

Список формул для ЕГЭ-2023 по физике

Справочные данные

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	сантиметры	см	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	мм	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мкм	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	нм	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	пм	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150\,000\,000 \text{ км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$

Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31}$ кг $\approx 5,5 \cdot 10^{-4}$ а.е.м.
протона	$1,673 \cdot 10^{-27}$ кг $\approx 1,007$ а.е.м.
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27}$ кг $\approx 1,008$ а.е.м.

Астрономические величины

средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370$ км
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8$ м
температура поверхности Солнца	$T = 6000$ К

Плотность

воды	1000 кг/м ³	подсолнечного масла	900 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
		ртути	$13\,600$ кг/м ³

Удельная теплоёмкость

воды	$4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0 °С

Молярная масса

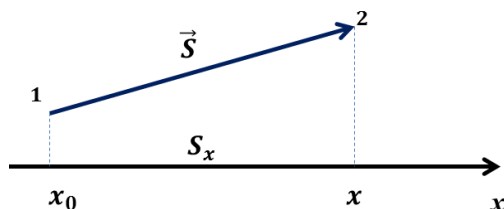
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

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);

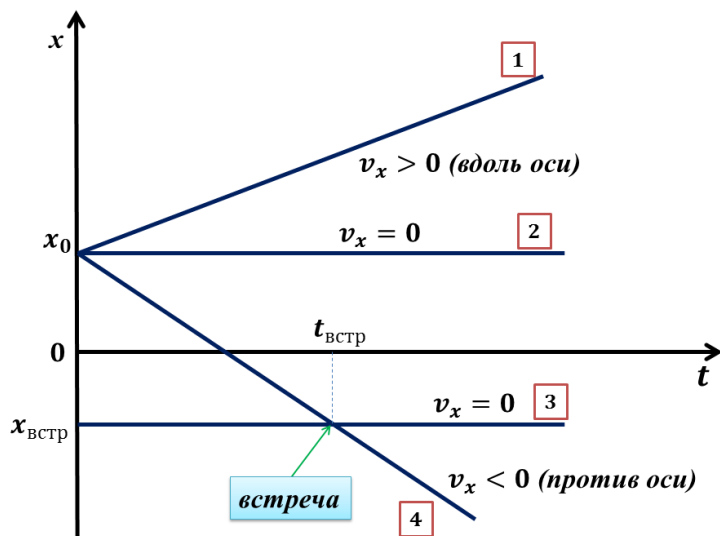
v_x – проекция скорости ($\frac{\text{м}}{\text{с}}$);

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

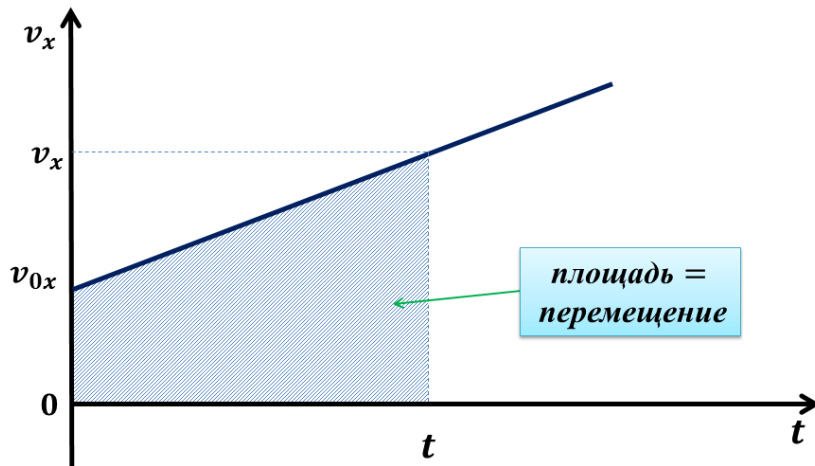
скорости ($\frac{\text{м}}{\text{с}}$);

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

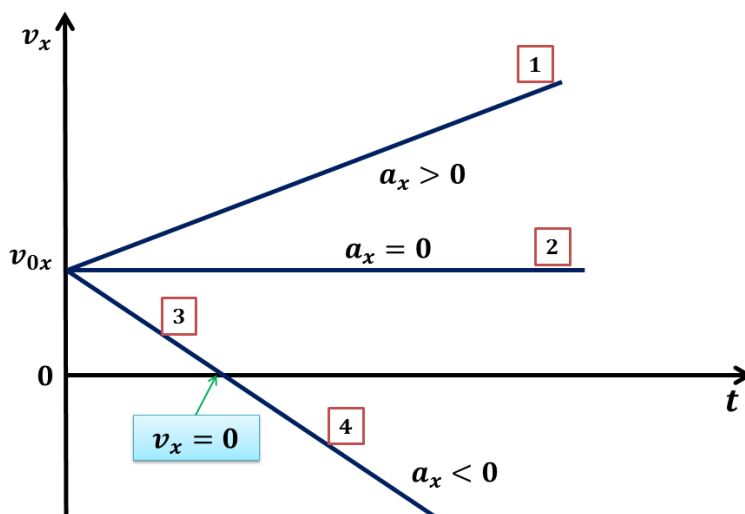
v_x – проекция конечной скорости $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$;

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

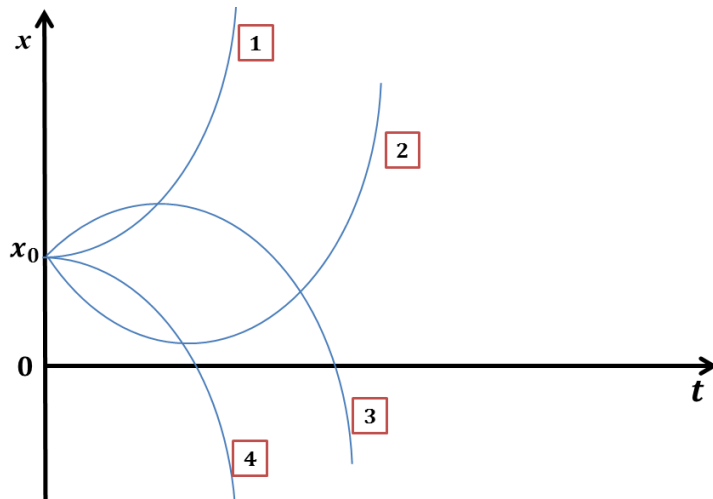
$a_x > 0$ ускорение направлено вдоль оси, движение вдоль оси, т.к. $v_x > 0$

2 – равномерное движение $a_x = 0$; $v_{0x} = \text{const} > 0$

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):

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

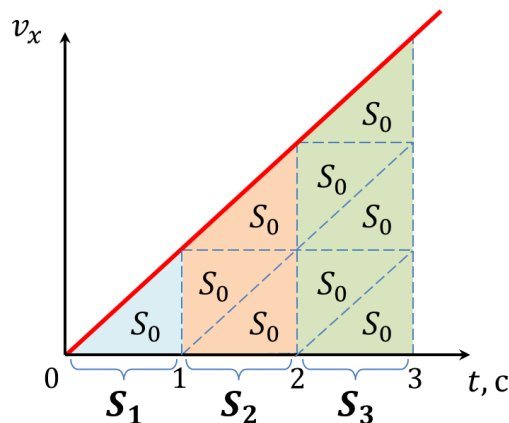
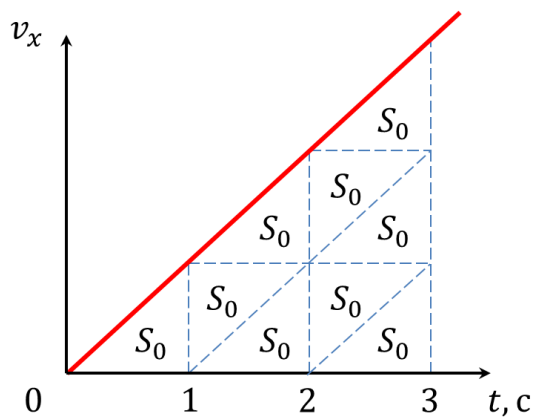
1 и 2 – $a_x > 0$

3 и 4 – $a_x < 0$

Равноускоренное движение без начальной скорости

$$v_x = a_x t$$

Т.к. площадь фигуры под графиком зависимости проекции скорости от времени численно равна пути, можно произвести следующее разбиение



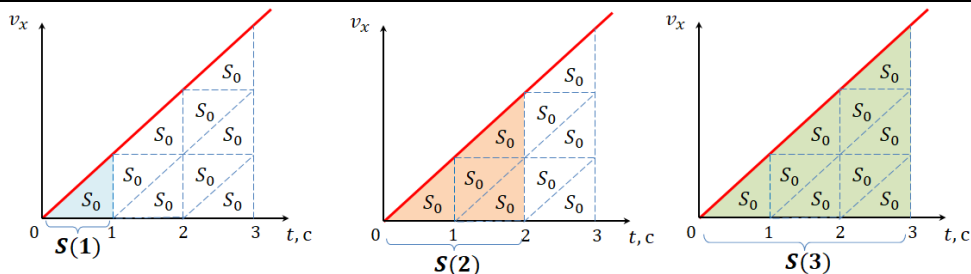
S_0 – путь, пройденный за первую секунду (м)

$S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ – путь, пройденный за первую, вторую, третью, n -ую секунду (м)

$S(1), S(2), S(3), \dots, S(n)$

– путь, пройденный за одну, две, три, n секунд (м)

$$S_1 : S_2 : S_3 : \dots : S_n = 1 : 3 : 5 : \dots : (2n - 1)$$

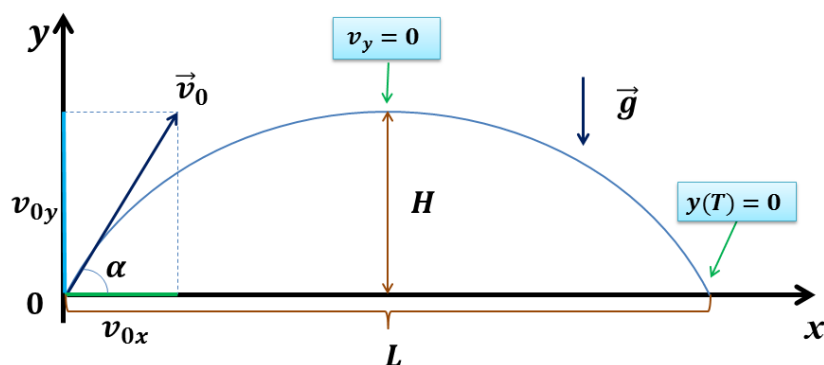


$$S(1) : S(2) : S(3) : \dots : S(n) = 1 : 4 : 9 : \dots : n^2 =$$

$$= 1^2 : 2^2 : 3^2 : \dots : n^2$$

Баллистика

Движение тела, брошенного под углом к горизонту



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

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

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

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

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

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

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

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

$x(t), y(t)$ – 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 $\left(\frac{m}{c}\right)$;

t – время (с);

a_x, a_y – проекции ускорения на оси x и y $\left(\frac{m}{c^2}\right)$;

g – ускорение свободного падения $\left(g = 10 \frac{m}{c^2}\right)$;

α – угол броска (угол между начальной скоростью и горизонтом);

T – время полета тела (с);

L – дальность полета (м);

H – высота подъема тела (м);

$v_x(t), v_y(t)$ – проекции скорости на оси x и y в момент времени t $\left(\frac{m}{c}\right)$;

$v(t)$ – модуль скорости в

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

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

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

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

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

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

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

момент времени $t \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$;

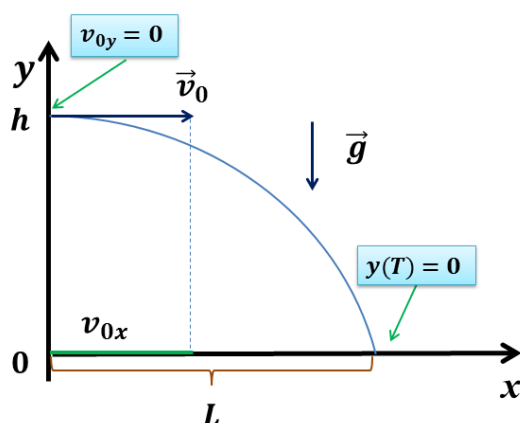
$\varphi(t)$ – угол наклона

вектора скорости к

горизонту в момент

времени t

Горизонтальный бросок



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

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

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

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

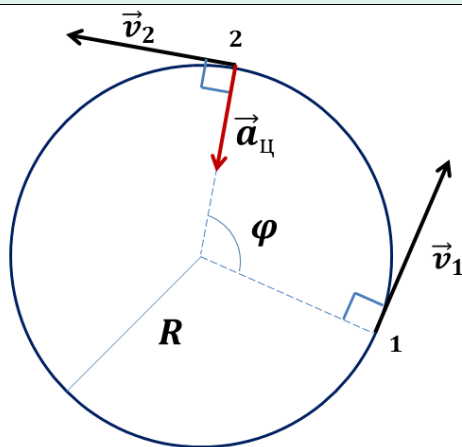
$$h = \frac{gt^2}{2}$$

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

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

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

Движение тела по окружности с постоянной скоростью



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

Связь линейной и угловой скорости:

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

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

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

Формула связи периода и частоты:

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

Формула связи угловой скорости и частоты:

φ – угол, на который поворачивается радиус окружности (рад);
 t – время поворота (с);
 ω – 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;
 ν – частота обращения ($\text{Гц} = \text{с}^{-1}$);

$a_{\text{ц}}$ – центростремительное ускорение ($\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$)

$$v = \frac{v}{2\pi R} \left. \vphantom{v} \right\} \Rightarrow \omega = 2\pi\nu$$

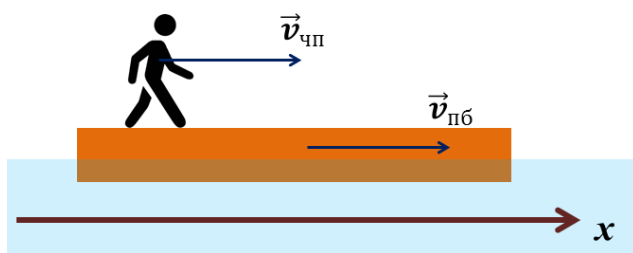
$$v = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R}$$

$$a_{ц} = \omega^2 R$$

Сложение скоростей

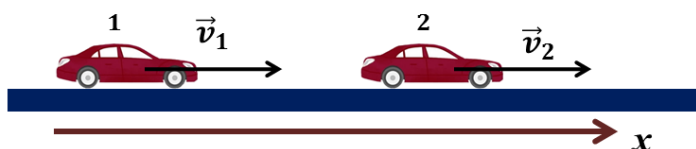
$$\vec{v}_{ТН} = \vec{v}_{ТП} + \vec{v}_{ПН}$$



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

$$v_{чб\ x} = v_{чп\ x} + v_{пб\ x}$$

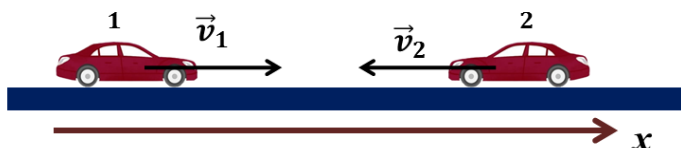
$$v_{чб} = v_{чп} + v_{пб}$$



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

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

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



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

$\vec{v}_{ТН}$ – 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

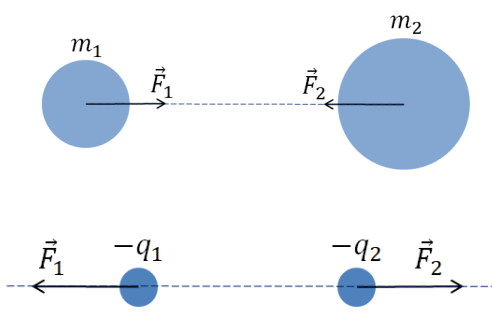
$v_{пб}$ – скорость плота относительно берега

v_1 – скорость первого автомобиля относительно земли

v_2 – скорость второго автомобиля относительно земли

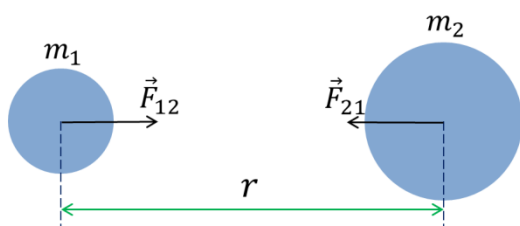
v_{21} – скорость второго автомобиля относительно первого

Динамика

<p>Плотность тела:</p> $\rho = \frac{m}{V}$ $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} : 1000 = \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	<p>ρ – плотность тела $\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)$; m – масса (кг); V – объем (м^3)</p>
<p>Первый закон Ньютона: существуют ИСО (инерциальные системы отсчета): если $\sum \vec{F} = 0$, то $v = 0$ или $\vec{v} = \text{const}$ ($a = 0$)</p>	<p>$\sum \vec{F}$ – векторная сумма сил (равнодействующая сил) (Н); v – скорость $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$; a – ускорение $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)$</p>
<p>Второй закон Ньютона:</p> $\vec{F} = m\vec{a}$ $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N$ $\vec{F} \uparrow\uparrow \vec{a}$	<p>\vec{F} – равнодействующая сил (Н); m – масса (кг); a – ускорение $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)$</p>
<p>Третий закон Ньютона:</p> $\left. \begin{array}{l} F_1 = F_2 \\ \vec{F}_1 \uparrow\downarrow \vec{F}_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ 	<p>\vec{F}_1 и \vec{F}_2 – силы взаимодействия двух тел (Н)</p>

Закон всемирного тяготения:

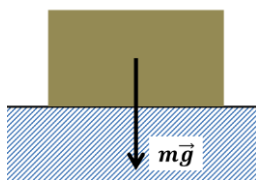
$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$



F – сила гравитационного притяжения тел (Н);
 m_1 и m_2 – массы тел (кг);
 r – расстояние между телами (м);
 $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$ – гравитационная постоянная.

Сила тяжести:

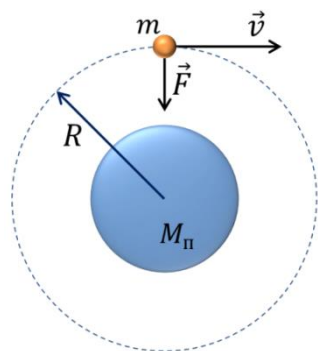
$$F_T = mg$$



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

Движение спутников:

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



$$g = a_{\text{ц}}$$

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

$$v^2 = G \frac{M_{\text{п}}}{R}$$

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

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

Первая космическая скорость (спутник планеты):

$$v_1 = \sqrt{gR_{\text{п}}}$$

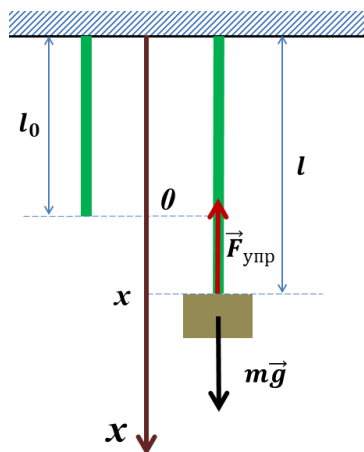
Для Земли $v_1 = 7,9 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

Вторая космическая скорость (спутник Солнца):

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

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

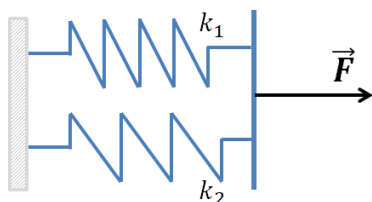
Сила упругости:



$$F_{\text{упр}} = k\Delta l = kx$$

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

Жесткость системы двух параллельно соединенных пружин:



$$k = k_1 + k_2$$

Жесткость системы двух последовательно соединенных пружин:



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

$F_{\text{упр}}$ – сила упругости

(Н);

k – коэффициент упругости (жесткость)

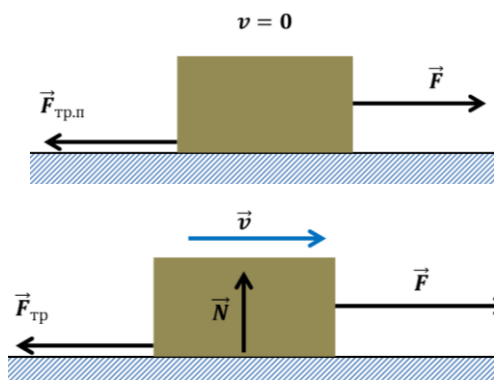
($\frac{\text{Н}}{\text{м}}$);

$\Delta l, x$ – изменение длины (м);

l_0 – начальная длина (м);

l – конечная длина (м);

Сила трения:



$$F_{\text{тр.п}} = F$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$F_{\text{тр.п}}$ – сила трения покоя

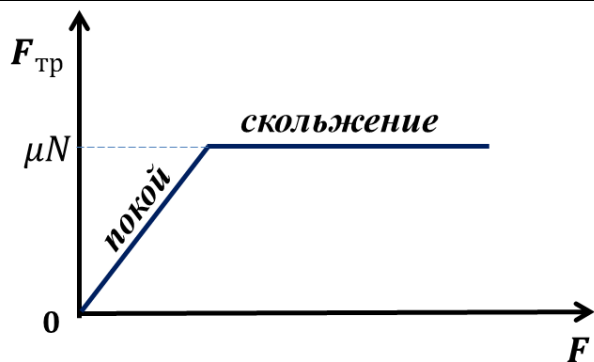
(Н);

F – сила, действующая на тело (Н);

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

μ – коэффициент трения

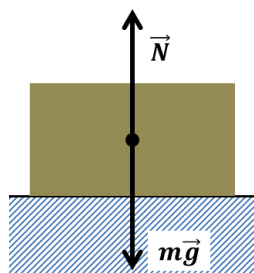
N – сила нормального давления (реакция опоры) (Н);



Сила нормального давления:

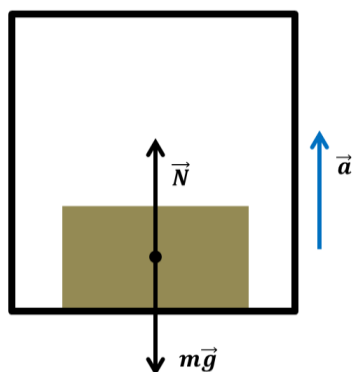
если тело покоится (движется равномерно)

$$N = mg$$



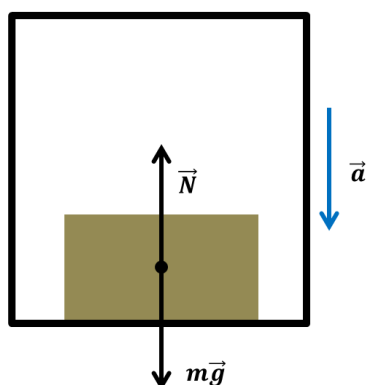
если тело движется с ускорением, направленным вверх:

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



если тело движется с ускорением, направленным вниз:

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



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

m – масса тела (кг);

g – ускорение свободного падения

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

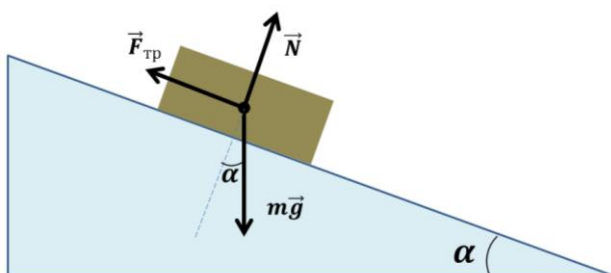
a – ускорение ($\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$);

α – угол наклона

плоскости

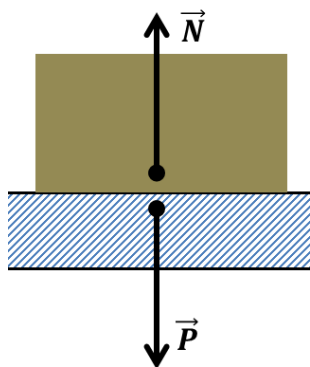
если тело находится на наклонной плоскости:

$$N = mg \cos \alpha$$



Вес тела (по третьему закону Ньютона):

$$P = N$$



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

P – вес тела (Н);

N – сила нормального давления (реакция опоры) (Н);

Законы сохранения в механике

Импульс:

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

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

$$p_x = mv_x$$

\vec{p} – вектор импульса

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

m – масса (кг);

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

p_x – проекция импульса

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

v_x – проекция скорости

$(\frac{\text{м}}{\text{с}})$

Второй закон Ньютона в импульсной форме (изменение импульса):

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

$\Delta\vec{p}$ – изменение импульса

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

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

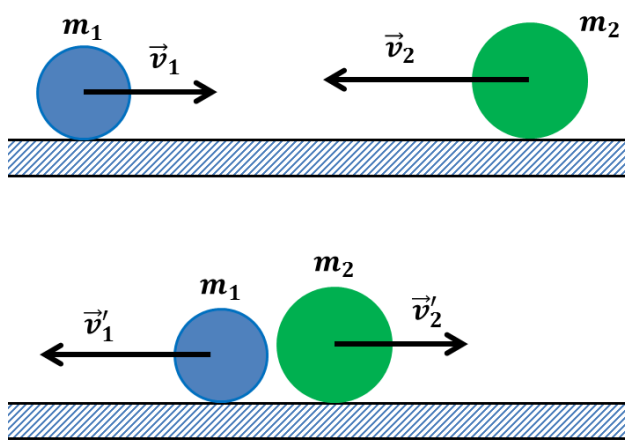
$$\vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 + \dots + \vec{p}'_N -$$

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

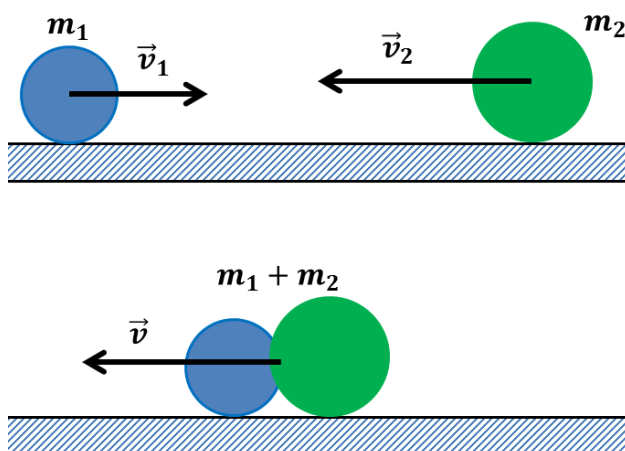
взаимодействия $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$;

\vec{v}'_1, \vec{v}'_2 – скорости первого и второго тела после

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

Закон сохранения импульса при абсолютно неупругом ударе:

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



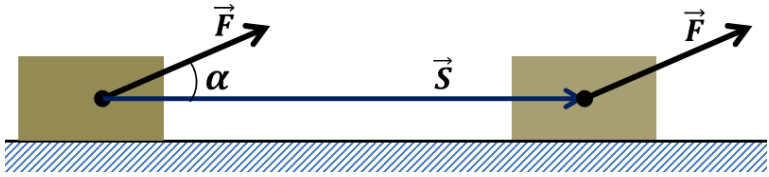
m_1, m_2 – массы первого и второго тел (кг);

\vec{v}_1, \vec{v}_2 – скорости первого и второго тела до

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

\vec{v} – скорость тел после

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

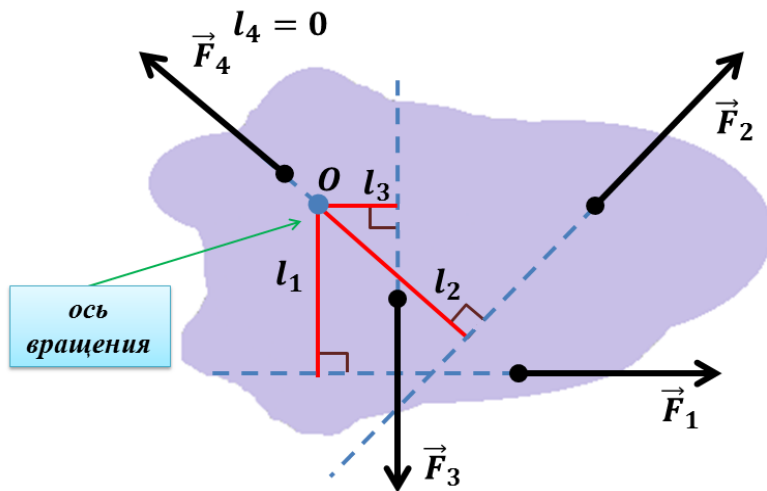
<p>Механическая работа:</p> $A = FS \cos \alpha$ 	<p>A – работа (Дж); F – модуль силы (Н); S – модуль перемещения (м); α – угол между векторами силы и перемещения</p>
<p>Мощность:</p> $P = \frac{A}{t}$ <p>Мощность при равномерном движении:</p> $P = Fv \cos \alpha$	<p>P – мощность (Вт); A – работа (Дж); t – время (с); F – модуль силы (Н); v – модуль скорости ($\frac{м}{с}$); α – угол между векторами силы и скорости</p>
<p>Кинетическая энергия:</p> $E_k = \frac{mv^2}{2}$ $E_k = \frac{p^2}{2m}$	<p>E_k – кинетическая энергия (Дж); m – масса (кг); v – скорость ($\frac{м}{с}$); p – импульс ($кг \cdot \frac{м}{с}$)</p>
<p>Теорема об изменении кинетической энергии:</p> $A = \Delta E_k = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$	<p>A – работа (Дж); ΔE_k – изменение кинетической энергии (Дж); m – масса (кг); v_0, v – начальная и конечная скорости ($\frac{м}{с}$)</p>
<p>Потенциальная энергия тела в поле тяжести Земли:</p> $E_{п} = mgh$	<p>$E_{п}$ – потенциальная энергия (Дж); m – масса (кг); g – ускорение свободного падения ($g = 10 \frac{м}{с^2}$); h – высота (м)</p>

<p>Потенциальная энергия деформированной пружины:</p> $E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$	<p>$E_{\text{п}}$ – потенциальная энергия (Дж); k – коэффициент упругости (жесткость) $\left(\frac{\text{Н}}{\text{м}}\right)$; x – изменение длины (м)</p>
<p>Полная механическая энергия:</p> $E = E_{\text{к}} + E_{\text{п}}$	<p>E – полная механическая энергия (Дж); $E_{\text{к}}$ – кинетическая энергия (Дж); $E_{\text{п}}$ – потенциальная энергия (Дж)</p>
<p>Закон сохранения полной механической энергии:</p> $E = \text{const}$ <p style="text-align: center;"><i>или</i></p> $E_{\text{к1}} + E_{\text{п1}} = E_{\text{к2}} + E_{\text{п2}}$	<p>E – полная механическая энергия (Дж); $E_{\text{к1}}, E_{\text{к2}}$ – кинетическая энергия в первом и втором состоянии (Дж); $E_{\text{п1}}, E_{\text{п2}}$ – 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>E_1 – начальная полная механическая энергия (Дж); E_2 – конечная полная механическая энергия (Дж); A – работа неконсервативных силы (Дж)</p>

Статика

Момент силы:

$$M = Fl$$



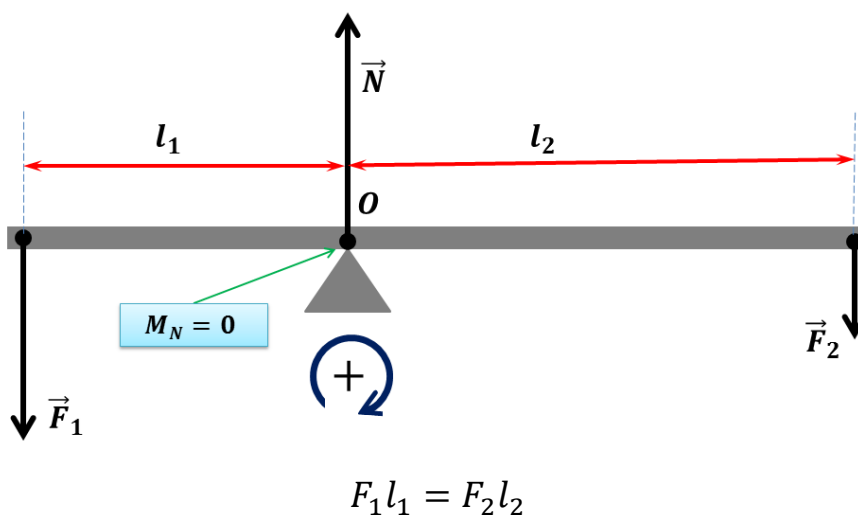
M – момент силы (Н · м);
 F – сила (Н);
 l – плечо силы
 (расстояние от оси вращения до линии действия силы) (м)

Условия равновесия тела:

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

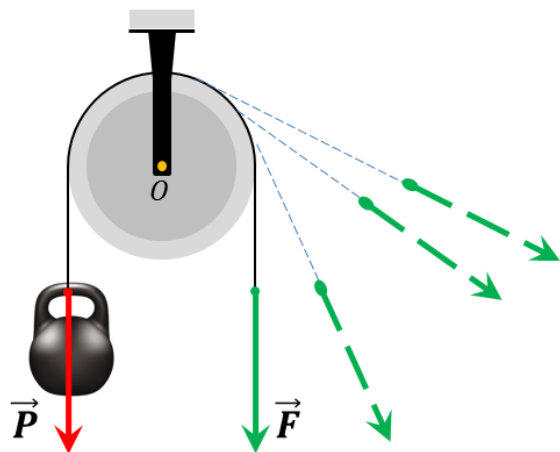
$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N$ –
 сумма сил, действующих на тело (Н);
 $M_1 + M_2 + \dots + M_N$ –
 сумма моментов сил (Н · м)

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:

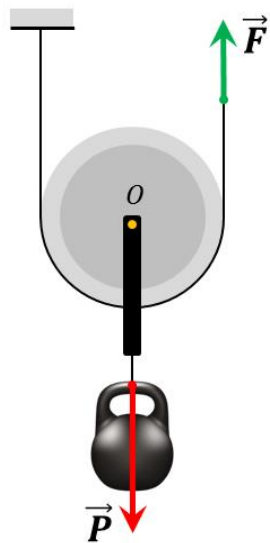


$$F = P$$

P – вес тела (Н);

F – сила тяги (Н)

Подвижный блок:



$$F = \frac{P}{2}$$

P – вес тела (Н);

F – сила тяги (Н)

Коэффициент полезного действия (КПД):

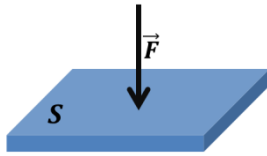
$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} \cdot 100\%$$

η – коэффициент полезного действия;

$A_{\text{п}}$ – полезная работа (Дж);

$A_{\text{з}}$ – затраченная работа (Дж)

Давление:



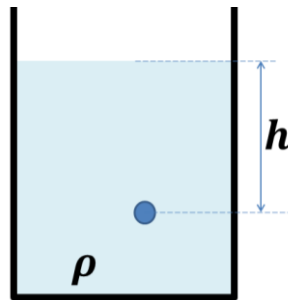
$$p = \frac{F}{S}$$

$$F = pS$$

p – давление (Па);
 F – сила давления (Н);
 S – площадь поверхности (м²)

Гидростатическое давление:

$$p = \rho gh$$



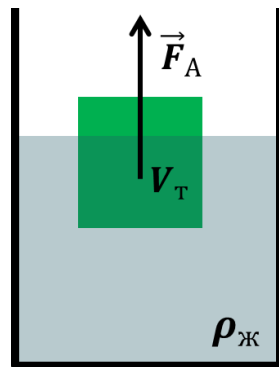
Полное давление:

$$p_{\text{полное}} = p_{\text{ат}} + \rho gh$$

p – давление столба жидкости (Па);
 ρ – плотность жидкости ($\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$);
 g – ускорение свободного падения ($g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$);
 h – высота столба жидкости (м)
 $p_{\text{ат}}$ – атмосферное давление ($p_{\text{ат}} = 10^5$ Па)

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 (м³)

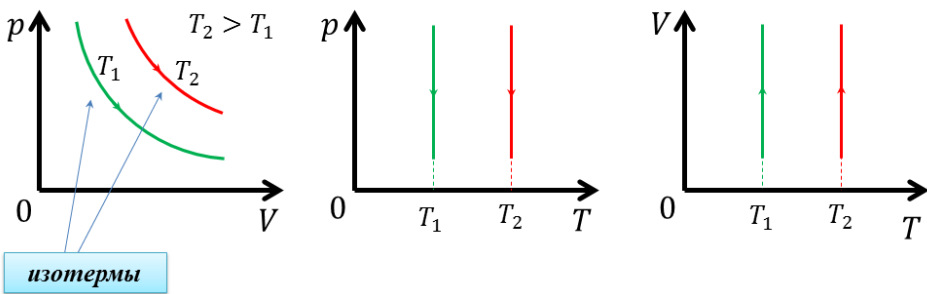
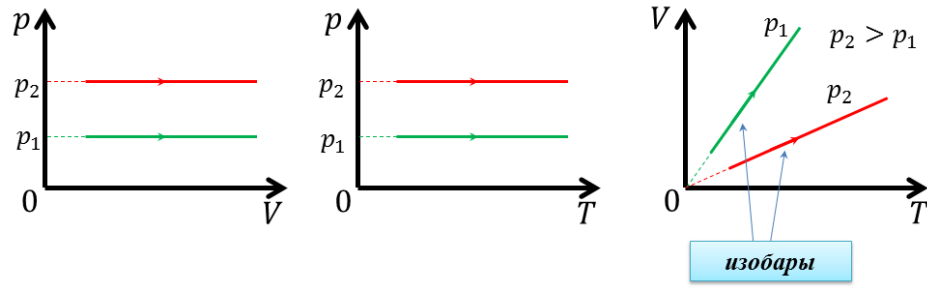
Плавание тел:

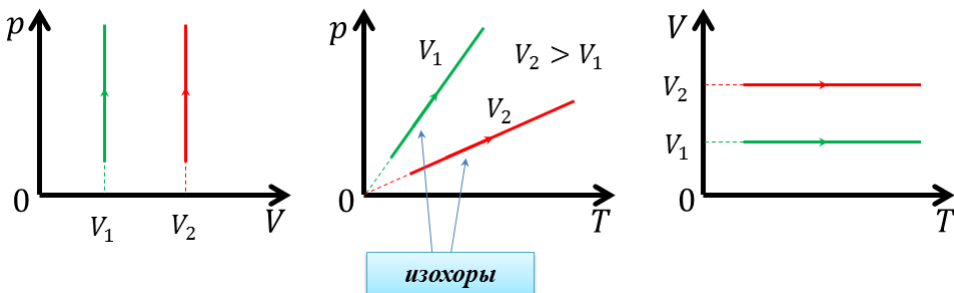
Всплывает	$F_A > mg$ $\rho_{\text{ж}} > \rho$
Плавает в толще жидкости	$F_A = mg$ $\rho_{\text{ж}} = \rho$
Тонет	$F_A < mg$ $\rho_{\text{ж}} < \rho$

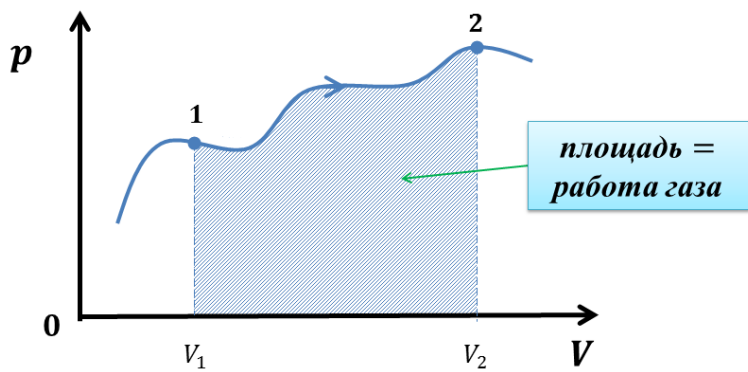
F_A – сила Архимеда (Н);
 mg – сила тяжести (Н);
 $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости ($\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$);
 ρ – плотность тела ($\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)

<p>Закон Архимеда:</p> $F_A = P_{\text{ж}}$	<p>F_A – сила Архимеда (Н); $P_{\text{ж}}$ – вес вытесненного объема жидкости (вес жидкости в объеме погруженной части тела) (Н)</p>
Молекулярная физика	
<p>Относительная молекулярная масса:</p> $M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_C}$	<p>M_r – относительная молекулярная масса; m_0 – масса одной молекулы (кг); m_C – масса молекулы углерода ^{12}C (кг)</p>
<p>Молярная масса:</p> $M = M_r \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$	<p>M – молярная масса $\left(\frac{\text{кг}}{\text{моль}}\right)$; M_r – относительная молекулярная масса</p>
<p>Количество вещества:</p> $\nu = \frac{N}{N_A}$ $\nu = \frac{m}{M}$	<p>ν – количество вещества (моль); N – количество молекул в веществе; N_A – постоянная Авогадро ($N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$); m – масса вещества (кг); M – молярная масса $\left(\frac{\text{кг}}{\text{моль}}\right)$</p>
<p>Концентрация:</p> $n = \frac{N}{V}$	<p>n – концентрация (м^{-3}); N – количество молекул в веществе; V – объем (м^3)</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>p – давление идеального газа (Па);</p> <p>m_0 – масса одной молекулы (кг);</p> <p>n – концентрация (м^{-3});</p> <p>\bar{v} – средняя квадратичная скорость молекул ($\frac{\text{м}}{\text{с}}$);</p> <p>$\bar{E}_k$ – средняя кинетическая энергия теплового движения молекул (Дж);</p> <p>ρ – плотность газа ($\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)</p>
<p>Правила перевода температуры:</p> $t = T - 273$ $T = t + 273$	<p>t – температура ($^{\circ}\text{C}$);</p> <p>T – абсолютная температура (К)</p>
<p>Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул одноатомного газа:</p> $\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$	<p>\bar{E}_k – средняя кинетическая энергия теплового движения молекул одноатомного газа (Дж);</p> <p>k – постоянная Больцмана ($k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$);</p> <p>$T$ – абсолютная температура газа (К)</p>
<p>Уравнение состояния идеального газа:</p> $p = nkT$ <p>$pV = \nu RT$ – уравнение Менделеева – Клапейрона</p> <p>$\frac{pV}{T} = \text{const}$ – объединенный газовый закон (уравнение Клапейрона)</p>	<p>p – давление идеального газа (Па);</p> <p>n – концентрация (м^{-3});</p> <p>k – постоянная Больцмана ($k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$);</p> <p>$T$ – абсолютная</p>

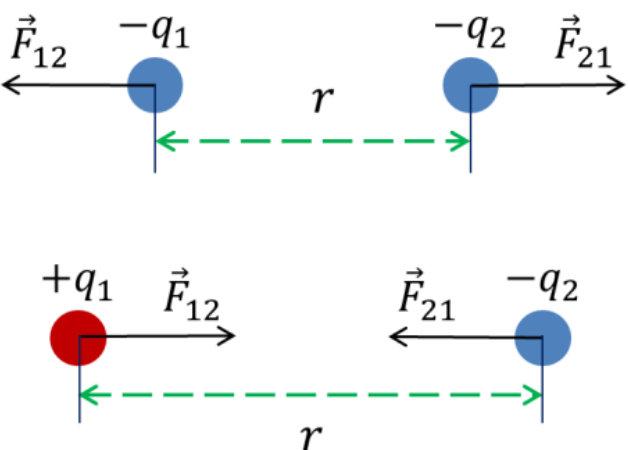
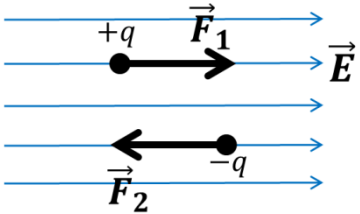
	<p>температура газа (К); V – объем (м³); ν – количество вещества (моль); R – универсальная газовая постоянная $\left(R = k \cdot N_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}\right)$</p>
<p>Закон Дальтона:</p> $p = p_1 + p_2 + \dots + p_N$	<p>p – давление смеси газов (Па); $p_1 + p_2 + \dots + p_N$ – сумма парциальных давлений газов, входящих в смесь (Па)</p>
Газовые законы	
<p>Закон Бойля – Мариотта (изотермический процесс): Если $m = const$ и $T = const$, то $pV = const$</p> 	<p>m – масса газа (кг); T – абсолютная температура газа (К); p – давление газа (Па); V – объем (м³)</p>
<p>Закон Гей – Люссака (изобарный процесс): Если $m = const$ и $p = const$, то $\frac{V}{T} = const$</p> 	<p>m – масса газа (кг); T – абсолютная температура газа (К); p – давление газа (Па); V – объем (м³)</p>

<p>Закон Шарля (изохорный процесс):</p> <p>Если $m = const$ и $V = const$, то $\frac{p}{T} = const$</p> 	<p>m – масса газа (кг);</p> <p>T – абсолютная температура газа (К);</p> <p>p – давление газа (Па);</p> <p>V – объем (m^3)</p>
Влажность воздуха	
<p>Абсолютная влажность:</p> $\rho = \frac{m}{V}$	<p>ρ – абсолютная влажность (плотность пара) ($\frac{кг}{м^3}$);</p> <p>m – масса пара (кг);</p> <p>V – объем (m^3)</p>
<p>Относительная влажность:</p> $\varphi = \frac{\rho}{\rho_{н.п.}} \cdot 100\%$ $\varphi = \frac{p}{p_{н.п.}} \cdot 100\%$	<p>φ – относительная влажность;</p> <p>ρ – абсолютная влажность ($\frac{кг}{м^3}$);</p> <p>$\rho_{н.п.}$ – плотность насыщенного пара ($\frac{кг}{м^3}$);</p> <p>p – парциальное давление пара (Па);</p> <p>$p_{н.п.}$ – давление насыщенного пара (Па)</p>
Основы термодинамики	
<p>Внутренняя энергия одноатомного газа:</p> $U = \frac{3}{2} \nu RT$ $U = \frac{3}{2} pV$	<p>U – внутренняя энергия газа (Дж);</p> <p>ν – количество вещества (моль);</p> <p>R – универсальная газовая постоянная ($R = k \cdot N_A = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot К}$);</p>

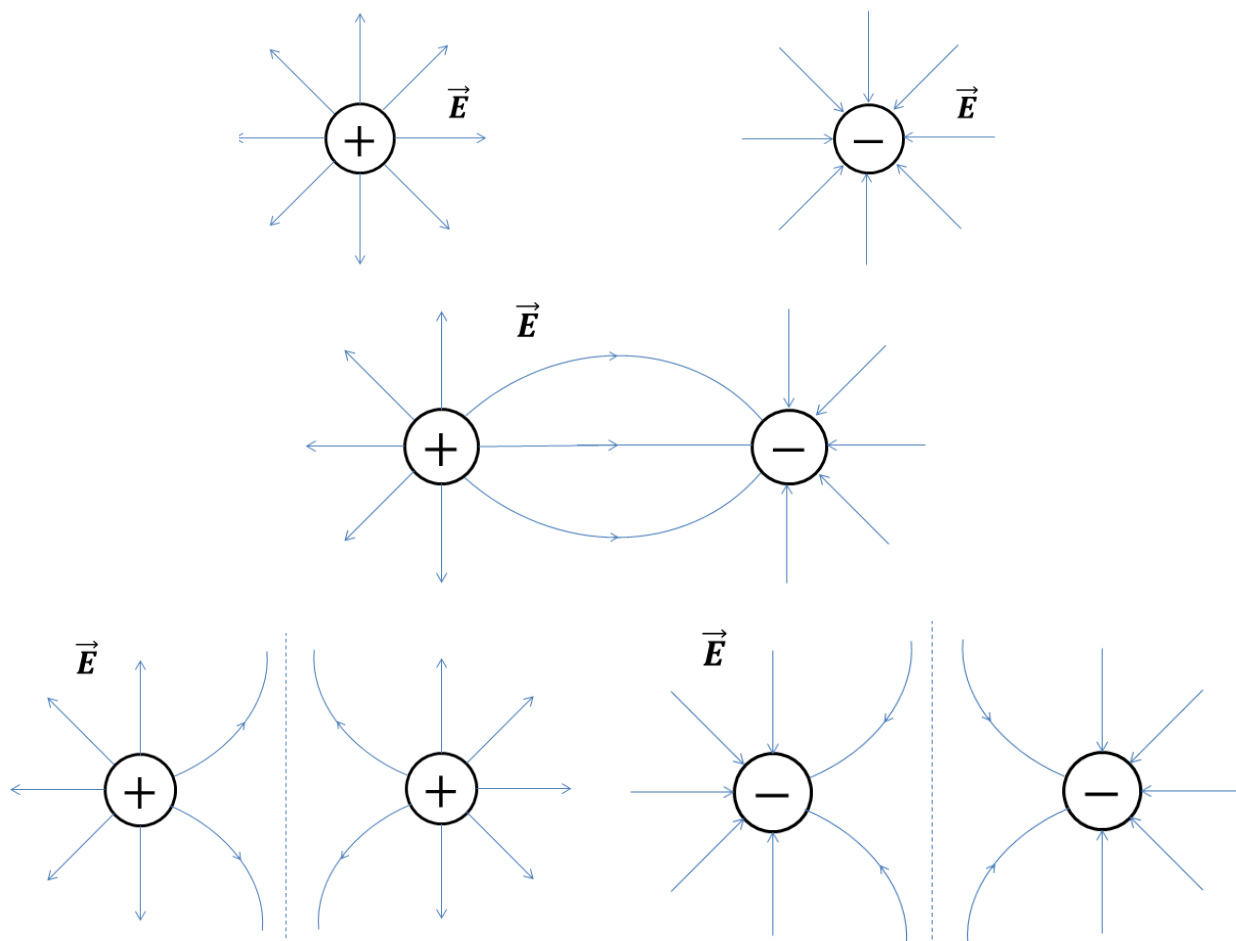
	<p>T – абсолютная температура газа (К);</p> <p>p – давление газа (Па);</p> <p>V – объем (м³)</p>
<p>Изменение внутренней энергии одноатомного газа:</p> $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$	<p>ΔU – изменение внутренней энергии газа (Дж);</p> <p>ν – количество вещества (моль);</p> <p>R – универсальная газовая постоянная ($R = k \cdot N_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$);</p> <p>$\Delta T$ – изменение температуры газа (К = °С)</p>
<p>Работа газа в изобарном процессе:</p> $A = p \Delta V$ 	<p>A – работа газа (Дж);</p> <p>p – давление газа (Па);</p> <p>ΔV – изменение объема (м³);</p> <p>A' – работа внешних сил (работа над газом) (Дж)</p>
<p>Работа внешних сил:</p> $A' = -A$	
<p>Первый закон термодинамики:</p> $Q = \Delta U + A$ <p><u>Частные случаи:</u></p> <p>Изобарный процесс ($p = \text{const}$):</p> $Q = \Delta U + A$ <p>Изотермический процесс ($T = \text{const}$):</p> $Q = A$	<p>Q – количество теплоты, полученное газом (Дж);</p> <p>ΔU – изменение внутренней энергии газа (Дж);</p> <p>A – работа газа (Дж);</p> <p>A' – работа внешних сил (Дж)</p>

<p>Изохорный процесс ($V = const$):</p> $Q = \Delta U$ <p>Адиабатный процесс ($Q = 0$):</p> $\Delta U + A = 0$ $\Delta U = A'$	
<p>КПД тепловых двигателей:</p> $\eta = \frac{A_{ц}}{Q_H} \cdot 100\%$ $A_{ц} = Q_H - Q_x $ $\eta = \frac{Q_H - Q_x }{Q_H}$ $\eta = 1 - \frac{ Q_x }{Q_H}$	<p>η – КПД; $A_{ц}$ – работа газа за цикл (Дж); Q_H – количество теплоты, полученное от нагревателя (Дж); Q_x – количество теплоты, отданное холодильнику (Дж);</p>
<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>η – КПД; T_H – температура нагревателя (К); T_x – температура холодильника (К)</p>
Количество теплоты в различных тепловых процессах	
<p>Нагревание / охлаждение:</p> $Q = cm\Delta t = cm(t_2 - t_1)$	<p>Q – количество теплоты (Дж); c – удельная теплоемкость $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}\right)$; m – масса (кг); Δt – изменение температуры (К); t_1, t_2 – начальная и конечная температуры</p>

<p>Плавление:</p> $Q = \lambda t$ <p>Кристаллизация:</p> $Q = -\lambda t$	<p>Q – количество теплоты (Дж);</p> <p>λ – удельная теплота плавления $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}\right)$;</p> <p>$t$ – масса (кг)</p>
<p>Парообразование:</p> $Q = Lm$ <p>Конденсация:</p> $Q = -Lm$	<p>Q – количество теплоты (Дж);</p> <p>L – удельная теплота парообразования $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}\right)$;</p> <p>$m$ – масса (кг)</p>
<p>Сгорание топлива:</p> $Q = qm$	<p>Q – количество теплоты (Дж);</p> <p>q – удельная теплота сгорания топлива $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}\right)$;</p> <p>$m$ – масса (кг)</p>
<p>Уравнение теплового баланса:</p> $Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N = 0$	<p>$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N$ – сумма количеств теплоты, полученных и выделенных в процессе теплообмена (Дж)</p>
Электростатика	
<p>Электрический заряд:</p> $q = \pm Ne$	<p>q – электрический заряд (Кл);</p> <p>N – число избыточных / недостающих электронов (целое число);</p> <p>e – элементарный электрический заряд (заряд протона / модуль заряда электрона)</p> <p>($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл)</p>

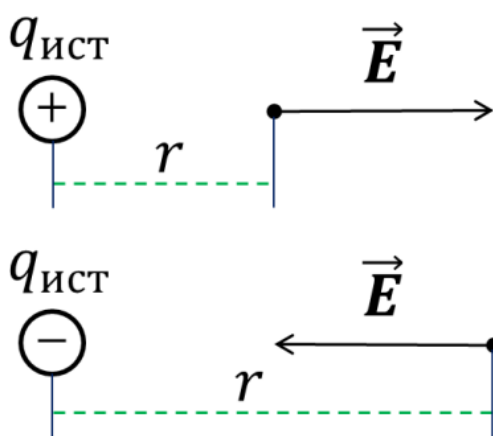
<p>Закон сохранения заряда:</p> $q_1 + q_2 + \dots + q_N = const$ $q_1 + q_2 + \dots + q_N = q'_1 + q'_2 + \dots + q'_N$	$q_1 + q_2 + \dots + q_N$ – алгебраическая сумма зарядов до вз-ия (Кл); $q'_1 + q'_2 + \dots + q'_N$ – алгебраическая сумма зарядов после вз-ия (Кл)
<p>Закон Кулона:</p> $F = k \frac{ q_1 \cdot q_2 }{r^2}$ 	<p>F – сила кулоновского взаимодействия (Н); k – коэффициент пропорциональности в законе Кулона ($k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Кл}^2}$); ϵ_0 – электрическая постоянная ($\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$); q_1, q_2 – заряды (Кл); r – расстояние между зарядами (м)</p>
<p>Напряженность электрического поля:</p> $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ <p>Направление напряженности:</p> $\vec{E} \uparrow\uparrow \vec{F}, \quad \text{если } q > 0$ $\vec{E} \uparrow\downarrow \vec{F}, \quad \text{если } q < 0$ 	<p>E – напряженность электрического поля ($\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}$); F – сила, действующая на заряд со стороны электрического поля в данной точке (Н); q – заряд, помещенный в электрическое поле (Кл)</p>

Графическое представление электрического поля:



Напряженность электрического поля точечного заряда:

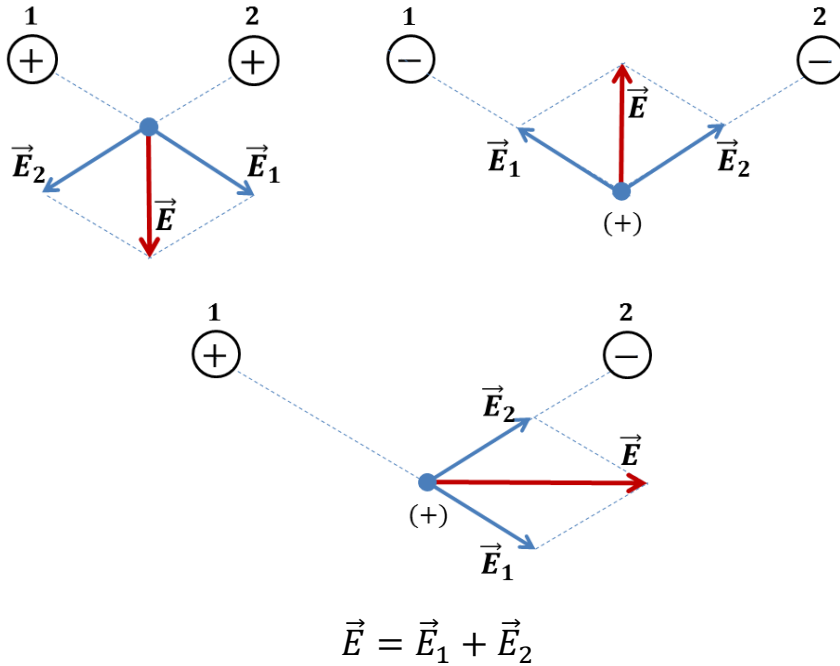
$$E = k \frac{|q_{\text{ист}}|}{r^2}$$



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:

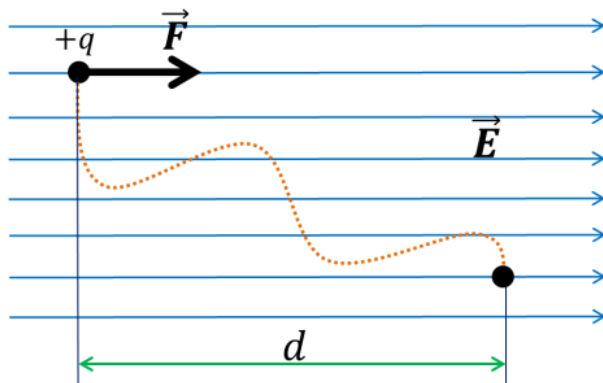
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_N$$



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

Работа однородного электрического поля по перемещению заряда:

$$A = qEd$$

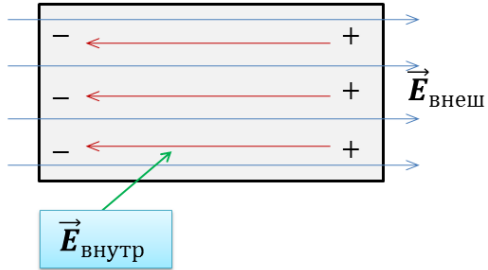


A – работа электрического поля (Дж);
 q – заряд (Кл);
 E – напряженность электрического поля
 $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}\right)$;
 d – расстояние, проходимое зарядом вдоль линий напряженности (м)

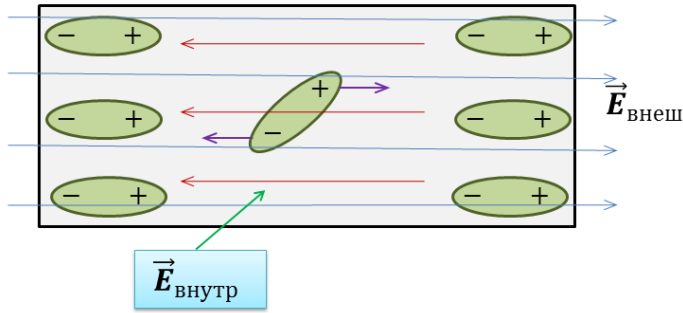
Потенциал:

$$\varphi = \frac{W_{\text{п}}}{q}$$

φ – потенциал электрического поля (В);
 $W_{\text{п}}$ – потенциальная энергия заряда (Дж);
 q – заряд (Кл)

<p>Напряжение:</p> $U = \varphi_1 - \varphi_2$ $U = \frac{A}{q}$	<p>U – напряжение (В); φ_1, φ_2 – потенциалы в различных точках поля (В); A – работа поля по перемещению заряда из точки 1 в точку 2 (Дж); q – заряд (Кл)</p>
<p>Связь напряжения и напряженности:</p> $U = Ed$	<p>U – напряжение (В); E – напряженность электрического поля ($\frac{Н}{Кл} = \frac{В}{м}$); d – расстояние, проходимое зарядом вдоль линий напряженности (м)</p>
<p>Проводники в электрическом поле:</p>  $\vec{E} = \vec{E}_{\text{внеш}} + \vec{E}_{\text{внутр}} = 0$	<p>$\vec{E}_{\text{внеш}}$ – напряженность внешнего электрического поля ($\frac{Н}{Кл} = \frac{В}{м}$); $\vec{E}_{\text{внутр}}$ – напряженность внутреннего электрического поля проводника, созданного перераспределением зарядов ($\frac{Н}{Кл} = \frac{В}{м}$); \vec{E} – общая напряженность ($\frac{Н}{Кл} = \frac{В}{м}$);</p>

Диэлектрики в электрическом поле:



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

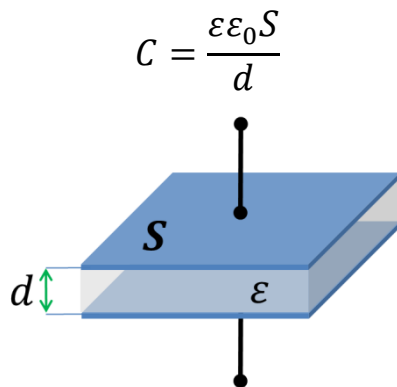
$\vec{E}_{\text{внеш}}$ – напряженность внешнего электрического поля $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}\right)$;
 $\vec{E}_{\text{внутр}}$ – напряженность внутреннего электрического поля проводника, созданного ориентированием диполей $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{м}}\right)$;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

Заряд конденсатора:

$$q = CU$$

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

Емкость плоского конденсатора:



Емкость воздушного конденсатора:

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

C – емкость конденсатора (Ф);
 ϵ – диэлектрическая проницаемость среды;
 ϵ_0 – электрическая постоянная $\left(\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}\right)$;
 S – площадь обкладок конденсатора (м^2);
 d – расстояние между обкладками конденсатора (м)

Конденсатор заряжен и подключен к источнику:

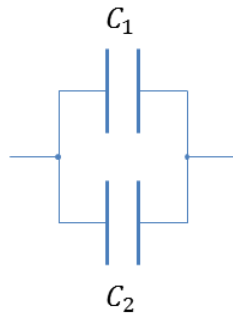
$$U = \text{const}$$

Конденсатор заряжен и отключен от источника:

$$q = \text{const}$$

U – напряжение (В);
 q – заряд конденсатора (Кл)

Параллельное соединение конденсаторов:

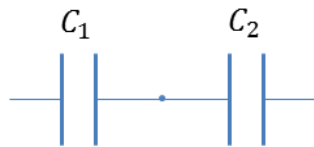


$$U_{\text{общ}} = U_1 = U_2$$

$$q_{\text{общ}} = q_1 + q_2$$

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2$$

Последовательное соединение конденсаторов:



$$q_{\text{общ}} = q_1 = q_2$$

$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2$$

$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$U_1, U_2, U_{\text{общ}}$ –

напряжение на первом, втором конденсаторах и общее напряжение на участке (В);

$q_1, q_2, q_{\text{общ}}$ – заряд

первого, второго

конденсатора и общий заряд (Кл);

$C_1, C_2, C_{\text{общ}}$ –

емкость первого,

второго конденсатора и

общая емкость

(Ф)

Энергия электрического поля конденсатора:

$$W_{\text{эл}} = \frac{CU^2}{2}$$

$$W_{\text{эл}} = \frac{q^2}{2C}$$

$$W_{\text{эл}} = \frac{qU}{2}$$

$W_{\text{эл}}$ – энергия

электрического поля конденсатора (Дж);

C – емкость конденсатора (Ф);

U – напряжение (В);

q – заряд конденсатора (Кл)

Законы постоянного тока

Сила постоянного тока:

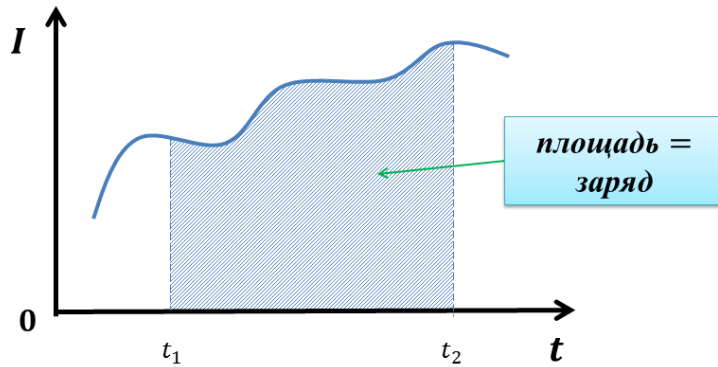
$$I = \frac{q}{t}$$

I – сила тока (А);

q – заряд, проходящий по проводнику (Кл);

t – время прохождения заряда (с)

Для переменного тока:



Сопротивление:

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

R – сопротивление проводника (Ом);
 ρ – удельное сопротивление материала $\left(\frac{\text{Ом}\cdot\text{мм}^2}{\text{м}}\right)$;
 l – длина проводника (м);
 S – площадь поперечного сечения проводника (мм^2)

Закон Ома для участка цепи:

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

I – сила тока на участке цепи (А);
 U – напряжение на концах участка (В);
 R – сопротивление участка цепи (Ом)

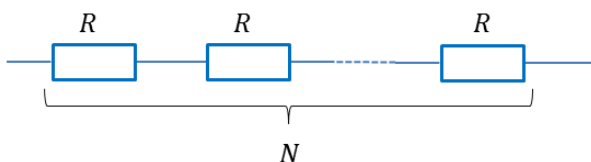
Законы последовательного соединения проводников:



$$I_{\text{общ}} = I_1 = I_2$$

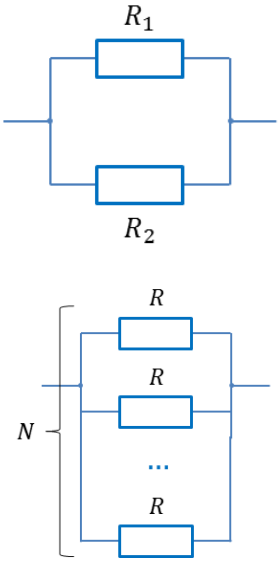
$$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2$$

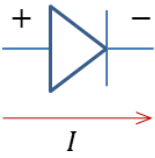
$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2$$



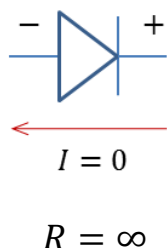
$$R_{\text{общ}} = N \cdot R$$

$I_1, I_2, I_{\text{общ}}$ – 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 одина- ковых резисторов R
<p>Законы параллельного соединения проводников:</p>  $U_{\text{общ}} = U_1 = U_2$ $I_{\text{общ}} = I_1 + I_2$ $\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{или} \quad R_{\text{общ}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ $R_{\text{общ}} = \frac{R}{N}$	$U_1, U_2, U_{\text{общ}}$ – 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> $A = UIt$ $A = I^2 R t$ $A = \frac{U^2}{R} t$	A – работа тока (Дж); I – сила тока (А); U – напряжение (В); R – сопротивление (Ом); t – время протекания тока (с)
<p>Мощность тока:</p> $P = \frac{A}{t}$ $P = UI$ $P = I^2 R$ $P = \frac{U^2}{R}$	P – мощность тока (Вт); I – сила тока (А); U – напряжение (В); R – сопротивление (Ом) t – время протекания тока (с)

<p>Закон Джоуля – Ленца:</p> $Q = A$	<p>Q – количество теплоты, выделяемое в проводнике с током (Дж); A – работа тока (Дж)</p>
<p>Электродвижущая сила (ЭДС):</p> $\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$	<p>\mathcal{E} – электродвижущая сила (В); $A_{\text{ст}}$ – работа сторонних сил по разделению заряда (Дж); q – заряд (Кл)</p>
<p>Закон Ома для полной цепи:</p> $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$	<p>I – сила тока в цепи (А); \mathcal{E} – электродвижущая сила (В); r – внутреннее сопротивление источника тока (Ом); R – внешнее сопротивление (Ом)</p>
<p>Ток короткого замыкания:</p> $R = 0$ $I_{\text{к}} = \frac{\mathcal{E}}{r}$	<p>R – внешнее сопротивление (Ом); \mathcal{E} – электродвижущая сила (В); $I_{\text{к}}$ – сила тока короткого замыкания (А); r – внутреннее сопротивление источника тока (Ом)</p>
<p>Полупроводниковый диод: Прямое подключение:</p>  $R = 0$	<p>I – сила тока (А); R – сопротивление диода (Ом)</p>

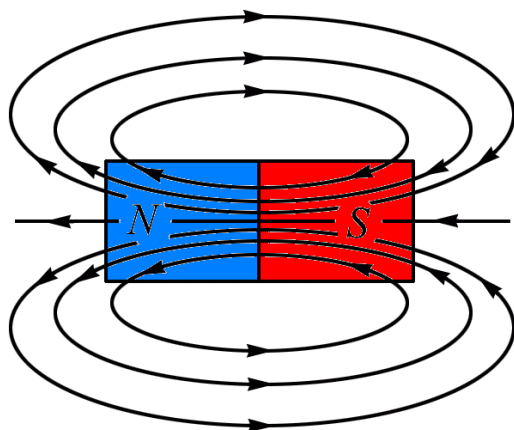
Обратное подключение:



Магнитные явления

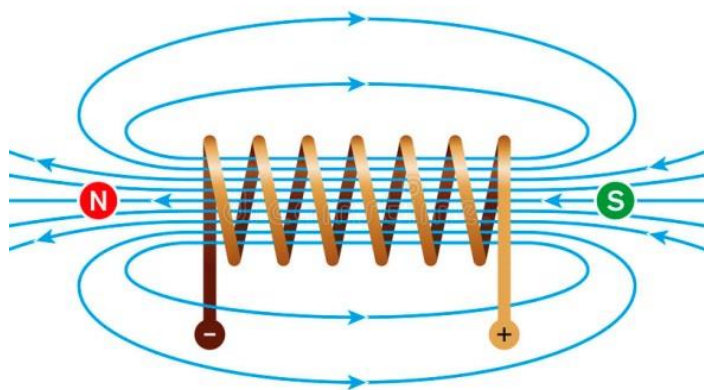
Графическое представление магнитного поля:

а) постоянного магнита:



N – северный магнитный
полюс
 S – южный магнитный
полюс

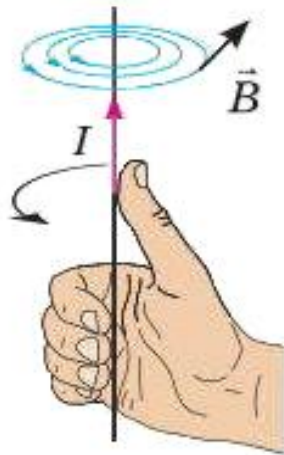
б) катушки с током:



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.



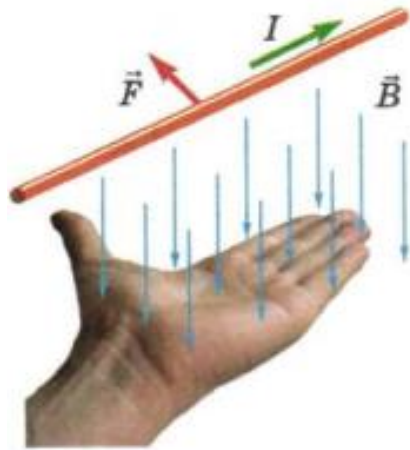
Сила Ампера:

$$F_A = IBl \sin \alpha$$

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° 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);
 α – угол между направлением вектора магнитной индукции и направлением тока в проводнике

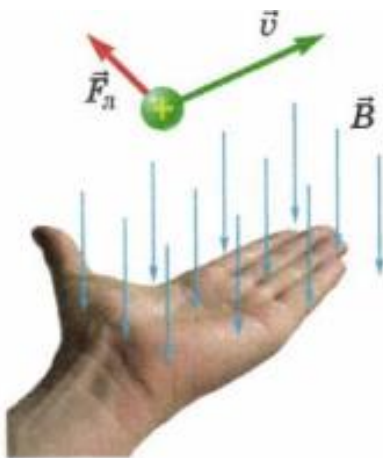


Сила Лоренца:

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

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° большой палец укажет направление силы Лоренца.



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

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

$$F_L = ma_{ц}$$

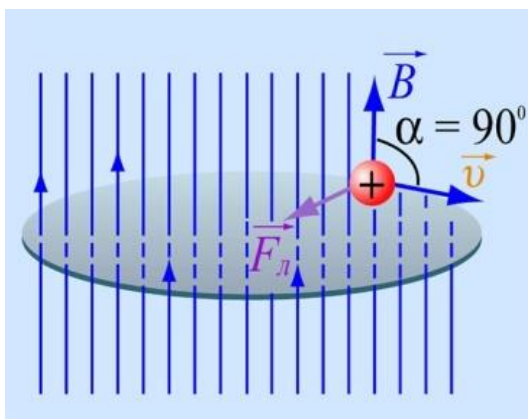
$$\vec{B} \perp \vec{v} \Rightarrow \alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1$$

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

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

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

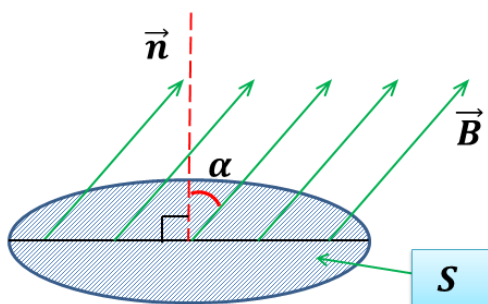
$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$



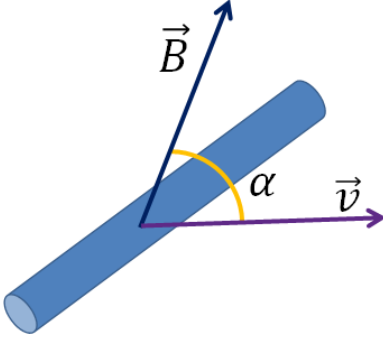
F_L – сила Лоренца (Н);
 m – масса частицы (кг);
 $a_{ц}$ –
 центростремительное
 ускорение ($\frac{м}{с^2}$);
 B – индукция
 магнитного поля (Тл);
 v – скорость частицы
 ($\frac{м}{с}$);
 α – угол между
 направлением вектора
 магнитной индукции и
 направлением скорости
 частицы;
 q – заряд частицы (Кл);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

Магнитный поток:

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

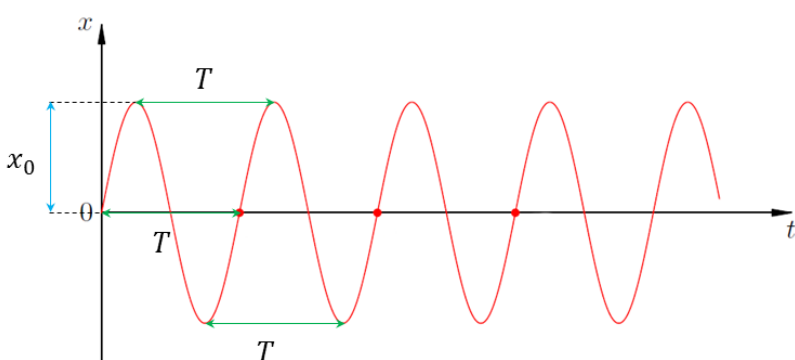


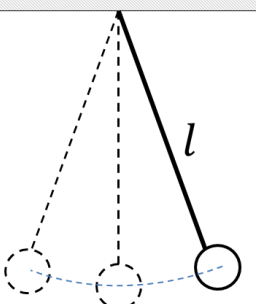
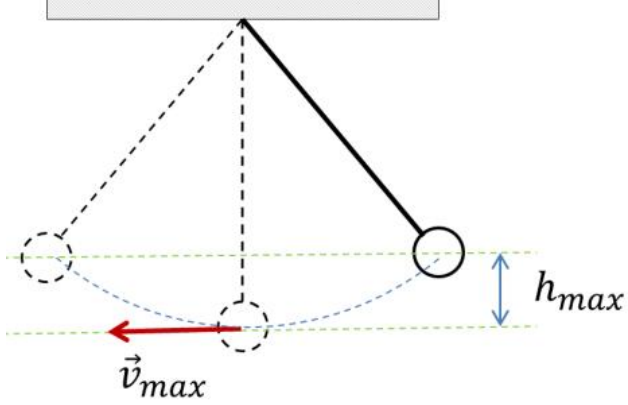
Φ – магнитный поток
 (Вб);
 B – индукция магнитного
 поля (Тл);
 S – площадь контура
 ($м^2$);
 n – нормаль к площади
 контура;
 α – угол между
 направлением нормали к
 площади контура и
 направлением вектора
 магнитной индукции

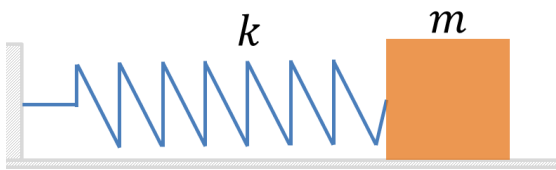
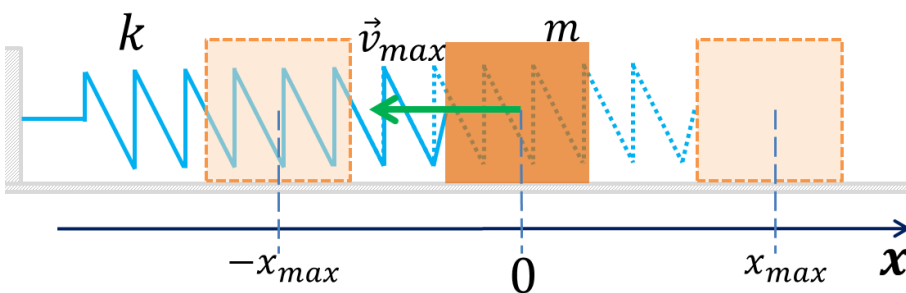
<p>Закон электромагнитной индукции Фарадея:</p> $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$	<p>\mathcal{E}_i – ЭДС индукции (В); $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ – скорость изменения магнитного потока $\Delta\Phi$ – изменение магнитного потока (Вб); Δt – время (с)</p>
<p><u>Правило Ленца:</u> Индукционный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

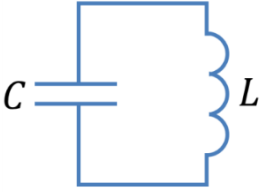
	катушки (Гн); I – сила тока в катушке (А)
ЭДС самоиндукции: $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$	\mathcal{E}_{si} – ЭДС самоиндукции (В); L – индуктивность катушки (Гн); $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ – скорость изменения силы тока; ΔI – изменение силы тока (А); Δt – время (с)
Энергия магнитного 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; φ_0 – начальная фаза; t – время (с); ω – циклическая частота ($\frac{\text{рад}}{\text{с}} = \text{с}^{-1}$)
Связь циклической частоты и периода колебаний: $\omega = \frac{2\pi}{T}$	ω – циклическая частота ($\frac{\text{рад}}{\text{с}} = \text{с}^{-1}$); T – период колебаний

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

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

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

Длина волны:

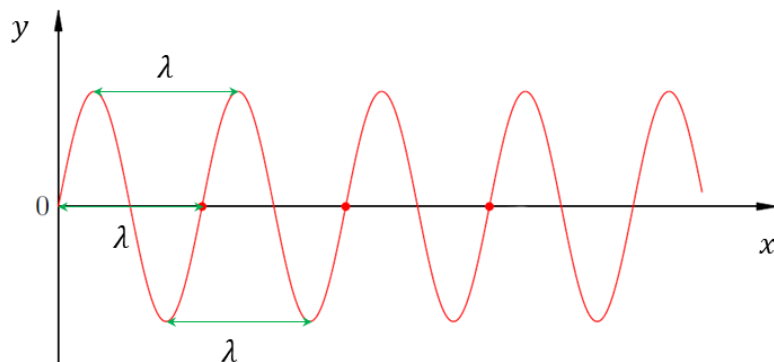
$$\lambda = vT$$

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

Длина электромагнитной волны:

$$\lambda = cT$$

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



λ – длина волны (м);

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

T – период (с);

ν – частота (Гц);

c – скорость света в

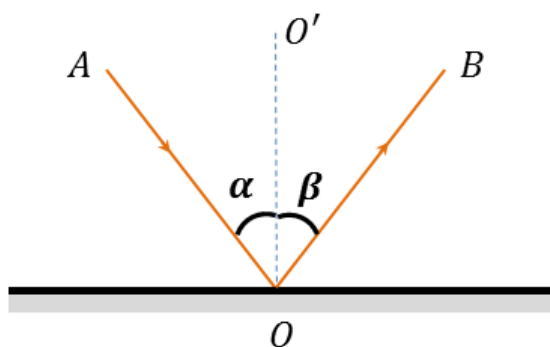
вакууме ($c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$)

Геометрическая оптика

Закон прямолинейного распространения света:

Свет в прозрачной и оптически однородной среде распространяется прямолинейно.

Закон отражения света:



α – угол падения;

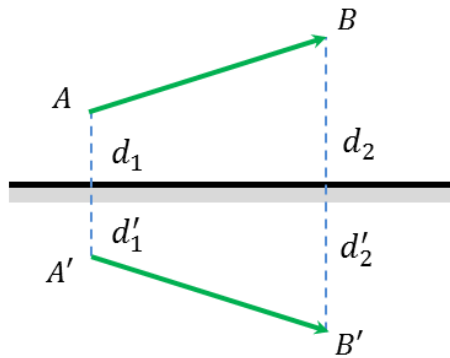
β – угол отражения

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:



$$d_1 = d'_1$$

$$d_2 = d'_2$$

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:

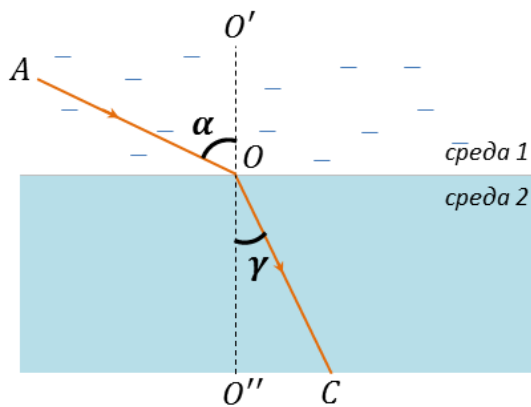
$$n = \frac{c}{v}$$

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:



- 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:

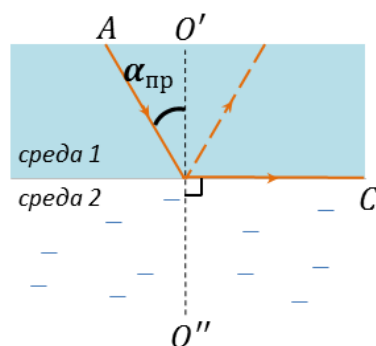
$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \gamma$$

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 $\alpha < \gamma$.

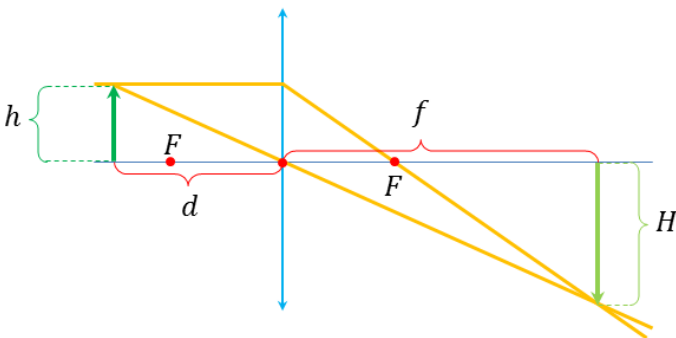
n_1 – абсолютный показатель преломления первой среды;
 n_2 – абсолютный показатель преломления второй среды;
 α – угол падения;
 γ – угол преломления

Предельный угол полного внутреннего отражения:



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

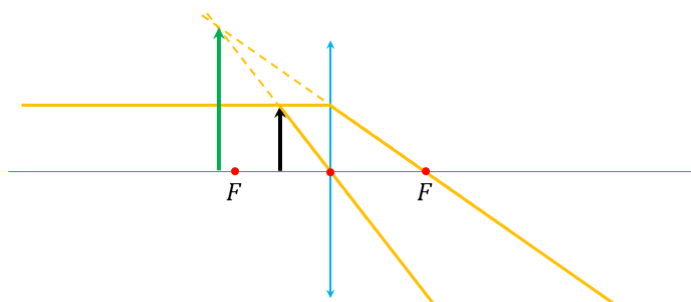
n_1 – абсолютный показатель преломления первой среды;
 n_2 – абсолютный показатель преломления второй среды;
 $\alpha_{\text{пр}}$ – предельный угол

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

Примеры построений:

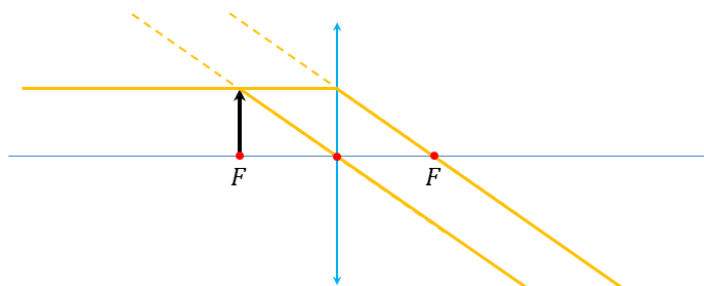
Собирающая линза:

а) $d < F$



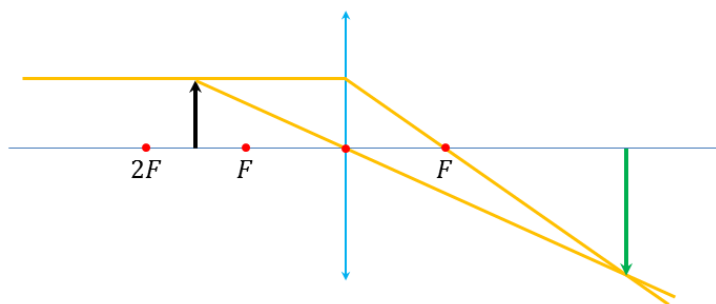
Характеристики изображения: увеличенное, прямое, мнимое.

б) $d = F$



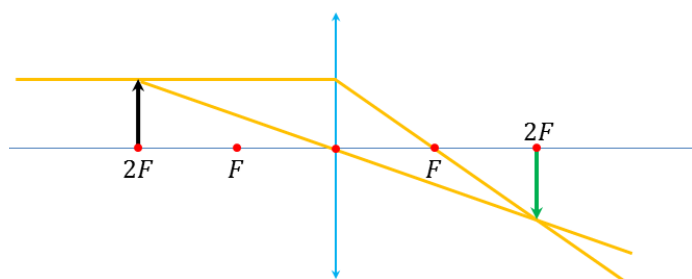
Характеристики изображения: изображения нет.

в) $F < d < 2F$



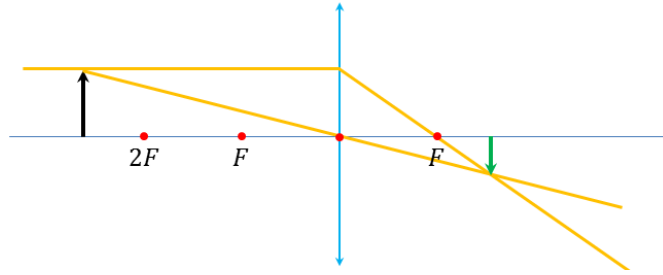
Характеристики изображения: увеличенное, перевернутое, действительное.

г) $d = 2F$



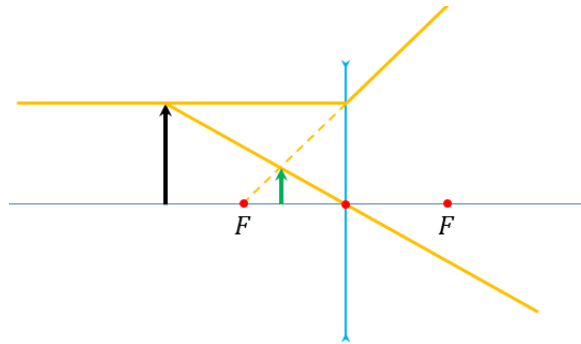
Характеристики изображения: равное по размерам, перевернутое, действительное.

д) $d > 2F$



Характеристики изображения: уменьшенное, перевернутое, действительное.

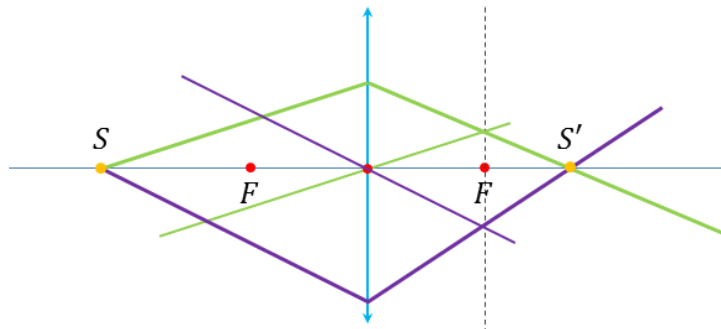
Рассеивающая линза (d – любое):



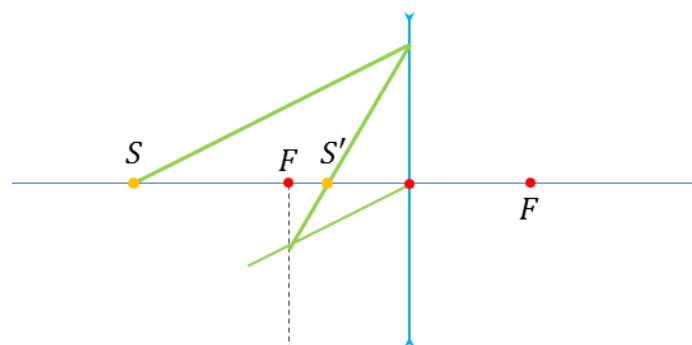
Характеристики изображения: уменьшенное, прямое, мнимое.

Построение изображения точки на главной оптической оси:

Собирающая линза:



Рассеивающая линза:

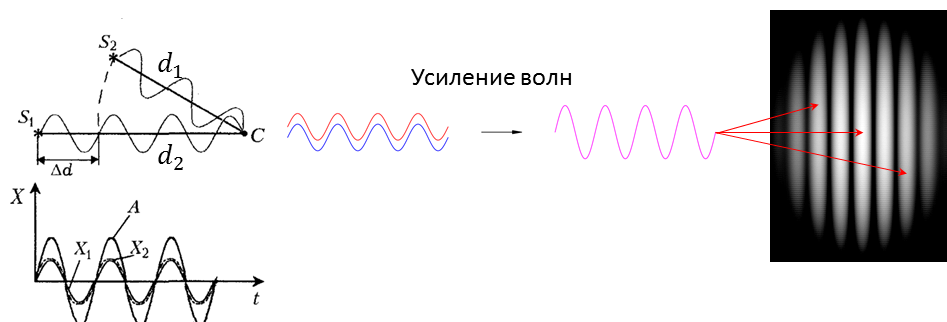


Волновая оптика

Интерференция:

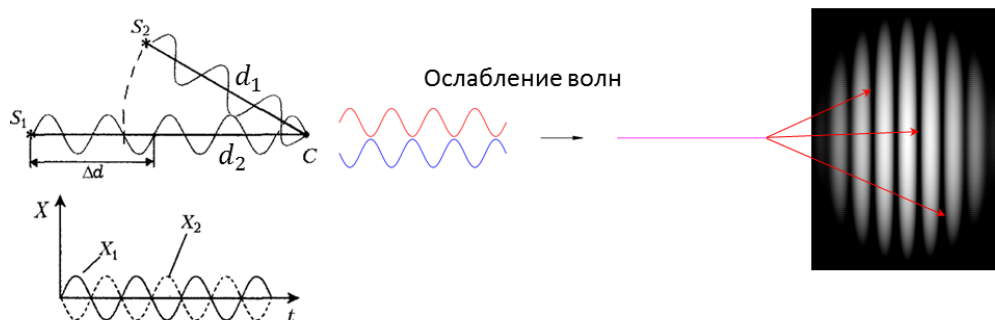
$$\Delta d = d_2 - d_1$$

Максимум интерференции:



$$\Delta d = m\lambda$$

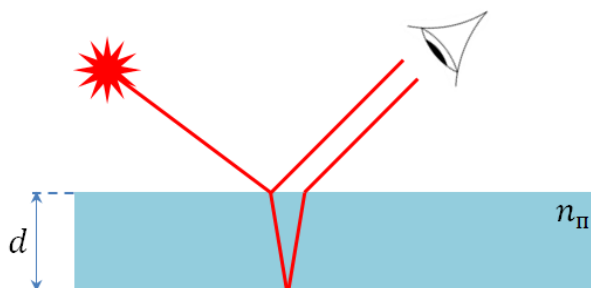
Минимум интерференции:



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

Δd – разность хода (м);
 d_1, d_2 – длина хода (м);
 m – целое число;
 λ – длина волны (м)

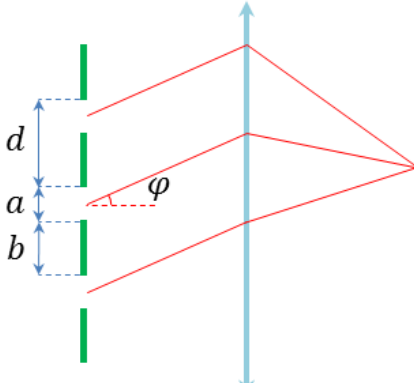
Интерференция в тонких пленках:



Максимальное отражение:

$$d = \frac{\lambda}{2n_{\Pi}}$$

d – толщина пленки (м);
 n_{Π} – абсолютный показатель преломления пленки;
 λ – длина волны падающего света (м)

<p>Максимальное гашение («просветление оптики»):</p> $d = \frac{\lambda}{4n_{\text{п}}}$	
<p>Формула дифракционной решетки:</p>  $d = a + b = \frac{1}{N}$ $d \sin \varphi = m\lambda$	<p>d – постоянная решетки (м); a – ширина щели (м); b – ширина непрозрачного промежутка решетки (м); N – количество щелей на единицу длины (м^{-1}) φ – угол отклонения волны; m – целое число; λ – длина волны (м)</p>
Квантовая физика	
<p>Энергия кванта электромагнитного излучения (формула Планка):</p> $E = h\nu$ $E = \frac{hc}{\lambda}$	<p>E – энергия кванта электромагнитного излучения (Дж); h – постоянная Планка ($h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж · с); ν – частота электромагнитного излучения (Гц); c – скорость света в вакууме ($c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$); λ – длина электромагнитной волны (м)</p>
<p>Энергия покоя тела:</p> $E = mc^2$	<p>E – энергия покоя тела (Дж); m – масса тела (кг); c – скорость света в вакууме ($c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$)</p>

Импульс фотона (формула де Бройля):

$$p = \frac{h}{\lambda}$$

p – импульс фотона

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

h – постоянная Планка

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

λ – длина

электромагнитной волны

(м)

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

λ – длина электромагнитной волны (м);

ν – частота электромагнитного излучения (Гц);

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

$\lambda_{\text{кр}}$ – длина волны, соответствующая «красной» границе фотоэффекта (м);

$\nu_{\text{кр}}$ – частота излучения, соответствующая «красной» границе фотоэффекта (Гц);

m_e – масса электрона ($m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$)

v_{max} – максимальная скорость выбитого электрона ($\frac{\text{м}}{\text{с}}$);

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ – элементарный электрический заряд (заряд протона / модуль заряда электрона)

U_3 – задерживающее (запирающее) напряжение (В)

Атомная и ядерная физика

Энергия атома водорода по Бору:

$$E_n = -\frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}$$

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

E_n – энергия атома водорода в стационарном состоянии с номером n (эВ)

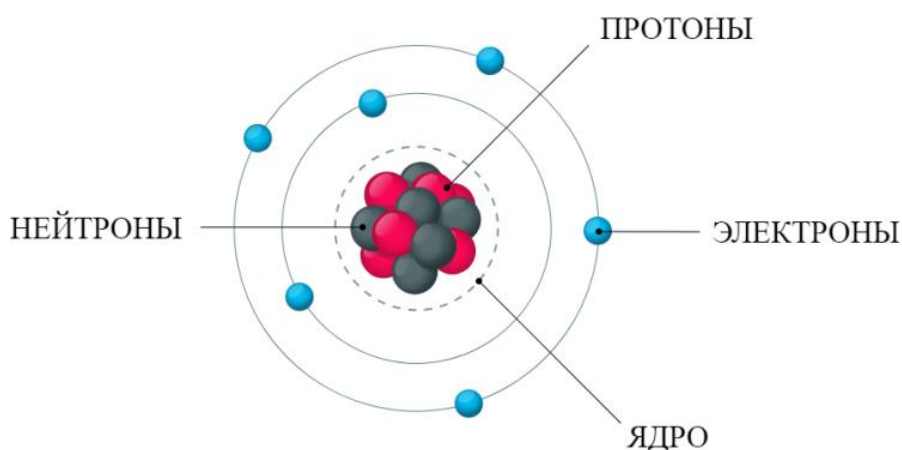
Второй постулат Бора:

$$E = E_m - E_n$$

$$m > n$$

E – энергия фотона (Дж);
 E_m – энергия атома на уровне m (Дж);
 E_n – энергия атома на уровне n (Дж);
 m, n – номера стационарных состояний

Строение атома и атомного ядра:



q_p, q_N, q_e – заряды протона, нейтрона и электрона
 m_p, m_N, m_e – массы протона, нейтрона и электрона

Атом состоит из:

А) положительно заряженного ядра:

– протоны

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

$$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

– нейтроны

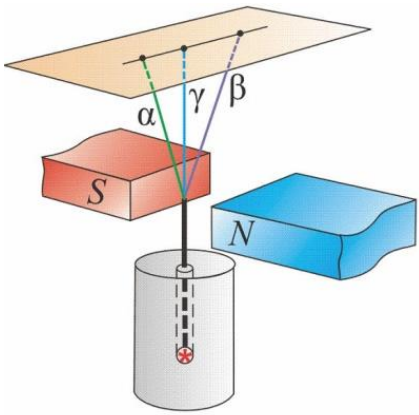
$$q_N = 0 \text{ Кл}$$

$$m_N = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Б) отрицательные электроны

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

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

<p>Обозначение атомного ядра:</p> $\begin{matrix} A \\ Z \\ X \end{matrix}$ $A = Z + N$	<p>X – обозначение химического элемента; Z – зарядовое число (число протонов в ядре, номер химического элемента в таблице Менделеева, число электронов в атоме); A – массовое число (число нуклонов); N – 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>Δm – дефект масс (кг); Z – число протонов в ядре (номер химического элемента в таблице Менделеева); N – число нейтронов; m_p – масса протона ($m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг); m_N – масса нейтрона ($m_N = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг); $M_{\text{я}}$ – масса ядра (кг); $E_{\text{св}}$ – энергия связи (Дж); c – скорость света в вакууме ($c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$)</p>
<p>Радиоактивность:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>α – излучение (α – частица):</p>	

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

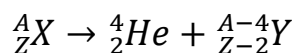
β – излучение (β – частица)

${}_{-1}^0e$ – электрон

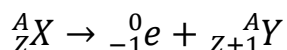
γ – излучение (электромагнитное излучение высокой частоты)

Правило радиоактивных смещений Содди:

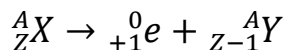
α – распад:



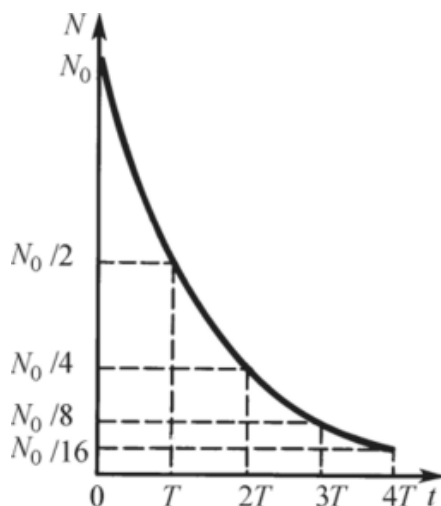
β – распад (электронный):



β – распад (позитронный):



Закон радиоактивного распада:



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

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