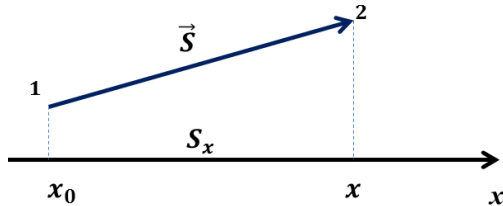


## Равномерное прямолинейное движение ( $\vec{v} = const$ )

$$\vec{v} = \frac{\vec{S}}{t}$$

$$v_x = \frac{S_x}{t}$$

$$\frac{\text{км}}{\text{ч}} : 3,6 = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$S_x = x - x_0$$

$$S_x = v_x t$$

$$x = x_0 + v_x t$$

$\vec{v}$  – вектор скорости ( $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ );

$\vec{S}$  – перемещение (м);

$t$  – время (с);

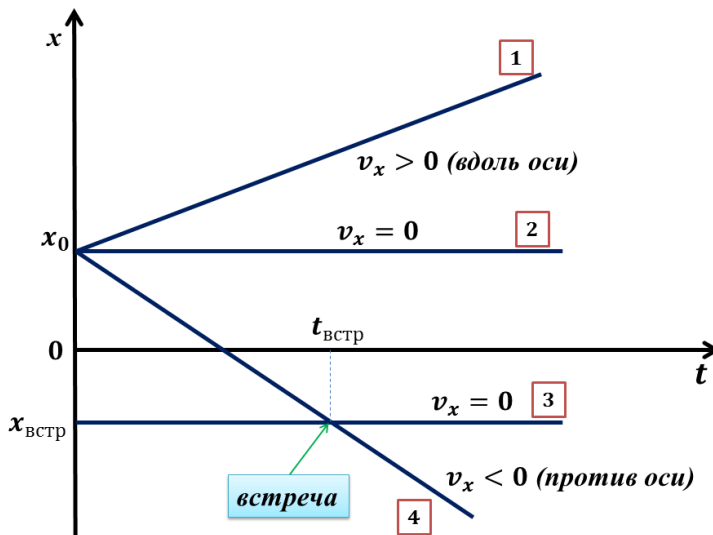
$v_x$  – проекция скорости ( $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ );

$S_x$  – проекция перемещения (м);

$x_0$  – начальная координата (м);

$x$  – конечная координата (м).

График зависимости координаты от времени при равномерном прямолинейном движении



1 – координата

увеличивается  $v_x = \frac{x-x_0}{t} > 0$ ;  $v_x > 0$

2 – координата не изменяется  $v_x = \frac{x-x_0}{t} =$

0;  $v_x = 0$

3 – как и 2

4 – координата

уменьшается  $v_x = \frac{x-x_0}{t} < 0$ ;  $v_x < 0$

## Равноускоренное прямолинейное движение ( $\vec{a} = const$ )

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

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

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$$

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

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

$\vec{a}$  – вектор ускорения ( $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ );

$\vec{v}_0$  – вектор начальной скорости ( $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ );

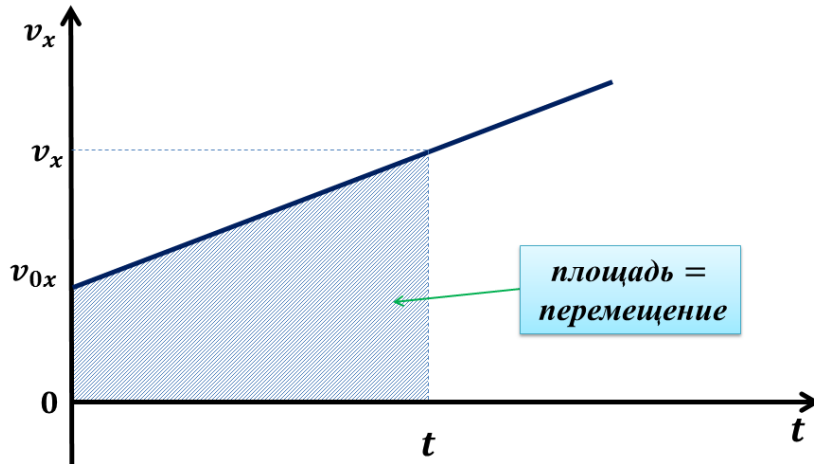
$\vec{v}$  – вектор конечной скорости ( $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ );

$\Delta\vec{v}$  – изменение вектора

$$S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

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

$$S_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} \cdot t$$



скорости  $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$ ;

$t$  – время (с);

$a_x$  – проекция ускорения  $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)$ ;

$v_{0x}$  – проекция

начальной скорости  $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$ ;

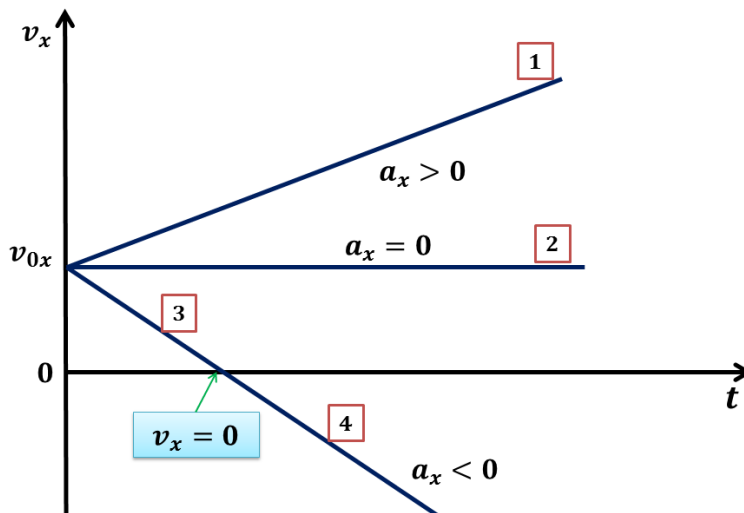
$v_x$  – проекция конечной скорости  $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$ ;

$S_x$  – проекция перемещения (м);

$x_0$  – начальная координата (м);

$x$  – конечная координата (м).

График зависимости проекции скорости от времени при равноускоренном прямолинейном движении



1 – равноускоренное

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

$0$ ;  $a_x > 0$  ускорение направлено вдоль оси, движение вдоль оси, т.к.

$v_x > 0$

2 – равномерное

движение  $a_x = 0$ ;

$v_{0x} = const > 0$

3 – равнозамедленное

движение до остановки

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

движение вдоль оси

$v_x > 0$

4 – равноускоренное

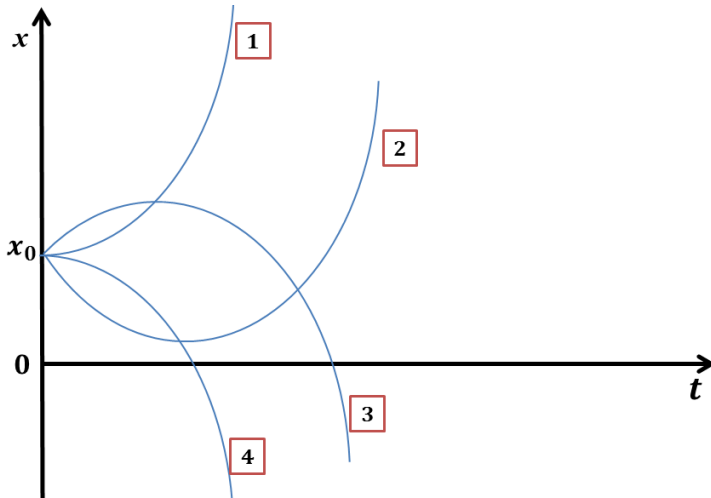
движение после

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

$0$ ;  $a_x < 0$ ; движение

против оси  $v_x < 0$

График зависимости координаты от времени при равноускоренном прямолинейном движении



Графики – парабола (так как  $t^2$ ):

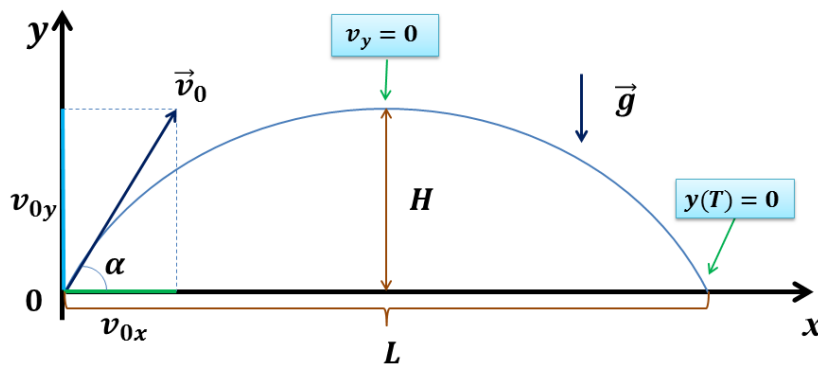
$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

1 и 2 –  $a_x > 0$

3 и 4 –  $a_x < 0$

### Баллистика

Движение тела, брошенного под углом к горизонту



$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \\ y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} v_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \\ y(t) = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

$$y(T) = 0 \Rightarrow v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 0$$

$$t \cdot (v_0 \cdot \sin \alpha - \frac{gT}{2}) = 0$$

$$t = 0; \quad v_0 \cdot \sin \alpha - \frac{gT}{2} = 0$$

$x(t), y(t)$  – координаты тела в момент времени  $t$  по оси  $x$  и  $y$  (м);

$x_0, y_0$  – начальные координаты (м);

$v_{0x}, v_{0y}$  – проекции начальной скорости на оси  $x$  и  $y$  ( $\frac{м}{с}$ );

$t$  – время (с);

$a_x, a_y$  – проекции ускорения на оси  $x$  и  $y$  ( $\frac{м}{с^2}$ );

$\left(\frac{м}{с^2}\right)$ ;

$g$  – ускорение

свободного падения

$(g = 10 \frac{м}{с^2})$ ;

$\alpha$  – угол броска (угол между начальной скоростью и горизонтом);

$T$  – время полета тела (с);

$L$  – дальность полета (м);

$$T = \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$L = x(T) = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

$$L = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$$

$$H = \frac{v_y^2 - v_{0y}^2}{2a_y} = \frac{0 - (v_0 \cdot \sin \alpha)^2}{2 \cdot (-g)} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$H = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\begin{cases} v_x(t) = v_{0x} + a_x t \\ v_y(t) = v_{0y} + a_y t \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_x(t) = v_0 \cdot \cos \alpha \\ v_y(t) = v_0 \cdot \sin \alpha - gt \end{cases}$$

$$v(t) = \sqrt{(v_x(t))^2 + (v_y(t))^2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi(t) = \frac{v_y(t)}{v_x(t)}$$

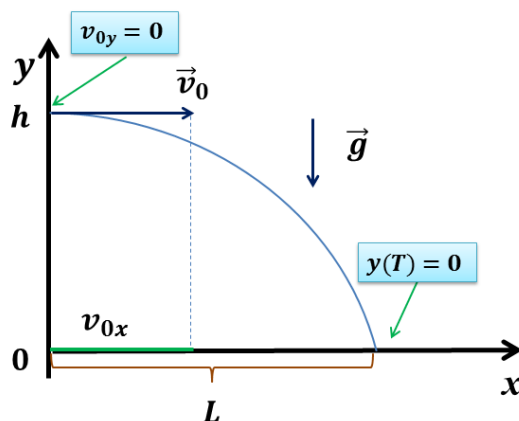
$H$  – высота подъема тела (м);

$v_x(t)$ ,  $v_y(t)$  – проекции скорости на оси  $x$  и  $y$  в момент времени  $t$  ( $\frac{м}{с}$ );

$v(t)$  – модуль скорости в момент времени  $t$  ( $\frac{м}{с}$ );

$\varphi(t)$  – угол наклона вектора скорости к горизонту в момент времени  $t$

### Горизонтальный бросок



$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \\ y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = h \end{cases} \quad \begin{cases} v_{0x} = v_0 \\ v_{0y} = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cdot t \\ y(t) = h - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

$$y(T) = 0 \Rightarrow h - \frac{gt^2}{2} = 0$$

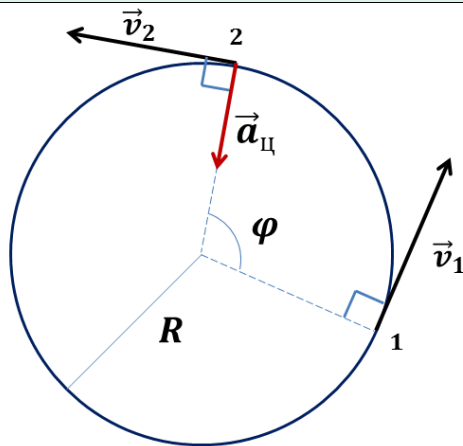
$$h = \frac{gt^2}{2}$$

$$T = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$L = x(T) = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$L = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

### Движение тела по окружности с постоянной скоростью



$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

Связь линейной и угловой скорости:

$$\left. \begin{aligned} v &= \frac{S}{T} = \frac{2\pi R}{T} \\ \omega &= \frac{\varphi}{T} = \frac{2\pi}{T} \end{aligned} \right\} \Rightarrow v = \omega R$$

$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

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

$\varphi$  – угол, на который поворачивается радиус окружности (рад);

$t$  – время поворота (с);

$\omega$  – угловая скорость ( $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$ );

$v_1, v_2, v$  – линейная скорость ( $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ );

$R$  – радиус окружности (м);

$T$  – период обращения (с);

$N$  – количество оборотов;

$\nu$  – частота обращения (Гц =  $\text{с}^{-1}$ );

Формула связи периода и частоты:

$$\left. \begin{aligned} T &= \frac{t}{N} \\ \nu &= \frac{N}{t} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \nu = \frac{1}{T}$$

Формула связи угловой скорости и частоты:

$$\left. \begin{aligned} v &= \frac{v}{2\pi R} \\ \nu &= \frac{\omega}{2\pi} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \omega = 2\pi\nu$$

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}$$

$$a_{ц} = \omega^2 R$$

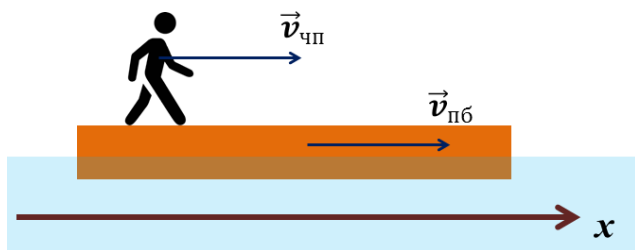
$a_{ц}$  –

центростремительное

ускорение  $\left(\frac{м}{с^2}\right)$

### Сложение скоростей

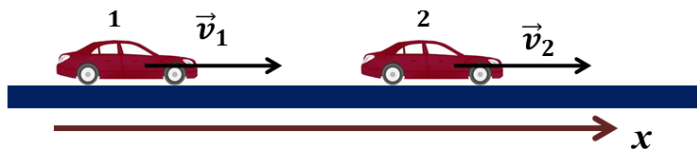
$$\vec{v}_{тн} = \vec{v}_{тп} + \vec{v}_{пн}$$



$$\vec{v}_{чб} = \vec{v}_{чп} + \vec{v}_{пб}$$

$$v_{чб x} = v_{чп x} + v_{пб x}$$

$$v_{чб} = v_{чп} + v_{пб}$$



$$\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

$$v_{21 x} = v_{2 x} - v_{1 x}$$

$$v_{21 x} = v_2 - v_1$$

$\vec{v}_{тн}$  – вектор скорости тела относительно неподвижной системы отсчета

$\vec{v}_{тп}$  – вектор скорости тела относительно подвижной системы отсчета

$\vec{v}_{пн}$  – вектор скорости подвижной системы отсчета относительно неподвижной системы

$v_{чб}$  – скорость человека относительно берега

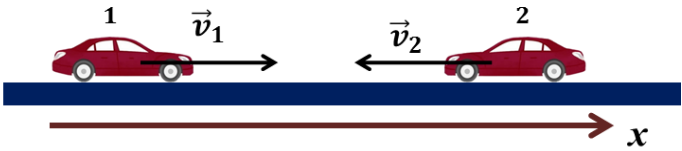
$v_{чп}$  – скорость человека относительно плота

$v_{пб}$  – скорость плота относительно берега

$v_1$  – скорость первого автомобиля

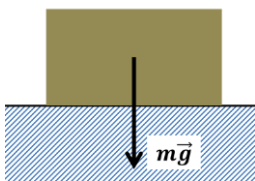
относительно земли

$v_2$  – скорость второго автомобиля

 <p style="text-align: center;"><math>v_{21x} = -v_2 - v_1</math></p>	<p>относительно земли</p> <p><math>v_{21}</math> – скорость второго автомобиля</p> <p>относительно первого</p>
<p><b>Динамика</b></p>	
$\rho = \frac{m}{V}$ $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} : 1000 = \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	<p><math>\rho</math> – плотность тела (<math>\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}</math>);</p> <p><math>m</math> – масса (кг);</p> <p><math>V</math> – объем (<math>\text{м}^3</math>)</p>
<p>Первый закон Ньютона:</p> <p>существуют ИСО (инерциальные системы отсчета):</p> <p>если <math>\sum \vec{F} = 0</math>, то <math>v = 0</math> или <math>\vec{v} = \text{const}</math> (<math>a = 0</math>)</p>	<p><math>\sum \vec{F}</math> – векторная сумма сил (равнодействующая сил) (Н);</p> <p><math>v</math> – скорость (<math>\frac{\text{м}}{\text{с}}</math>);</p> <p><math>a</math> – ускорение (<math>\frac{\text{м}}{\text{с}^2}</math>)</p>
<p>Второй закон Ньютона:</p> $\vec{F} = m\vec{a}$ $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N$ $\vec{F} \uparrow \vec{a}$	<p><math>\vec{F}</math> – равнодействующая сил (Н);</p> <p><math>m</math> – масса (кг);</p> <p><math>a</math> – ускорение (<math>\frac{\text{м}}{\text{с}^2}</math>)</p>
<p>Третий закон Ньютона:</p> $\left. \begin{matrix} F_1 = F_2 \\ \vec{F}_1 \uparrow \vec{F}_2 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \vec{F}_1 = -\vec{F}_2$	<p><math>\vec{F}_1</math> и <math>\vec{F}_2</math> – силы взаимодействия двух тел (Н)</p>
<p>Закон всемирного тяготения:</p> $F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$	<p><math>F</math> – сила гравитационного притяжения тел (Н);</p> <p><math>m_1</math> и <math>m_2</math> – массы тел (кг);</p> <p><math>r</math> – расстояние между телами (м);</p> <p><math>G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}}</math> – гравитационная постоянная.</p>

Сила тяжести:

$$F_T = mg$$



$F_T$  – сила тяжести (Н);  
 $m$  – масса тела (кг);  
 $g$  – ускорение  
 свободного падения  
 $(g = 10 \frac{м}{с^2})$ ;

Движение спутников:

$$F = G \frac{M_{\text{п}} \cdot m}{R^2} = mg \Rightarrow g = G \frac{M_{\text{п}}}{R^2}$$

$$g = a_{\text{ц}}$$

$$G \frac{M_{\text{п}}}{R^2} = \frac{v^2}{R}$$

$$v^2 = G \frac{M_{\text{п}}}{R}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

Первая космическая скорость (спутник планеты):

$$v_1 = \sqrt{gR_{\text{п}}}$$

Для Земли  $v_1 = 7,9 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ 

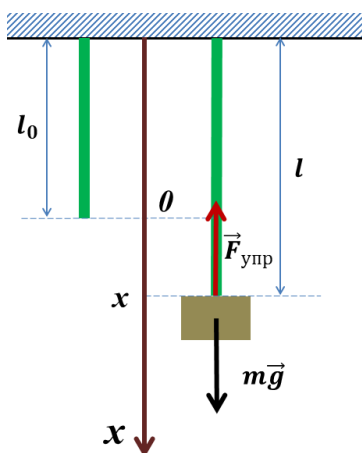
Вторая космическая скорость (спутник Солнца):

$$v_2 = \sqrt{2gR_{\text{п}}} = v_1\sqrt{2}$$

Для Земли  $v_2 = 11,2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ 

$M_{\text{п}}$  – масса планеты (кг);  
 $m$  – масса спутника (кг);  
 $g$  – ускорение  
 свободного падения на  
 планете  $(\frac{м}{с^2})$ ;  
 $R$  – радиус орбиты (м);  
 $v$  – скорость спутника  
 $(\frac{м}{с})$ ;  
 $T$  – период обращения  
 спутника вокруг планеты  
 (с);  
 $v_1, v_2$  – первая и вторая  
 космические скорости  
 $R_{\text{п}}$  – радиус планеты (м)

Сила упругости:



$$F_{\text{упр}} = k\Delta l = kx$$

$$\Delta l = |l - l_0| = x$$

$F_{\text{упр}}$  – сила упругости  
 (Н);  
 $k$  – коэффициент  
 упругости (жесткость)  
 $(\frac{Н}{м})$ ;  
 $\Delta l, x$  – изменение длины  
 (м);  
 $l_0$  – начальная длина (м);  
 $l$  – конечная длина (м);



Жесткость системы двух параллельно соединенных пружин:

$$k = k_1 + k_2$$

Жесткость системы двух последовательно соединенных пружин:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

Сила трения:

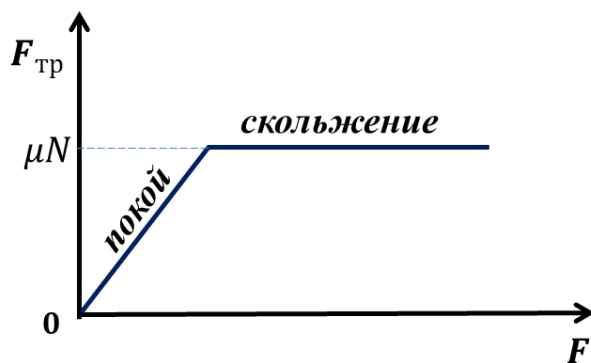
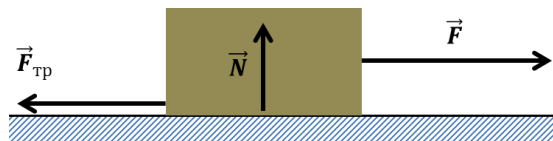
$$F_{\text{тр.п}} = F$$

$$v = 0$$



$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$v \rightarrow$$



$F_{\text{тр.п}}$  – сила трения покоя (Н);

$F$  – сила, действующая на тело (Н);

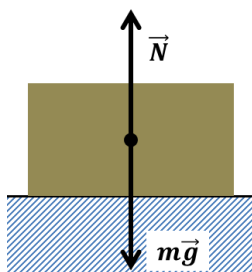
$F_{\text{тр}}$  – сила трения скольжения (Н);

$\mu$  – коэффициент трения  
 $N$  – сила нормального давления (реакция опоры) (Н);

Сила нормального давления:

если тело покоится (движется равномерно)

$$N = mg$$



$N$  – сила нормального давления (сила нормальной реакции опоры) (Н);

$m$  – масса тела (кг);

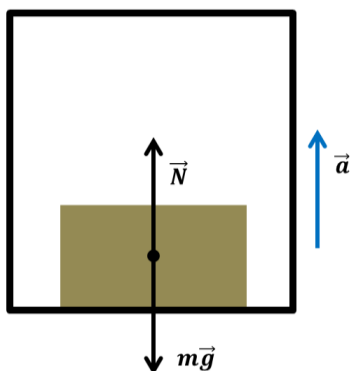
$g$  – ускорение свободного падения

$$\left(g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right);$$

$a$  – ускорение  $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right);$

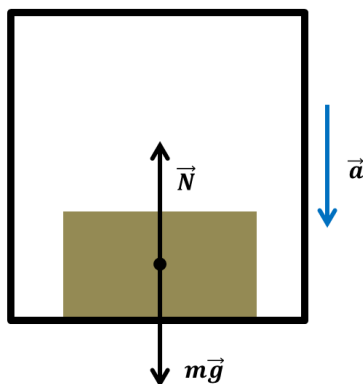
если тело движется с ускорением, направленным вверх:

$$N = m(g + a)$$



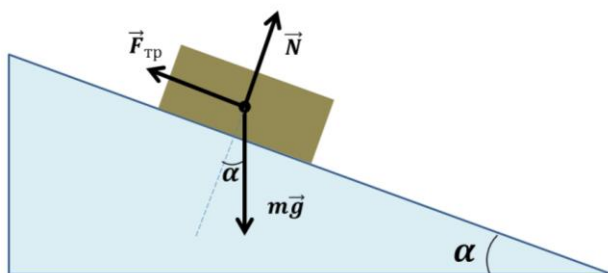
если тело движется с ускорением, направленным вниз:

$$N = m(g - a)$$



если тело находится на наклонной плоскости:

$$N = mg \cos \alpha$$

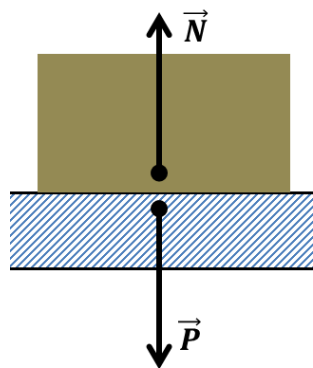


$\alpha$  – угол наклона  
плоскости

Вес тела (по третьему закону Ньютона):

$$P = N$$

$P$  – вес тела (Н);  
 $N$  – сила нормального  
давления (реакция  
опоры) (Н);



Отрыв тела от поверхности значит, что  $N = 0$

### Законы сохранения в механике

Импульс:

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

$$\vec{p} \uparrow\uparrow \vec{v}$$

$$p_x = mv_x$$

$\vec{p}$  – вектор импульса

$$\left(\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}\right);$$

$m$  – масса (кг);

$\vec{v}$  – вектор скорости  $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$ ;

$p_x$  – проекция импульса

$$\left(\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}\right);$$

$v_x$  – проекция скорости

$$\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Второй закон Ньютона в импульсной форме (изменение импульса):

$$\vec{F}t = \Delta\vec{p}$$

$\Delta\vec{p}$  – изменение импульса

$$\left(\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} = \text{Н} \cdot \text{с}\right);$$

$\vec{F}$  – равнодействующая сил (Н);

$t$  – время (с);

$\vec{F}t$  – импульс силы (Н · с)

Закон сохранения импульса:

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

$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_N$  –

сумма импульсов тел до взаимодействия  $\left(\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$

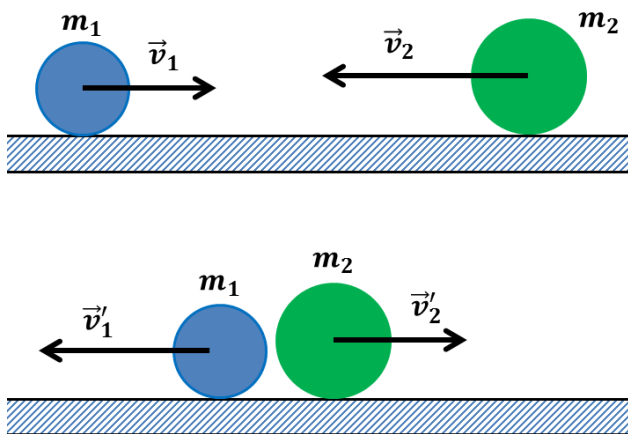
$\vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 + \dots + \vec{p}'_N$  –

сумма импульсов тел после взаимодействия

$$\left(\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Закон сохранения импульса при абсолютно упругом ударе:

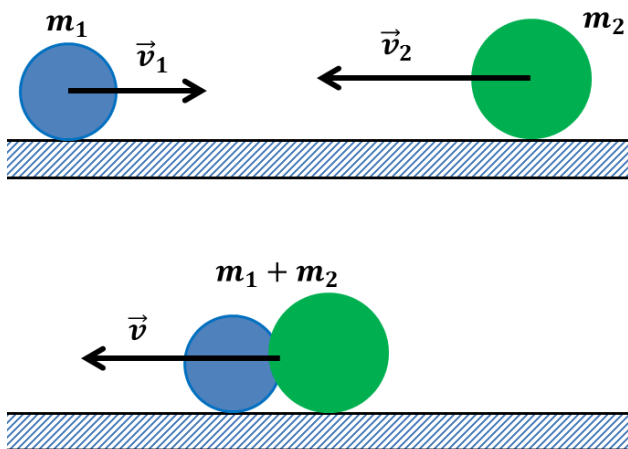
$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$



$m_1, m_2$  – массы первого и второго тел (кг);  
 $\vec{v}_1, \vec{v}_2$  – скорости первого и второго тела до взаимодействия ( $\frac{м}{с}$ );  
 $\vec{v}'_1, \vec{v}'_2$  – скорости первого и второго тела после взаимодействия ( $\frac{м}{с}$ )

Закон сохранения импульса при абсолютно неупругом ударе:

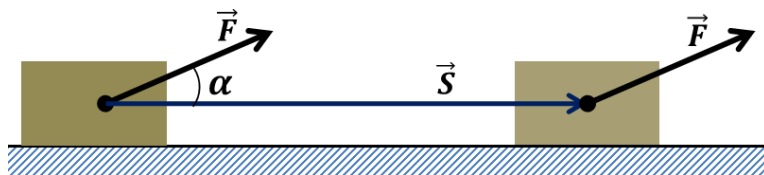
$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$$



$m_1, m_2$  – массы первого и второго тел (кг);  
 $\vec{v}_1, \vec{v}_2$  – скорости первого и второго тела до взаимодействия ( $\frac{м}{с}$ );  
 $\vec{v}$  – скорость тел после взаимодействия ( $\frac{м}{с}$ )

Механическая работа:

$$A = FS \cos \alpha$$



$A$  – работа (Дж);  
 $F$  – модуль силы (Н);  
 $S$  – модуль перемещения (м);  
 $\alpha$  – угол между векторами силы и перемещения

Мощность:

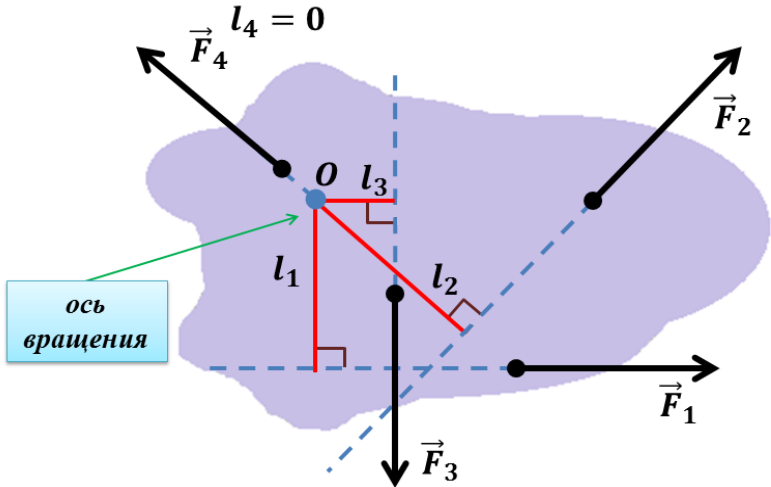
$$P = \frac{A}{t}$$

$P$  – мощность (Вт);  
 $A$  – работа (Дж);  
 $t$  – время (с);

<p>Мощность при равномерном движении:</p> $P = Fv \cos \alpha$	<p><math>F</math> – модуль силы (Н);  <math>v</math> – модуль скорости <math>\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)</math>;  <math>\alpha</math> – угол между векторами силы и скорости</p>
<p>Кинетическая энергия:</p> $E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}$ $E_{\text{к}} = \frac{p^2}{2m}$	<p><math>E_{\text{к}}</math> – кинетическая энергия (Дж);  <math>m</math> – масса (кг);  <math>v</math> – скорость <math>\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)</math>;  <math>p</math> – импульс <math>\left(\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)</math></p>
<p>Теорема об изменении кинетической энергии:</p> $A = \Delta E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$	<p><math>A</math> – работа (Дж);  <math>\Delta E_{\text{к}}</math> – изменение кинетической энергии (Дж);  <math>m</math> – масса (кг);  <math>v_0, v</math> – начальная и конечная скорости <math>\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)</math></p>
<p>Потенциальная энергия тела в поле тяжести Земли:</p> $E_{\text{п}} = mgh$	<p><math>E_{\text{п}}</math> – потенциальная энергия (Дж);  <math>m</math> – масса (кг);  <math>g</math> – ускорение свободного падения <math>\left(g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)</math>;  <math>h</math> – высота (м)</p>
<p>Потенциальная энергия деформированной пружины:</p> $E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$	<p><math>E_{\text{п}}</math> – потенциальная энергия (Дж);  <math>k</math> – коэффициент упругости (жесткость) <math>\left(\frac{\text{Н}}{\text{м}}\right)</math>;  <math>x</math> – изменение длины (м)</p>

<p>Полная механическая энергия:</p> $E = E_{\text{к}} + E_{\text{п}}$	<p><math>E</math> – полная механическая энергия (Дж);  <math>E_{\text{к}}</math> – кинетическая энергия (Дж);  <math>E_{\text{п}}</math> – потенциальная энергия (Дж)</p>
<p>Закон сохранения полной механической энергии:</p> $E = \text{const}$ <p>или</p> $E_{\text{к1}} + E_{\text{п1}} = E_{\text{к2}} + E_{\text{п2}}$	<p><math>E</math> – полная механическая энергия (Дж);  <math>E_{\text{к1}}, E_{\text{к2}}</math> – кинетическая энергия в первом и втором состоянии (Дж);  <math>E_{\text{п1}}, E_{\text{п2}}</math> – потенциальная энергия в первом и втором состоянии (Дж)</p>
<p>Закон сохранения энергии (закон изменения полной механической энергии):</p> $E_1 + A = E_2$	<p><math>E_1</math> – начальная полная механическая энергия (Дж);  <math>E_2</math> – конечная полная механическая энергия (Дж);  <math>A</math> – работа неконсервативных силы (Дж)</p>

**Статика**

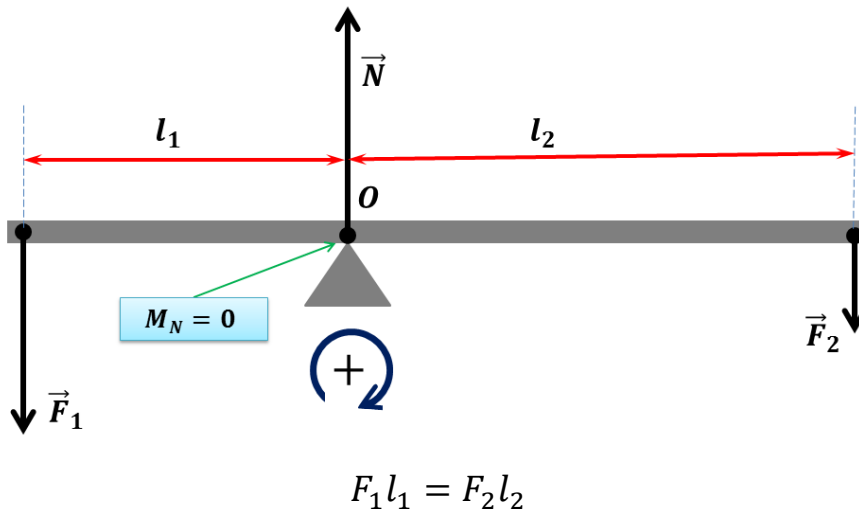
<p>Момент силы:</p> $M = Fl$ 	<p><math>M</math> – момент силы (Н · м);  <math>F</math> – сила (Н);  <math>l</math> – плечо силы (расстояние от оси вращения до линии действия силы) (м)</p>
--	---

Условия равновесия тела:

- 1)  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = 0$
- 2)  $M_1 + M_2 + \dots + M_N = 0$

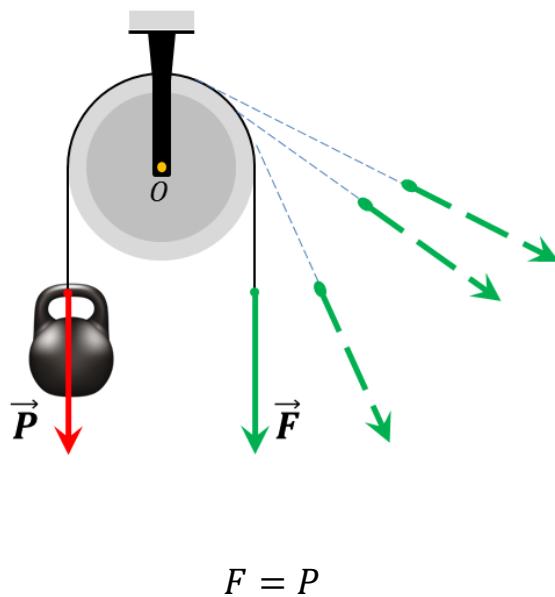
$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N$  –  
сумма сил, действующих  
на тело (Н);  
 $M_1 + M_2 + \dots + M_N$  –  
сумма моментов сил  
(Н · м)

Условие равновесия невесомого рычага:

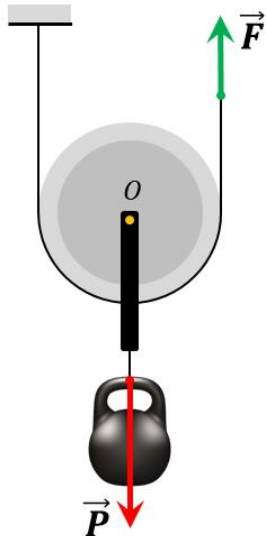
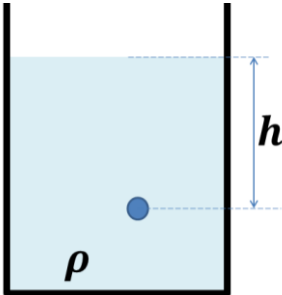


$F_1, F_2$  – силы,  
действующие на рычаг  
(Н);  
 $l_1$  – плечо силы  $F_1$  (м);  
 $l_2$  – плечо силы  $F_2$  (м)

Неподвижный блок:



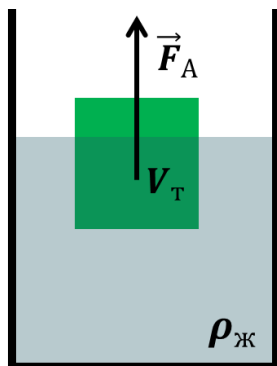
$P$  – вес тела (Н);  
 $F$  – сила тяги (Н)

<p>Подвижный блок:</p>  $F = \frac{P}{2}$	<p><math>P</math> – вес тела (Н);  <math>F</math> – сила тяги (Н)</p>
<p>Коэффициент полезного действия (КПД):</p> $\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} \cdot 100\%$	<p><math>\eta</math> – коэффициент полезного действия;  <math>A_{\text{п}}</math> – полезная работа (Дж);  <math>A_{\text{з}}</math> – затраченная работа (Дж)</p>
<p>Давление:</p> $p = \frac{F}{S}$ $F = pS$	<p><math>p</math> – давление (Па);  <math>F</math> – сила давления (Н);  <math>S</math> – площадь поверхности (<math>\text{м}^2</math>)</p>
<p>Гидростатическое давление:</p> $p = \rho gh$  <p>Полное давление:</p> $p_{\text{полное}} = p_{\text{ат}} + \rho gh$	<p><math>p</math> – давление столба жидкости (Па);  <math>\rho</math> – плотность жидкости (<math>\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}</math>);  <math>g</math> – ускорение свободного падения (<math>g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}</math>);  <math>h</math> – высота столба жидкости (м)  <math>p_{\text{ат}}</math> – атмосферное давление (<math>p_{\text{ат}} = 10^5 \text{ Па}</math>)</p>



Сила Архимеда:

$$F_A = \rho_{\text{ж}} g V_T$$



$F_A$  – сила Архимеда (выталкивающая сила) (Н);  
 $\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкости ( $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ );  
 $g$  – ускорение свободного падения ( $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ );  
 $V_T$  – объем погруженной в жидкость части тела ( $\text{м}^3$ )

Плавание тел:

Всплывает	$F_A > mg$ $\rho_{\text{ж}} > \rho$
Плавает в толще жидкости	$F_A = mg$ $\rho_{\text{ж}} = \rho$
Тонет	$F_A < mg$ $\rho_{\text{ж}} < \rho$

$F_A$  – сила Архимеда (Н);  
 $mg$  – сила тяжести (Н);  
 $\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкости ( $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ );  
 $\rho$  – плотность тела ( $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ )

Закон Архимеда:

$$F_A = P_{\text{ж}}$$

$F_A$  – сила Архимеда (Н);  
 $P_{\text{ж}}$  – вес вытесненного объема жидкости (вес жидкости в объеме погруженной части тела) (Н)

### Молекулярная физика

Относительная молекулярная масса:

$$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_C}$$

$M_r$  – относительная молекулярная масса;  
 $m_0$  – масса одной молекулы (кг);  
 $m_C$  – масса молекулы углерода  $^{12}\text{C}$  (кг)

<p>Молярная масса:</p> $M = M_r \cdot 10^{-3} \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$	<p><math>M</math> – молярная масса <math>\left(\frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}\right)</math>;  <math>M_r</math> – относительная молекулярная масса</p>
<p>Количество вещества:</p> $\nu = \frac{N}{N_A}$ $\nu = \frac{m}{M}$	<p><math>\nu</math> – количество вещества (моль);  <math>N</math> – количество молекул в веществе;  <math>N_A</math> – постоянная Авогадро (<math>N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}</math>);  <math>m</math> – масса вещества (кг);  <math>M</math> – молярная масса <math>\left(\frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}\right)</math></p>
<p>Концентрация:</p> $n = \frac{N}{V}$	<p><math>n</math> – концентрация (<math>\text{м}^{-3}</math>);  <math>N</math> – количество молекул в веществе;  <math>V</math> – объем (<math>\text{м}^3</math>)</p>
<p>Основное уравнение молекулярно-кинетической теории (МКТ):</p> $p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2$ $p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k$ $p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$	<p><math>p</math> – давление идеального газа (Па);  <math>m_0</math> – масса одной молекулы (кг);  <math>n</math> – концентрация (<math>\text{м}^{-3}</math>);  <math>\bar{v}</math> – средняя квадратичная скорость молекул <math>\left(\frac{\text{М}}{\text{С}}\right)</math>;  <math>\bar{E}_k</math> – средняя кинетическая энергия теплового движения молекул (Дж);  <math>\rho</math> – плотность газа <math>\left(\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}\right)</math></p>
<p>Правила перевода температуры:</p> $t = T - 273$ $T = t + 273$	<p><math>t</math> – температура (<math>^{\circ}\text{С}</math>);  <math>T</math> – абсолютная температура (К)</p>

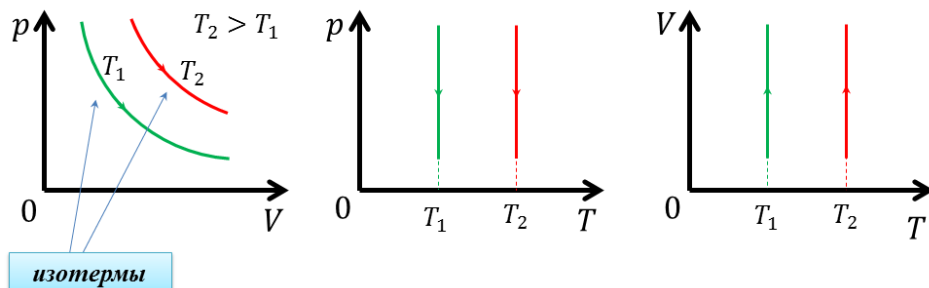
<p>Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул одноатомного газа:</p> $\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$	<p><math>\bar{E}_k</math> – средняя кинетическая энергия теплового движения молекул одноатомного газа (Дж);  <math>k</math> – постоянная Больцмана (<math>k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}</math>);  <math>T</math> – абсолютная температура газа (К)</p>
<p>Уравнение состояния идеального газа:</p> $p = nkT$ <p><math>pV = \nu RT</math> – уравнение Менделеева – Клапейрона  <math>\frac{pV}{T} = \text{const}</math> – объединенный газовый закон (уравнение Клапейрона)</p>	<p><math>p</math> – давление идеального газа (Па);  <math>n</math> – концентрация (<math>\text{м}^{-3}</math>);  <math>k</math> – постоянная Больцмана (<math>k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}</math>);  <math>T</math> – абсолютная температура газа (К);  <math>V</math> – объем (<math>\text{м}^3</math>);  <math>\nu</math> – количество вещества (моль);  <math>R</math> – универсальная газовая постоянная  <math>(R = k \cdot N_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}})</math></p>
<p>Закон Дальтона:</p> $p = p_1 + p_2 + \dots + p_N$	<p><math>p</math> – давление смеси газов (Па);  <math>p_1 + p_2 + \dots + p_N</math> – сумма парциальных давлений газов, входящих в смесь (Па)</p>

### Газовые законы

Закон Бойля – Мариотта (изотермический процесс):

Если  $m = const$  и  $T = const$ , то  $pV = const$

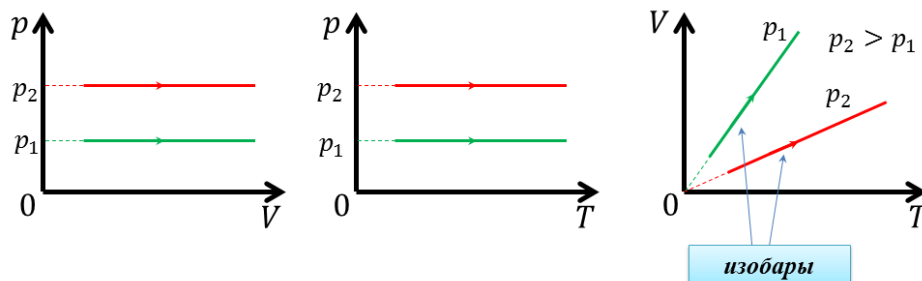
$m$  – масса газа (кг);  
 $T$  – абсолютная температура газа (К);  
 $p$  – давление газа (Па);  
 $V$  – объем ( $m^3$ )



Закон Гей – Люссака (изобарный процесс):

Если  $m = const$  и  $p = const$ , то  $\frac{V}{T} = const$

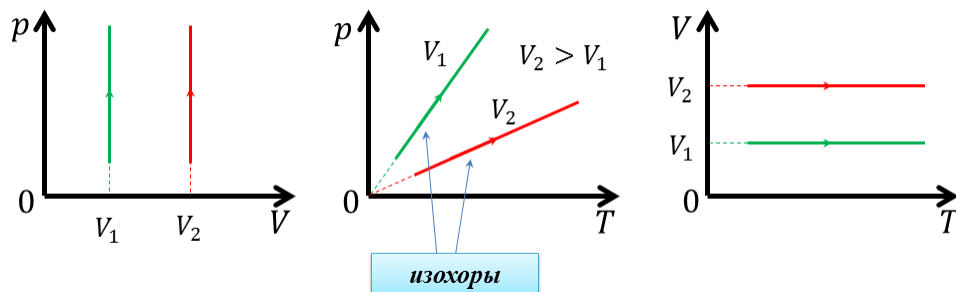
$m$  – масса газа (кг);  
 $T$  – абсолютная температура газа (К);  
 $p$  – давление газа (Па);  
 $V$  – объем ( $m^3$ )



Закон Шарля (изохорный процесс):

Если  $m = const$  и  $V = const$ , то  $\frac{p}{T} = const$

$m$  – масса газа (кг);  
 $T$  – абсолютная температура газа (К);  
 $p$  – давление газа (Па);  
 $V$  – объем ( $m^3$ )



### Влажность воздуха

Абсолютная влажность:

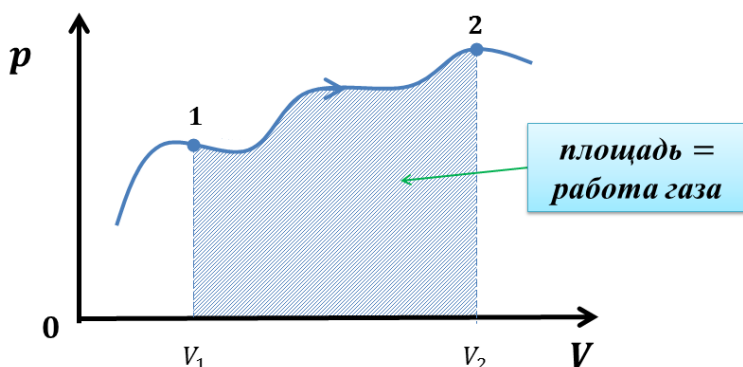
$$\rho = \frac{m}{V}$$

$\rho$  – абсолютная влажность (плотность пара) ( $\frac{кг}{м^3}$ );  
 $m$  – масса пара (кг);  
 $V$  – объем ( $m^3$ )

<p>Относительная влажность:</p> $\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{н.п.}}} \cdot 100\%$ $\varphi = \frac{p}{p_{\text{н.п.}}} \cdot 100\%$	<p><math>\varphi</math> – относительная влажность;</p> <p><math>\rho</math> – абсолютная влажность (<math>\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}</math>);</p> <p><math>\rho_{\text{н.п.}}</math> – плотность насыщенного пара (<math>\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}</math>);</p> <p><math>p</math> – парциальное давление пара (Па);</p> <p><math>p_{\text{н.п.}}</math> – давление насыщенного пара (Па)</p>
<b>Основы термодинамики</b>	
<p>Внутренняя энергия одноатомного газа:</p> $U = \frac{3}{2} \nu RT$ $U = \frac{3}{2} pV$	<p><math>U</math> – внутренняя энергия газа (Дж);</p> <p><math>\nu</math> – количество вещества (моль);</p> <p><math>R</math> – универсальная газовая постоянная (<math>R = k \cdot N_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}</math>);</p> <p><math>T</math> – абсолютная температура газа (К);</p> <p><math>p</math> – давление газа (Па);</p> <p><math>V</math> – объем (<math>\text{м}^3</math>)</p>
<p>Изменение внутренней энергии одноатомного газа:</p> $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$	<p><math>\Delta U</math> – изменение внутренней энергии газа (Дж);</p> <p><math>\nu</math> – количество вещества (моль);</p> <p><math>R</math> – универсальная газовая постоянная (<math>R = k \cdot N_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}</math>);</p> <p><math>\Delta T</math> – изменение температуры газа (К = °С)</p>

Работа газа в изобарном процессе:

$$A = p\Delta V$$



$A$  – работа газа (Дж);  
 $p$  – давление газа (Па);  
 $\Delta V$  – изменение объема (м<sup>3</sup>);  
 $A'$  – работа внешних сил (работа над газом) (Дж)

Работа внешних сил:

$$A' = -A$$

Первый закон термодинамики:

$$Q = \Delta U + A$$

Частные случаи:

Изобарный процесс ( $p = const$ ):

$$Q = \Delta U + A$$

Изотермический процесс ( $T = const$ ):

$$Q = A$$

Изохорный процесс ( $V = const$ ):

$$Q = \Delta U$$

Адиабатный процесс ( $Q = 0$ ):

$$\Delta U + A = 0$$

$$\Delta U = A'$$

$Q$  – количество теплоты, полученное газом (Дж);  
 $\Delta U$  – изменение внутренней энергии газа (Дж);  
 $A$  – работа газа (Дж);  
 $A'$  – работа внешних сил (Дж)

КПД тепловых двигателей:

$$\eta = \frac{A_{\text{ц}}}{Q_{\text{н}}} \cdot 100\%$$

$$A_{\text{ц}} = Q_{\text{н}} - |Q_{\text{х}}|$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{н}} - |Q_{\text{х}}|}{Q_{\text{н}}}$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{\text{х}}|}{Q_{\text{н}}}$$

$\eta$  – КПД;  
 $A_{\text{ц}}$  – работа газа за цикл (Дж);  
 $Q_{\text{н}}$  – количество теплоты, полученное от нагревателя (Дж);  
 $Q_{\text{х}}$  – количество теплоты, отданное холодильнику (Дж);

<p>КПД идеальной тепловой машины (машины Карно):</p> $\eta = \frac{T_H - T_x}{T_H} \cdot 100\%$ $\eta = 1 - \frac{T_x}{T_H}$	<p><math>\eta</math> – КПД;  <math>T_H</math> – температура нагревателя (К);  <math>T_x</math> – температура холодильника (К)</p>
<b>Количество теплоты в различных тепловых процессах</b>	
<p>Нагревание / охлаждение:</p> $Q = cm\Delta t = cm(t_2 - t_1)$	<p><math>Q</math> – количество теплоты (Дж);  <math>c</math> – удельная теплоемкость <math>\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}\right)</math>;  <math>m</math> – масса (кг);  <math>\Delta t</math> – изменение температуры (К);  <math>t_1, t_2</math> – начальная и конечная температуры</p>
<p>Плавление:</p> $Q = \lambda m$ <p>Кристаллизация:</p> $Q = -\lambda m$	<p><math>Q</math> – количество теплоты (Дж);  <math>\lambda</math> – удельная теплота плавления <math>\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}\right)</math>;  <math>m</math> – масса (кг)</p>
<p>Парообразование:</p> $Q = Lm$ <p>Конденсация:</p> $Q = -Lm$	<p><math>Q</math> – количество теплоты (Дж);  <math>L</math> – удельная теплота парообразования <math>\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}\right)</math>;  <math>m</math> – масса (кг)</p>
<p>Сгорание топлива:</p> $Q = qm$	<p><math>Q</math> – количество теплоты (Дж);  <math>q</math> – удельная теплота сгорания топлива <math>\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}\right)</math>;  <math>m</math> – масса (кг)</p>

<p>Уравнение теплового баланса:</p> $Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N = 0$	$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N$ – сумма количеств теплоты, полученных и выделенных в процессе теплообмена (Дж)
<b>Электростатика</b>	
<p>Электрический заряд:</p> $q = \pm Ne$	<p><math>q</math> – электрический заряд (Кл);  <math>N</math> – число избыточных / недостающих электронов (целое число);  <math>e</math> – элементарный электрический заряд (заряд протона / модуль заряда электрона) (<math>e = 1,6 \cdot 10^{-19}</math> Кл)</p>
<p>Закон сохранения заряда:</p> $q_1 + q_2 + \dots + q_N = const$ $q_1 + q_2 + \dots + q_N = q'_1 + q'_2 + \dots + q'_N$	<p><math>q_1 + q_2 + \dots + q_N</math> – алгебраическая сумма зарядов до вз-ия (Кл);  <math>q'_1 + q'_2 + \dots + q'_N</math> – алгебраическая сумма зарядов после вз-ия (Кл)</p>
<p>Закон Кулона:</p> $F = k \frac{ q_1  \cdot  q_2 }{r^2}$	<p><math>F</math> – сила кулоновского взаимодействия (Н);  <math>k</math> – коэффициент пропорциональности в законе Кулона (<math>k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}</math>);  <math>\epsilon_0</math> – электрическая постоянная (<math>\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}</math>);  <math>q_1, q_2</math> – заряды (Кл);  <math>r</math> – расстояние между зарядами (м)</p>



Напряженность электрического поля:

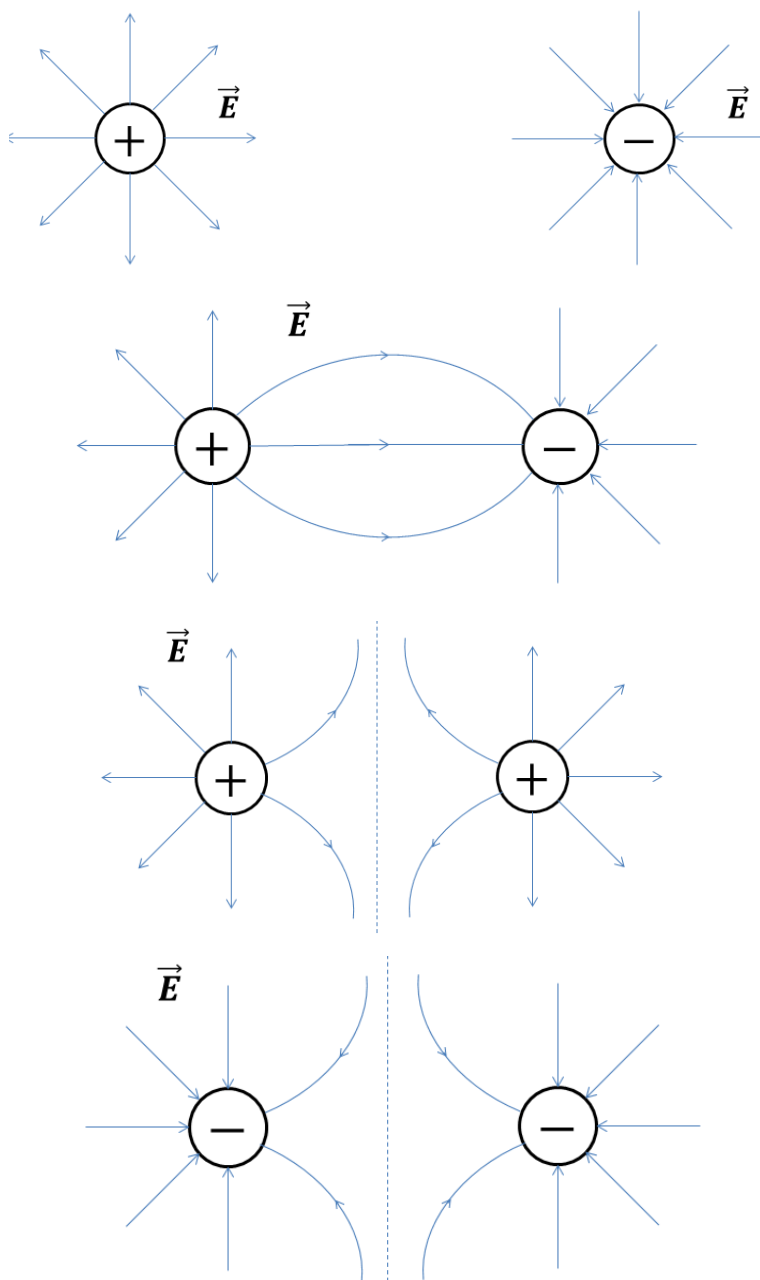
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Направление напряженности:

$$\vec{E} \uparrow \uparrow \vec{F}, \quad \text{если } q > 0$$

$$\vec{E} \uparrow \downarrow \vec{F}, \quad \text{если } q < 0$$

Графическое представление электрического поля:



$E$  – напряженность электрического поля

$$\left( \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{м}} \right);$$

$F$  – сила, действующая на заряд со стороны электрического поля в данной точке (Н);

$q$  – заряд, помещенный в электрическое поле (Кл)

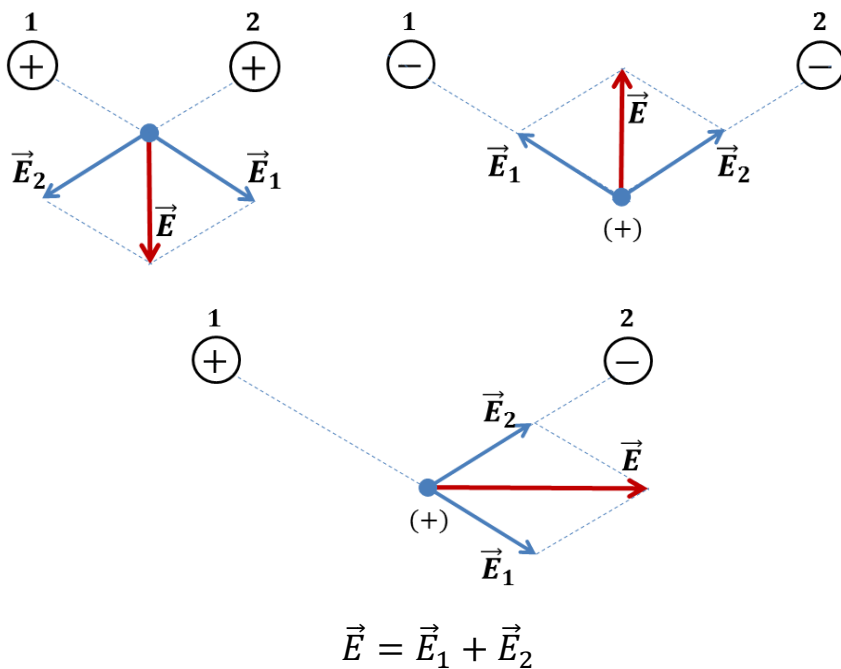
Напряженность точечного заряда:

$$E = k \frac{|q_{\text{ист}}|}{r^2}$$

$E$  – напряженность электрического поля ( $\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}$ );  
 $k$  – коэффициент пропорциональности в законе Кулона ( $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Кл}^2}$ );  
 $q_{\text{ист}}$  – заряд, создающий электрическое поле (Кл);  
 $r$  – расстояние от заряда до точки, в которой необходимо вычислить напряженность (м)

Принцип суперпозиции электрического поля:

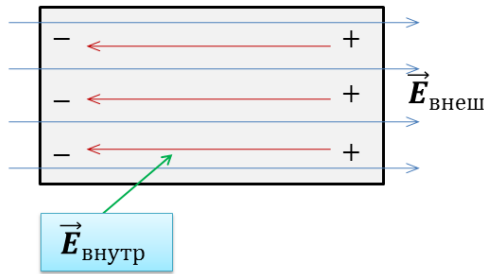
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_N$$



$\vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_N$  – векторная сумма напряженностей, созданных различными зарядами, в данной точке ( $\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}$ )

<p>Работа однородного электрического поля по перемещению заряда:</p> $A = qEd$	<p><math>A</math> – работа электрического поля (Дж);  <math>q</math> – заряд (Кл);  <math>E</math> – напряженность электрического поля (<math>\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}</math>);  <math>d</math> – расстояние, проходимое зарядом вдоль линий напряженности (м)</p>
<p>Потенциал:</p> $\varphi = \frac{W_{\text{п}}}{q}$	<p><math>\varphi</math> – потенциал электрического поля (В);  <math>W_{\text{п}}</math> – потенциальная энергия заряда (Дж);  <math>q</math> – заряд (Кл)</p>
<p>Напряжение:</p> $U = \varphi_1 - \varphi_2$ $U = \frac{A}{q}$	<p><math>U</math> – напряжение (В);  <math>\varphi_1, \varphi_2</math> – потенциалы в различных точках поля (В);  <math>A</math> – работа поля по перемещению заряда из точки 1 в точку 2 (Дж);  <math>q</math> – заряд (Кл)</p>
<p>Связь напряжения и напряженности:</p> $U = Ed$	<p><math>U</math> – напряжение (В);  <math>E</math> – напряженность электрического поля (<math>\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}</math>);  <math>d</math> – расстояние, проходимое зарядом вдоль линий напряженности (м)</p>

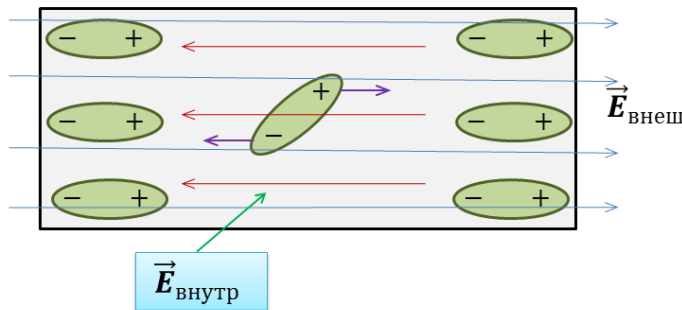
Проводники в электрическом поле:



$$\vec{E} = \vec{E}_{\text{внеш}} + \vec{E}_{\text{внутр}} = 0$$

$\vec{E}_{\text{внеш}}$  – напряженность внешнего электрического поля  $\left(\frac{H}{\text{Кл}} = \frac{В}{м}\right)$ ;  
 $\vec{E}_{\text{внутр}}$  – напряженность внутреннего электрического поля проводника, созданного перераспределением зарядов  $\left(\frac{H}{\text{Кл}} = \frac{В}{м}\right)$ ;  
 $\vec{E}$  – общая напряженность  $\left(\frac{H}{\text{Кл}} = \frac{В}{м}\right)$ ;

Диэлектрики в электрическом поле:



$$\vec{E} = \vec{E}_{\text{внеш}} + \vec{E}_{\text{внутр}} \neq 0$$

$\vec{E}_{\text{внеш}}$  – напряженность внешнего электрического поля  $\left(\frac{H}{\text{Кл}} = \frac{В}{м}\right)$ ;  
 $\vec{E}_{\text{внутр}}$  – напряженность внутреннего электрического поля проводника, созданного ориентированием диполей  $\left(\frac{H}{\text{Кл}} = \frac{В}{м}\right)$ ;  
 $\vec{E}$  – общая напряженность  $\left(\frac{H}{\text{Кл}} = \frac{В}{м}\right)$

Заряд конденсатора:

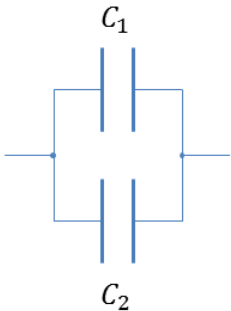
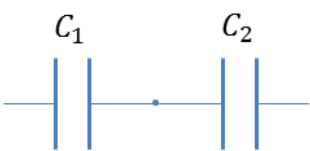
$$q = CU$$

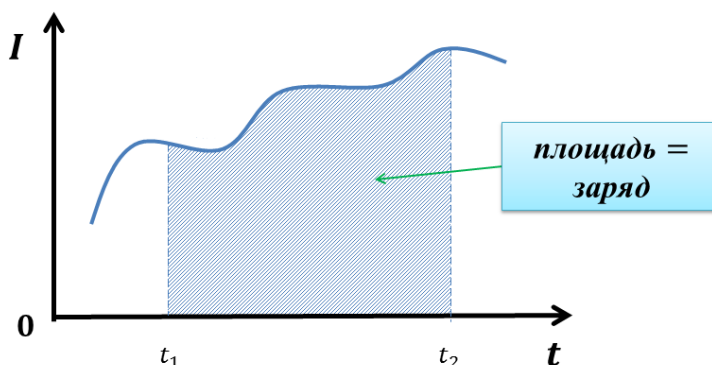
$q$  – заряд конденсатора (Кл);  
 $C$  – емкость конденсатора (Ф);  
 $U$  – напряжение (В)

Емкость плоского конденсатора:

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$C$  – емкость конденсатора (Ф);  
 $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды;

<p>Електроемкость воздушного конденсатора:</p> $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$	<p><math>\epsilon_0</math> – электрическая постоянная (<math>\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}</math>);  <math>S</math> – площадь обкладок конденсатора (<math>\text{м}^2</math>);  <math>d</math> – расстояние между обкладками конденсатора (<math>\text{м}</math>)</p>
<p>Конденсатор заряжен и подключен к источнику:</p> $U = \text{const}$ <p>Конденсатор заряжен и отключен от источника:</p> $q = \text{const}$	<p><math>U</math> – напряжение (<math>\text{В}</math>);  <math>q</math> – заряд конденсатора (<math>\text{Кл}</math>)</p>
<p>Параллельное соединение конденсаторов:</p>  $U_{\text{общ}} = U_1 = U_2$ $q_{\text{общ}} = q_1 + q_2$ $C_{\text{общ}} = C_1 + C_2$ <p>Последовательное соединение конденсаторов:</p>  $q_{\text{общ}} = q_1 = q_2$ $U_{\text{общ}} = U_1 + U_2$ $\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	<p><math>U_1, U_2, U_{\text{общ}}</math> – напряжение на первом, втором конденсаторах и общее напряжение на участке (<math>\text{В}</math>);  <math>q_1, q_2, q_{\text{общ}}</math> – заряд первого, второго конденсатора и общий заряд (<math>\text{Кл}</math>);  <math>C_1, C_2, C_{\text{общ}}</math> – емкость первого, второго конденсатора и общая емкость (<math>\Phi</math>)</p>

<p>Энергия электрического поля конденсатора:</p> $W_{\text{эл}} = \frac{CU^2}{2}$ $W_{\text{эл}} = \frac{q^2}{2C}$ $W_{\text{эл}} = \frac{qU}{2}$	<p><math>W_{\text{эл}}</math> – энергия электрического поля конденсатора (Дж);  <math>C</math> – емкость конденсатора (Ф);  <math>U</math> – напряжение (В);  <math>q</math> – заряд конденсатора (Кл)</p>
<b>Законы постоянного тока</b>	
<p>Сила постоянного тока:</p> $I = \frac{q}{t}$ <p>Для переменного тока:</p> 	<p><math>I</math> – сила тока (А);  <math>q</math> – заряд, проходящий по проводнику (Кл);  <math>t</math> – время прохождения заряда (с)</p>
<p>Сопротивление:</p> $R = \frac{\rho l}{S}$	<p><math>R</math> – сопротивление проводника (Ом);  <math>\rho</math> – удельное сопротивление материала (<math>\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}</math>);  <math>l</math> – длина проводника (м);  <math>S</math> – площадь поперечного сечения проводника (<math>\text{мм}^2</math>)</p>
<p>Закон Ома для участка цепи:</p> $I = \frac{U}{R}$	<p><math>I</math> – сила тока на участке цепи (А);  <math>U</math> – напряжение на концах участка (В);  <math>R</math> – сопротивление участка цепи (Ом)</p>

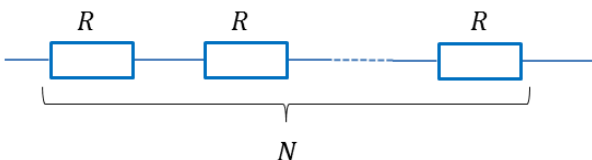
## Законь последовательного соединения проводников:



$$I_{\text{общ}} = I_1 = I_2$$

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2$$

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2$$



$$R_{\text{общ}} = N \cdot R$$

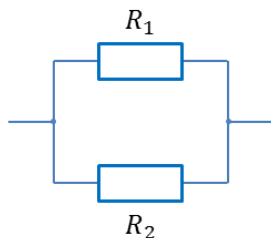
$I_1, I_2, I_{\text{общ}}$  – сила тока в первом, втором резисторе и общая сила тока (А);

$U_1, U_2, U_{\text{общ}}$  – напряжение на первом, втором резисторе и общее напряжение (В);

$R_1, R_2, R_{\text{общ}}$  – сопротивление первого, второго резистора и общее сопротивление участка (Ом);

$N$  – количество последовательно соединенных одинаковых резисторов  $R$

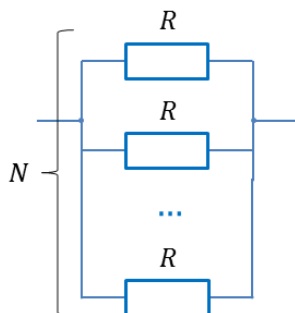
## Законь параллельного соединения проводников:



$$U_{\text{общ}} = U_1 = U_2$$

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2$$

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{или} \quad R_{\text{общ}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



$$R_{\text{общ}} = \frac{R}{N}$$

$U_1, U_2, U_{\text{общ}}$  – напряжение на первом, втором резисторе и общее напряжение (В);

$I_1, I_2, I_{\text{общ}}$  – сила тока в первом, втором резисторе и общая сила тока (А);

$R_1, R_2, R_{\text{общ}}$  – сопротивление первого, второго резистора и общее сопротивление участка (Ом);

$N$  – количество параллельно соединенных одинаковых резисторов  $R$

<p>Работа тока:</p> $A = UIt$ $A = I^2Rt$ $A = \frac{U^2}{R}t$	<p><math>A</math> – работа тока (Дж);  <math>I</math> – сила тока (А);  <math>U</math> – напряжение (В);  <math>R</math> – сопротивление (Ом);  <math>t</math> – время протекания тока (с)</p>
<p>Мощность тока:</p> $P = \frac{A}{t}$ $P = UI$ $P = I^2R$ $P = \frac{U^2}{R}$	<p><math>P</math> – мощность тока (Вт);  <math>I</math> – сила тока (А);  <math>U</math> – напряжение (В);  <math>R</math> – сопротивление (Ом)  <math>t</math> – время протекания тока (с)</p>
<p>Закон Джоуля – Ленца:</p> $Q = A$	<p><math>Q</math> – количество теплоты, выделяемое в проводнике с током (Дж);  <math>A</math> – работа тока (Дж)</p>
<p>Электродвижущая сила (ЭДС):</p> $\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$	<p><math>\mathcal{E}</math> – электродвижущая сила (В);  <math>A_{\text{ст}}</math> – работа сторонних сил по разделению заряда (Дж);  <math>q</math> – заряд (Кл)</p>
<p>Закон Ома для полной цепи:</p> $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$	<p><math>I</math> – сила тока в цепи (А);  <math>\mathcal{E}</math> – электродвижущая сила (В);  <math>r</math> – внутреннее сопротивление источника тока (Ом);  <math>R</math> – внешнее сопротивление (Ом)</p>



Ток короткого замыкания:

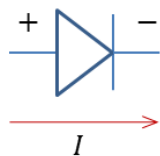
$$R = 0$$

$$I_{\text{к}} = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

$R$  – внешнее сопротивление (Ом);  
 $\mathcal{E}$  – электродвижущая сила (В);  
 $I_{\text{к}}$  – сила тока короткого замыкания (А);  
 $r$  – внутреннее сопротивление источника тока (Ом)

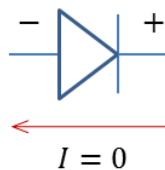
Полупроводниковый диод:

Прямое подключение:



$$R = 0$$

Обратное подключение:



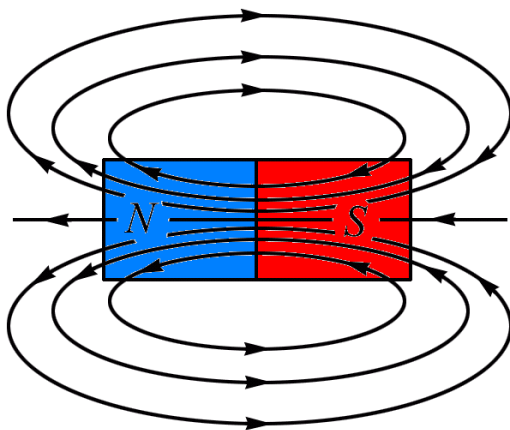
$$R = \infty$$

$I$  – сила тока (А);  
 $R$  – сопротивление диода (Ом)

### Магнитные явления

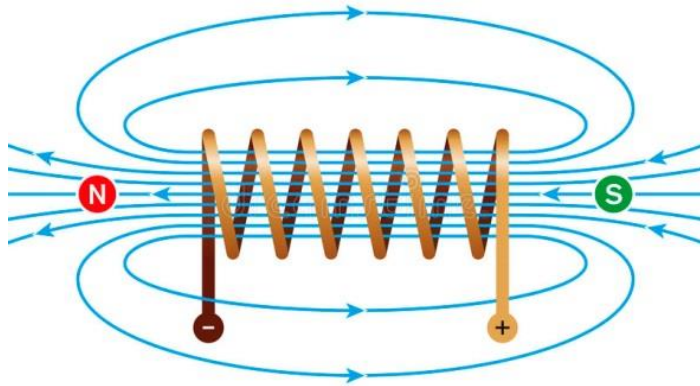
Графическое представление магнитного поля:

а) постоянного магнита:



$N$  – северный магнитный полюс  
 $S$  – южный магнитный полюс

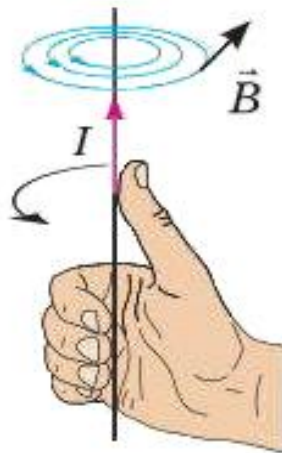
б) катушки с током:



Правило правой руки (правило буравчика):

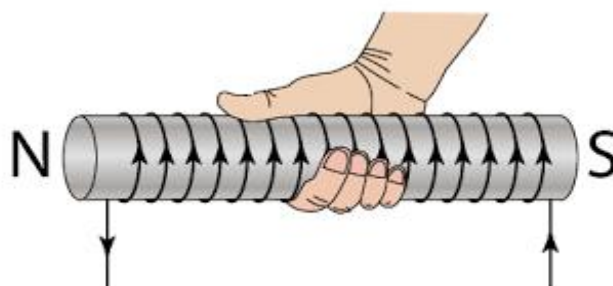
1) Для прямого проводника с током:

Обхватить проводник правой рукой таким образом, чтобы большой палец совпал с направлением тока, а четыре пальца укажут направление линий магнитного поля.



2) Для кругового тока:

Обхватить катушку (виток) правой рукой таким образом, чтобы четыре пальца совпали с направлением тока, а большой палец укажет направление линий магнитного поля.

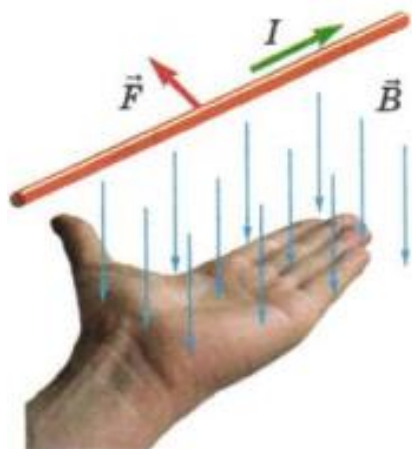


Сила Ампера:

$$F_A = Ibl \sin \alpha$$

Правило левой руки:

Расположить левую руку таким образом, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца указывали направление тока в проводнике, тогда отставленный на  $90^\circ$  большой палец укажет направление силы Ампера.



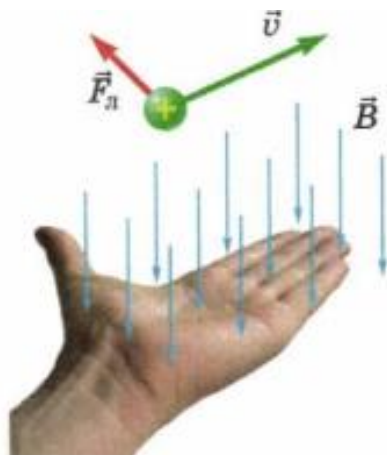
$F_A$  – сила Ампера (Н);  
 $I$  – сила тока в проводнике (А);  
 $B$  – индукция магнитного поля (Тл);  
 $l$  – длина проводника в магнитном поле (м);  
 $\alpha$  – угол между направлением вектора магнитной индукции и направлением тока в проводнике

Сила Лоренца:

$$F_L = |q|vB \sin \alpha$$

Правило левой руки для положительного заряда:

Расположить левую руку таким образом, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца указывали направление скорости частицы, тогда отставленный на  $90^\circ$  большой палец укажет направление силы Лоренца.



$F_L$  – сила Лоренца (Н);  
 $q$  – заряд частицы (Кл);  
 $v$  – скорость частицы ( $\frac{m}{c}$ );  
 $B$  – индукция магнитного поля (Тл);  
 $\alpha$  – угол между направлением вектора магнитной индукции и направлением скорости частицы

Движение заряженной частицы в магнитном поле ( $\vec{B} \perp \vec{v}$ ):

$$F_{\text{Л}} = ma_{\text{ц}}$$

$$\vec{B} \perp \vec{v} \Rightarrow \alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1$$

$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

$$R = \frac{mv}{qB}$$

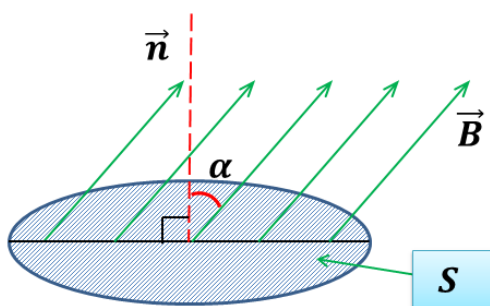
$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi \frac{mv}{qB}}{v}$$

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

$F_{\text{Л}}$  – сила Лоренца (Н);  
 $m$  – масса частицы (кг);  
 $a_{\text{ц}}$  –  
 центростремительное  
 ускорение ( $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ );  
 $B$  – индукция  
 магнитного поля (Тл);  
 $v$  – скорость частицы  
 ( $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ );  
 $\alpha$  – угол между  
 направлением вектора  
 магнитной индукции и  
 направлением скорости  
 частицы;  
 $q$  – заряд частицы (Кл);  
 $R$  – радиус окружности,  
 по которой движется  
 частица (м);  
 $T$  – период обращения  
 частица (с)

Магнитный поток:

$$\Phi = BS \cos \alpha$$



$\Phi$  – магнитный поток  
 (Вб);  
 $B$  – индукция магнитного  
 поля (Тл);  
 $S$  – площадь контура  
 ( $\text{м}^2$ );  
 $n$  – нормаль к площади  
 контура;  
 $\alpha$  – угол между  
 направлением нормали к  
 площади контура и  
 направлением вектора  
 магнитной индукции

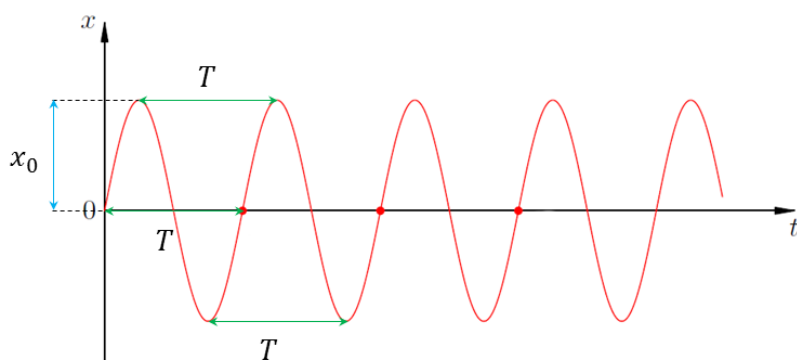
<p>Закон электромагнитной индукции Фарадея:</p> $\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$	<p><math>\mathcal{E}_i</math> – ЭДС индукции (В);  <math>\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}</math> – скорость изменения магнитного потока  <math>\Delta\Phi</math> – изменение магнитного потока (Вб);  <math>\Delta t</math> – время (с)</p>
<p><u>Правило Ленца:</u></p> <p>Индукционный ток имеет такое направление, что своим магнитным полем препятствует тому изменению магнитного потока, которым он вызван.</p> <p><u>Алгоритм определения направления индукционного тока:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) определить направление внешнего магнитного поля;</li> <li>2) определить уменьшается или увеличивается магнитный поток;</li> <li>3) если</li> </ol> $\Phi \uparrow \Rightarrow \vec{B} \uparrow \downarrow \vec{B}_i$ $\Phi \downarrow \Rightarrow \vec{B} \uparrow \uparrow \vec{B}_i$ <ol style="list-style-type: none"> <li>4) применить правило правой руки.</li> </ol>	<p><math>\Phi</math> – магнитный поток  <math>B</math> – индукция внешнего магнитного поля  <math>B_i</math> – индукция магнитного поля, созданного индукционным током</p>
<p>ЭДС индукции прямого проводника, движущегося в магнитном поле:</p> $\mathcal{E}_i = vBl \sin \alpha$	<p><math>\mathcal{E}_i</math> – ЭДС индукции (В);  <math>v</math> – скорость проводника (<math>\frac{м}{с}</math>);  <math>B</math> – индукция магнитного поля (Тл);  <math>l</math> – длина проводника (м);  <math>\alpha</math> – угол между направлениями векторов магнитной индукции и скорости</p>
<p>Магнитный поток катушки индуктивности:</p> $\Phi = LI$	<p><math>\Phi</math> – магнитный поток катушки индуктивности (Вб);  <math>L</math> – индуктивность</p>

	катушки (Гн); $I$ – сила тока в катушке (А)
ЭДС самоиндукции: $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$	$\mathcal{E}_{si}$ – ЭДС самоиндукции (В); $L$ – индуктивность катушки (Гн); $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ – скорость изменения силы тока; $\Delta I$ – изменение силы тока (А); $\Delta t$ – время (с)
Энергия магнитного поля катушки с током: $W_M = \frac{LI^2}{2}$	$W_M$ – энергия магнитного поля катушки с током (Дж); $L$ – индуктивность катушки (Гн); $I$ – сила тока в катушке (А)

### Колебания и волны

Уравнение гармонических колебаний:

$$x(t) = x_0 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$



$x(t)$  – координата колеблющегося тела в данный момент времени (м);  
 $x_0$  – амплитуда колебаний (м);  
 $\omega t + \varphi_0$  – фаза колебаний;  
 $\varphi_0$  – начальная фаза;  
 $t$  – время (с);  
 $\omega$  – циклическая частота ( $\frac{\text{рад}}{\text{с}} = \text{с}^{-1}$ )

<p>Связь циклической частоты и периода колебаний:</p> $\omega = \frac{2\pi}{T}$ <p>Связь циклической частоты и частоты колебаний:</p> $\omega = 2\pi\nu$ <p>Связь периода и частоты колебаний:</p> $T = \frac{1}{\nu}$	<p><math>\omega</math> – циклическая частота  <math>\left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} = \text{с}^{-1}\right)</math>;  <math>T</math> – период колебаний  (с);  <math>\nu</math> – частота колебаний  (Гц)</p>
<p>Основное уравнение динамики гармонических колебаний:</p> $a_x + \omega^2 x = 0$	<p><math>a_x</math> – проекция ускорения на ось <math>x</math> <math>\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)</math>;  <math>\omega</math> – циклическая частота  <math>\left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} = \text{с}^{-1}\right)</math>;  <math>x</math> – координата (м)</p>
<p>Период колебаний математического маятника:</p> $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	<p><math>T</math> – период колебаний  (с);  <math>l</math> – длина маятника (м);  <math>g</math> – ускорение свободного падения  <math>\left(g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)</math></p>
<p>Закон сохранения энергии для математического маятника:</p> $E = E_{\text{к}} + E_{\text{п}} = \frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = mgh_{\text{max}}$	<p><math>E</math> – полная механическая энергия (Дж);  <math>E_{\text{к}}, \frac{mv^2}{2}</math> – кинетическая энергия маятника (Дж);  <math>E_{\text{п}}, mgh</math> – потенциальная энергия маятника (Дж);  <math>m</math> – масса груза (кг);  <math>v</math> – скорость груза <math>\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)</math>;  <math>h</math> – высота подъема груза над нулевым уровнем потенциальной энергии (м);  <math>\frac{mv_{\text{max}}^2}{2}</math> – максимальная кинетическая энергия</p>

	<p>(Дж);</p> <p><math>mgh_{max}</math> – максимальная потенциальная энергия</p> <p>(Дж);</p> <p><math>v_{max}</math> – максимальная скорость маятника <math>\left(\frac{м}{с}\right)</math>;</p> <p><math>h_{max}</math> – максимальная высота подъема груза над нулевым уровнем потенциальной энергии</p> <p>(м)</p>
<p>Период колебаний пружинного маятника:</p> $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	<p><math>T</math> – период колебаний (с)</p> <p><math>m</math> – масса груза (кг);</p> <p><math>k</math> – жесткость пружины <math>\left(\frac{Н}{м}\right)</math></p>
<p>Закон сохранения энергии для пружинного маятника:</p> $E = E_k + E_{\pi} = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_{max}^2}{2} = \frac{kx_{max}^2}{2}$	<p><math>E</math> – полная механическая энергия (Дж);</p> <p><math>E_k, \frac{mv^2}{2}</math> – кинетическая энергия маятника (Дж);</p> <p><math>E_{\pi}, \frac{kx^2}{2}</math> – потенциальная энергия маятника (Дж);</p> <p><math>m</math> – масса груза (кг);</p> <p><math>v</math> – скорость груза <math>\left(\frac{м}{с}\right)</math>;</p> <p><math>x</math> – удлинение пружины (м);</p> <p><math>\frac{mv_{max}^2}{2}</math> – максимальная кинетическая энергия (Дж);</p> <p><math>\frac{kx_{max}^2}{2}</math> – максимальная потенциальная энергия (Дж);</p> <p><math>v_{max}</math> – максимальная скорость маятника <math>\left(\frac{м}{с}\right)</math>;</p>



	$x_{max}$ – максимальное удлинение пружины (м)
<p>Период электромагнитных колебаний (формула Томсона):</p> $T = 2\pi\sqrt{LC}$	<p><math>T</math> – период колебаний (с);</p> <p><math>L</math> – индуктивность катушки (Гн);</p> <p><math>C</math> – емкость конденсатора (Ф)</p>
<p>Закон сохранения энергии для электромагнитных колебаний:</p> $W = W_{эл} + W_{м} = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \frac{q_{max}^2}{2C} = \frac{LI_{max}^2}{2}$	<p><math>W</math> – полная энергия (Дж);</p> <p><math>W_{эл}, \frac{q^2}{2C}</math> – энергия электрического поля конденсатора (Дж);</p> <p><math>C</math> – емкость конденсатора (Ф);</p> <p><math>q</math> – заряд конденсатора (Кл);</p> <p><math>W_{м}, \frac{LI^2}{2}</math> – энергия магнитного поля катушки с током (Дж);</p> <p><math>L</math> – индуктивность катушки (Гн);</p> <p><math>I</math> – сила тока в катушке (А);</p> <p><math>\frac{q_{max}^2}{2C}</math> – максимальная энергия электрического поля конденсатора (Дж);</p> <p><math>\frac{LI_{max}^2}{2}</math> – максимальная энергия магнитного поля катушки с током (Дж);</p> <p><math>q_{max}</math> – максимальный заряд конденсатора (Кл);</p> <p><math>I_{max}</math> – максимальная сила тока в катушке (А)</p>

Длина волны:

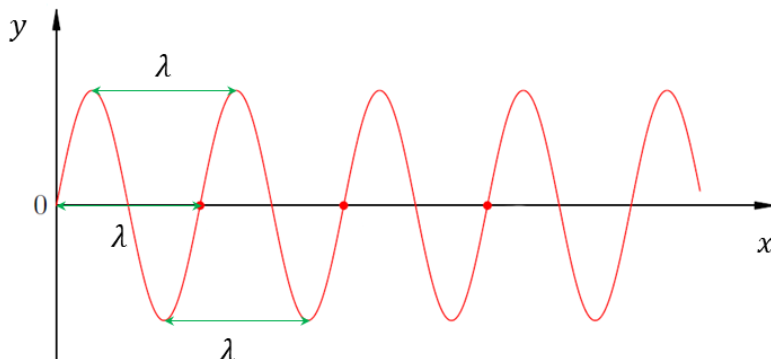
$$\lambda = vT$$

$$\lambda = \frac{v}{\nu}$$

Длина электромагнитной волны:

$$\lambda = cT$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$



$\lambda$  – длина волны (м);

$v$  – скорость волны ( $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ );

$T$  – период (с);

$\nu$  – частота (Гц);

$c$  – скорость света в

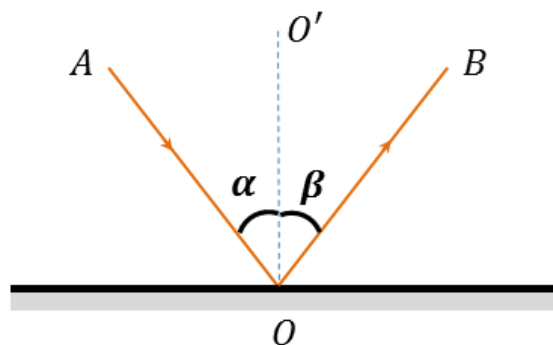
вакууме ( $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ )

### Геометрическая оптика

Закон прямолинейного распространения света:

Свет в прозрачной и оптически однородной среде распространяется прямолинейно.

Закон отражения света:



$\alpha$  – угол падения;

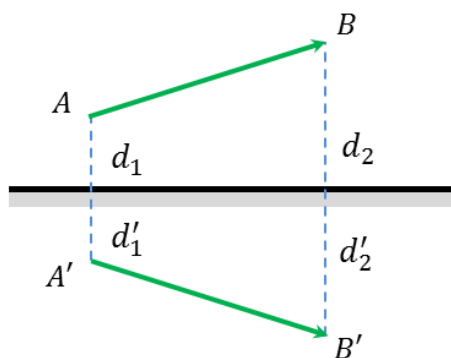
$\beta$  – угол отражения

1) лучи падающий, отраженный и перпендикуляр, опущенный в точку падения, лежат в одной плоскости;

2) угол падения равен углу отражения:

$$\angle \alpha = \angle \beta$$

Плоское зеркало:



$$d_1 = d_2$$

$$d'_1 = d'_2$$

Характеристики изображения:

- 1) изображение равно по размеру предмету;
- 2) находится на таком же расстоянии от зеркала, что и предмет;
- 3) мнимое.

$AB$  – предмет;

$A'B'$  – изображение

Абсолютный показатель преломления:

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

Относительный показатель преломления:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

$n$  – абсолютный

показатель преломления;

$c$  – скорость света в

вакууме ( $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ );

$v$  – скорость света в

среде ( $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ );

$n_{21}$  – относительный

показатель преломления

второй среды

относительно первой;

$n_1, n_2$  – абсолютные

показатели преломления

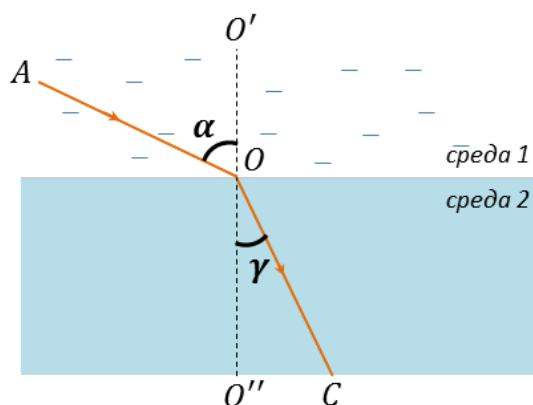
первой и второй среды

$v_1, v_2$  – скорость света в

первой и второй среде

( $\frac{\text{м}}{\text{с}}$ )

## Закон преломления света:



$n_1$  – абсолютный показатель преломления первой среды;  
 $n_2$  – абсолютный показатель преломления второй среды;  
 $\alpha$  – угол падения;  
 $\gamma$  – угол преломления

1) лучи падающий, преломленный и перпендикуляр к границе раздела двух сред, проведенный через точку падения, лежат в одной плоскости;

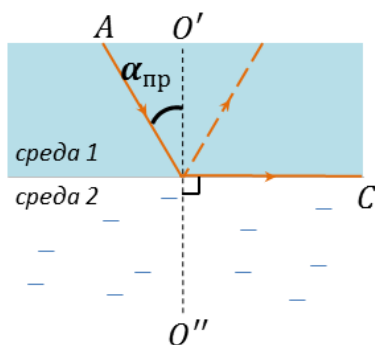
2) закон Снеллиуса: отношение синусов углов падения и преломления есть величина постоянная для данных двух сред, равная их относительному показателю преломления, или:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \gamma$$

Следствия:

- 1) Если  $n_1 = n_2$ , то  $\alpha = \gamma$ ;
- 2) Если  $n_1 < n_2$ , то  $\alpha > \gamma$ ;
- 3) Если  $n_1 > n_2$ , то  $\alpha < \gamma$ .

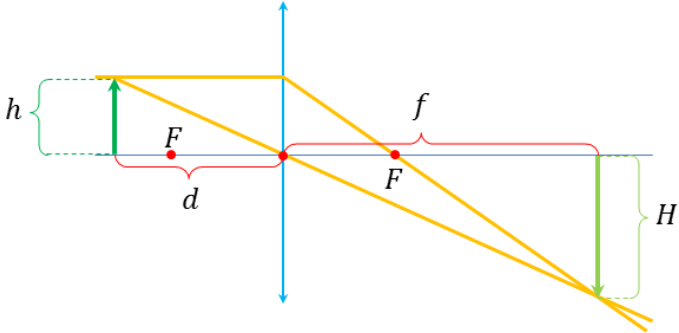
## Предельный угол полного внутреннего отражения:



$$n_1 > n_2$$

$$\sin \alpha_{\text{пр}} = \frac{n_2}{n_1}$$

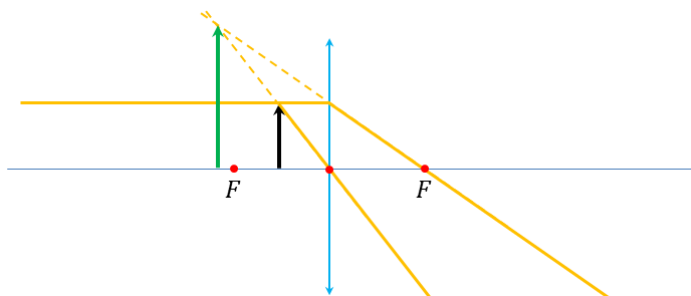
$n_1$  – абсолютный показатель преломления первой среды;  
 $n_2$  – абсолютный показатель преломления второй среды;  
 $\alpha_{\text{пр}}$  – предельный угол

<p>Оптическая сила линзы:</p> $D = \frac{1}{F}$	<p><math>D</math> – оптическая сила линзы (дптр);  <math>F</math> – фокусное расстояние (м)</p>
<p>Формула тонкой линзы:</p>  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ <p><math>F &gt; 0</math> – для собирающей линзы  <math>F &lt; 0</math> – для рассеивающей линзы  <math>f &gt; 0</math> – для действительного изображения  <math>f &lt; 0</math> – для мнимого изображения</p>	<p><math>F</math> – фокусное расстояние (м);  <math>d</math> – расстояние от предмета до линзы (м);  <math>f</math> – расстояние от изображения до линзы (м)</p>
<p>Линейное увеличение:</p> $\Gamma = \frac{H}{h}$	<p><math>\Gamma</math> – линейное увеличение;  <math>H</math> – высота изображения (м);  <math>h</math> – высота предмета (м)</p>
<p>Ход лучей в тонкой линзе:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) для любой тонкой линзы любой луч, идущий через оптический центр, не преломляется.</li> <li>2) лучи, параллельные главной оптической оси, преломляются в собирающей линзе так, что после они пересекаются в одной общей точке, называемой фокусом.</li> <li>3) лучи, параллельные главной оптической оси, преломляются в рассеивающей линзе так, что после они расходятся, а в одной точке на главной оптической оси (фокусе) пересекаются их продолжения.</li> </ol>	

Примеры построений:

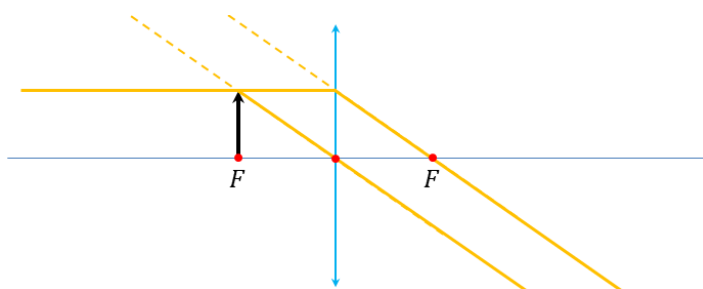
Собирающая линза:

а)  $d < F$



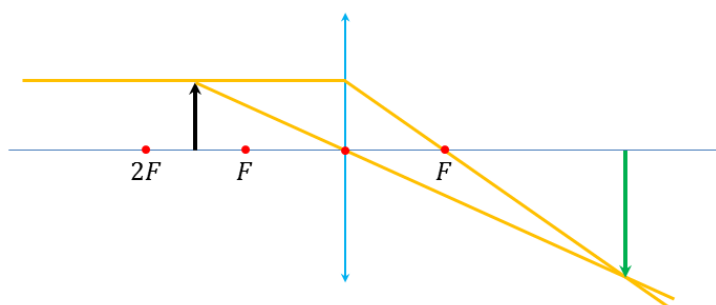
Характеристики изображения: увеличенное, прямое, мнимое.

б)  $d = F$



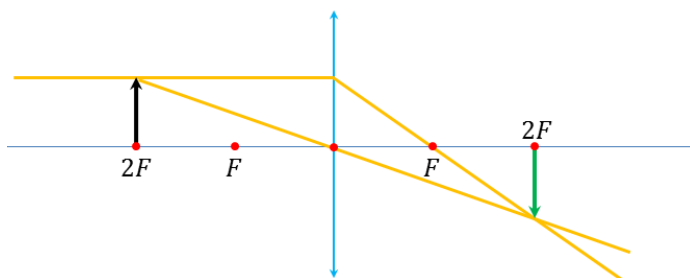
Характеристики изображения: изображения нет.

в)  $F > d > 2F$



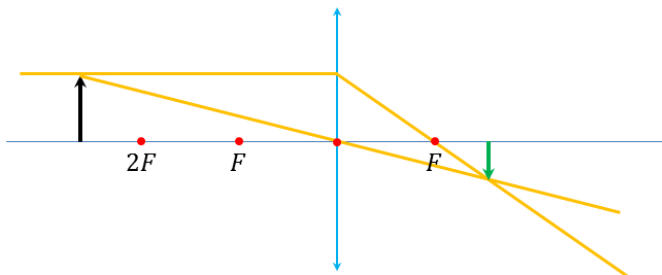
Характеристики изображения: увеличенное, перевернутое, действительное.

г)  $d = 2F$



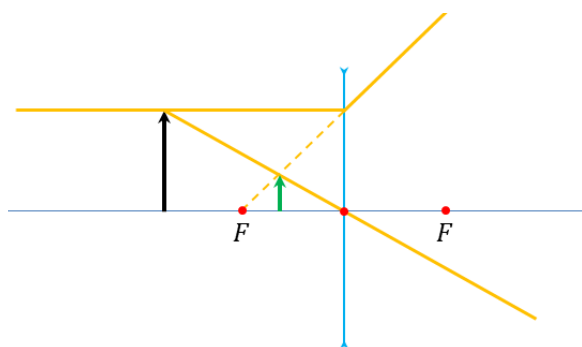
Характеристики изображения: равное по размерам, перевернутое, действительное.

д)  $d > 2F$



Характеристики изображения: уменьшенное, перевернутое, действительное.

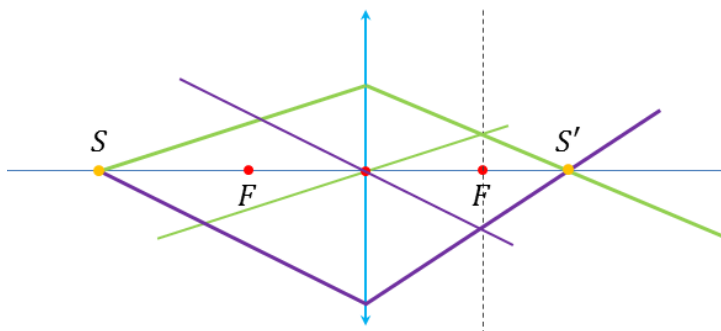
Рассеивающая линза ( $d$  – любое):



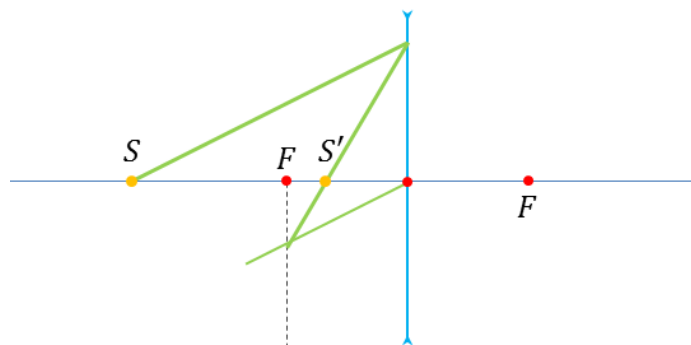
Характеристики изображения: уменьшенное, прямое, мнимое.

Построение изображения точки на главной оптической оси:

Собирающая линза:



Рассеивающая линза:



**Волновая оптика**

Интерференция:

$$\Delta d = d_2 - d_1$$

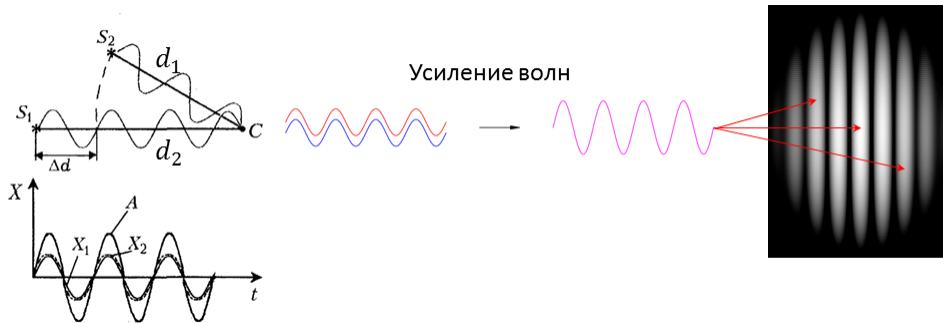
$\Delta d$  – разность хода (м);

$d_1, d_2$  – длина хода (м);

$m$  – целое число;

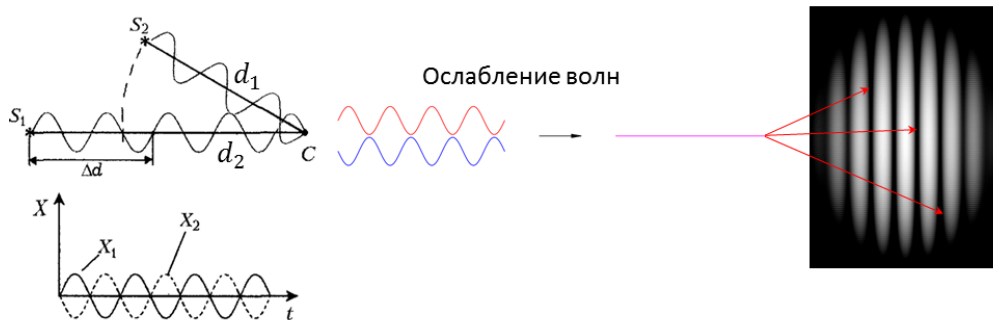
$\lambda$  – длина волны (м)

Максимум интерференции:



$$\Delta d = m\lambda$$

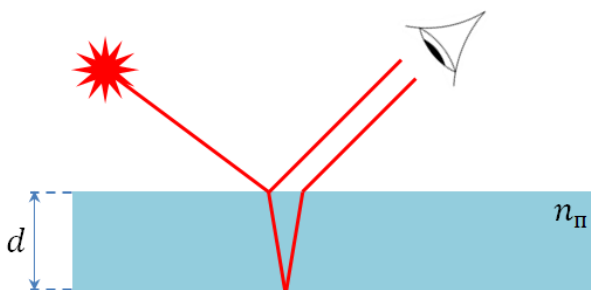
Минимум интерференции:



$$\Delta d = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$



Интерференция в тонких пленках:



Максимальное отражение:

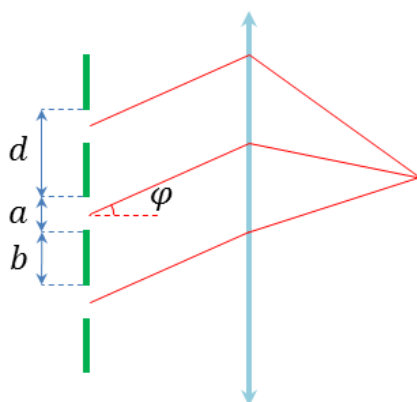
$$d = \frac{\lambda}{2n_{\text{п}}}$$

Максимальное гашение («просветление оптики»):

$$d = \frac{\lambda}{4n_{\text{п}}}$$

$d$  – толщина пленки (м);  
 $n_{\text{п}}$  – абсолютный показатель преломления пленки;  
 $\lambda$  – длина волны падающего света (м)

Формула дифракционной решетки:



$$d = a + b = \frac{1}{N}$$

$$d \sin \varphi = m\lambda$$

$d$  – постоянная решетки (м);  
 $a$  – ширина непрозрачного промежутка решетки (м);  
 $b$  – ширина щели (м);  
 $N$  – количество щелей на единицу длины ( $\text{м}^{-1}$ )  
 $\varphi$  – угол отклонения волны;  
 $m$  – целое число;  
 $\lambda$  – длина волны (м)

### Квантовая физика

Энергия кванта электромагнитного излучения (формула Планка):

$$E = h\nu$$

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$E$  – энергия кванта электромагнитного излучения (Дж);  
 $h$  – постоянная Планка ( $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж · с);  
 $\nu$  – частота электромагнитного излучения (Гц);  
 $c$  – скорость света в

	<p>вакууме (<math>c = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}</math>);</p> <p><math>\lambda</math> – длина электромагнитной волны (м)</p>
<p>Энергия покоя тела:</p> $E = mc^2$	<p><math>E</math> – энергия покоя тела (Дж);</p> <p><math>m</math> – масса тела (кг);</p> <p><math>c</math> – скорость света в вакууме (<math>c = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}</math>)</p>
<p>Импульс фотона (формула де Бройля):</p> $p = \frac{h}{\lambda}$	<p><math>p</math> – импульс фотона (<math>кг \cdot \frac{м}{с}</math>);</p> <p><math>h</math> – постоянная Планка (<math>h = 6,6 \cdot 10^{-34} Дж \cdot с</math>);</p> <p><math>\lambda</math> – длина электромагнитной волны (м)</p>

Законы Столетова для фотоэффекта:

- 1) число фотоэлектронов, вырываемых с поверхности металла прямо пропорциональна интенсивности света;
- 2) максимальная начальная скорость фотоэлектронов определяется частотой света и не зависит от его интенсивности;
- 3) для каждого вещества существует минимальная частота, при которой фотоэффект уже наблюдается, она называется «красной границей» фотоэффекта.

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

Энергия фотона		Работа выхода		Максимальная кинетическая энергия электрона
$E$	=	$A_{\text{вых}}$	+	$E_{k \text{ max}}$
$h\nu$		$h\nu_{\text{кр}}$		$\frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2}$
$\frac{hc}{\lambda}$		$\frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$		$eU_3$

$h$  – постоянная Планка ( $h = 6,6 \cdot 10^{-34} Дж \cdot с$ );

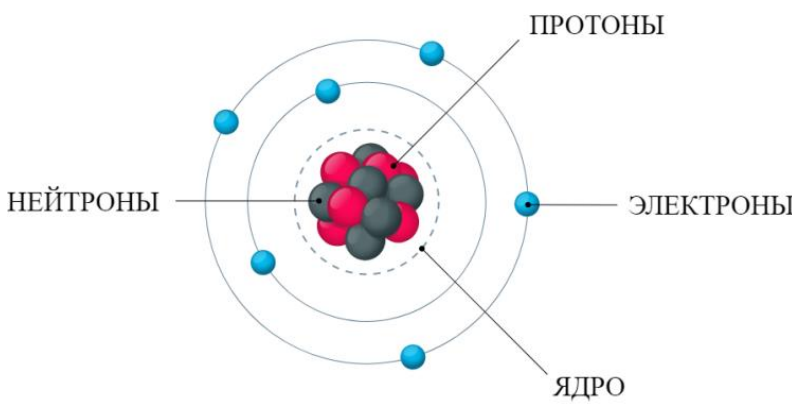
$\lambda$  – длина электромагнитной волны (м);

$\nu$  – частота электромагнитного излучения (Гц);  
 $c$  – скорость света в вакууме ( $c = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$ );  
 $\lambda_{кр}$  – длина волны, соответствующая «красной» границе фотоэффекта (м);  
 $\nu_{кр}$  – частота излучения, соответствующая «красной» границе фотоэффекта (Гц);  
 $m_e$  – масса электрона ( $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг)  
 $v_{max}$  – максимальная скорость выбитого электрона ( $\frac{м}{с}$ );  
 $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл – элементарный электрический заряд (заряд протона / модуль заряда электрона)  
 $U_з$  – задерживающее (запирающее) напряжение (В)

**Атомная и ядерная физика**

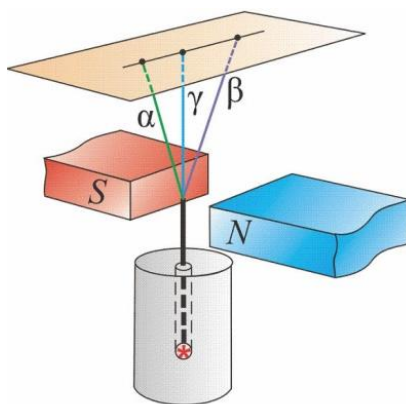
<p>Энергия атома водорода по Бору:</p> $E_n = - \frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}$ $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$	<p><math>E_n</math> – энергия атома водорода в стационарном состоянии с номером <math>n</math> (эВ)</p>
---	---

<p>Второй постулат Бора:</p> $E = E_m - E_n$ $m > n$	<p><math>E</math> – энергия фотона (Дж);  <math>E_m</math> – энергия атома на уровне <math>m</math> (Дж);  <math>E_n</math> – энергия атома на уровне <math>n</math> (Дж);  <math>m, n</math> – номера стационарных состояний</p>
--	---

<p>Строение атома и атомного ядра:</p>  <p>Атом состоит из:</p> <p>А) положительно заряженного ядра:</p> <p>– протоны</p> $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	<p><math>q_p, q_N, q_e</math> – заряды протона, нейтрона и электрона  <math>m_p, m_N, m_e</math> – массы протона, нейтрона и электрона</p>
---	--

<p>– нейтроны</p> $q_N = 0 \text{ Кл}$ $m_N = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ <p>Б) отрицательные электроны</p> $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$	
<p>Обозначение атомного ядра:</p> $\begin{matrix} A \\ Z \\ X \end{matrix}$ $A = Z + N$	<p><math>X</math> – обозначение химического элемента;  <math>Z</math> – зарядовое число (число протонов в ядре, номер химического элемента в таблице Менделеева, число электронов в атоме);  <math>A</math> – массовое число (число нуклонов);  <math>N</math> – число нейтронов</p>
<p>Энергия связи. Дефект масс:</p> $\Delta m = (Z \cdot m_p + N \cdot m_N) - M_{\text{я}}$ $E_{\text{св}} = \Delta m c^2$	<p><math>\Delta m</math> – дефект масс (кг);  <math>Z</math> – число протонов в ядре (номер химического элемента в таблице Менделеева);  <math>N</math> – число нейтронов;  <math>m_p</math> – масса протона (<math>m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}</math>);  <math>m_N</math> – масса нейтрона (<math>m_N = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}</math>);  <math>M_{\text{я}}</math> – масса ядра (кг);  <math>E_{\text{св}}</math> – энергия связи (Дж);  <math>c</math> – скорость света в вакууме (<math>c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}</math>)</p>

## Радиоактивность:



$\alpha$  – излучение ( $\alpha$  – частица):

${}^4_2\text{He}$  – ионизированный атом гелия (ядро гелия)

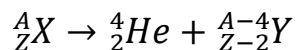
$\beta$  – излучение ( $\beta$  – частица)

${}^0_{-1}e$  – электрон

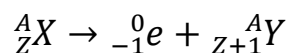
$\gamma$  – излучение (электромагнитное излучение высокой частоты)

## Правило радиоактивных смещений Содди:

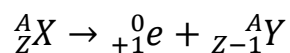
$\alpha$  – распад:



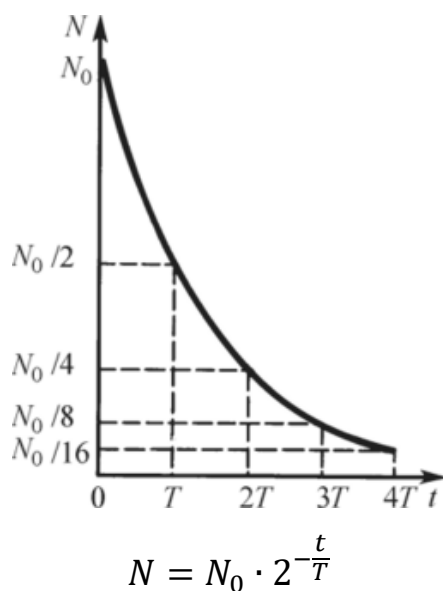
$\beta$  – распад (электронный):



$\beta$  – распад (позитронный):



## Закон радиоактивного распада:



$N$  – количество нераспавшихся ядер радиоактивного вещества;  
 $N_0$  – начальное количество ядер радиоактивного вещества;  
 $t$  – время распада (с);  
 $T$  – период полураспада (с)