ запишите в кг.*

## Сила тяжести

– сила, действующая на все тела со стороны Земли



$$F_{Тяж} = mg$$

*В каждой точке вокруг Земли сила тяжести направлена вниз, то есть к центру планеты.*

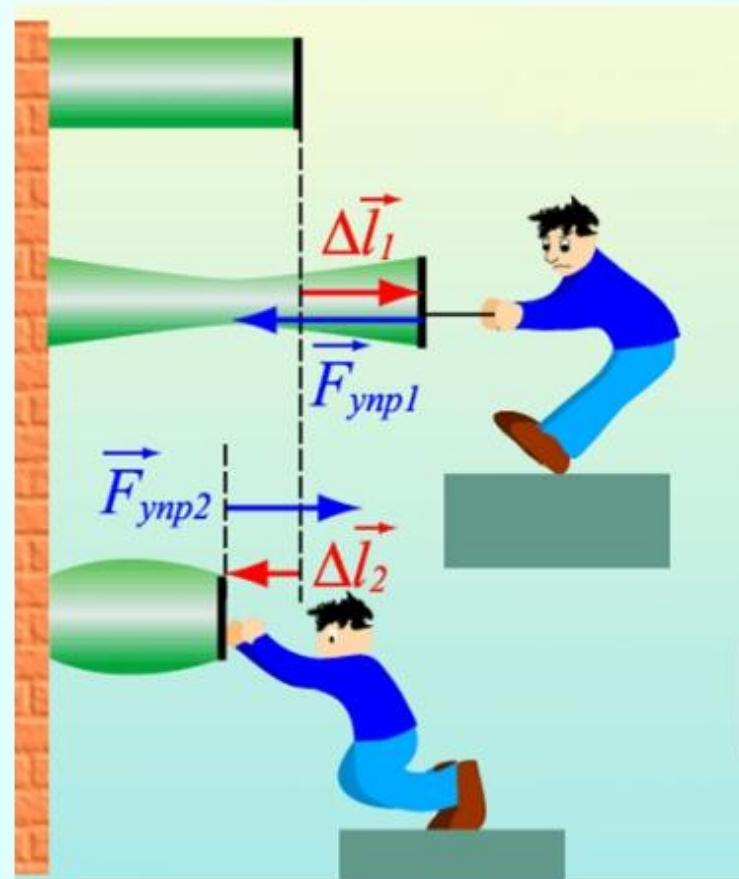
# Закон Гука

Сила упругости, возникающая при упругой деформации тела, прямо пропорциональна величине деформации  $\Delta l$  и направлена в сторону противоположную перемещению частиц тела при деформации.

$$F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta l$$

$\Delta l$  – удлинение, м

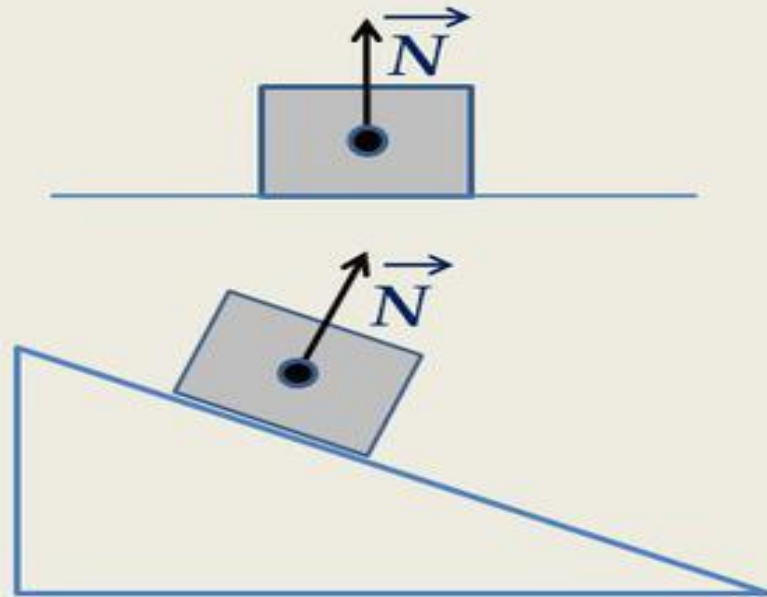
$k$  – коэффициент жесткости,  $\frac{H}{M}$



# Виды сил упругости:

## Сила реакции опоры

Приложена к центру тела, всегда направлена перпендикулярно поверхности, на которой находится тело



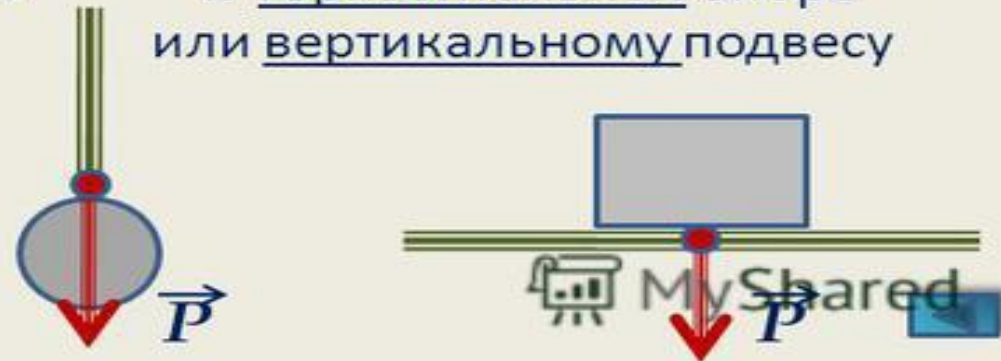
## Сила натяжения нити

Приложена к центру тела. В случае, если нить невесома, нерастяжима, одинакова в любой части нити



## Вес тела

Это сила упругости, приложенная к горизонтальной опоре или вертикальному подвесу



# Определение

Работа – это скалярная физическая величина, характеризующая пространственное действие силы. Численно работа равна произведению силы на перемещение, совершаемое телом под действием этой силы:

$$A = F S$$



Понятие «работа» ввел Понселе в XIX в.

# Энергия

```
graph TD; A[Энергия] --> B[Кинетическая энергия – энергия движения]; A --> C[Потенциальная энергия – энергия взаимодействия (системы тел)]; C --> D[В поле тяжести:]; C --> E[Гравитационного взаимодействия:]; C --> F[Упругой деформации:];
```

Кинетическая энергия – энергия движения

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Потенциальная энергия – энергия взаимодействия (системы тел)

В поле тяжести:

$$E_n = mgh$$

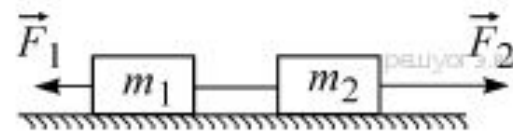
Гравитационного взаимодействия:

$$E_i = -G \frac{mM}{r}$$

Упругой деформации:

$$E_n = \frac{mx^2}{2}$$

Два бруска массами  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 3$  кг, связанные лёгкой нерастяжимой нитью, находятся на гладкой горизонтальной плоскости (см. рисунок). К ним приложены силы  $F_1 = 2$  Н и  $F_2 = 10$  Н. Найдите модуль ускорения системы этих тел. *Ответ запишите в  $\text{м/с}^2$ .*



Бетонную плиту объёмом  $0,5 \text{ м}^3$  равномерно подняли на некоторую высоту. Чему равна высота, на которую подняли плиту, если совершённая при этом работа равна 23 кДж? *Ответ запишите в метрах.*

**Примечание.**

Плотность бетона равна  $2300 \text{ кг/м}^3$ .

Автомобиль разгоняется с места и достигает скорости  $20 \text{ м/с}$  за  $10 \text{ с}$ . Чему равна масса автомобиля, если равнодействующая всех сил, действующих на него, равна  $1000 \text{ Н}$ ?

Мяч массой  $100 \text{ г}$  бросили вертикально вверх с поверхности земли. Поднявшись на высоту  $2 \text{ м}$ , мяч начал падать вниз. На какой высоте относительно земли его поймали, если известно, что в этот момент его кинетическая энергия была равна  $0,5 \text{ Дж}$ ? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Груз массой  $2 \text{ кг}$  равномерно втаскивают по шероховатой наклонной плоскости, имеющей высоту  $0,6 \text{ м}$  и длину  $1 \text{ м}$ , действуя на него силой, равной по модулю  $20 \text{ Н}$  и направленной вдоль наклонной плоскости. Чему равен КПД наклонной плоскости?

# Архимедова сила

-сила, выталкивающая тело из жидкости или газа.

$$\vec{F} = \rho \cdot \vec{g} \cdot V$$

$\vec{F}$  – выталкивающая сила ( $\vec{F}_A$  сила Архимеда)

$\rho$  – плотность жидкости или газа

(вещества, в котором тело находится)

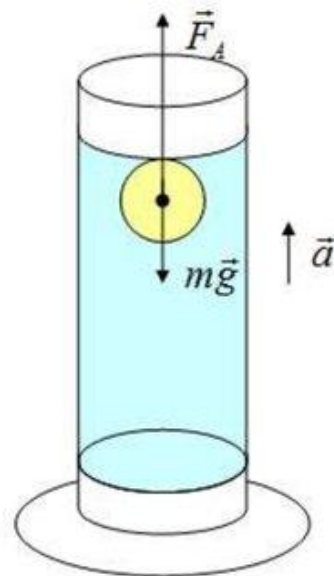
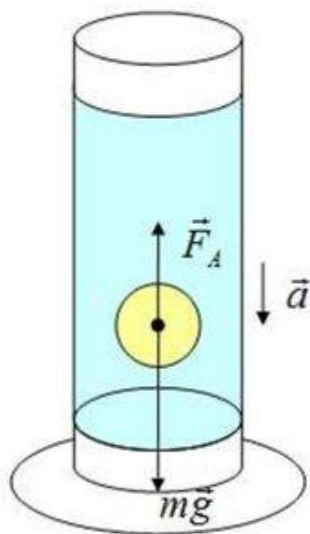
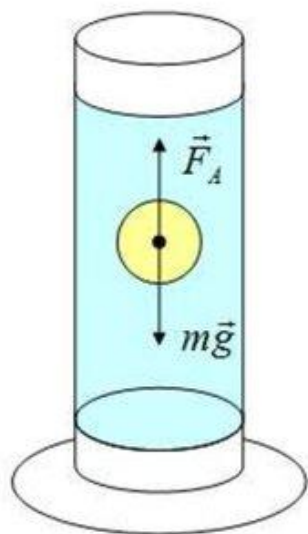
$\vec{g}$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,8 \frac{м}{с^2}$

$V$  – объем погруженной части тела

$$[F] = 1Н$$

$$[\rho] = 1 \frac{кг}{м^3}$$

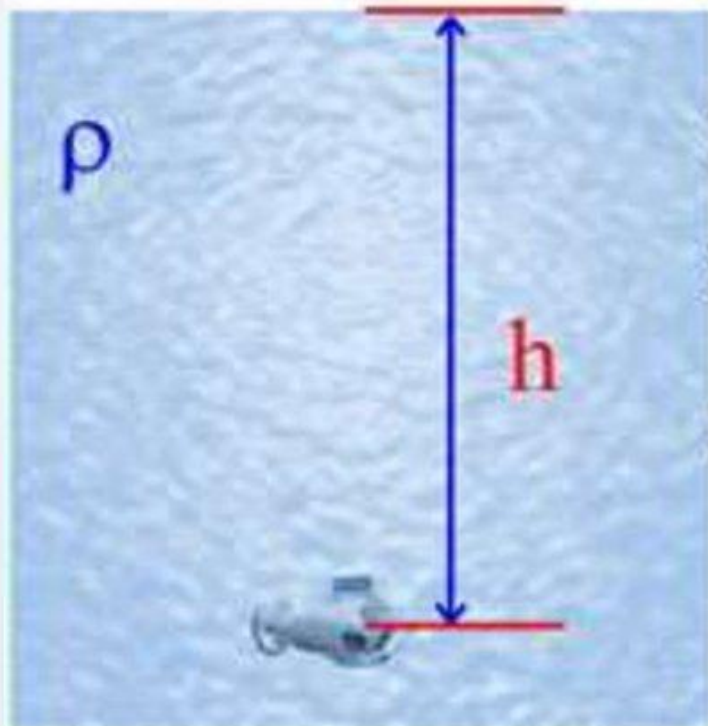
$$[V] = 1м^3$$





## Гидростатическое давление

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$



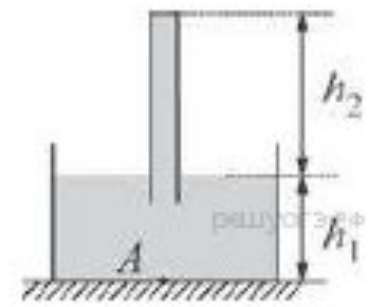
$P$  - давление внутри жидкости или газа на глубине  $h$  [ Па ]

$\rho$  - плотность жидкости или газа [ кг/м<sup>3</sup> ]

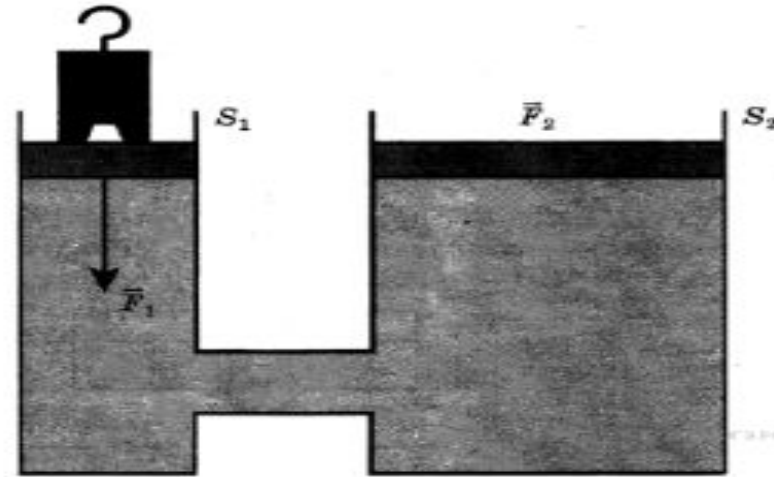
$g$  - ускорение свободного падения [ для Земли  $g \approx 9,8$  м/с<sup>2</sup> ]

$h$  - глубина внутри газа или жидкости, на которой определяется гидростатическое давление [ м ]

В сосуд с водой плотностью  $\rho = 998 \text{ кг/м}^3$  опущена вертикальная стеклянная пробирка, целиком заполненная водой (см. рисунок). Высота  $h_1$  равна 0,05 м. Найдите давление, оказываемое водой на дно сосуда в точке  $A$ .

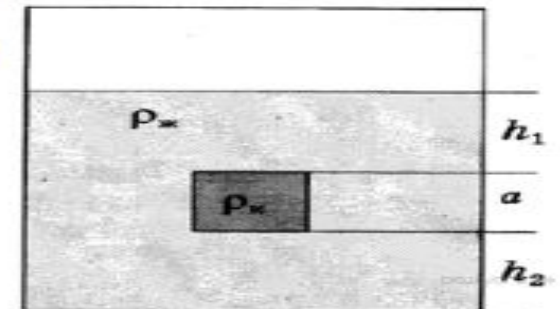


Площадь большего поршня гидравлического пресса  $S_2$  в 4 раза больше площади малого поршня  $S_1$ . (см. рисунок). Сила  $F_1$ , действующая на малый поршень, равна 5 Н.



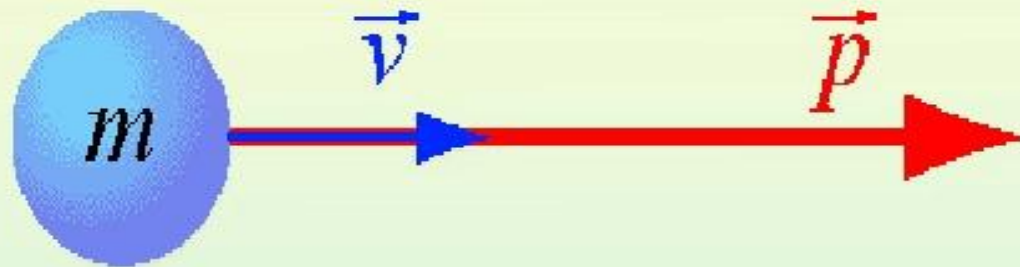
Найдите силу  $F_2$ .

Сплошной кубик, имеющий плотность  $\rho_{\text{к}}$  и длину ребра  $a$ , опустили в жидкость с плотностью  $\rho_{\text{ж}} = 998 \text{ кг/м}^3$  (см. рисунок). Найдите давление, оказываемое жидкостью на верхнюю грань кубика, если  $h_1 = 0,1 \text{ м}$ .



# Импульс тела

- $p$  – импульс тела - это векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость
- $p = m v$
- Единица импульса тела –  $\frac{кг \cdot м}{с}$



$$\vec{p} = m\vec{v}$$

# Закон сохранения импульса.

Математическая запись закона сохранения импульса для двух тел.

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

До взаимодействия

После взаимодействия

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$

До взаимодействия

После

Математическая запись закона сохранения импульса для N тел.

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + m_3 \vec{v}_3 + \dots + m_N \vec{v}_N = const$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots + \vec{p}_N = const$$

В замкнутой системе, векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

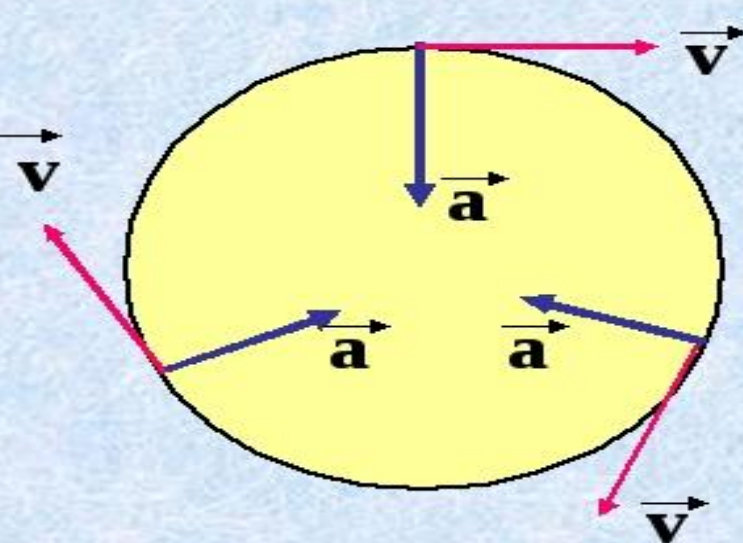
# Закон сохранения механической энергии

**Сумма кинетической и потенциальной энергии тел, составляющих замкнутую систему и взаимодействующих между собой силами тяготения и силами упругости, остается неизменной.**

Сумму  $E = E_k + E_p$  называют **полной механической энергией**

$$E_{k_1} + E_{p_1} = E_{k_2} + E_{p_2}$$

# Равномерное движение по окружности



$$\vec{a} \perp \vec{v}$$

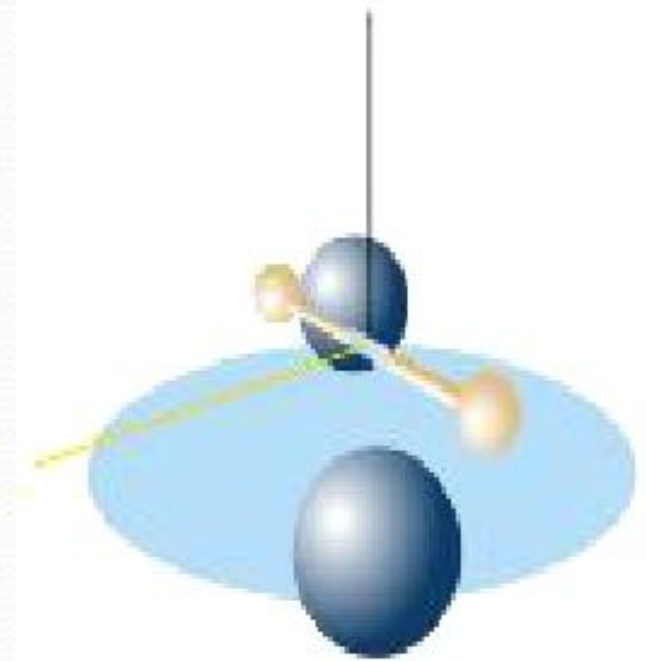
Величина	Формула	Единица измерения
Частота	$n = \frac{1}{T}$	$c^{-1}$
Угловая скорость	$\omega = \frac{\phi}{t}$ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ $\omega = 2\pi n$	рад/с
Линейная скорость	$v = \frac{2\pi R}{T}$ $v = 2\pi n R$	м/с
Центро - стремительное ускорение	$a = \frac{v^2}{R}$ $a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$	$\frac{м}{с^2}$



# Закон всемирного тяготения

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

$m_1, m_2$  – массы взаимодействующих тел,  
 $R$  – расстояние между телами



- ▶ На какую высоту поднимется тело, подброшенное вертикально вверх, с начальной скоростью  $10 \text{ м/с}$ ? При решении задачи не учитывается сопротивление воздуха.
- ▶ Определите скорости двух шаров массами  $m_1=20\text{г}$  и  $m_2=70\text{г}$  после центрального абсолютно упругого удара. Скорости шаров до удара  $v_1=2\text{м/с}$  и  $v_2=4\text{м/с}$  соответственно.
- ▶ Спусковую пружину игрушечного пистолета сжали на  $5 \text{ см}$ , при вылете шарик массой  $20 \text{ г}$  приобрел скорость  $2 \text{ м/с}$ . Необходимо рассчитать, какова жесткость пружины.
- ▶ Два одинаковых шара притягиваются друг к другу с силой  $6,67 \cdot 10^{-5} \text{ Ньютона}$ . Масса каждого шара равна  $20 \text{ тонн}$ . Найдите расстояние между шарами.
- ▶ Чему равна масса Марса, если его радиус  $R=3389,5\text{км}$ , а ускорение свободного падения на нём  $g=3,72 \text{ м/с}^2$ ?





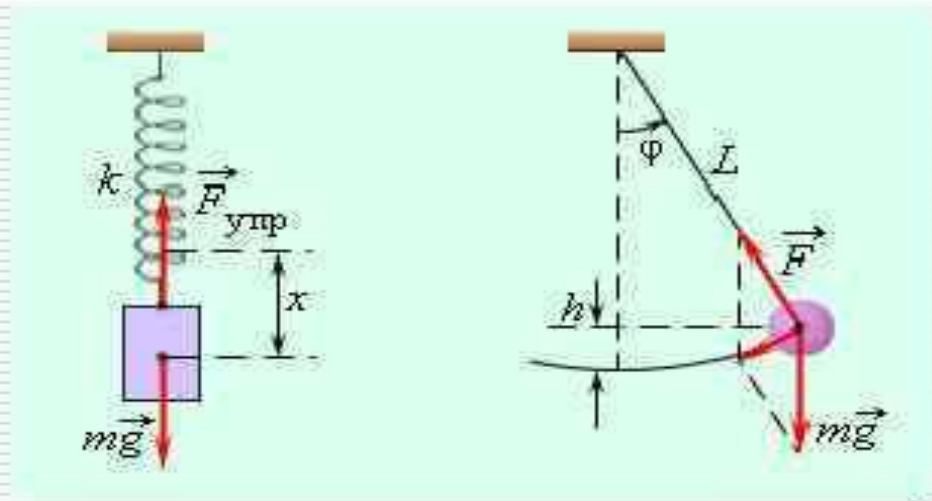
# Механические колебания. Амплитуда. Период. Частота колебаний

Механическими колебаниями называют движения тел, повторяющиеся точно (или приблизительно) через одинаковые промежутки времени. Закон движения тела, совершающего колебания, задается с помощью некоторой периодической функции времени  $x = f(t)$ .

Механические колебания могут быть свободными и вынужденными.

Свободные колебания совершаются под действием внутренних сил системы, после того, как система была выведена из состояния равновесия, например, колебания груза на пружине или колебания маятника.

Колебания, происходящие под действием внешних периодически изменяющихся сил, называются вынужденными.



# Механические колебания и ВОЛНЫ.

Механические колебания, происходящие под действием силы, пропорциональной смещению и направленной к положению равновесия, называются гармоничными колебаниями и описываются гармоническому закону:

$$s = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0) .$$

Здесь  $s$  смещение тела (точки) от положения равновесия,  $A$  – амплитуда,  $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$  – циклическая частота,  $T$  – период,  $\varphi_0$  – начальная фаза.

# Механические колебания

$$T = \frac{t}{n} - \text{период}$$

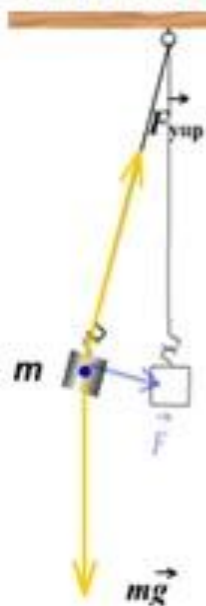
$$\nu = \frac{n}{t} - \text{частота}$$

$$T = \frac{1}{\nu}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

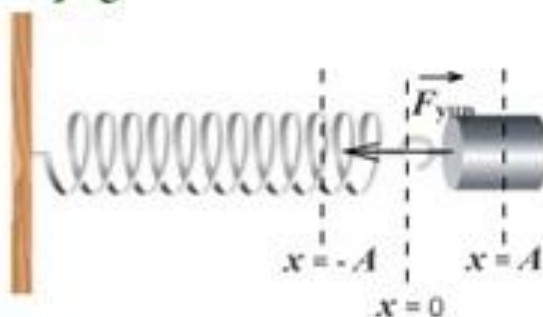
$$\omega = 2\pi\nu - \text{циклическая частота}$$

## Математический маятник Пружинный маятник



$$\frac{mv_{max}^2}{2} = mgh_{max}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$



$$\frac{mv_{max}^2}{2} = \frac{kx_{max}^2}{2}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$ma = kx$$



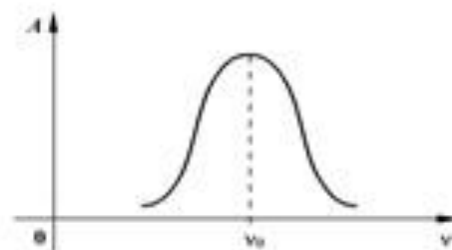
$$x = x_{max} \cos(\omega t + \varphi_0)$$

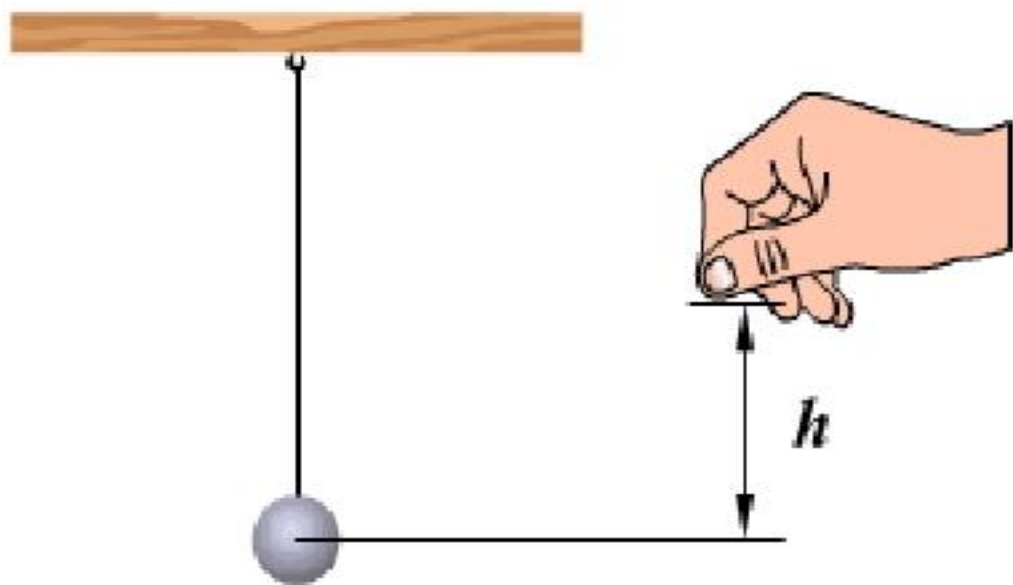
$$v = x' = v_{max} \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$a = x'' = a_{max} \cos(\omega t + \varphi_0)$$

## Резонанс

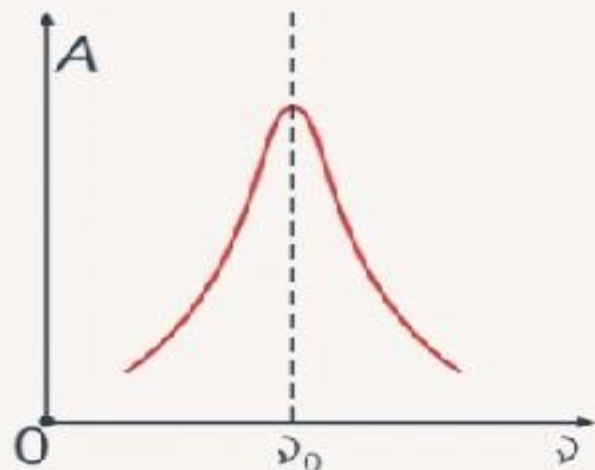
$$\omega = \omega_0$$





# Резонанс

Вынужденные колебания совершаются с частотой, равной частоте изменения внешней силы. Амплитуда вынужденных механических колебаний достигает наибольшего значения в том случае, если частота вынуждающей силы совпадает с частотой колебательной системы. Это явление называется **резонансом**.



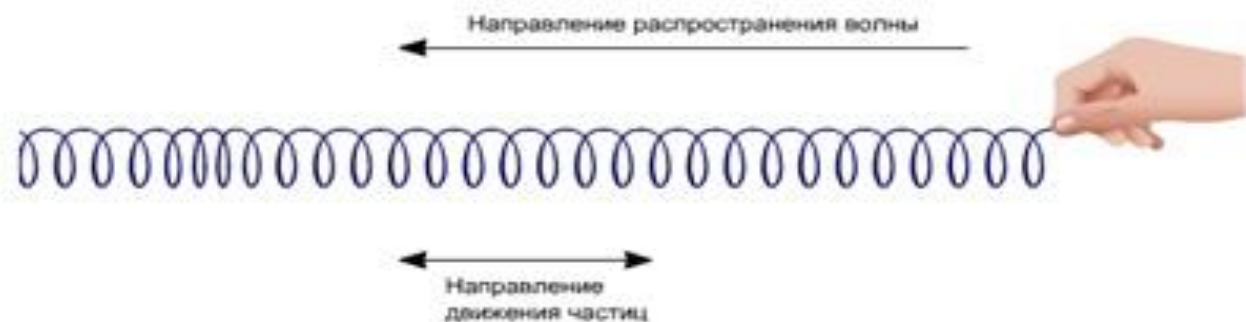
# Механические волны

- **Волна** - это колебания, распространяющиеся в пространстве с течением времени.
- **Механической волной** - называется процесс распространения колебаний в упругой среде, который сопровождается передачей энергии колеблющегося тела от одной точки упругой среды к другой.



# Механические волны

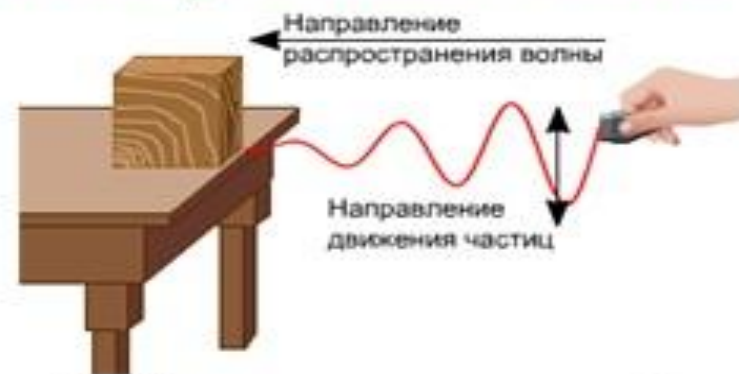
## Продольные волны



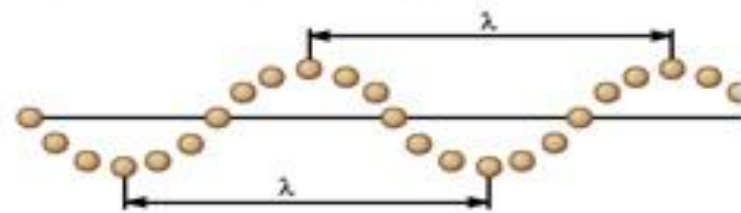
*Среда:* твердая, жидкая, газообразная

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu} - \text{длина волны}$$

## Поперечные волны

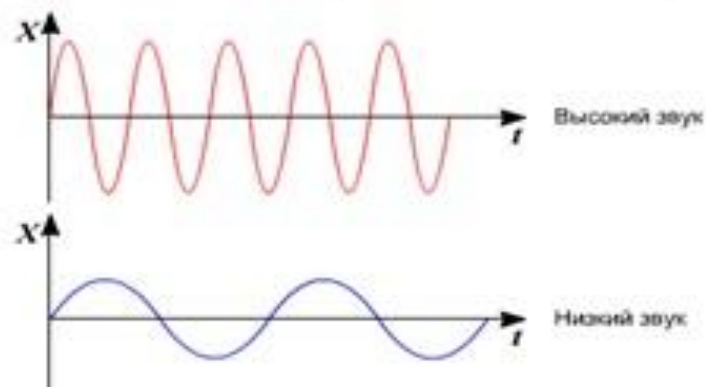


*Среда:* твердая, граница раздела двух сред

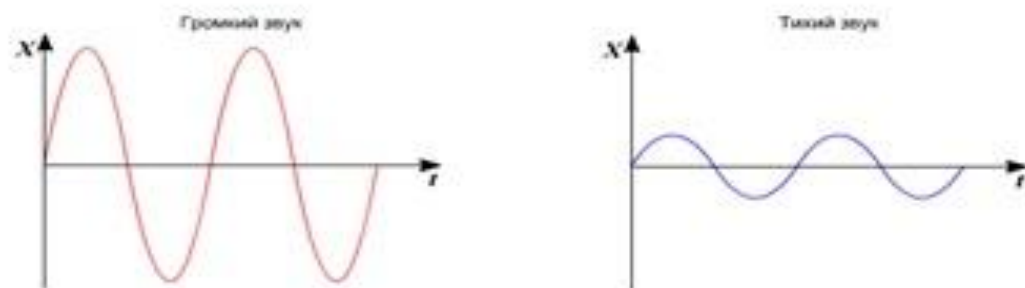


## Звуковые волны

высота (частота)



громкость (амплитуда)



## Длина волны

- Расстояние, измеренное вдоль направления распространения волны, между ближайшими частицами, колеблющимися в одинаковой фазе (разность фаз их колебаний равна  $2\pi$ )
- Расстояние, за которое распространяется волна за время равное периоду колебаний

$$\lambda = V \cdot T = \frac{V}{\nu}$$

- ▶ Девочка качается на качелях длиной 4 м. Определите период колебаний.
- ▶ Чему равна циклическая (круговая) частота колебаний груза массой 200 г, подвешенного к пружине жесткостью 0,05 Н/м?
- ▶ Материальная точка совершает гармонические колебания с периодом 0,2с; амплитудой 40см и начальной фазой 90 градусов. Запишите уравнение колебаний.
- ▶ Определить длину волны с частотой 300 Гц, которая распространяется в воздухе со скоростью 340 м/с.
- ▶ Определить сколько колебаний за 1 минуту совершает буёк на воде, если скорость распространения волн составляет 3 м/с, а длина волны равна 5 метрам.
- ▶ По поверхности воды идут волны. Определить параметры волны (период колебания, длину волны, скорость распространения), если расстояния между 1 и 4 гребнями волн составляет 9 метров, а мимо наблюдателя за 10 секунд проходят 5 гребней волн.



# Электрический заряд

**Электрический заряд** – это физическая величина, определяющая интенсивность электромагнитных взаимодействий.

Обозначение -  $q$  или  $Q$

Единица измерения — 1 Кл (Кулон) = 1 А·1 с

$$q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

- элементарный электрический заряд

**Заряд электрона** - предел делимости электрического заряда, поэтому его называют элементарным зарядом. До настоящего времени обнаружить более мелкий заряд не удалось.

$Q = \pm Ne$  - общий заряд тела, где  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$ .

# Закон сохранения заряда

**Электрические заряды не возникают и не исчезают, они могут быть лишь переданы от одного тела к другому или перемещены внутри данного тела.**

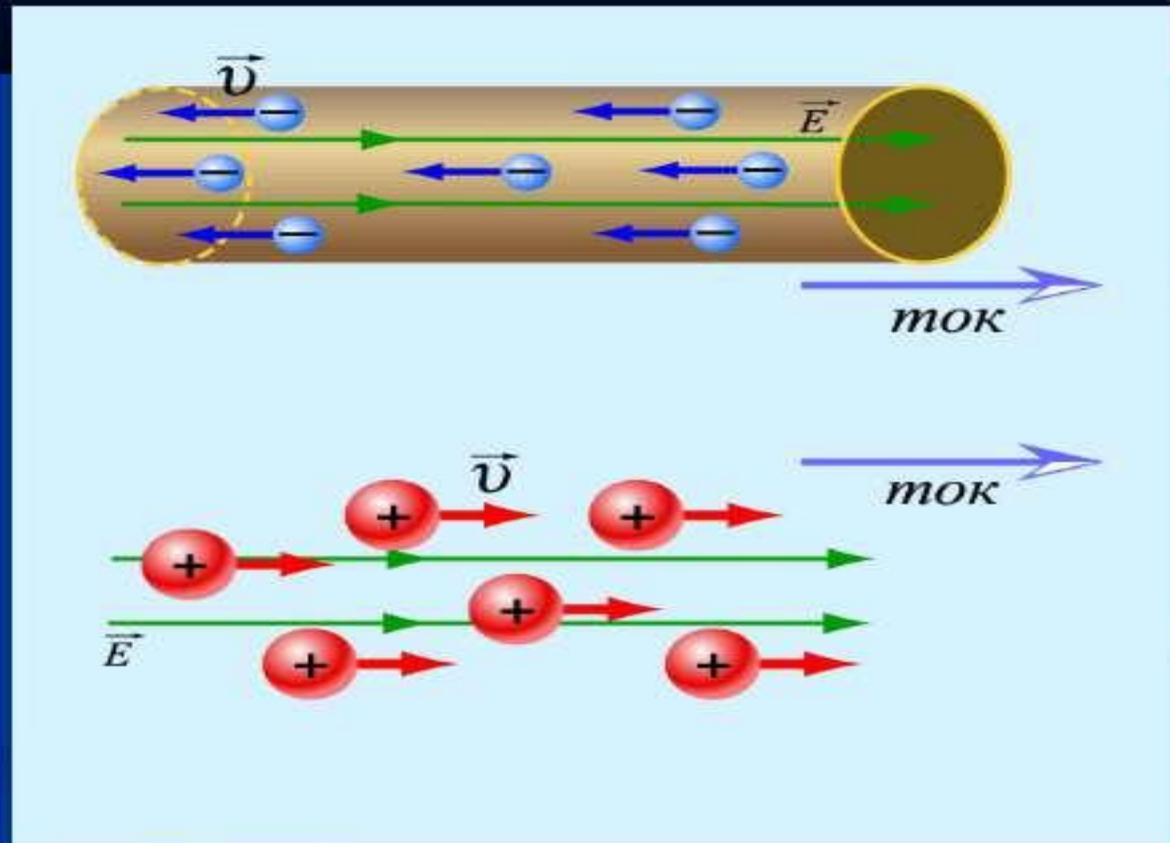
**Алгебраическая сумма зарядов замкнутой системы остается постоянной:**

$$q_1 + q_2 + q_n + \dots = \textit{const}$$

# Электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц.

## Условия для создания тока:

- Наличие свободных носителей заряда (электроны, ионы)
- Наличие электрического поля
- Потребитель
- Замкнутая цепь





# Сила тока

- величина, показывающая какой электрический заряд проходит через поперечное сечение проводника в 1 секунду

$$I = q/t$$

I-сила тока

q – электрический заряд

t - время

Единицы измерения

$$[I] = A$$

*Напряжение* - это физическая величина, характеризующая действие электрического поля на заряженные частицы.

*Электрическое напряжение на определенном участке цепи* – это физическая величина, численно равная работе электрического поля по перемещению единичного положительного заряда по этому участку.

$$U = \frac{A}{q}$$

- $A$  – работа,
- $q$  - заряд



# Сопротивление проводника

Свойство проводников ограничивать силу тока в цепи, т.е. противодействовать электрическому току, называют **электрическим сопротивлением**

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

$$1\hat{H} = \frac{1\hat{A}}{1\hat{A}}$$



**Георг Симон Ом  
(1789–1854)**

- 1.  $I \sim U$  – прямая зав - ть***
- 2.  $I \sim 1/R$  – обратная зав - ть***

**Закон Ома для участка цепи**

$$I = \frac{U}{R}$$

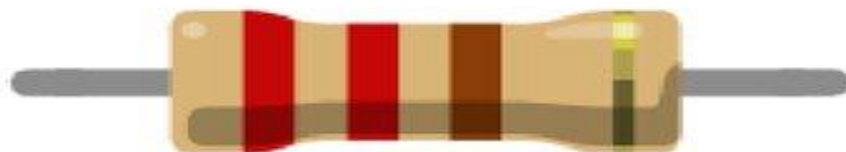
*1827 год*

**Формулировка:**

**Сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.**

## Резистор

- искусственное «препятствие» для тока. Сопротивление в чистом виде. Резистор ограничивает силу тока, переводя часть электроэнергии в тепло.



или



### Основные характеристики

Сопротивление (номинал)	R	Ом
Точность (допуск)	±	%
Мощность	P	Ватт



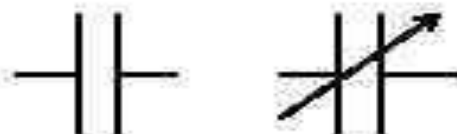
# Конденсаторы.

Электротехническое устройство, служащее для быстрого накопления электрического заряда и быстрой отдачи его в цепь (два проводника, разделенных слоем диэлектрика).



где  $d$  много меньше размеров проводника.

Обозначение на электрических схемах:



Все электрическое поле сосредоточено внутри конденсатора.

Заряд конденсатора — это абсолютное значение заряда одной из обкладок конденсатора.

## Виды конденсаторов:

1. по виду диэлектрика: воздушные, слюдяные, керамические, электролитические
2. по форме обкладок: плоские, сферические, цилиндрические
3. по величине емкости: постоянные, переменные (подстроечные).

# Електроємкость конденсатора

- ▶ Електроємністю конденсатора  $C$  називається фізическа величина, равна отношению модуля заряда  $q$  одной из его обкладок к разности потенциалов (напряжению)  $U$  между обкладками:

$$C = \frac{q}{U}$$

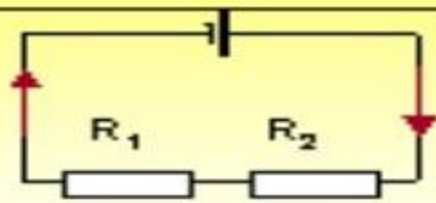
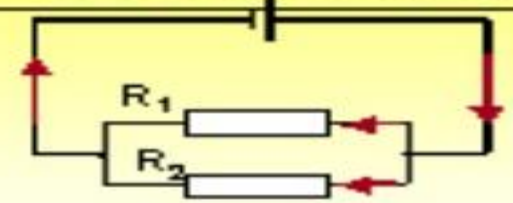
## Електроємкость конденсатора зависит от:

- ▶ размеров проводников;
- ▶ формы проводников;
- ▶ расстояния между ними;
- ▶ электрических свойств диэлектрика ( $\epsilon$ ).

## Електроємкость конденсатора НЕ зависит от:

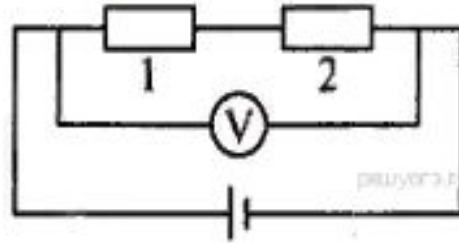
- ▶ величины заряда;
- ▶ напряжения;
- ▶ материала проводников.

# Памятка

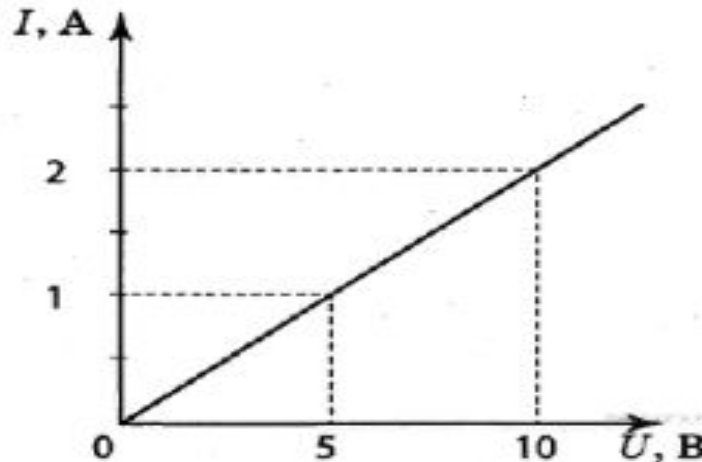
	Последовательное соединение	Параллельное соединение
Схема		
Сила тока	$I = I_1 = I_2$	$I = I_1 + I_2$
Напряже- ние	$U = U_1 + U_2$	$U = U_1 = U_2$
Сопротив- ление	$R = R_1 + R_2$ $R = nR_1$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ $R = \frac{R_1}{n}$

- ▶ Какова сила тока в резисторе, если его сопротивление 12 Ом, а напряжение на нем 120 В?
- ▶ При напряжении 110 В, подведенном к резистору, сила тока в нем равна 5 А. Какова будет сила тока в резисторе, если напряжение на нем увеличить на 10 В?

В электрической цепи, представленной на схеме, сила тока равна 4 А, напряжение на первом проводнике 20 В. Вольтметр показывает напряжение 60 В. Найдите сопротивление второго проводника. *Ответ запишите в омах.*



На рисунке приведён график зависимости силы тока  $I$  в никелиновой проволоке от напряжения  $U$  на её концах. Длина проволоки составляет 10 м. Чему равна площадь поперечного сечения проволоки? Ответ дайте в квадратных миллиметрах. Для вычислений использовать удельное сопротивление никеля —  $0,4 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

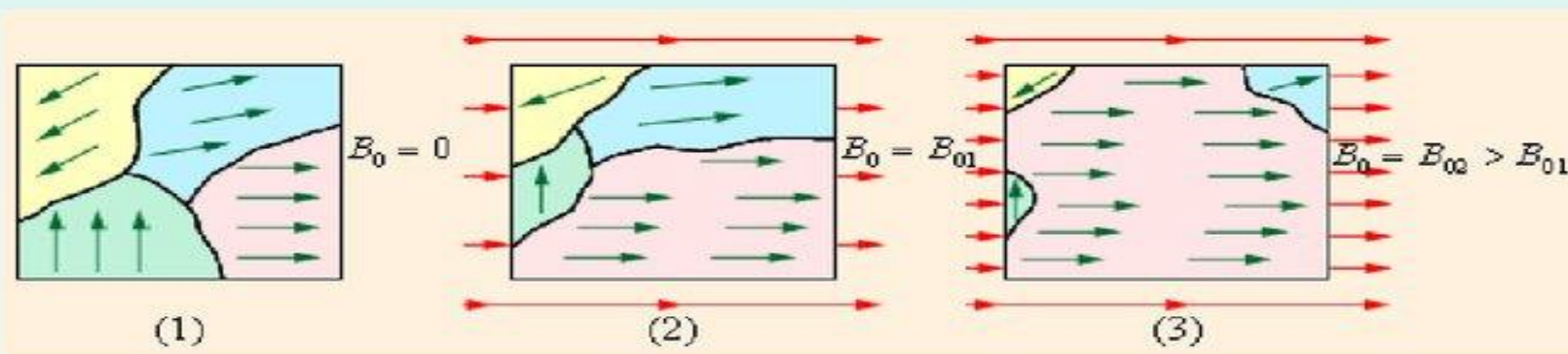


# Гипотеза Ампера.

Магнитные свойства вещества можно объяснить циркулирующими внутри него замкнутыми токами. Эти токи образуются движением электронов по орбитам в атомах и молекулах.

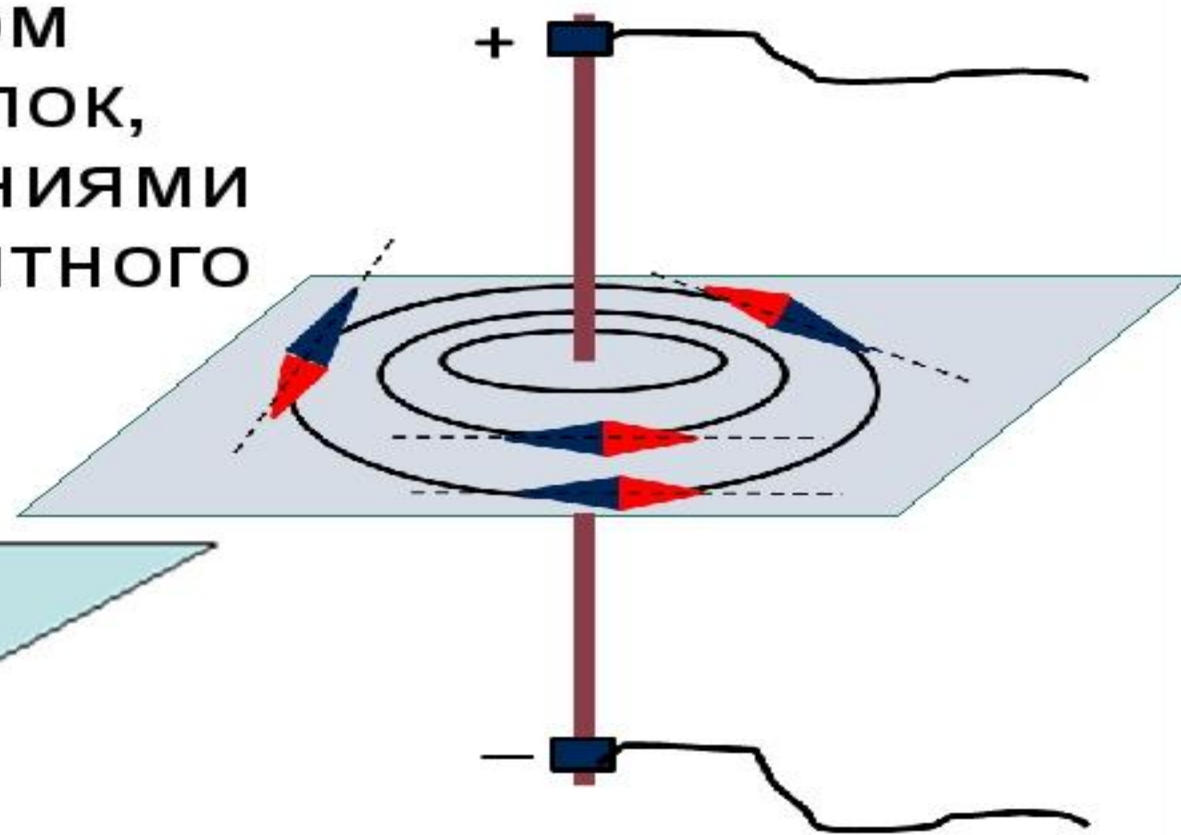
Во внешнем магнитном поле происходит *упорядочение молекулярных токов*, вследствие чего в веществе возникает «собственное» магнитное поле (*намагниченность*).

В отсутствии внешнего магнитного поля молекулярные токи располагаются хаотично, и магнитное поле в веществе ими не создается.



# Магнитное поле принято изображать при помощи силовых (магнитных) линий

Линии, вдоль которых располагаются в магнитном поле оси магнитных стрелок, называют магнитными линиями (силовыми линиями магнитного поля).

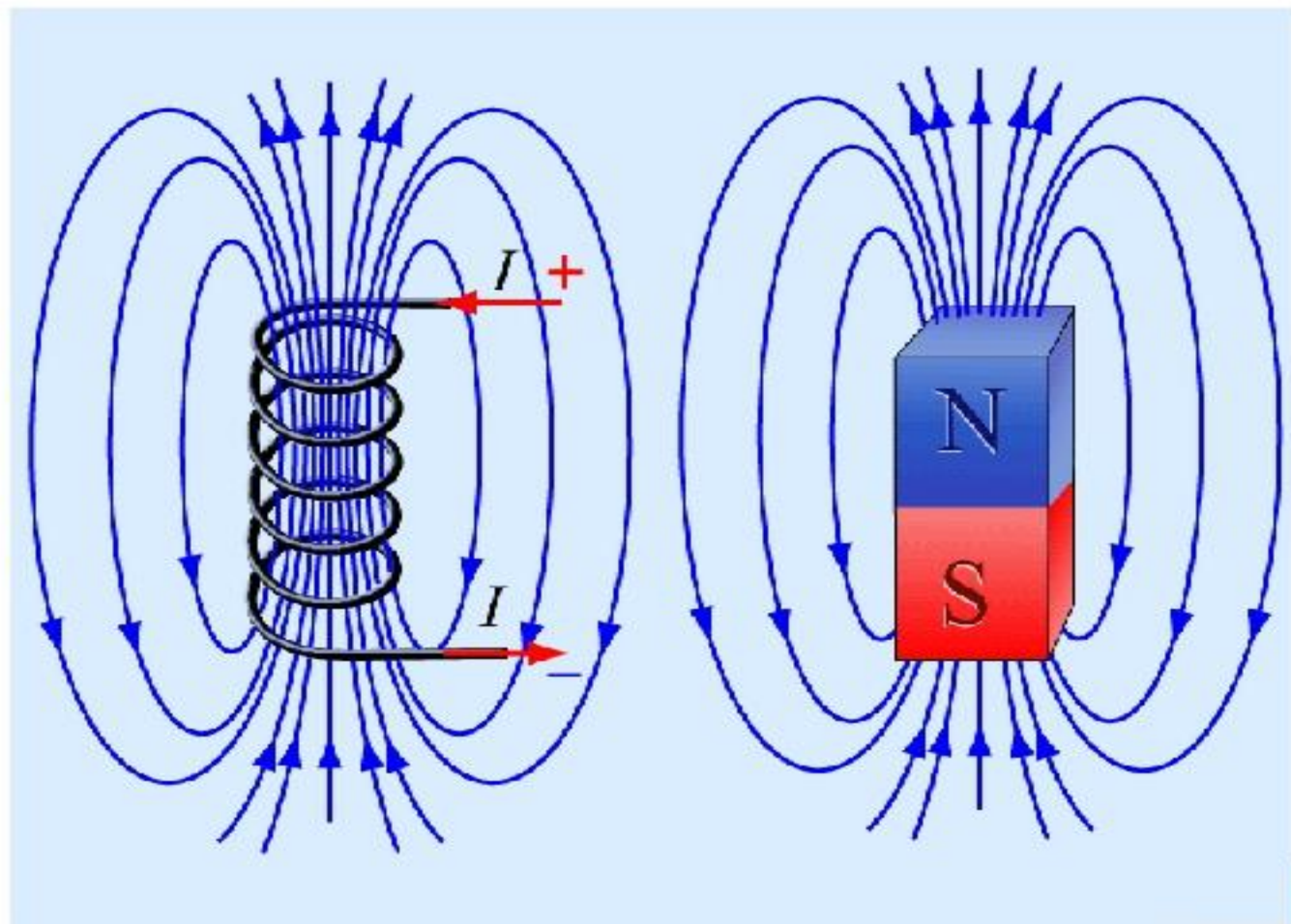


# Магнитное поле катушки и постоянного магнита

Катушка с током, как и магнитная стрелка имеет 2 полюса – северный и южный.

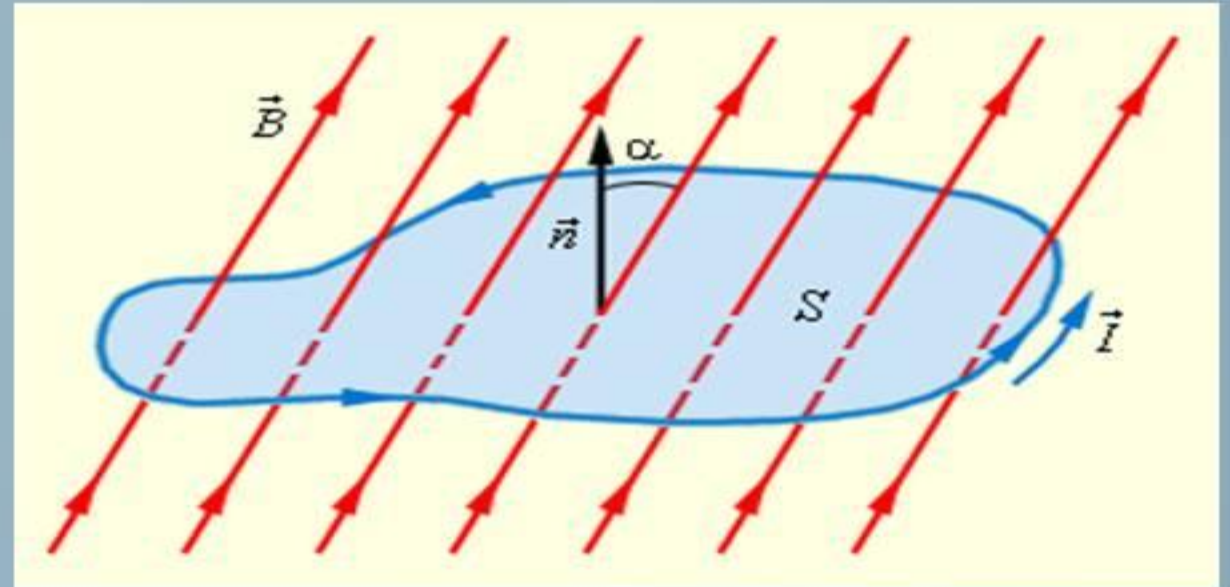
Магнитное действие катушки тем сильнее, чем больше витков в ней.

При увеличении силы тока магнитное поле катушки усиливается.



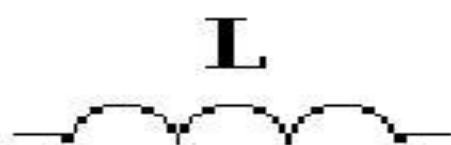
# Магнитный поток

- **Магнитным потоком  $\Phi$**  через площадь  $S$  контура называют величину
  - **$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$**
- где  $B$  – модуль вектора магнитной индукции,
- $\alpha$  – угол между вектором и нормалью к плоскости контура
- **Единица магнитного потока** в системе СИ называется **вебером (Вб)**





## 2. Индуктивный элемент (катушка индуктивности)



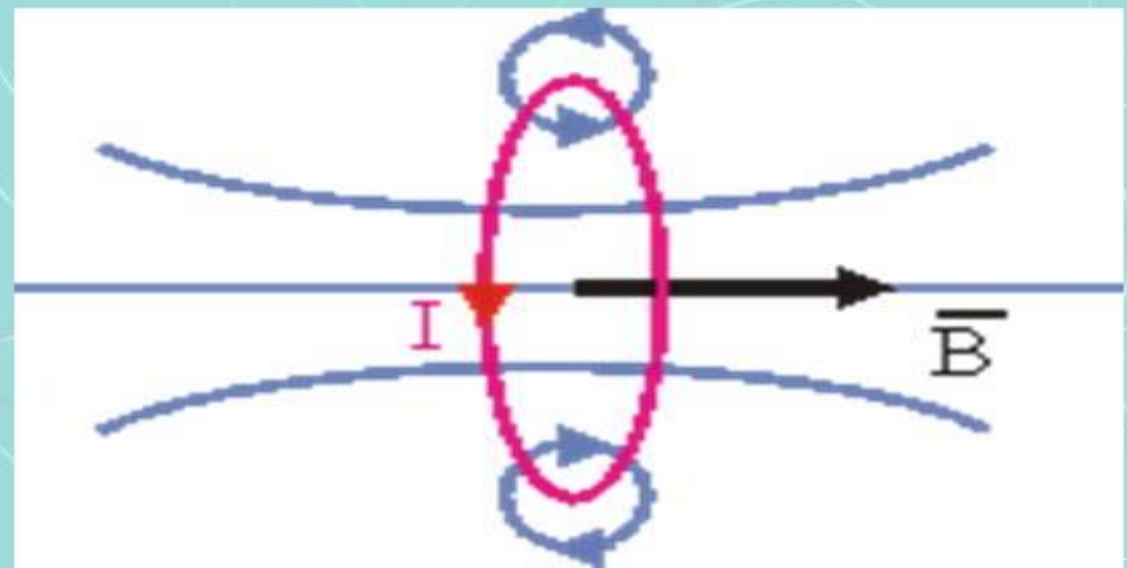
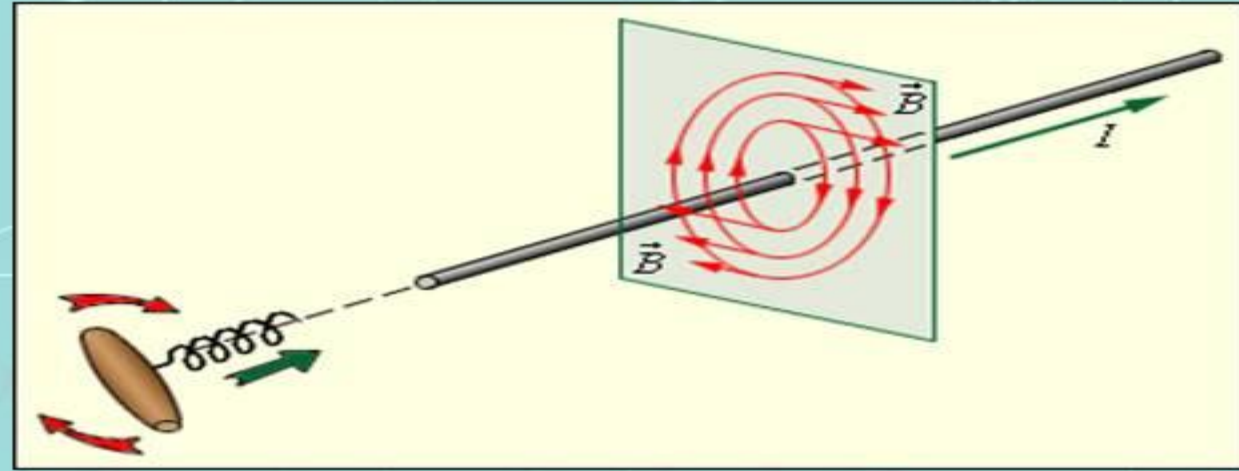
Индуктивность катушки, измеряемая в генри [Гн], определяется по формуле:

$$L = \frac{W \cdot \Phi}{i}$$

где  $W$  - число витков катушки;  $\Phi$  - магнитный поток катушки, возбуждаемый током  $i$ .

# Правило буравчика

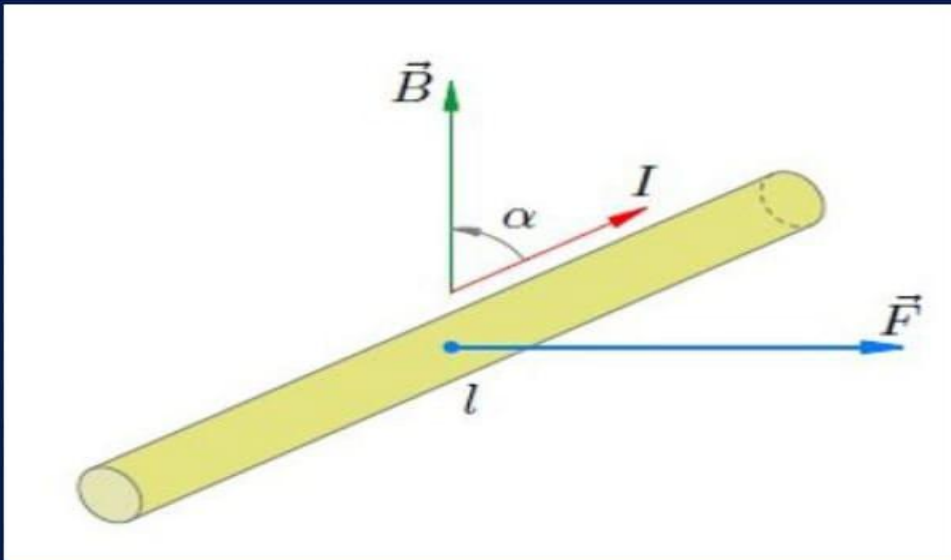
- Если буравчик ввинчивать так, чтобы направление движения буравчика совпало с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадет с направлением линий магнитного поля тока



# ● СИЛА АМПЕРА

сила, действующая на проводник с током в магнитном поле

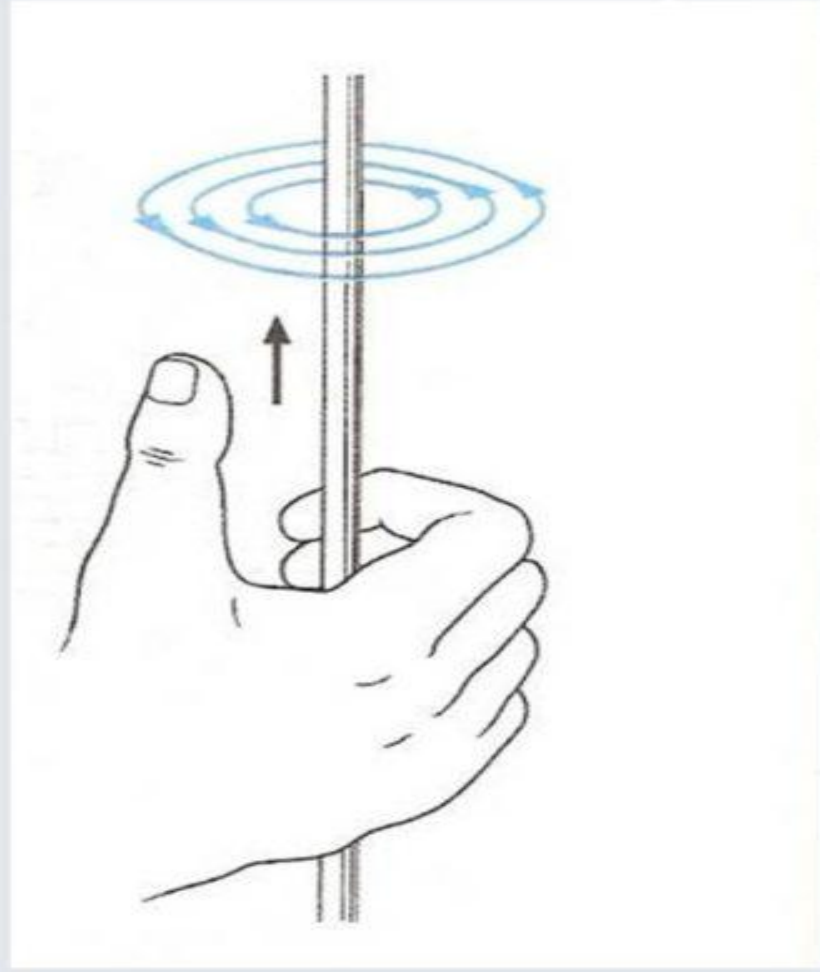
$$F_A = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$$



Если металлический проводник с током поместить в магнитное поле, то на этот проводник со стороны магнитного поля будет действовать сила, которая называется силой Ампера. Происхождение силы Ампера легко понять. Ведь ток в металле является направленным движением электронов, а на каждый электрон действует сила Лоренца. Все эти силы Лоренца, действующие на свободные электроны, имеют одинаковое направление и одинаковую величину; они складываются друг с другом и дают результирующую силу Ампера.

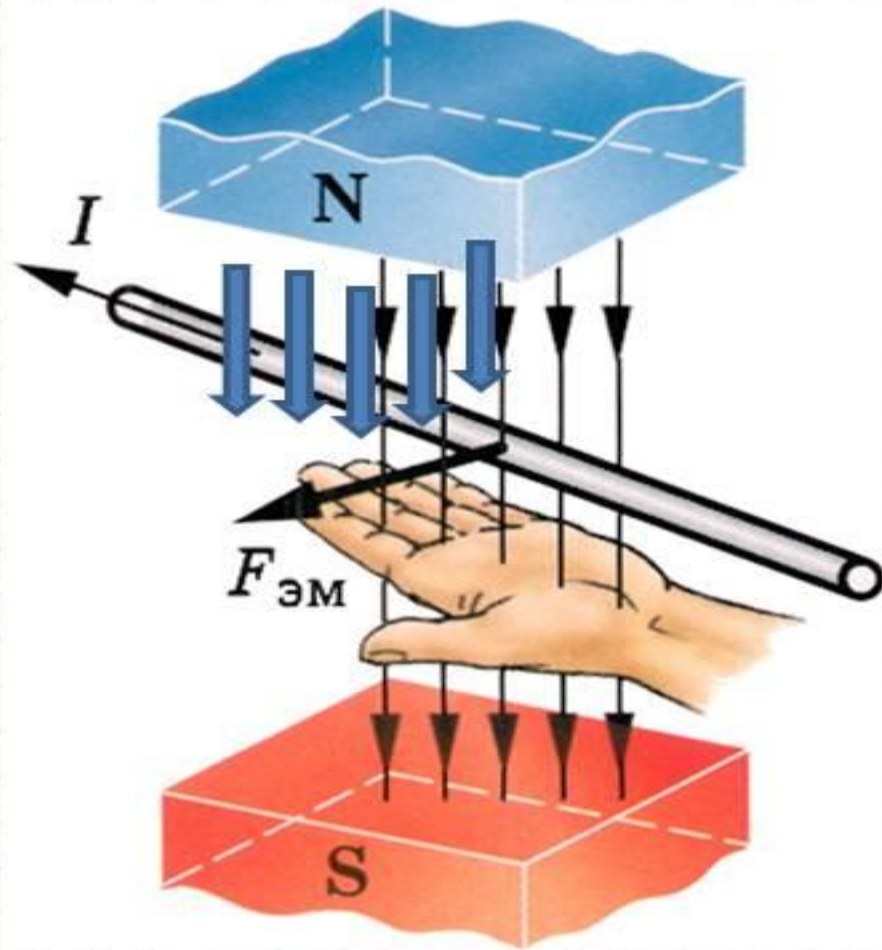


# ПРАВИЛО ПРАВОЙ РУКИ



Если обхватить проводник ладонью правой руки, направив отставленный большой палец вдоль тока, то остальные пальцы этой руки укажут направление силовых линий магнитного поля данного тока

# Правило левой руки



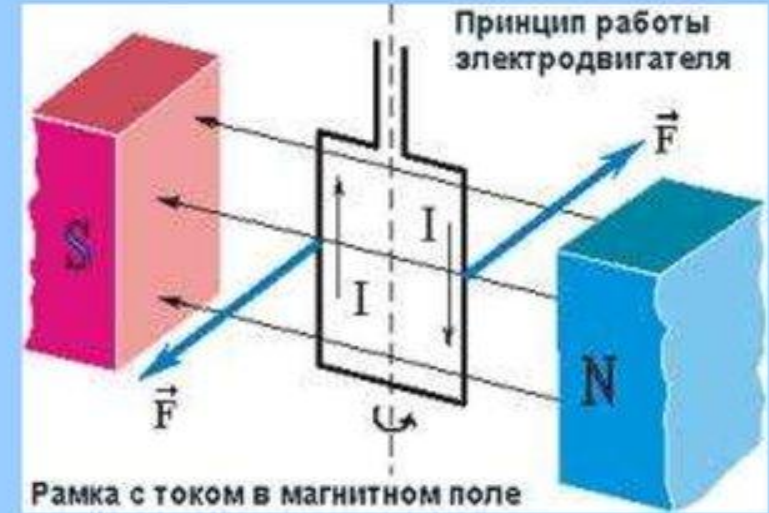
Направление силы, действующей на проводник с током в магнитном поле, можно определить, пользуясь правилом левой руки. Если левую руку расположить так. Чтобы линии магнитного поля входили в ладонь перпендикулярно к ней, а четыре пальца были направлены по току. То отставленный на  $90^\circ$  большой палец покажет направление действующей на проводник силы.

# ПОНЯТИЕ ПРО МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

**МАГНИТНОЕ ПОЛЕ** – особый вид материи, посредством которого осуществляется взаимодействие движущихся зарядов (токов) и намагниченных тел. .

**Источниками магнитного поля** являются:

1. Одиночные движущиеся заряды
2. Проводники с электрическим током
3. Намагниченные тела



## ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ (СИЛОВАЯ):

**Магнитная индукция** – сила, действующая в МП на единицу заряда, движущегося с единичной скоростью, перпендикулярно линиям магнитной индукции поля

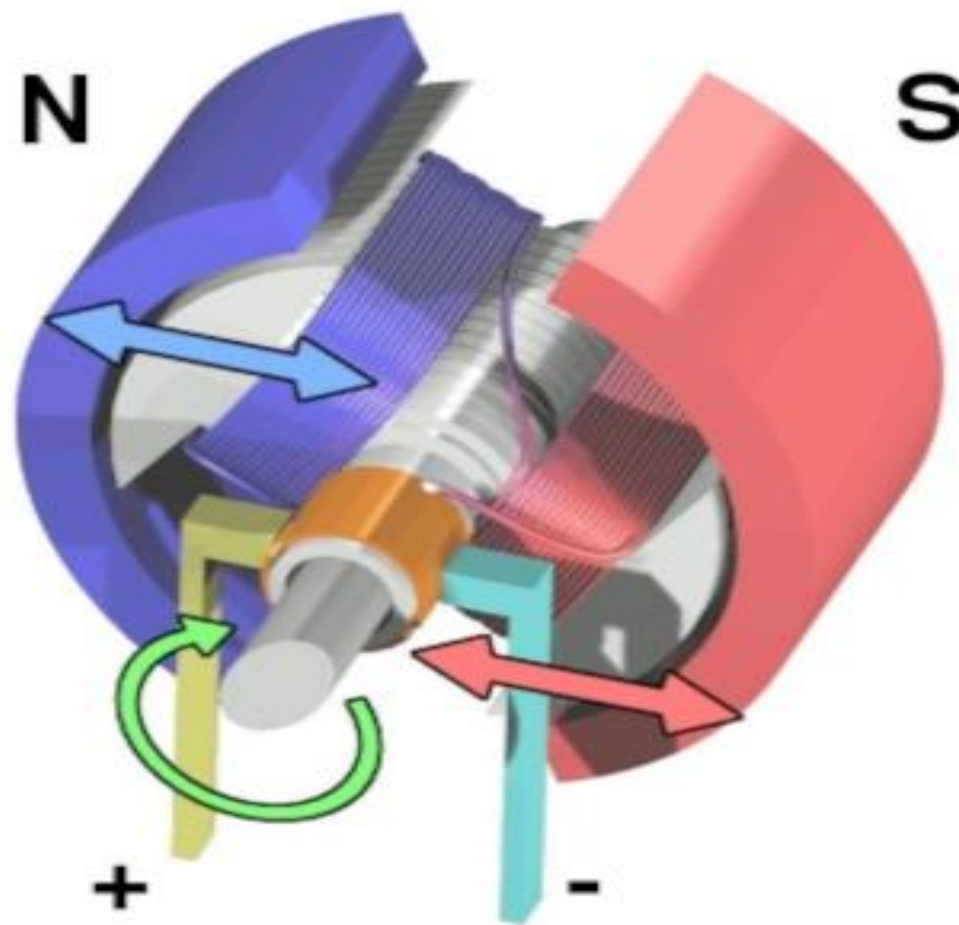
**Магнитная индукция** – максимальный вращательный момент, действующий в магнитном поле на единицу магнитного момента рамки с током, помещённой в поле

$$B = \frac{F}{q \cdot v_{\perp}}$$

$$B = \frac{M_{\max}}{P_m}$$

Единица измерения магнитной индукции - **Тесла**

## Устройство и принцип действия электродвигателя



Основные элементы  
электродвигателя:

- **Якорь (ротор)** – вращающаяся обмотка, состоящая из большого числа витков
- **Индуктор(статор)** - электромагнит
- **Щетки** – скользящие контакты
- **Коллектор** - полукольца

**Магнитная индукция – силовая характеристика магнитного поля.**

- **$\vec{B}$  – магнитная индукция.**

$$B = \frac{F}{I \cdot l}$$

$B$  – модуль магнитной индукции, Тл

$F$  – сила, с которой магнитное поле действует на проводник с током, расположенный перпендикулярно линиям магнитной индукции, Н

$I$  – сила тока, текущего в проводнике, А

$l$  – длина проводника, м



## ИНДУКТИВНОСТЬ. САМОИНДУКЦИЯ

Электрический ток текущий в контуре создает вокруг себя электромагнитное поле, индукция которого пропорциональна току. Поэтому, сцепленный с контуром магнитный поток пропорционален току в контуре.

$$\Phi = LI$$

$L$  – **индуктивность контура** (коэффициент индукции)

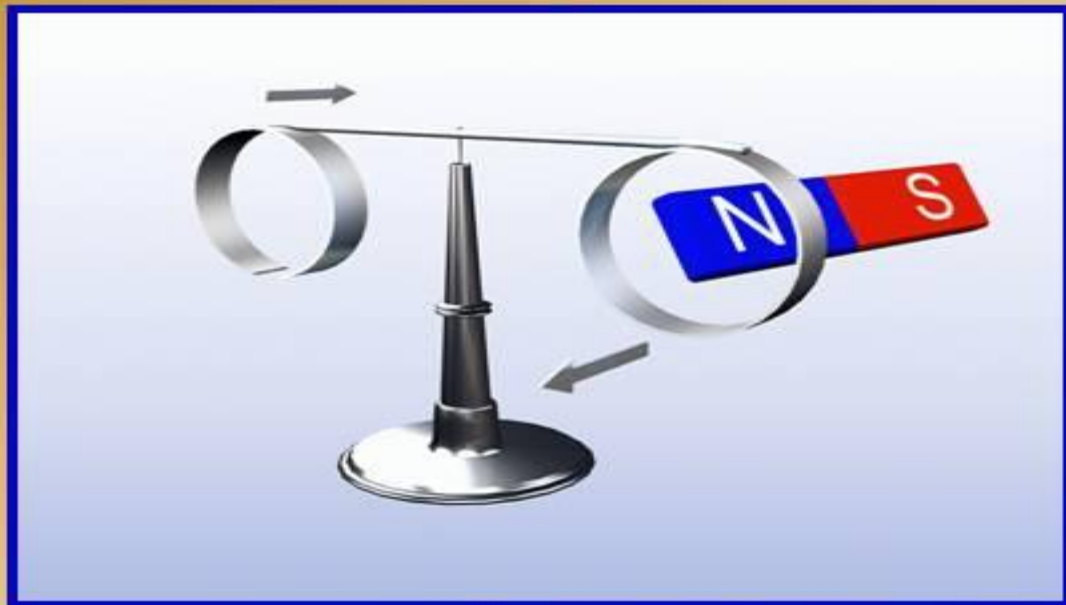
При изменении силы тока в контуре будет изменяться так же и сцепленный с ним магнитный поток, а значит в контуре будет индуцироваться ЭДС.

Возникновение ЭДС индукции в проводящем контуре, при изменении в нем силы тока называется – **САМОИНДУКЦИЕЙ.**

# Правило Ленца

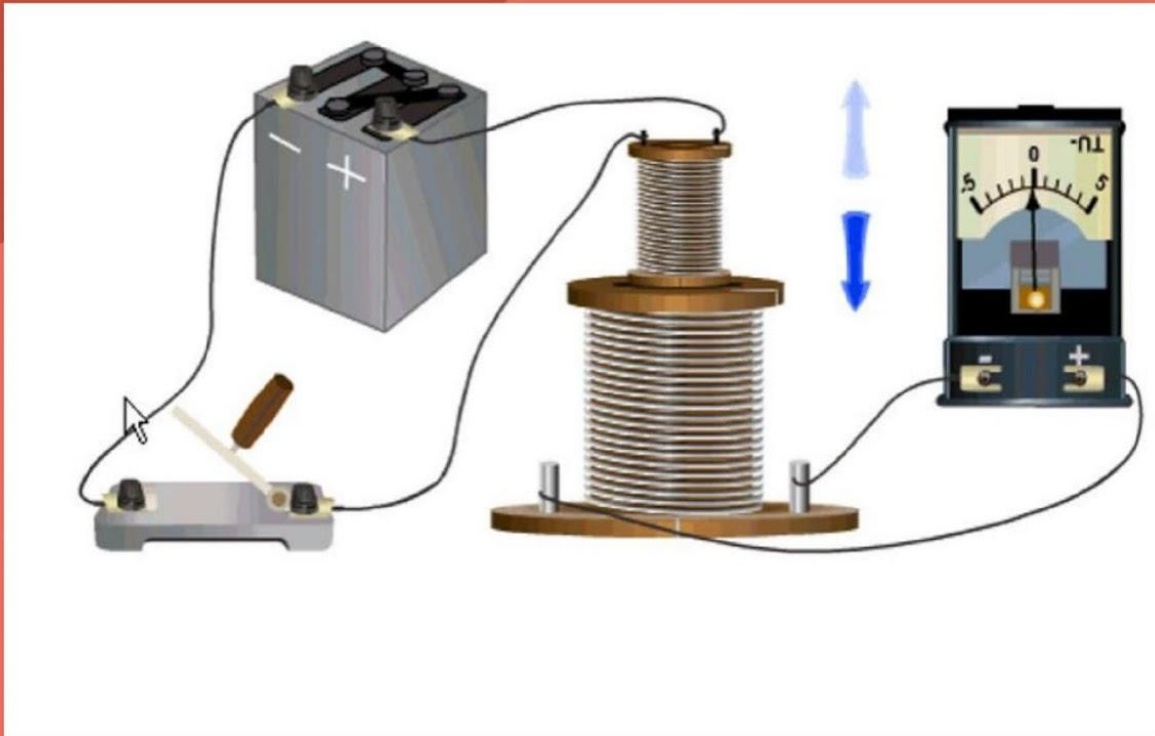


Э.Х.Ленц  
1804 – 1865 г.г.,  
академик,  
ректор  
Петербургского  
Университета



*Индукционный ток  
всегда имеет такое  
направление,  
при котором  
возникает  
противодействие  
причинам,  
его породившим.*

Меняющееся во времени магнитное поле первой катушки порождает (или, как говорят, индуцирует) электрический ток во второй катушке. Этот ток называется **индукционным током**.



- Если магнитное поле первой катушки увеличивается (в момент нарастания тока при замыкании цепи), то индукционный ток во второй катушке течёт в одном направлении.
- Если магнитное поле первой катушки уменьшается (в момент убывания тока при размыкании цепи), то индукционный ток во второй катушке течёт в другом направлении.
- Если магнитное поле первой катушки не меняется (постоянный ток через неё), то индукционного тока во второй катушке нет.

# Трансформатор

Устройство, преобразующее переменный ток одного напряжения в п/т той же частоты, но другого напряжения.



Изобрел  
Яблочков П.Н.



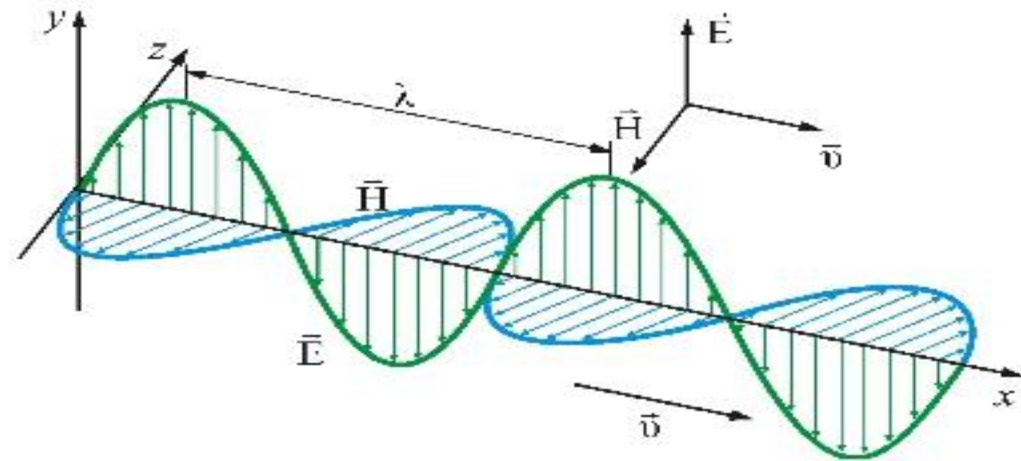
Усовершенствовал  
Усагин И.Ф.

- ▶ По проводнику АБ протекает постоянный ток. Проводник помещен в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны проводнику. Потенциал точки А больше потенциала точки Б. Определить направление силы Ампера, действующей на проводник.
- ▶ Под каким углом расположен прямолинейный проводник с током 4 А в однородном магнитном поле с индукцией 15 Тл, если на каждые 10 см его длины действует сила 3 Н?
- ▶ На прямой проводник с током длиной 0,5 м, перпендикулярный линиям индукции магнитного поля, действует сила 0,15 Н. Найти ток, если индукция поля 20 мТл.
- ▶ Проводник массой 5 г на метр длины, по которому течет ток силой в 10 А, расположенный перпендикулярно полю, оказался в состоянии невесомости. Какова индукция поля?
- ▶ Прямой проводник с током 1 А приобрел под действием перпендикулярного ему магнитного поля ускорение  $2 \text{ м/с}^2$ . Площадь поперечного сечения проводника  $1 \text{ мм}^2$ , плотность его материала  $2500 \text{ кг/м}^3$ . Найти индукцию поля. Силу тяжести не учитывать.

# Электромагнитные волны

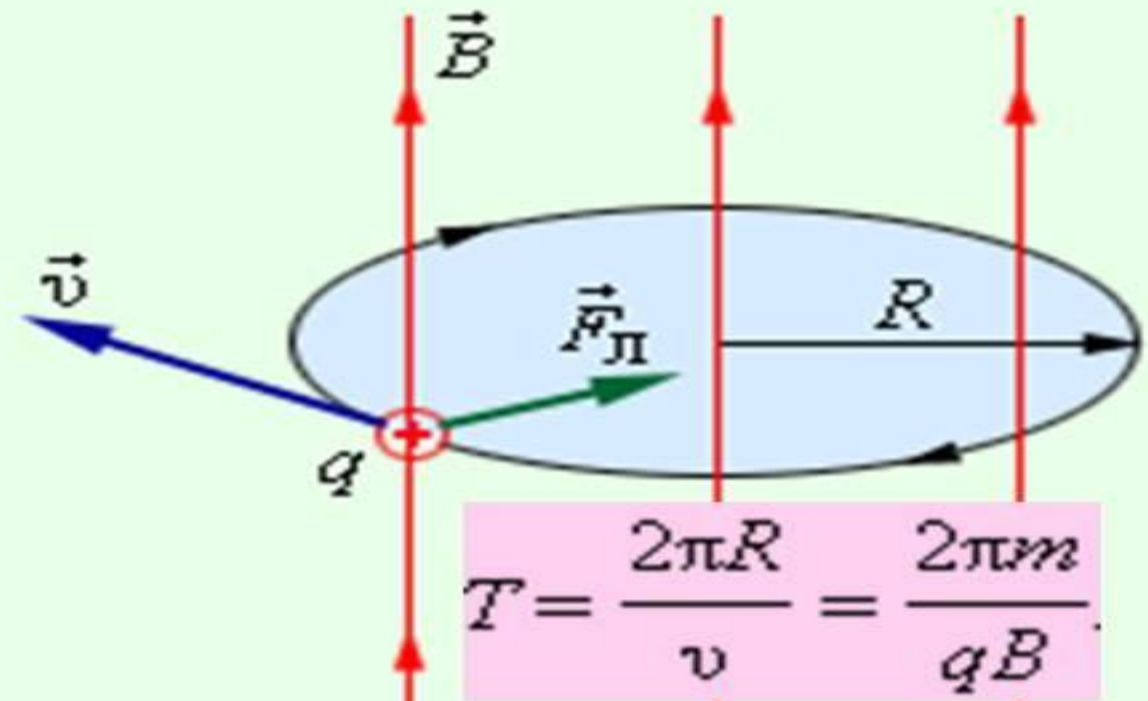
**Электромагнитная волна** - процесс распространения электромагнитного поля в пространстве.

**Электромагнитная волна** представляет собой процесс последовательного, взаимосвязанного изменения векторов напряжённости электрического и магнитного полей, направленных перпендикулярно лучу распространения волны, при котором изменение электрического поля вызывает изменения магнитного поля, которые, в свою очередь, вызывают изменения электрического поля.



# Сила Лоренца

**Направление силы Лоренца**, действующей на заряженную частицу, можно определить **по правилу левой руки**: если расположить левую руку так, чтобы линии индукции входили в ладонь перпендикулярно к ней, а четыре вытянутых пальца были направлены по движению положительно заряженной частицы (против движения отрицательно заряженной), то отставленный большой палец покажет направление действующей на частицу силы.



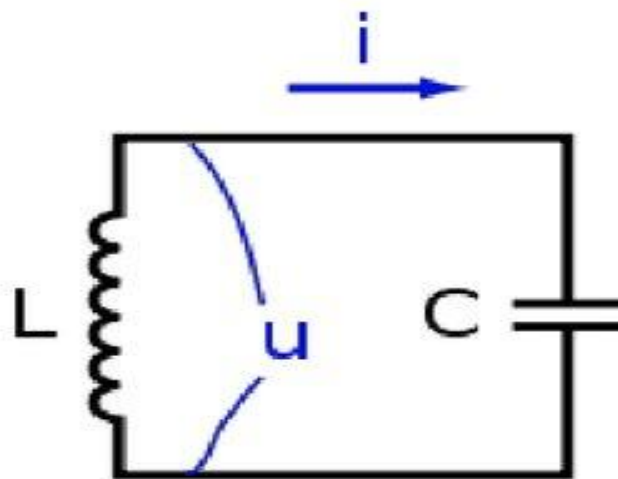
Круговое движение заряженной частицы в однородном магнитном поле

- При движении заряженной частицы в магнитном поле **сила Лоренца работы не совершает.**

- **Период обращения** частицы в однородном магнитном поле

# Колебательный контур

- Колебательный контур – это электрическая цепь состоящая из параллельно соединенных конденсатора и индуктивности.
- При зарядке конденсатора энергией в нем возникают свободные электромагнитные колебания.
- Колебательный контур обладает резонансной частотой.



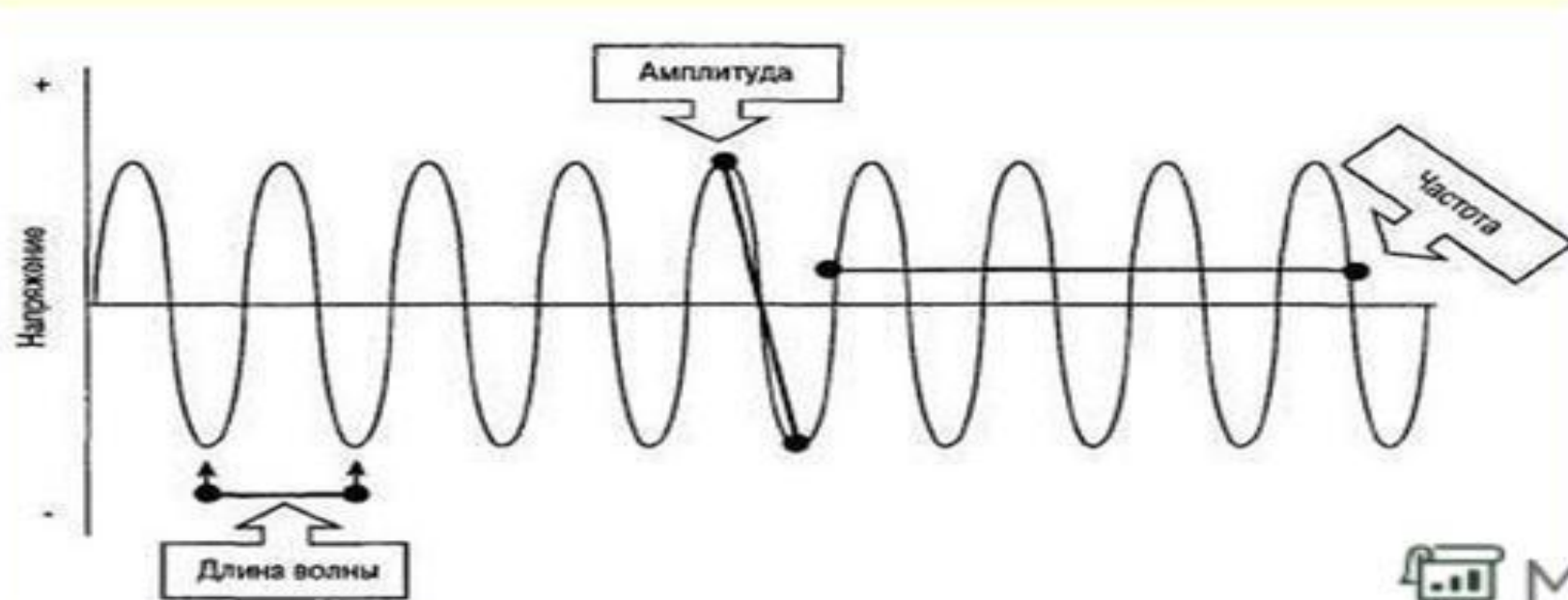
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



# Формула волны

$$c = \lambda \nu$$

- $c = 3 \cdot 10^8$  м/с
- $\lambda$  – длина волны (м)
- $\nu$  – частота волны (Гц)



# **1-й закон термодинамики**

**III. Теплота, подведенная к системе (или выделенная ею) расходуется на изменения внутренней энергии системы и совершение работы.**

$$**Q = \Delta U + A**$$

**где  $Q$  – количество теплоты,  $\Delta U$  – изменение внутренней энергии системы,  $A$  – работа.**

**Внутренняя энергия  $U$  – это полная энергия системы, которая состоит из энергии движения молекул, атомов, энергии связей и др.**

## 2-й закон термодинамики

Второй закон термодинамики дает ответ на вопрос: возможен ли тот или иной процесс, и в каком направлении он будет протекать. Существует много формулировок второго закона:

По Ломоносову: *«Холодное тело В погруженное в теплое тело А, не может воспринять большую степень теплоты, чем ту, какую имеет А».*

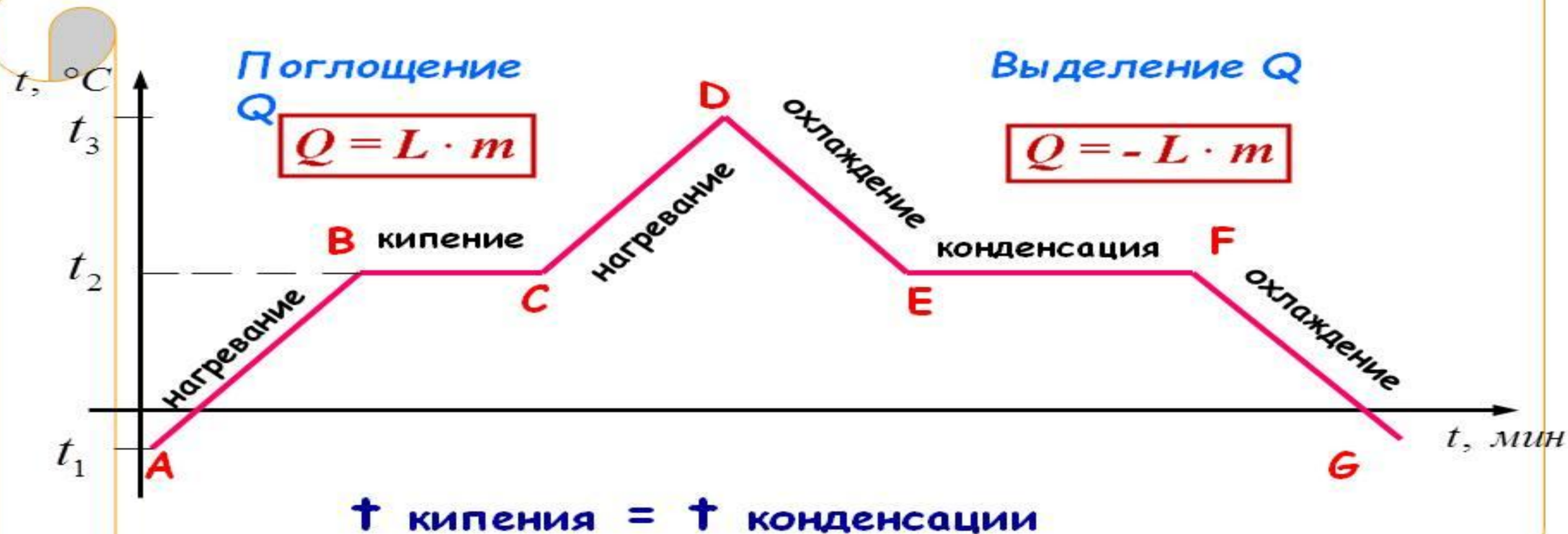
По Томсону: *«Различные виды энергии стремятся переходить в теплоту, а теплота, в свою очередь, стремится рассеяться...».*

## Плавление и кристаллизация





# График кипения и конденсации



## Формула определения КПД теплового двигателя

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$$

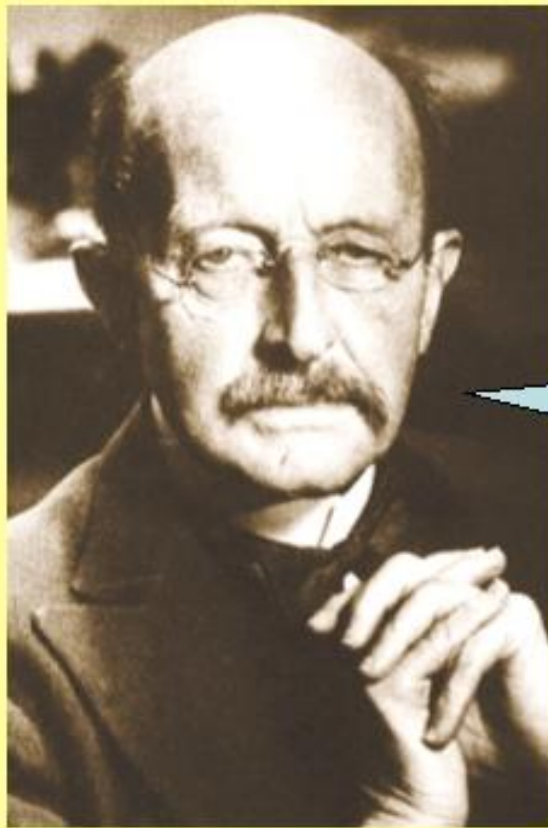
Где  $A_{\text{п}}$  – полезная работа

$Q_1$  – кол-во теплоты, полученное от нагревателя

$Q_2$  – кол-во теплоты, отданное холодильнику

$Q_1 - Q_2$  – кол-во теплоты, которое пошло на  
совершение работы

обладает всеми свойствами  
электромагнитных волн.  
( $c = 300\,000\text{ км/с}$ )



$$E = h\nu$$

Свет – поток частиц, частица света  
– фотон.

Дуализм: свет распространяется как  
волна, а излучается и поглощается как

# ПОКАЗАТЕЛЬ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

## ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ

Равен отношению скоростей света в данных средах:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$$

## АБСОЛЮТНЫЙ

Показатель преломления относительно вакуума, определяющий, во сколько раз скорость света в данной среде меньше скорости света в вакууме:

$$n = \frac{c}{v}$$

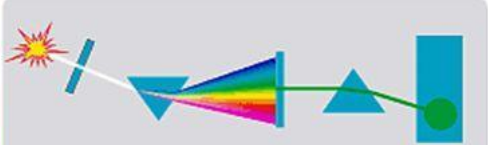


# ДИСПЕРСИЯ СВЕТА

ОПТИКА ФИЗИКА 194

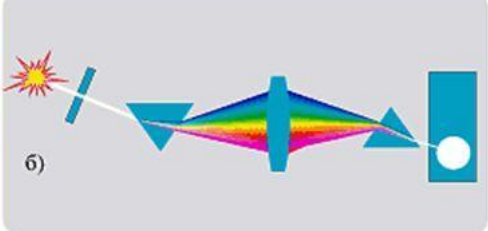
Дисперсия света  
Опыты Ньютона 1665 г.

а)



Первая призма разлагает белый свет в спектр, вторая - преломляет выделенный диафрагмой монохроматический (зеленый) свет

б)



Первая призма разлагает белый свет в спектр, вторая вновь собирает спектр в белый свет

ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет»  
450000, Челябинск, пр. Ленина, 76, 479277 тел. (3532) 95 54 54, e-mail: info@univ.chel.su, internet: www.univ.chel.su


И.Ньютон открыл явление разложения света на разноцветные полосы.

Белый свет состоит из семи цветов.

К – красный 

О – оранжевый 

Ж- желтый 

З – зеленый 

Г – голубой 

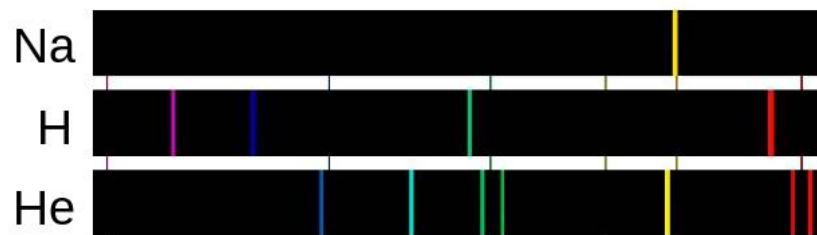
С – синий 

Ф - фиолетовый 

# Спектральный анализ

**Спектральный анализ** — метод определения химического состава вещества по его спектру.

Этот метод основан на том, что длины волн (или частоты) линейчатого спектра вещества зависят только от свойств атомов этого вещества, другими словами, **атомы любого химического элемента дают спектр, не похожий на спектры всех других элементов.**



## Определение радиоактивности

Радиоактивность – это явление самопроизвольного превращения некоторых атомных ядер в другие ядра, сопровождающееся излучением  $\alpha$ -,  $\beta$ - или  $\gamma$ -частиц

# Постулаты Бора

1. Атомная система может находиться только в особых стационарных состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия  $E_n$ . В стационарном состоянии атом не излучает.

2. При переходе атома из одного стационарного состояния в другое испускается или поглощается квант энергии  $E = h\nu$

$$h\nu = E_m - E_n.$$

3. Электроны могут двигаться по орбитам определённого радиуса. На этой орбите момент импульса электрона кратен приведенной постоянной Планка.

$$m v_k r_k = k \hbar$$

Протон и нейтрон называли одной частицей – **нуклоном**.

**Ядро состоит из нуклонов.**



**A** – число всех частиц (число нуклонов);

**Z** – число протонов;

**A - Z = N** – число нейтронов.

Например:



Ядро урана имеет:

**235** нуклона;

**92** протона;

**235 - 92 = 143** нейтрона.

# ИЗОТОПЫ

**Изотопы** – это атомы одного и того же химического элемента, которые имеют одинаковое количество протонов и разное количество нейтронов.

Изотопы известны для всех химических элементов. Изотопы изображают теми же символами, что и химические элементы:



Вверху пишется массовое число (**A**), внизу – заряд ядра (**Z**).



## Энергия связи

- Энергией связи называют энергию, которую надо затратить, чтобы расщепить ядро на свободные нуклоны.  
Или это энергия, которая выделяется при образовании ядра из отдельных свободных нуклонов.

$$E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2$$

**Дефект массы ядра - это разность между суммарной массой частиц, составляющих ядро, и массой целого ядра  $M_{\text{я}}$ :**

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - M$$



# Закон радиоактивного распада

Самопроизвольный распад атомных ядер подчиняется закону радиоактивного распада:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

$N_0$  - количество ядер в данном объеме вещества в начальный момент времени  $t = 0$ ;

$N$  - число ядер в том же объеме к моменту времени  $t$ ;

$\lambda$  - **постоянная распада**, имеющая смысл вероятности распада ядра за 1 секунду и равная доле ядер, распадающихся за единицу времени.

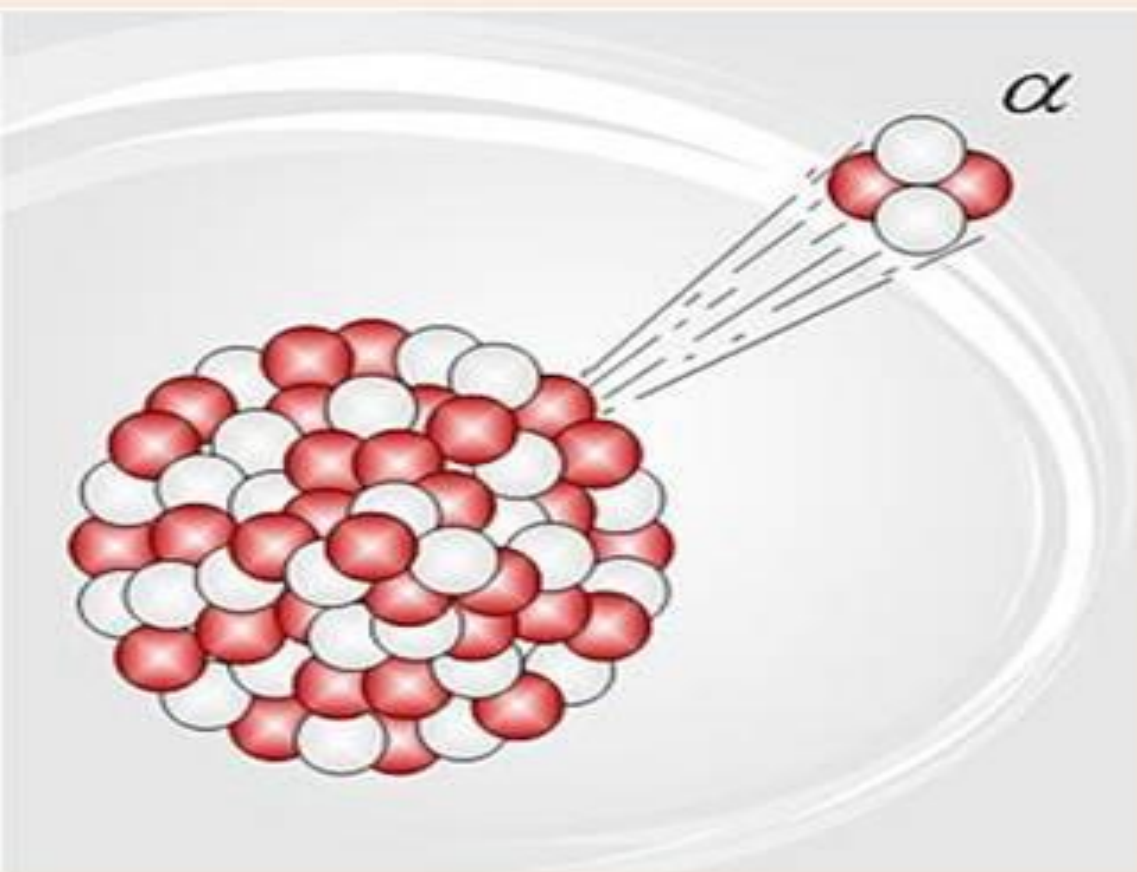
$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

$N$  – количество нераспавшихся атомов

$N_0$  – начальное количество нераспавшихся атомов

$t$  – время, протекшее с момента начала наблюдений

$T$  – период полураспада элемента

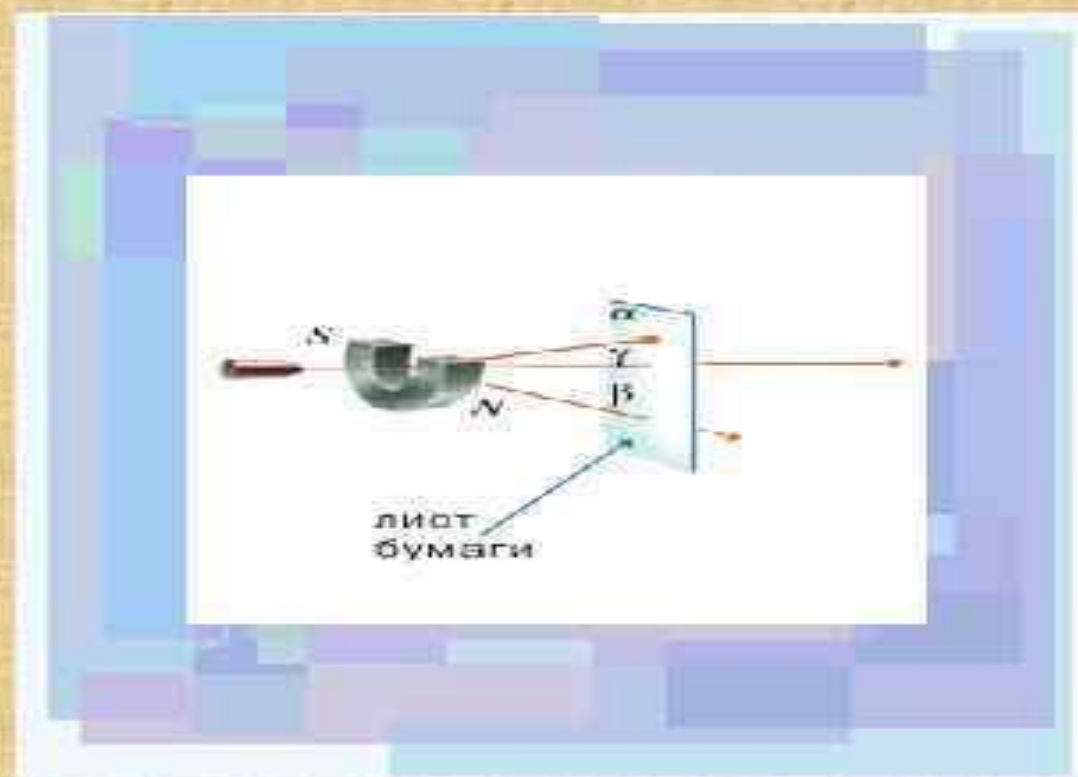
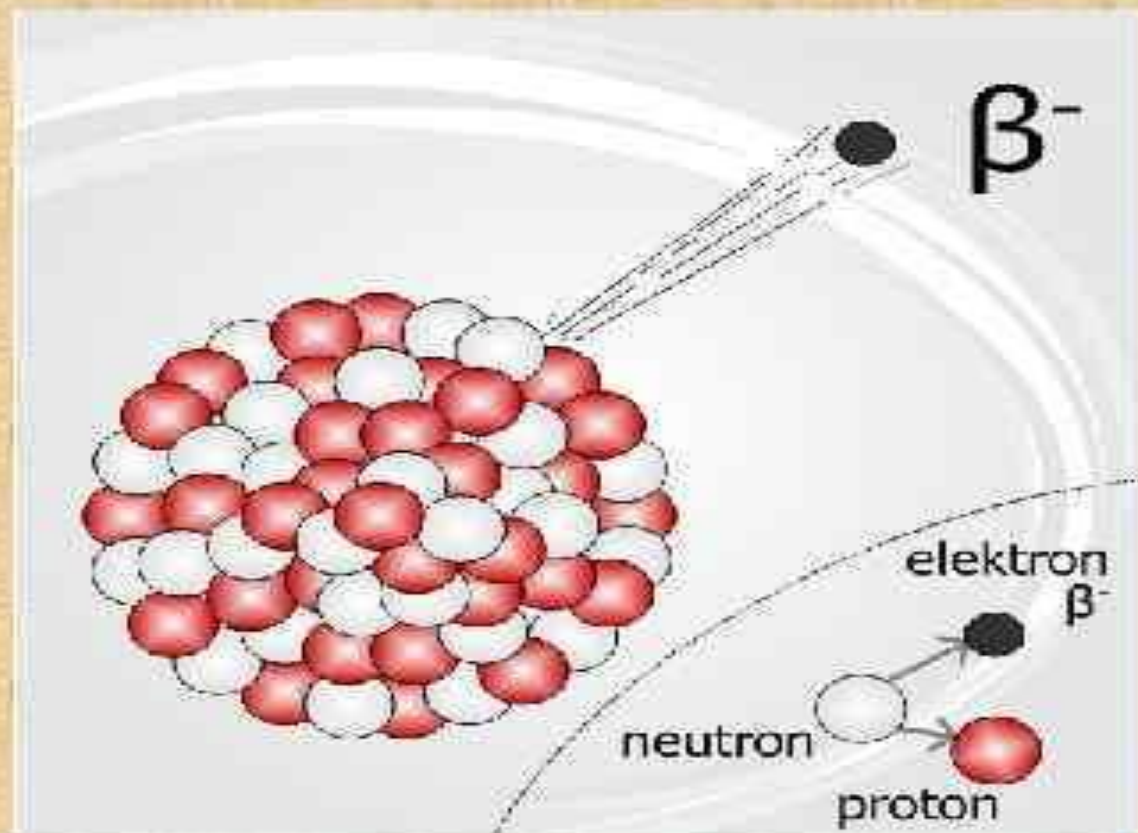


**Альфа-частица образована 2-мя протонами и 2-мя нейтронами, заряжена положительно. Идентична ядру атома гелия ( ${}^4\text{He}^{2+}$ ).**

**Образуется при  $\alpha$ -распаде ядер. При этом ее скорость достигает  $1.6 \cdot 10^7$  м/с .**

**При движении в веществе  $\alpha$ -частица создаёт сильную ионизацию и в результате быстро теряет энергию.**

# Бета- частица



$\beta$  -лучи - потоки электронов, скорости которых близки к значению скорости света. Проникающая способность  $\beta$  -лучей выше, чем  $\alpha$  -излучения. Защитой от  $\beta$  -лучей может являться алюминиевая пластина толщиной в несколько миллиметров.

## **$\gamma$ - излучение.**

*Нейтральный – гамма частицы (кванты).*

*Магнитным полем не отклоняются.*

*Представляет собой электромагнитное излучение.*

*Длина волны очень мала: от  $10^{-10}$  до  $10^{-30}$ . Гамма – излучение имеет наибольшую проникающую способность.*

- Хорошей защитой от гамма – излучений являются тяжелые металлы, например толстый слой свинца или толстый слой бетона, которые для этих целей используются наиболее часто.*
- Скорость распространения гамма-лучей как и у всех электромагнитных волн 300000 км/с.*
- На шкале электромагнитных волн они следуют за рентгеновскими лучами.*

# Природа $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ - излучений



## $\alpha$ -частицы

$$m_{\alpha} = 4 \text{ а.е.м.}$$

$$q_{\alpha} = 2 e$$

Скорость  $\alpha$ -частиц лежит в пределах 10 000 - 20 000 км/с

*$\alpha$ -частицы - ядра гелия*

## $\beta$ -частицы

$$m_{\beta} = m_e$$

$$q_{\beta} = q_e$$

Скорость  $\beta$ -частиц доходит до 0,99 скорости света

*$\beta$ -частицы – быстрые электроны*

## $\gamma$ -излучение

Действует на фотопластинку, ионизирует воздух, не отклоняется магнитным путем, поэтому это *электромагнитные волны*. Энергия гамма-излучения значительно превышает энергию, которую могут излучать электроны из внешней оболочки атома.

<b><i>Виды излучения</i></b>	<b><i>Альфа</i></b>	<b><i>Бета</i></b>	<b><i>Гамма</i></b>
<b><i>Природа излучения</i></b>	<b>Ядро атома гелия</b>	<b>Электрон</b>	<b>Электромагн итная волна</b>
<b><i>Параметры излучения</i></b>	$m = 4a.e.m.$ $q = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$	$v = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$ $m = 9 \cdot 10^{-31} \text{ кг.}$ $q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$	$v = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$ : от $10^{-8}$ - $10^{-11}$ см.
<b><i>Наличие заряда</i></b>	Положительный	Отрицательный	Нет
<b><i>Проникающая я способность</i></b>	Наименьшая	Средняя	Наибольшая