Приложение А
(*справочное*)
Основные физические константы

Скорость света в вакууме	c=2,9979·10^{8} м/с
Гравитационная постоянная	G=6,67·10^{-11} Н·$м^2$/$кг^2$
Молярный объем идеального газа при нормальных условиях	$V_\mu=22{,}414\ \frac{л}{моль}$
Универсальная газовая постоянная	$R=8{,}314\ \frac{Дж}{моль\cdot К}$
Постоянная Фарадея	$F=96\ 500\ \frac{Кл}{моль}$
Число Авогадро	$N_A=6{,}022\cdot10^{23}$ $моль^{-1}$
Постоянная Больцмана	$к=1{,}38\cdot10^{-23}\ \frac{Дж}{К}=8{,}625\cdot10^{-5}\ \frac{эВ}{К}$
Элементарный заряд	$e=1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл
Электрическая постоянная	$\varepsilon_0=8{,}85\cdot10^{-12}\ \frac{Ф}{м}$ $k=(4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0)^{-1}=9\cdot10^{9}\ \frac{м}{Ф}$
Магнитная постоянная	$\mu_0=4\cdot\pi\cdot10^{-7}\ \frac{Гн}{м}=12{,}56\cdot10^{-7}\frac{Гн}{м}$
Постоянная Планка	$h=6{,}626\cdot10^{-34}$ Дж·с=$4{,}136\cdot10^{-15}$ эВ·с $\hbar=\frac{h}{2\pi}=1{,}054\cdot10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Ридберга	$R=3{,}29\cdot10^{15}\ с^{-1}$ $R=1{,}10\cdot10^{7}\ м^{-1}$
Масса покоя электрона	$m_e=9{,}11\cdot10^{-31}$ кг
Масса покоя протона	$m_p=1{,}672\cdot10^{-27}$ кг
Масса покоя нейтрона	$m_n=1{,}675\cdot10^{-27}$ кг
Атомная единица массы	1 а.е.м.= $1{,}6606\cdot10^{-27}$ кг
Электрон-вольт	1 эВ=$1{,}6\cdot10^{-19}$ Дж
Нормальное атмосферное давление	760 мм рт. ст. = 101 325 Па
Первый Боровский радиус	$r_1=0{,}528\cdot10^{-10}$ м
Масса изотопа ${}_1H^1$	$m_н=1{,}6736\cdot10^{-27}$ кг

Приложение Б
(*справочное*)
Соотношения между единицами некоторых физических величин

Длина	1 Å (Ангстрем)=$1\cdot10^{-10}$ м 1 дюйм= 2,54 см 1 пк (парсек) ≈$3,1\cdot10^{16}$ м 1 св. год (световой год) ≈$0,95\cdot10^{16}$ м 1 ферми =10^{-15} м 1 фут =30,48 см 1 ярд =91,44 см
Масса	1 тонна =10^{3} кг 1 а.е.м.=$1,6606\cdot10^{-27}$ кг 1 кар (карат) =0,2 г
Время	1 сутки =86 400 с 1 мин =60 с 1 час =60 мин 1 сутки =24 часа 1 год ≈$3,16\cdot10^{7}$ с
Объем	1 л =$1\cdot10^{-3}$ м^{3}
Сила	1 кГ =1 кгс (килограмм-сила) =9,81 Н
Давление	1 бар =$1\cdot10^{5}$ Па 1 атм =760 мм рт. ст. =$1,01325\cdot10^{5}$ Па 1 ат =1 кгс/см^{2} =$0,98\cdot10^{5}$ Па 1 торр =1 мм рт. ст. =133,3 Па
Энергия	1 эВ =$1,6\cdot10^{-19}$ Дж 1 квт·ч =$3,6\cdot10^{6}$ Дж 1 кал =4,1868 Дж
Мощность	1 л.с. (лошадиная сила) =735 Вт

Приложение В
(*справочное*)
Основные формулы по математике

Алгебра

$a : b = \frac{a}{b}$; $\quad \frac{a}{b} : c = \frac{a}{b \cdot c}$; $\quad a : \frac{b}{c} = \frac{a \cdot c}{b}$; $\quad \frac{a}{b} : \frac{m}{n} = \frac{a \cdot n}{b \cdot m}$;

$\frac{a}{b} = \frac{m}{n} \Leftrightarrow a \cdot n = b \cdot m \Leftrightarrow \frac{n}{b} = \frac{m}{a}$; $\quad \frac{a}{b} \pm \frac{m}{n} = \frac{a \cdot n \pm b \cdot m}{b \cdot n}$;

$a^n \cdot a^m = a^{n+m}$; $\quad \frac{a^n}{a^m} = a^{n-m}$; $\quad \left(a^n\right)^m = a^{n \cdot m}$; $\quad \frac{a+b}{2} \geq \sqrt{a \cdot b}$ при a>0, b>0.

$a^2 - b^2 = (a-b)(a+b)$; $\quad (a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$; $\quad \frac{a+b}{2} = \sqrt{a \cdot b}$ при a=b.

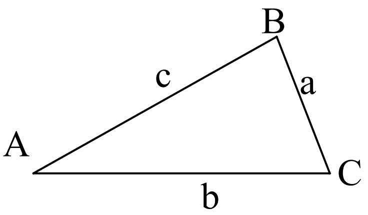
$(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3$; $\quad a^3 \pm b^3 = (a \pm b)(a^2 \mp ab + b^2)$;

$ax^2 + bx + c = 0$; $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$; $(a \neq 0)$; $x_1 + x_2 = -\frac{b}{a}$; $x_1 \cdot x_2 = \frac{c}{a}$;

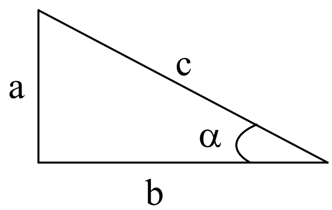
$\sin x \approx x$, $\cos x \approx 1 - \frac{1}{2}x^2$, $(x \ll 1)$;

$(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx$, $(x \ll 1;\ n \neq 0;)$;

Тригонометрия



$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$; $\quad c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos C$;



$\sin\alpha = \frac{a}{c}$; $\cos\alpha = \frac{b}{c}$; $\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{a}{b}$; $\mathrm{ctg}\,\alpha = \frac{1}{\mathrm{tg}\,\alpha} = \frac{b}{a}$;

$a^2 + b^2 = c^2$;

x	$\pm\alpha$	$\frac{\pi}{2} \pm \alpha$	$\pi \pm \alpha$	$\frac{3}{2}\pi \pm \alpha$
$\sin x$	$\pm\sin\alpha$	$\cos\alpha$	$\mp\sin\alpha$	$-\cos\alpha$
$\cos x$	$\cos\alpha$	$\mp\sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$\pm\sin\alpha$
$\mathrm{tg}\, x$	$\pm\mathrm{tg}\,\alpha$	$\mp\mathrm{ctg}\,\alpha$	$\pm\mathrm{tg}\,\alpha$	$\mp\mathrm{ctg}\,\alpha$

α	$0^0(0)$	$30^0\left(\frac{\pi}{6}\right)$	$45^0\left(\frac{\pi}{4}\right)$	$60^0\left(\frac{\pi}{3}\right)$	$90^0\left(\frac{\pi}{2}\right)$	$180^0(\pi)$
$sin\alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0
$cos\alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1
$tg\alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	∞	0

$\mathrm{tg}\alpha=\dfrac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$; $\mathrm{ctg}\alpha=\dfrac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$; $\mathrm{tg}\alpha\cdot\mathrm{ctg}\alpha=1$; $\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1$; $\sin 2\alpha=2\sin\alpha\cdot\cos\alpha$;

$\mathrm{tg}^2\alpha+1=\dfrac{1}{\cos^2\alpha}$; $\mathrm{ctg}^2\alpha+1=\dfrac{1}{\sin^2\alpha}$; $\cos 2\alpha=\cos^2\alpha-\sin^2\alpha$; $\overline{\sin^2\alpha}=\overline{\cos^2\alpha}=\dfrac{1}{2}$.

$\sin(\alpha\pm\beta)=\sin\alpha\cdot\cos\beta\pm\cos\alpha\cdot\sin\beta$; $\cos(\alpha\pm\beta)=\cos\alpha\cdot\cos\beta\mp\sin\alpha\cdot\sin\beta$;

$\sin^2\alpha=\dfrac{1}{2}(1-\cos 2\alpha)$; $\cos^2\alpha=\dfrac{1}{2}(1+\cos 2\alpha)$; $\sin\alpha\pm\sin\beta=2\sin\dfrac{\alpha\pm\beta}{2}\cos\dfrac{\alpha\mp\beta}{2}$;

$\cos\alpha-\cos\beta=2\sin\dfrac{\alpha+\beta}{2}\sin\dfrac{\beta-\alpha}{2}$; $\cos\alpha+\cos\beta=2\cos\dfrac{\alpha+\beta}{2}\cos\dfrac{\alpha-\beta}{2}$;

$\sin\alpha\cdot\sin\beta=\dfrac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta)-\cos(\alpha+\beta)]$; $\sin\alpha\cdot\cos\beta=\dfrac{1}{2}[\sin(\alpha+\beta)+\sin(\alpha-\beta)]$;

$\cos\alpha\cdot\cos\beta=\dfrac{1}{2}[\cos(\alpha+\beta)+\cos(\alpha-\beta)]$; $\mathrm{tg}(\alpha\pm\beta)=\dfrac{\mathrm{tg}\alpha\pm\mathrm{tg}\beta}{1\mp\mathrm{tg}\alpha\cdot\mathrm{tg}\beta}$

$\sin x\approx\mathrm{tg}x\approx x$, $(x \ll 1)$; $x=\dfrac{x^0\cdot\pi}{180^0}$, $[x]$=рад, $[x^0]$=град;

Геометрия

$L_{окружн}=2\pi r=\pi d$; $S_{круг}=\pi r^2=\dfrac{1}{4}\pi d^2$; $S_{сфер}=4\pi r^2=\pi d^2$; $(d = 2r)$;

$V_{шар}=\dfrac{4}{3}\pi r^3=\dfrac{1}{6}\pi d^3$; $(d = 2r)$; $S_{эллипс}=\pi\cdot a\cdot b$, a,b – полуоси эллипса;

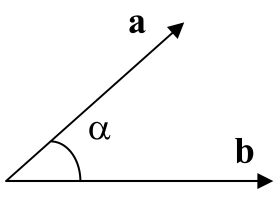
Векторы

$A(x_1,y_1,z_1)$, $B(x_2,y_2,z_2)$, $\overrightarrow{AB}=\{x_2-x_1, y_2-y_1, z_2-z_1\}$;

$\mathbf{a}(a_x,a_y,a_z)=\{a_x,a_y,a_z\}$; $\mathbf{b}(b_x,b_y,b_z)=\{b_x,b_y,b_z\}$;

$\mathbf{a}\pm\mathbf{b}=\{a_x\pm b_x, a_y\pm b_y, a_z\pm b_z\}$; $\lambda\mathbf{a}=\{\lambda a_x, \lambda a_y, \lambda a_z\}$;

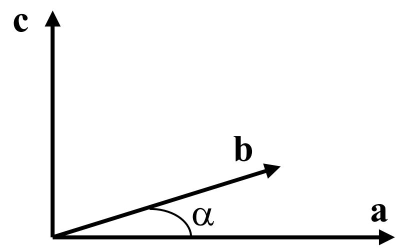
$\mathbf{a}\cdot[\mathbf{b},\mathbf{c}]=\mathbf{b}\cdot[\mathbf{c},\mathbf{a}]=\mathbf{c}\cdot[\mathbf{a},\mathbf{b}]$; $[\mathbf{a},[\mathbf{b},\mathbf{c}]]=\mathbf{b}(\mathbf{a},\mathbf{c})-\mathbf{c}(\mathbf{a},\mathbf{b})$;



$(\mathbf{a},\mathbf{b})=\mathbf{a}\cdot\mathbf{b}=\mathbf{b}\cdot\mathbf{a}=|\mathbf{a}|\cdot|\mathbf{b}|\cos\alpha=a\cdot b\cdot\cos\alpha$;

$(\mathbf{a}\cdot\mathbf{b})=(\mathbf{b}\cdot\mathbf{a})=\mathbf{a}\cdot\mathbf{b}=\mathbf{b}\cdot\mathbf{a}=a_x b_x+a_y b_y+a_z b_z$;

c=[**a**,**b**], **a**, **b**, **c** - правая тройка векторов.



$\mathbf{c} \perp \mathbf{a}$, $\mathbf{c} \perp \mathbf{b}$; $\mathbf{c} = \{c_x, c_y, c_z\}$, $c = \sqrt{c_x^2 + c_y^2 + c_z^2}$;

$|\mathbf{c}| = c = ab \sin\alpha$,

$\mathbf{c} = \mathbf{a} \times b = [\mathbf{a}, \mathbf{b}] = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix}$; $c_x = a_y b_z - a_z b_y$; $c_y = a_z b_x - a_x b_z$; $c_z = a_x b_y - a_y b_x$;

Логарифмы

$\lg(x^n) = n \lg x$; $\lg(xy) = \lg x + \lg y$; $\lg\left(\frac{x}{y}\right) = \lg x - \lg y$; $\ln x = \frac{\lg x}{\lg e}$; $\lg x = \frac{\ln x}{\ln 10}$;

$(x > 0, y > 0)$.

$e = \lim_{n\to\infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = 2{,}718\ldots$; $a^x = e^{x\ln a}$; $a^x = 10^{x\lg a}$;

Элементы анализа

$(x^n)' = nx^{n-1}$; $(x^{-n})' = -nx^{-(n+1)}$; $(Cx^n)' = Cnx^{n-1}$; $(C/x^n)' = -Cn/x^{n+1}$;

$(\cos x)' = -\sin x$; $(\sin x)' = \cos x$; $(\cos kx)' = -k \sin kx$; $(\sin kx)' = k\cos kx$;

$(U \pm V)' = U' \pm V'$; $(U \cdot V)' = U'V + UV'$; $(U/V)' = (U'V - UV')/V^2$;

$(C \cdot e^x)' = C \cdot e^x$; $(a^{Cx})' = C \cdot a^{Cx} \cdot \ln a$; $(\ln x)' = \frac{1}{x}$; $y'_x = [f(z(x))]'_x = f'_z \cdot z'_x$;

$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C$, $(n \neq -1)$; $\int Ax^n dx = A\frac{x^{n+1}}{n+1} + C$, $(n \neq -1)$; $\int \frac{dx}{x} = \ln|x| + C$;

$\int \frac{dx}{x^2} = -\frac{1}{x} + C$; $\int e^{ax} dx = \frac{1}{a} e^{ax} + C$; $\int \frac{A}{x^2} dx = -\frac{A}{x} + C$; $\int \cos x \cdot dx = \sin x + C$;

$\int \sin x \cdot dx = -\cos x + C$; $\int \cos kx \cdot dx = \frac{1}{k} \sin kx + C$; $\int \sin kx \cdot dx = -\frac{1}{k} \cos kx + C$;

(A,C,k,a - const).

Десятичные приставки к названиям единиц

Э – экса – 10^{18}	к – кило – 10^{3}	мк – микро – 10^{-6}
П – пета – 10^{15}	г – гекто – 10^{2}	н – нано – 10^{-9}
Т – тера – 10^{12}	д – деци – 10^{-1}	п – пико – 10^{-12}
Г – гига – 10^{9}	с – санти – 10^{-2}	ф – фемто – 10^{-15}
М – мега – 10^{6}	м – милли – 10^{-3}	а – атто – 10^{-18}

Приложение Г
(*справочное*)
Некоторые сведения из математики

1. Элементы векторной алгебры

Скаляром называется физическая величина, характеризуемая только числовым значением. Вектором называют направленный отрезок в пространстве.

Вектор обозначают символом $\overrightarrow{\mathrm{AB}}$, где точки А и В обозначают начало и конец данного направленного отрезка, либо одной латинской буквой $\vec{a}$ или **a** (см. рисунок 99).

Начало вектора называют точкой его приложения. Для обозначения длины вектора используют символ модуля (абсолютной величины) или символ вектора без стрелки над ним. Так $|\overrightarrow{\mathrm{AB}}| = \mathrm{AB}$ и $|\mathbf{a}| = a$ обозначают длины векторов $\overrightarrow{\mathrm{AB}}$ и **a**.

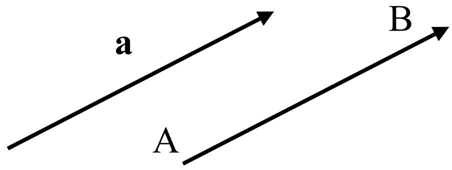


Рисунок 99

Вектор называется нулевым, если начало и конец его совпадают. Нулевой вектор не имеет определённого направления и имеет длину, равную нулю.

Векторы называются коллинеарными, если они лежат на одной, или на параллельных прямых.

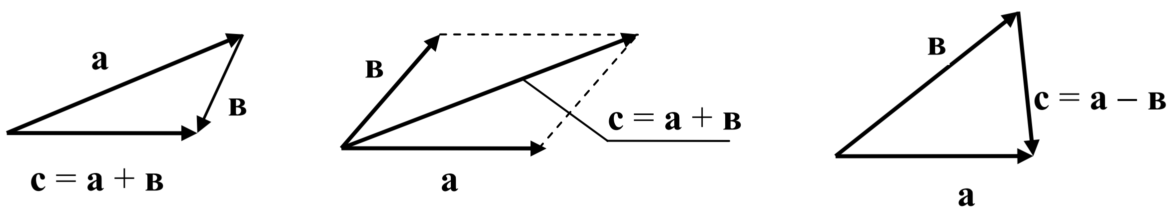


Рисунок 100

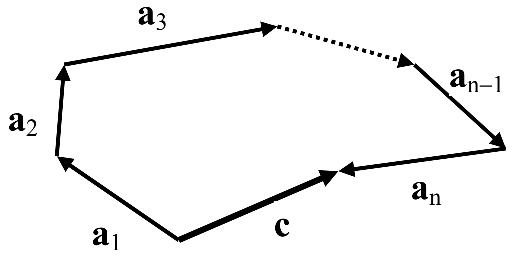
Векторы складываются по правилу треугольника или по правилу параллелограмма, вычитаются по правилу треугольника (см. рисунок 100).

Если число векторов больше двух, то их сумма может быть найдена по правилу замыкания ломаной до многоугольника: если приложить вектор $\mathbf{a}_2$ к концу вектора $\mathbf{a}_1$, вектор $\mathbf{a}_3$ к концу вектора $\mathbf{a}_2$,..., вектор $\mathbf{a}_n$ к концу вектора $\mathbf{a}_{n-1}$, то сумма

$$\mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2 + \mathbf{a}_3 + \ldots + \mathbf{a}_{n-1} + \mathbf{a}_n = \mathbf{c}$$

будет представлять вектор **с**, идущий из начала вектора $\mathbf{a}_1$ к концу вектора $\mathbf{a}_n$ (см. рисунок 101).

Произведением $\lambda\mathbf{a}$ вектора **a** на вещественное число λ называют вектор **с**, имеющий длину, равную $|\lambda| \cdot |\mathbf{a}|$ и имеющий направление, совпадающее с направлением вектора **a** при $\lambda > 0$, и противоположное направление вектору **a** при $\lambda < 0$.



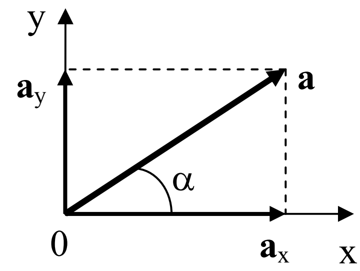


Рисунок 101 Рисунок 102

Для вектора **a**, расположенного на плоскости x0y, проекции вектора **a** на оси 0x и 0y прямоугольной системы координат равны $a_x = a \cdot \cos\alpha$, $a_y = a \cdot \sin\alpha$, где α – угол между вектором **a** и осью 0x (см. рисунок 102). Зная проекции вектора, можно найти его модуль и угол между вектором и осью 0x:

$$a=\sqrt{a_x^2 + a_y^2}; \qquad \alpha=\mathrm{arctg}(a_y/a_x).$$

Краткое обозначение вектора $\mathbf{a} = \mathbf{a}(a_x, a_y) = \{a_x, a_y\}$. Если заданы координаты двух точек $A(x_1, y_1)$ и $B(x_2, y_2)$, то вектор $\overrightarrow{AB}$ (см. рисунок 103) может быть записан в виде $\overrightarrow{AB}=\{x_2–x_1, y_2–y_1\}$.

Используя краткие обозначения векторов, можно записать действия над векторами:

сумма: $\mathbf{a} + \mathbf{b} = \{a_x+b_x, a_y+b_y\}$

разность: $\mathbf{a} - \mathbf{b} = \{a_x-b_x, a_y-b_y\}$

умножение на скаляр: $\lambda\mathbf{a} = \{\lambda a_x, \lambda a_y\}$.

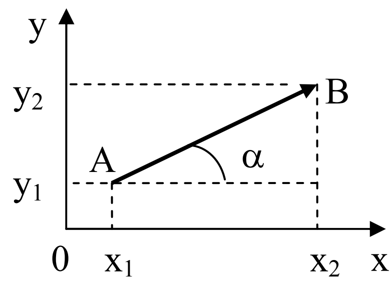


Рисунок 103

Скалярным произведением двух векторов **a** и **b** называют число (скаляр), равное произведению длин этих векторов на косинус угла α между ними (см. рисунок 104):

$$\mathbf{ab} = (\mathbf{a},\mathbf{b}) = \mathbf{a}\cdot\mathbf{b} = \mathbf{b}\cdot\mathbf{a} = (\mathbf{b},\mathbf{a}) = |\mathbf{a}|\cdot|\mathbf{b}|\cos\alpha = ab\cdot\cos\alpha.$$

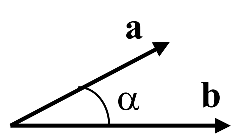


Рисунок 104

Если два вектора **a** и **b** определены своими проекциями на оси координат, т.е. $\mathbf{a} = \{a_x, a_y, a_z\}$; $\mathbf{b} = \{b_x, b_y, b_z\}$, то скалярное произведение этих векторов равно сумме произведений соответствующих проекций на соответствующие оси координат:

$$\mathbf{a}\cdot\mathbf{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z.$$

Векторным произведением вектора **a** на вектор **b** называется вектор **c**, обозначаемый символом

$$\mathbf{c} = [\mathbf{a},\mathbf{b}] = \mathbf{a}\times\mathbf{b};$$

и численно равный произведению длин векторов **a** и **b** на синус угла α между ними:

$$|\mathbf{c}| = c = ab\cdot\sin\alpha.$$

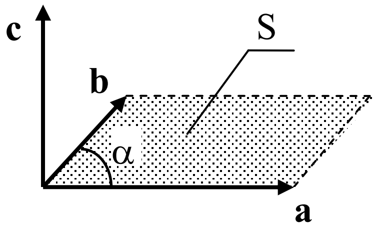


Рисунок 105

Вектор **c** перпендикулярен плоскости, в которой лежат векторы **a** и **b**, причём его направление связано с направлением векторов **a** и **b** правилом правого винта, т.е. если правый винт вращаем от **a** к **b** в направлении кратчайшего поворота, то поступательное движение винта определяет направление вектора **c** (см. рисунок 105). Поэтому $\mathbf{c} = -\mathbf{b}\times\mathbf{a} = -[\mathbf{b},\mathbf{a}]$

Длина (или модуль) векторного произведения [**a**,**b**] равна площади S параллелограмма, построенного на приведенных к общему началу векторах **a** и **b**. Если $\mathbf{c} = [\mathbf{a},\mathbf{b}] = \{c_x, c_y, c_z\}$, то составляющие (проекции) вектора **c** выражаются через составляющие (проекции) векторов $\mathbf{a} = \{a_x, a_y, a_z\}$ и $\mathbf{b} = \{b_x, b_y, b_z\}$ по правилу:

$$c_x = a_y b_z - a_z b_y;$$
$$c_y = a_z b_x - a_x b_z;$$
$$c_z = a_x b_y - a_y b_x.$$

2. Элементы дифференциального исчисления

Если некоторая непрерывная функция y = f(x) определена на некотором интервале, то в этом случае выражение

$$\lim_{\Delta x\to 0}\frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x}=\lim_{\Delta x\to 0}\frac{\Delta f}{\Delta x}=y'=\frac{dy}{dx}$$

называется **первой производной** функции y = f(x) по аргументу x. В данном случае для производной кроме y′ можно использовать и другие обозначения:

$$y' = \frac{dy}{dx} = \frac{df}{dx} = y'_x = f'_x.$$

Физический смысл производной. Производная

$$f'(x) = \lim_{\Delta x\to 0}\frac{\Delta f}{\Delta x}$$

характеризует быстроту (скорость) изменения функции f(x) при изменении аргумента x. В частности, если y = f(x) представляет зависимость пути y от времени x, то в этом случае производная y′ определяет мгновенную скорость в момент времени x. Если же, скажем, y = f(x) определяет величину заряда y, протекающего через поперечное сечение проводника в зависимости от времени x, то в этом случае производная y′ = f ′(x) определяет силу тока в момент времени x.

Геометрический (графический) смысл производной. Из рисунка 106 видно, что

$$\frac{\Delta f}{\Delta x} = \mathrm{tg}\alpha.$$

Отношение

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta f}{\Delta x} = \mathrm{tg}\alpha_0 = \frac{dy}{dx}$$

называют **угловым коэффициентом**. Таким образом, производную f ′(x) можно найти геометрически как тангенс угла наклона α_0 наклона касательной к оси 0x в точке x (см. рисунок 107).

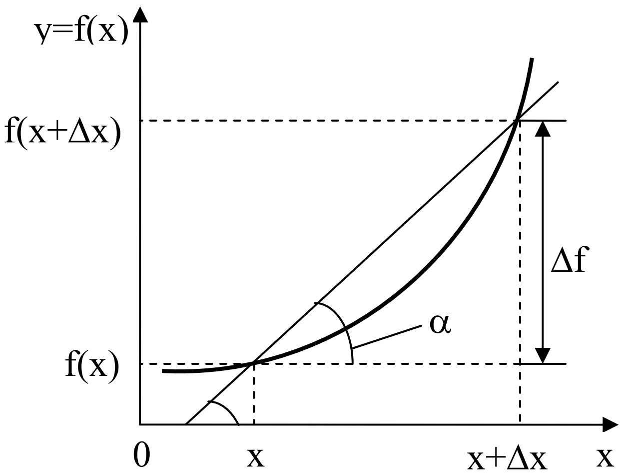


Рисунок 106

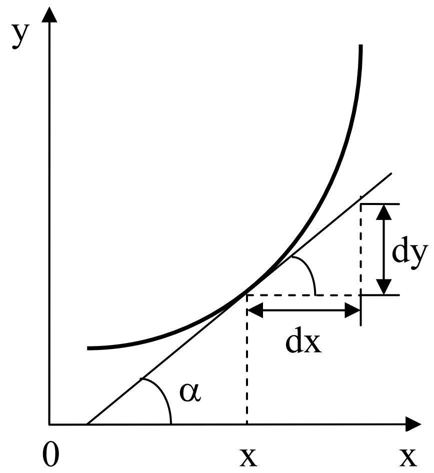


Рисунок 107

Для сложной функции f(x) = $f\big(z(x)\big)$ производная по аргументу x равна

$$f'_x = \frac{df}{dx} = \frac{df}{dz} \cdot \frac{dz}{dx}.$$

Так, например, для f(x) = sinz, при z=kx, f(x) = sinkx, и

$$\frac{df}{dx} = \frac{df}{dz} \cdot \frac{dz}{dx} = \frac{d}{dz}(\sin z) \cdot \frac{d}{dx}(kx) = \cos z \cdot k = \cos kx \cdot k = k \cdot \cos kx.$$

Производные некоторых функций (C, A, k = const):

$C' = 0$ $\quad (x^n)' = nx^{n-1}$ $\quad (A\sin kx)' = Ak\cos kx$ $\quad (U \pm V)' = U' \pm V'$

$(Ce^x)' = Ce^x$ $(Cx^n)' = Cnx^{n-1}$ $(A\cos kx)' = -Ak\sin kx$ $(U \cdot V)' = U'V + UV'$

$(\cos x)' = -\sin x$ $(\sin x)' = \cos x$ $(x^{-n})' = -nx^{-(n+1)}$ $\left(\frac{U}{V}\right)' = \frac{U'V - UV'}{V^2}$

Производная от первой производной называют **второй производной** и обозначают

$$y'' = \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d^2f}{dx^2} = y''_{xx} = f''_{xx}.$$

В частности, если y = f(x) представляет зависимость пути y от времени x, то в этом случае вторая производная $y'' = f''(x)$ представляет собой ускорение точки в момент времени x.

3. Элементы интегрального исчисления

Интегрированием называют математическую операцию, ″обратную″ дифференцированию (взятию производной). При интегрировании находят первообразную функцию.

Функция F(x) называется первообразной функцией для данной функции f(x), если функция F(x) дифференцируема и $F'(x) = f(x)$.

Совокупность всех первообразных функций для данной функции f(x) называется неопределенным интегралом от этой функции f(x) и обозначается символом

$$\int f(x)dx.$$

Здесь ∫ - называется знаком интеграла, f(x) – подынтегральной функцией, f(x)dx – подынтегральным выражением.

Таким образом,

$$\int f(x)dx = F(x) + C,$$

где C = const.

Неопределенные интегралы некоторых функций:

$\int 0dx = C$ $\int (U+V)dx = \int Udx + \int Vdx$ $\int \cos xdx = \sin x + C$

$\int 1dx = x + C$ $\int \sin xdx = -\cos x + C$ $\int \cos kxdx = \frac{1}{k}\sin kx + C$

$\int x^n dx = \frac{1}{n+1}x^{n+1} + C$ $\int \sin kxdx = -\frac{1}{k}\cos kx + C$ $\int AUdx = A\int Udx + C$

Пусть в интервале (а, в) изменения аргумента x определена непрерывная функция f(x). Разобьем интервал (а, в) на элементарные отрезки Δx_1, Δx_2,... Δx_i,...Δx_n. Составим сумму:

$$\sum_{i=1}^{n} f(x_i)\cdot \Delta x_i \,,$$

где каждое слагаемое $f(x_i)\cdot\Delta x_i$ представляет собой площадь прямоугольника со сторонами $f(x_i)$ и Δx_i (см. рисунок 108).

Выражение

$$\lim_{\substack{\Delta x_i \to 0 \\ n\to\infty}} \sum_{i=1}^{n} f(x_i)\cdot \Delta x_i = \int_{a}^{\text{в}} f(x)dx$$

называется определенным интегралом от этой функции f(x).

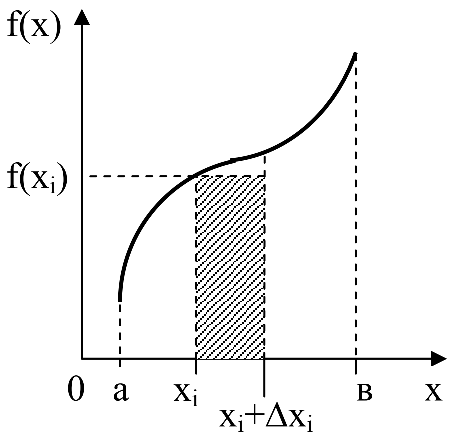


Рисунок 108

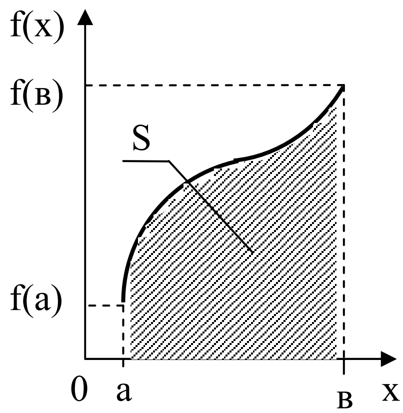


Рисунок 109

Геометрический смысл определенного интеграла (см. рисунок 109)**:**

$\int_{a}^{\text{в}} f(x)dx$ – определенный интеграл равен площади S криволинейной трапеции (площади фигуры под графиком функции f(x) при изменении аргумента x в интервале (а, в)).

Нужно отметить, что

$$\int_{a}^{\text{в}} f(x)dx = F(\text{в}) - F(a),$$

т.е. значение определенного интеграла от подынтегральной функции f(x) равно разности значений первообразной функции F(x) при значениях x = в и x = а, соответственно.

Например,

$$\int_{a}^{\text{в}} \cos x dx = \sin x\Big|_{a}^{\text{в}} = \sin\text{в} - \sin a.$$

Приложение Д
(*справочное*)
Основные формулы по физике

$v=\dfrac{S}{t}$ при равномерном движении скорость v равна отношению пути S ко времени t.

$v_{ср.}=\dfrac{\Delta S}{\Delta t}$ $v_{ср.}$ – средняя скорость равна отношению пути ΔS к промежутку времени Δt, в течение которого этот путь был пройден.

$\mathbf{v}_{ср} = \dfrac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$ $\mathbf{v}_{ср}$ – вектор средней скорости перемещения за время Δt, $\Delta \mathbf{r}$ – вектор перемещения.

$\mathbf{v} = \dfrac{d\mathbf{r}}{dt} = \mathbf{r}'_t$ **v** – вектор мгновенной скорости равен производной от перемещения по времени.

$v = \dfrac{dS}{dt} = S'_t$ v – модуль мгновенной скорости равен производной от пути по времени.

$\boldsymbol{a}_{ср} = \dfrac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$ $\boldsymbol{a}_{ср}$ – вектор среднего ускорения равен отношению изменения скорости $\Delta \mathbf{v}$ к промежутку времени Δt, за которое это изменение произошло.

$\boldsymbol{a}=\dfrac{d\mathbf{v}}{dt}=\mathbf{v}'_t$ мгновенное ускорение равно производной от скорости по времени

$a_\tau=\dfrac{dv}{dt}=v'_t$ тангенциальное (касательное) ускорение характеризует быстроту изменения скорости по модулю и направлено по касательной к траектории в данной точке.

$a_n=\dfrac{v^2}{R}$ нормальное (центростремительное) ускорение a_n характеризует быстроту изменения скорости по направлению и направлено к центру кривизны траектории. R – радиус кривизны траектории, v – скорость. (при равномерном вращении по окружности a_n – центростремительное ускорение, R – радиус окружности).

$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}_n + \boldsymbol{a}_\tau$ $\boldsymbol{a}$ – полное ускорение при криволинейном движении;

$a=\sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$ a_n, a_τ – нормальное (центростремительное) и тангенциальное (касательное) ускорения, соответственно.

$x(t)=x_0 + v_0 \cdot t$ кинематическое уравнение равномерного движения со скоростью v_0 вдоль оси x, x_0 - начальная координата, t - время.

$x(t)=x_0 + v_0 \cdot t + \dfrac{1}{2} a t^2$ кинематическое уравнение равнопеременного движения (a=const) вдоль оси x, v_0 - начальная скорость. Значения v_0 и a – положительны, если векторы $\mathbf{v}_0$ и $\boldsymbol{a}$ направлены в сторону положительной полуоси x, и отрицательны в противном случае.

$$S=v_0 \cdot t+\frac{1}{2}at^2$$
$$v=v_0+a \cdot t$$

S – путь и v – мгновенная скорость при равнопеременном движении, v_0 – начальная скорость, a – ускорение, t – время.

$$S=\frac{v^2-v_0^2}{2a}$$

кинематическое уравнение, связывающее путь S, пройденный телом за некоторое время, с начальной – v_0 и конечной – v скоростями на этом отрезке пути, с ускорением a.

$$H=\frac{gt^2}{2};\ t=\sqrt{\frac{2H}{g}};$$
$$h(t)=H-\frac{gt^2}{2};$$
$$v=gt=\sqrt{2gH}$$

свободное падение ($v_0 = 0$) тела с высоты H: t – время падения; g – ускорение свободного падения; v – скорость тела в момент достижения поверхности (Земли), h(t) – высота в момент времени t.

$$x(t)=v_0 \cdot t;$$
$$y(t)=H-\frac{gt^2}{2};$$
$$t_0=\sqrt{\frac{2H}{g}};\ L=v_0t_0;$$
$$v_x=v_0;\ \ v_y=gt;$$
$$v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}$$

движение тела, брошенного горизонтально со скоростью v_0 с высоты H: $x_0 = 0$ и $y_0 = H$ – начальное положение тела (в момент броска); x(t) и y(t) – уравнения движения по осям; t_0 – время полета; L – дальность полета; v_x и v_y – составляющие скорости $\mathbf{v}$ тела по осям координат для любого момента времени t во время полета (до удара о поверхность).

$$v_{ox}=v_0 \cdot \cos\alpha;\ \ v_{0y}=v_0 \cdot \sin\alpha;$$
$$x(t)=v_{ox}(t);\ \ \ y(t)=v_{oy} \cdot t-\frac{1}{2}gt^2;$$
$$v_x(t)=v_{ox};\ \ v_y(t)=v_{oy}-gt;$$
$$H=\frac{{v_{0y}}^2}{2g};\ \ t_0=\frac{2v_{0y}}{g};$$
$$L=\frac{{v_0}^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$$

движение тела, брошенного со скоростью v_0 под углом α к горизонту: $x_0 = 0$ и $y_0 = 0$ – начальное положение тела (в момент броска); v_{ox} и v_{oy} – проекции скорости $\mathbf{v}_0$ по осям; x(t) и y(t) – уравнения движения по осям; $v_x(t)$ и $v_y(t)$ – зависимость составляющих скорости по осям от времени t; H – высота подъема, t_0 – время полета; L – дальность полета.

$$\nu=\frac{N}{t};\ T=\frac{t}{N};$$
$$\nu=T^{-1};\ \ T=\nu^{-1}$$

при равномерном вращательном движении: ν – частота вращения, T – период вращения, N – число оборотов за время t.

$\omega=\frac{\varphi}{t}$; $N=\frac{\varphi}{2\pi}$; $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$ ω – угловая скорость при равномерном вращении: φ – угол поворота, N – число оборотов за время t; ν – частота вращения, T – период вращения.

$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \varphi_t{}'$ ω – угловая скорость равна производной угла поворота по времени.

$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \omega_t{}'$ ε – угловое ускорение равно производной угловой скорости по времени.

$S=R\cdot\varphi$ S – путь, пройденный материальной точкой при повороте на угол φ по дуге окружности радиуса R.

$v=\omega\cdot R=\frac{2\pi R}{T}=2\pi R\nu$ связь между линейной и угловой скоростями при равномерном вращательном движении

$a_t=\varepsilon\cdot R$, $a_n=\omega^2\cdot R=\frac{v^2}{R}=v\cdot\omega$ a_n и a_t – нормальное (центростремительное) и тангенциальное (касательное) ускорения, соответственно.

$\varphi(t)=\varphi_0 + \omega_0\cdot t$ кинематическое уравнение равномерного вращения, φ_0 – начальное угловое положение.

$\varphi(t)=\varphi_0 + \omega_0\cdot t + \frac{\varepsilon\cdot t^2}{2}$ кинематическое уравнение равнопеременного вращения (ε=const), ω_0 – начальная угловая скорость.

$\omega(t)= \omega_0 + \varepsilon\cdot t$; $\varepsilon = \frac{\omega-\omega_0}{t}$ ω – мгновенная угловая скорость при равнопеременном вращении в момент времени t, ω_0 – начальная угловая скорость, ε – угловое ускорение.

$\varphi = \frac{\omega^2-\omega_0{}^2}{2\varepsilon}$ кинематическое уравнение, связывающее угол поворота φ с начальной ω_0 и конечной ω угловыми скоростями и с угловым ускорением ε.

$\rho=\frac{m}{V}$ ρ – плотность тела, m – масса, V – объем тела.

$\mathbf{p} = m\cdot\mathbf{v}$ **p** – импульс тела – векторная величина, равная произведению массы m тела на его скорость **v**.

$\mathbf{F} = m\boldsymbol{a} = m\dfrac{d\mathbf{v}}{dt}$; $\mathbf{F} = \dfrac{d\mathbf{p}}{dt} = \mathbf{p}'_t$ второй закон Ньютона: m – масса тела, **F** – равнодействующая всех приложенных к телу сил, ***a*** – ускорение, **p** – импульс тела.

$\mathbf{F}_{21} = -\mathbf{F}_{12}$ третий закон Ньютона: силы, с которыми действуют друг на друга два тела, всегда равны по модулю и противоположно направлены.

$F_{упр.} = -k \cdot \Delta l$;
$\sigma = \varepsilon \cdot E$;
$\varepsilon = \dfrac{\Delta l}{l_0}$; $\sigma = \dfrac{F}{S}$;
$\Delta l = l - l_0$

закон Гука: сила упругости $F_{упр}$ пропорциональна удлинению тела (пружины) Δl и направлена в сторону, противоположную направлению перемещений частиц тела при деформации; k – коэффициент пропорциональности (жесткость пружины); σ – механическое напряжение; S – площадь поперечного сечения образца, к которому приложена сила F; E – модуль Юнга (упругости); ε – относительное удлинение; l_0 – начальная длина.

$F = G \cdot \dfrac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$ закон всемирного тяготения: два тела притягиваются друг к другу с силой, пропорциональной их массам и обратно пропорциональной квадрату расстояния R между их центрами масс; G – гравитационная постоянная. В такой форме записи закон справедлив для взаимодействия материальных точек и однородных тел сферической формы.

$g(h) = G \cdot \dfrac{M}{(R+h)^2}$

$g(h) = g\left(1 + \dfrac{h}{R}\right)^{-2}$

g(h) – ускорение свободного падения на высоте h над поверхностью планеты, M и R – масса и радиус планеты; g – ускорение свободного падения у поверхности планеты (без учета вращения планеты), т.е. $g = G\dfrac{M}{R^2}$.

$F_{тр.} = \mu \cdot N$ сила трения скольжения равна максимальной силе трения покоя $F_{тр.}$, пропорциональной силе нормального давления N (реакции опоры); μ – коэффициент трения.

$\mathbf{P} = m\mathbf{g}$ P – сила тяжести, m – масса тела, g – ускорение свободного падения.

$v_1 = \sqrt{G\dfrac{M}{R}} = \sqrt{gR}$ v_1 – первая космическая скорость: M и R – масса и радиус планеты, G – гравитационная постоянная, g – ускорение свободного падения на поверхности планеты.

$v_2 = \sqrt{2}\, v_1 = \sqrt{2gR}$ v_2 – вторая космическая скорость, v_1 – первая космическая скорость.

$\Delta A = \mathbf{F} \cdot \Delta\mathbf{r} = F \cdot \Delta r \cdot \cos\alpha$ ΔA – элементарная работа равна скалярному произведению силы **F** на перемещение $\Delta\mathbf{r}$, α – угол между **F** и $\Delta\mathbf{r}$.

$P_{ср.}=\dfrac{\Delta A}{\Delta t}$ мощность равна работе, совершаемой в единицу времени: $P_{ср}$ - средняя мощность за время Δt.

$P = \mathbf{F} \cdot \mathbf{v} = F \cdot v \cdot \cos\alpha$ мгновенная мощность P равна скалярному произведению силы **F** на скорость **v**, с которой движется точка приложения силы, α – угол между **F** и **v**.

$E_К = \dfrac{mv^2}{2} = \dfrac{p^2}{2m}$ $E_К$ - кинетическая энергия тела массой m, движущегося со скоростью v, p - импульс тела.

$A=E_{К2} - E_{К1}$ работа равнодействующей силы равна изменению кинетической энергии тела (при условии постоянства потенциальной энергии).

$A = -\Delta E_П$ работа консервативных сил совершается за счет убыли потенциальной энергии (при условии постоянства кинетической энергии).

$E_П=m\,g \cdot h$ потенциальная энергия тела в однородном поле тяготения: h - высота над поверхностью Земли (высота от нулевого уровня), g - ускорение свободного падения, m - масса тела.

$E_П=\dfrac{k \cdot (\Delta l)^2}{2}$ потенциальная энергия упруго деформированного тела (пружины).

$E_П=-G \cdot \dfrac{m_1 \cdot m_2}{R}$ потенциальная энергия взаимодействия двух тел массами m_1 и m_2, находящихся на расстоянии R друг от друга; G – гравитационная постоянная.

$\sum\limits_{i=1}^{N} \mathbf{p}_i = \sum\limits_{i=1}^{N} m_i \cdot \mathbf{v}_i = const$ закон сохранения импульса: суммарный импульс замкнутой системы остается постоянным (по величине и направлению) при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

$m\mathbf{v} - m\mathbf{v}_0 = \mathbf{F} \cdot \Delta t$; $\Delta\mathbf{p} = \mathbf{p} - \mathbf{p}_0 = \mathbf{F} \cdot \Delta t$ изменение импульса тела $\Delta\mathbf{p}$ за время Δt равно импульсу равнодействующей силы $\mathbf{F} \cdot \Delta t$.

$E=E_к + E_П$ полная механическая энергия материальной точки (тела) равна сумме кинетической и потенциальной энергий.

$E=E_К + E_П=const$ закон сохранения полной механической энергии: полная механическая энергия замкнутой системы тел остается постоянной при любых движениях тел системы, если в системе не действуют диссипативные силы.

$m_1\mathbf{v}_1 + m_2\mathbf{v}_2 = m_1\mathbf{u}_1 + m_2\mathbf{u}_2;$

$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2$

законы сохранения импульса и энергии при центральном абсолютно упругом ударе двух тел (шаров).

$m_1\mathbf{v}_1 + m_2\mathbf{v}_2 = (m_1 + m_2)\mathbf{u}$ закон сохранения импульса при центральном абсолютно неупругом ударе двух тел.

$\Delta E_K = Q = (\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2) - \frac{1}{2}(m_1+m_2)u^2$ изменение кинетической энергии при абсолютно неупругом ударе (часть ее переходит в «тепловую» форму энергии).

$\eta = \frac{A_{пол}}{A_{затр}} = \frac{P_{пол}}{P_{затр}};$

$\eta = \frac{A_{пол}}{A_{затр}} \cdot 100\,\% = \frac{P_{пол}}{P_{затр}} \cdot 100\%$

коэффициент полезного действия механизмов равен отношению полезной работы $A_{пол}$ (полезной мощности $P_{пол}$) к затраченной $A_{затр}$ (затраченной – $P_{затр}$).

$\frac{dE_n}{dx} = (E_n)_x' = 0$ условие равновесия - экстремальное значение потенциальной энергии (для случая одномерной задачи, когда $E_п$ зависит только от координаты x, т.е. когда $E_п = E_п(x)$).

$\frac{d^2E_n}{dx^2} = (E_n)_{xx}'' > 0$ условие устойчивого равновесия

$\mathbf{M} = \mathbf{r}\times\mathbf{F}$ момент силы **M** относительно неподвижной точки – физическая величина, равная векторному произведению радиус-вектора **r**, проведенного из этой точки в точку приложения силы, на эту силу **F**.

$M = r\cdot F\cdot \sin\alpha = F\cdot d$ M – модуль момента силы, α – угол между **r** и **F**, $d = R\cdot \sin\alpha$ – плечо силы равно кратчайшему расстоянию от оси вращения до линии действия силы.

$\sum \mathbf{F}_i = 0$ (первое) условие равновесия тела при отсутствии вращения: векторная сумма всех сил, приложенных к телу, равна нулю.

$\sum \mathbf{M}_i = 0$ (второе) условие равновесия твердого тела с неподвижной осью вращения: алгебраическая сумма моментов сил относительно любой оси равна нулю, причем моменты сил, вращающих в одну сторону, считают положительными, а в другую - отрицательными.

$\sum[\mathbf{r}_i, m_i\mathbf{g}] = 0$ центр тяжести тела: сумма моментов сил тяжести всех частиц тела по отношению к оси, проходящей через центр тяжести, равна нулю.

$\mathbf{r}_c = \dfrac{\sum m_i g \mathbf{r}_i}{\sum m_i g}$; $x_c = \dfrac{\sum m_i g x_i}{\sum m_i g}$; $y_c = \dfrac{\sum m_i g y_i}{\sum m_i g}$; $z_c = \dfrac{\sum m_i g z_i}{\sum m_i g}$ — центр тяжести тела: $\mathbf{r}_c(x_c, y_c, z_c)$ – радиус-вектор, проведенный из начала координат в центр тяжести тела; x_c, y_c, z_c – координаты центра тяжести; x_i, y_i, z_i – координаты частиц тела, причем $\mathbf{r}_i(x_i, y_i, z_i)$; суммирование производится по всем частицам тела.

$\mathbf{r}_{цм} = \dfrac{\sum m_i \mathbf{r}_i}{\sum m_i}$; — $\mathbf{r}_{цм}(x_{цм}, y_{цм}, z_{цм})$ - радиус-вектор центра масс системы материальных точек; m_i и $\mathbf{r}_i$ - масса и радиус-вектор i-ой материальной точки (если твердое тело, то суммирование производится по всем частицам тела).

$\mathbf{r}_c = \mathbf{r}_{цм}$ — координаты центра масс и центра тяжести тела совпадают в случае, если размерами тела можно пренебречь в сравнении с размерами Земли (планеты).

$M = F \cdot d$ — момент пары сил: d – плечо пары сил ($F_1 = F_2 = F$) – кратчайшее расстояние между линиями действия сил.

$\dfrac{F}{mg} = \dfrac{l_1}{l_2}$ — правило рычага: во сколько раз плечо l_2 силы F больше плеча l_1 груза весом mg, тем меньше усилие F требуется, чтобы сдвинуть груз.

$\mathbf{L} = [\mathbf{r}, \mathbf{p}] = [\mathbf{r}, m\mathbf{v}]$
$L = r \cdot p \cdot \sin\alpha = p \cdot d$ — **L**–момент импульса материальной точки относительно неподвижной точки 0: **r** – радиус-вектор от точки 0 до материальной точки; **p**=m**v** – импульс материальной точки; α – угол между **r** и **p**; d – плечо вектора **p** относительно неподвижной точки 0.

$P = \dfrac{F}{S}$ — давление равно отношению силы, перпендикулярной к поверхности тела, к величине площади поверхности S, на которую действует эта сила.

$P = \rho \cdot g \cdot h$ — *P* – гидростатическое давление: ρ – плотность жидкости, h – высота столба жидкости, g – ускорение свободного падения.

$\dfrac{F_1}{F_2} = \dfrac{S_1}{S_2} = \dfrac{l_2}{l_1}$ — гидравлический пресс дает выигрыш в силе во столько раз, во сколько раз площадь ее большого поршня превосходит площадь маленького поршня, S_1 и S_2 – площади поперечного сечения поршней, l_1 и l_2 – перемещения поршней, F_1 и F_2 – силы, приложенные к поршням.

$F_A = \rho \cdot g \cdot V_п$ — закон Архимеда: на тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной телом жидкости или газа: ρ – плотность жидкости (газа), $V_п$ – объем погруженной в жидкость (газ) части тела, g – ускорение свободного падения.

$S \cdot v=const$ уравнение неразрывности (непрерывности) для несжимаемой жидкости: произведение скорости течения v на поперечное сечение S трубки тока есть величина постоянная для данной трубки тока;

$V=S \cdot v \cdot t$ объем жидкости (газа) V, проходящий через сечение S струи (трубы) за время t.

$\frac{h_1}{h_2}=\frac{\rho_2}{\rho_1}$ в сообщающихся сосудах высота столбиков жидкостей над уровнем раздела обратно пропорциональна плотностям жидкостей.

$P+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho gh=const$ уравнение Бернулли для стационарного течения идеальной несжимаемой жидкости: *P* – статическое давление, $\frac{1}{2}\rho v^2$ – динамическое давление, ρgh – гидростатическое давление, v – скорость течения жидкости в данном сечении.

$v=\sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ формула Торричелли: v – скорость истечения жидкости из малого отверстия в открытом широком сосуде, h – глубина, на которой находится отверстие относительно уровня жидкости.

$\nu=\frac{m}{\mu}=\frac{N}{N_A}$ ν – количество вещества: μ – молярная масса, N_A – число Авогадро, N – число молекул в веществе (газе) массой m.

$m_0=\frac{m}{N}=\frac{\mu}{N_A}$ m_0 – масса одной молекулы.

$T=t+273$ T – температура по абсолютной шкале температур (шкале Кельвина), t – температура по шкале Цельсия.

$P \cdot V=const$ закон Бойля-Мариотта: для данной массы газа (m=const) при неизменности состава газа (молярная масса μ=const) при постоянной температуре (T=const) произведение давления газа P на его объем V есть величина постоянная.

$V=V_0 \cdot (1+\alpha t)$

$V=V_0 \cdot \alpha \cdot T$

$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$

закон Гей-Люссака: объем данной массы газа (m=const) при неизменности состава газа (молярная масса μ=const) при постоянном давлении (P=const) изменяется линейно с температурой, $\alpha=273^{-1}\ K^{-1}$ – термический коэффициент расширения, V_0 – объем при 0 ^{0}C.

$P=P_0\cdot(1+\beta t)$
$P=P_0\cdot\beta\cdot T$
$\frac{P_1}{T_1}=\frac{P_2}{T_2}$

закон Шарля: давление данной массы газа (m=const) при неизменности состава газа (молярная масса μ=const) при постоянном объеме (V=const) изменяется линейно с температурой, $\beta=273^{-1}$ K^{-1} – термический коэффициент давления, P_0 – давление при 0 ^{0}C.

$V_\mu=\frac{V}{\nu}=22{,}4\ \frac{л}{моль}$

закон Авогадро: моли любых идеальных газов при одинаковых условиях (одинаковых температуре и давлении) занимают одинаковые объемы, в частности, при нормальных условиях, – 22,4 л.

P=760 мм рт. ст.
$T = 0\ ^0C$

значения давления и температуры при нормальных условиях.

$P=\Sigma P_i$

закон Дальтона: давление смеси идеальных газов равно сумме парциальных давлений входящих в нее газов; P_i – парциальное давление i-ой компоненты равно давлению, которое создавала бы i-ая компонента смеси газов, если бы она одна занимала объем, равный объему смеси при той же температуре.

$\frac{P\cdot V}{T}$=const

уравнение Клапейрона справедливо при неизменности состава и массы газа: P – давление, V – объем, T – абсолютная температура.

$P\cdot V=\frac{m}{\mu}\cdot R\cdot T$

уравнение Клапейрона-Менделеева (уравнение состояния идеального газа): m – масса газа, R – универсальная газовая постоянная, μ – молярная масса газа.

$R=k\cdot N_A$

R – универсальная газовая постоянная, k – постоянная Больцмана, N_A – число Авогадро.

$n=\frac{N}{V}$;

n – концентрация молекул – число молекул в единице объема.

$\rho=\frac{m}{V}$; $\rho=m_0.n$

ρ – плотность газа, m_0 – масса одной молекулы

$P=n\cdot k\cdot T$

зависимость давления P от концентрации молекул n и абсолютной температуры T; k – постоянная Больцмана.

$P=\frac{2}{3}n\cdot E_0$;
$E_0=\frac{1}{2}m_0v^2$

основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов: давление P идеального газа равно $\frac{2}{3}$ среднеквадратической кинетической энергии молекул, содержащихся в единице объема, m_0 - масса одной молекулы, n - концентрация молекул.

$$E_0=\frac{1}{2}m_0v^2=\frac{3}{2}kT$$

E_0 – среднеквадратическая кинетическая энергия поступательного движения молекулы идеального газа, m_0 – масса молекулы, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, v – среднеквадратическая скорость.

$$v=v_{кв}=\sqrt{\overline{v^2}}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}v_i^2}{N}}$$

$v(v_{кв})$ – среднеквадратическая скорость молекул идеального газа.

$$v=\sqrt{\frac{3kT}{m_0}}=\sqrt{\frac{3RT}{\mu}}=\sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

R – универсальная газовая постоянная, μ – молярная масса, T – абсолютная температура, P – давление, ρ – плотность газа, k – постоянная Больцмана, m_0 – масса молекулы, v – среднеквадратическая скорость.

$$v_{ср}=\sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}}=\sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}=\sqrt{\frac{8P}{\pi\rho}}$$

$v_{ср}$ – средняя арифметическая скорость молекул газа.

$$v_н=\sqrt{\frac{2kT}{m_0}}=\sqrt{\frac{2RT}{\mu}}=\sqrt{\frac{2P}{\rho}}$$

$v_н$ – наиболее вероятная скорость молекул газа.

$$\lambda=\frac{v_{ср}}{Z}=\frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2n}$$

λ – средняя длина свободного пробега молекул газа равна среднему расстоянию между двумя последовательными столкновениями молекулы, Z – среднее число соударений молекулы за 1 с, d – эффективный диаметр молекулы, n – концентрация молекул, $v_{ср}$ – относительная средняя арифметическая скорость молекул.

$$E_{ср}=\frac{i}{2}kT$$

$E_{ср}$ – средняя энергия молекулы, i – число степеней свободы молекул газа, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура.

$$U=\frac{i}{2}\nu RT$$

U – внутренняя энергия идеального газа, ν – количество вещества, R – универсальная газовая постоянная, T – температура.

$$Q=\Delta U+A$$

первое начало термодинамики: количество теплоты Q, переданное системе, идет на изменение внутренней энергии ΔU системы и на совершение работы A против внешних сил.

$$\Delta U=\frac{i}{2}\nu R\Delta T=\frac{i}{2}P\Delta V$$

ΔU – изменение внутренней энергии при изменении абсолютной температуры на ΔT; ΔV – изменение объема при давлении P.

$C=\dfrac{\Delta Q}{\Delta T}$ C – теплоемкость численно равна количеству теплоты, необходимому для изменения температуры тела на 1 К.

$c=\dfrac{C}{m}=\dfrac{\Delta Q}{m\cdot\Delta T}$ c – удельная теплоемкость равна теплоемкости единицы массы тела, m – масса тела.

$C_V=\dfrac{i}{2}R$ C_V – молярная теплоемкость газа при постоянном объеме, i – число степеней свободы молекул газа, R – универсальная газовая постоянная.

$C_P=\dfrac{i+2}{2}R$ C_P – молярная теплоемкость газа при постоянном давлении.

$R=C_P-C_V$ уравнение Майера: универсальная газовая постоянная численно равна работе, которую 1 моль идеального газа совершает, изобарически расширяясь при нагревании на 1 К.

$A=P\Delta V$ A – работа, совершаемая газом при изменении его объема, P – давление газа, ΔV – изменение его объема.

$A=P(V_2-V_1)=\dfrac{m}{\mu}R(T_2-T_1)$ A – работа газа при изобарическом процессе.

$A=\dfrac{m}{\mu}RT\cdot\ln\dfrac{V_2}{V_1}=\dfrac{m}{\mu}RT\cdot\ln\dfrac{P_1}{P_2}$ A – работа газа при изотермическом процессе.

$A=\dfrac{m}{\mu}\dfrac{R}{\gamma-1}(T_1-T_2)=\dfrac{m}{\mu}C_V(T_1-T_2)$ A – работа газа при адиабатическом процессе, γ – показатель адиабаты.

$PV^{\gamma}=const;$
$TV^{\gamma-1}=const;$
$T^{\gamma}P^{1-\gamma}=const$

уравнение Пуассона (уравнение адиабатического процесса), $\gamma=\dfrac{C_P}{C_V}$ – показатель адиабаты.

$\gamma=\dfrac{C_P}{C_V}=\dfrac{i+2}{i}$ γ – показатель адиабаты, C_P и C_V – молярные теплоемкости при постоянных давлении и объеме, соответственно; i – число степеней свободы молекул газа.

$L=L_0(1+\alpha t)$
$\alpha=\dfrac{1}{L}\cdot\dfrac{\Delta L}{\Delta t}$
$\Delta L=L-L_0$

линейное расширение твердых тел: L_0 – длина при температуре 0 ^{0}C, L – длина при температуре t ^{0}C, α – линейный коэффициент расширения равен относительному изменению длины при нагреве на 1 ^{0}C (1 К).

$V=V_0(1+\beta t)$ объемное расширение твердых тел и жидкостей: V_0 – объем при 0 ^{0}C, V – объем при температуре t ^{0}C, β – объемный коэф-

$\beta=\frac{1}{V}\cdot\frac{\Delta V}{\Delta t}$ фициент расширения равен относительному изменению объема при нагреве на 1 ^{0}C (1 K).

$\Delta V = V - V_0$

$\beta=3\alpha$ соотношение между коэффициентами линейного (α) и объемного (β) расширения твердых тел.

$q=\frac{Q}{m}$ удельная теплота сгорания равна количеству теплоты, выделяющемуся при сгорании единицы массы топлива.

$\lambda=\frac{Q}{m}$ количество теплоты, необходимое для превращения единицы массы из твердого (жидкого) состояния в жидкое (твердое) при температуре плавления (кристаллизации), называют удельной теплотой плавления (кристаллизации) λ. Удельная теплота плавления равна удельной теплоте кристаллизации. Температура плавления равна температуре кристаллизации.

$r=\frac{Q}{m}$ количество теплоты, которое необходимо сообщить жидкости для испарения единицы ее массы при постоянной температуре (в частности, при температуре кипения), называют удельной теплотой парообразования r. С ростом температуры величина удельной теплоты парообразования уменьшается.

$\eta=\frac{A}{Q_1}=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}$ η – коэффициент полезного действия теплового двигателя: A – работа, совершенная за цикл, Q_1 – количество теплоты, полученное системой (от нагревателя), Q_2 – количество теплоты, отданное системой (холодильнику; окружающей среде).

$\eta=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}$;

$\eta=\frac{T_1-T_2}{T_1}$

η – коэффициент полезного действия идеального теплового двигателя (цикла Карно): T_1 и T_2 – температуры нагревателя и холодильника, соответственно; Q_1 – количество теплоты, полученное газом от нагревателя при изотермическом расширении; Q_2 – количество теплоты, отданное газом холодильнику при изотермическом сжатии.

$\rho=\frac{m}{V}$ абсолютной влажностью ρ называют количество водяного пара в граммах, содержащегося в 1 м^3 воздуха при данной температуре.

$\varphi=\frac{\rho}{\rho_H}$ относительной влажностью φ называют отношение абсолютной влажности к тому количеству водяного пара, которое необходимо для насыщения 1 м^3 воздуха при той же температуре.

$\varphi = \frac{P}{P_H}$ относительной влажностью φ называют отношение парциального давления P водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению P_H насыщенного пара при той же температуре.

$\delta = \frac{F}{L}$ δ – коэффициент поверхностного натяжения равен силе поверхностного натяжения, приходящейся на единицу длины границы свободной поверхности жидкости.

$\delta = \frac{A}{\Delta S}$ δ – коэффициент поверхностного натяжения равен работе, необходимой для увеличения свободной поверхности жидкости при постоянной температуре на единицу.

$\Delta P = \delta\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$ формула Лапласа: избыточное давление ΔP, обусловленное кривизной поверхности жидкости; r_1 и r_2 – радиусы кривизны двух взаимно перпендикулярных нормальных сечений поверхности жидкости; δ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости.

$\Delta P = \frac{2\delta}{r}$ избыточное давление в случае сферы: r – радиус сферы, δ – коэффициент поверхностного натяжения.

$h = \frac{2\delta\cos\upsilon}{\rho g r_0}$ h – высота подъема жидкости в капиллярной трубке: υ – краевой угол, r_0 – радиус капилляра, ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения, δ – коэффициент поверхностного натяжения, (υ = 0 – полное смачивание; υ = 180^0 – полное несмачивание)

$\Sigma q_i = \text{const}$ закон сохранения электрического заряда: алгебраическая сумма зарядов в замкнутой системе (т.е. в системе, не обменивающейся зарядами с внешними телами) остается неизменной при любых процессах внутри этой системы.

$F = \frac{|q_1|\cdot|q_2|}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2}$

$F = k\,\frac{|q_1|\cdot|q_2|}{\varepsilon r^2}$

закон Кулона: сила взаимодействия F между двумя неподвижными точечными зарядами прямо пропорциональна абсолютным значениям зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, ε_0 – электрическая постоянная, ε – диэлектрическая проницаемость изотропной непрерывной среды нахождения зарядов, $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\cdot10^9\frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Кл}^2}$.

$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q}$ **E** – напряженность электростатического поля равна силе, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в данную точку поля.

$E = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2}$ E – напряженность электростатического поля точечного заряда q на расстоянии r от него: ε_0 – электрическая постоянная, ε – диэлектрическая проницаемость среды.

$\mathbf{E} = \sum \mathbf{E}_i$ принцип суперпозиции (наложения) электростатических полей: напряженность **E** результирующего поля, создаваемого системой зарядов, равна векторной сумме напряженностей полей, создаваемых в данной точке каждым из зарядов в отдельности.

$\mathbf{p} = q\mathbf{l}$ **p** – электрический момент диполя: **l** – плечо диполя.

$\sigma = \dfrac{Q}{S}$ σ – поверхностная плотность заряда равна заряду, приходящемуся на единицу площади поверхности несущего заряд тела.

$\rho = \dfrac{Q}{V}$ ρ – объемная плотность заряда равна заряду, приходящемуся на единицу объема заряженного по объему тела.

$E = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0\varepsilon}$ E – напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной бесконечной плоскостью: σ – поверхностная плотность заряда, ε_0 – электрическая постоянная, ε – диэлектрическая проницаемость среды нахождения плоскости.

$E = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon}$ E – напряженность поля, создаваемого двумя бесконечными параллельными разноименно заряженными плоскостями, в пространстве между этими плоскостями.

$W_П = \dfrac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r}$ $W_П$ – потенциальная энергия взаимодействия двух точечных зарядов, находящихся на расстоянии r друг от друга.

$\varphi = \dfrac{W_п}{q_0}$ φ – потенциал электростатического поля равен потенциальной энергии единичного положительного заряда, помещенного в данную точку.

$\varphi = \dfrac{A_\infty}{q_0}$ φ – потенциал поля равен работе перемещения единичного положительного заряда из данной точки в бесконечность.

$\varphi = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r}$ φ – потенциал поля точечного заряда на расстоянии r от него.

$\varphi = \Sigma\varphi_i$ принцип суперпозиции для потенциала: если поле создается несколькими зарядами, то потенциал поля системы зарядов равен алгебраической сумме потенциалов полей всех этих зарядов в данной точке.

$\varphi_1 - \varphi_2 = \dfrac{A_{12}}{q_0}$ разность потенциалов между двумя точками равна работе поля по перемещению единичного положительного заряда из начальной точки в конечную; U – напряжение.

$U = \varphi_1 - \varphi_2$

$\varepsilon = \dfrac{E_0}{E}$ диэлектрическая проницаемость ε показывает во сколько раз электрическое поле ослабляется диэлектриком; E_0 – напряженность поля в вакууме, E – напряженность поля в диэлектрике.

$\mathbf{D} = \varepsilon\varepsilon_0\mathbf{E}$ **D** – электрическое смещение.

$E = -\dfrac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$

$E = \dfrac{\varphi_2 - \varphi_1}{d}$

связь между напряженностью E и разностью потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ для однородного электростатического поля: d – расстояние между точками поля, отсчитанное вдоль силовой линии (знак минус ″–″ в первом уравнении указывает на то, что вектор напряженности поля направлен в сторону убывания потенциала).

$E = \dfrac{U}{d}$ E – напряженность однородного электрического поля в пространстве между обкладками плоского конденсатора; U – напряжение и d – расстояние между обкладками.

$C = \dfrac{q}{\varphi}$ C – электроемкость уединенного проводника равна заряду, сообщение которого проводнику изменяет его потенциал на единицу.

$C = \dfrac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \dfrac{q}{U}$ C – электроемкость конденсатора равна отношению заряда q, накопленного в конденсаторе, к разности потенциалов (напряжению) между его обкладками.

$C = \dfrac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$ C – электроемкость плоского конденсатора: S – площадь каждой из обкладок, d – расстояние между обкладками.

$C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R$ C – электроемкость шара радиуса R.

$C = \Sigma C_i$ C – электроемкость батареи конденсаторов при их параллельном соединении, C_i – электроемкость отдельного конденсатора.

$U = U_i$ напряжения на конденсаторах при их параллельном соединении одинаковы.

$q = \Sigma q_i$ q – общий заряд на батарее конденсаторов при их параллельном соединении, q_i – заряд на отдельном конденсаторе.

$\dfrac{1}{C} = \sum \dfrac{1}{C_i}$ C – электроемкость батареи конденсаторов при их последовательном соединении, C_i – электроемкость отдельного конденсатора.

$U = \Sigma U_i$ U – общее напряжение на батарее конденсаторов при их последовательном соединении, U_i – напряжение на отдельном конденсаторе.

$q=q_i$ заряды на конденсаторах при их последовательном соединении одинаковы.

$W=\dfrac{qU}{2}=\dfrac{CU^2}{2}=\dfrac{q^2}{2C}$ W – энергия заряженного конденсатора: q – заряд, U – напряжение (разность потенциалов), C – электроемкость конденсатора.

$\omega=\dfrac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}$ ω – объемная плотность энергии электростатического поля, E – напряженность поля.

$F=\dfrac{q^2}{2\varepsilon_0\varepsilon S}=\dfrac{\sigma^2 S}{2\varepsilon_0\varepsilon}=\dfrac{\varepsilon_0\varepsilon E^2 S}{2}$ F – сила притяжения между двумя разноименно заряженными обкладками плоского конденсатора.

$\dfrac{mv_1^2}{2}+q\varphi_1=$
$=\dfrac{mv_2^2}{2}+q\varphi_2$ закон сохранения энергии при движении заряженной частицы с зарядом q и массой m: v_1 и v_2 – скорости частицы в точках 1 и 2, φ_1 и φ_2 – потенциалы в точках 1 и 2, соответственно.

$I=\dfrac{q}{t}$; сила тока I равна заряду, протекающему через поперечное сечение проводника в единицу времени.

$I=\dfrac{dq}{dt}=q'_t$

$j=\dfrac{I}{S}$ плотность тока j равна силе тока, протекающего через единицу площади поперечного сечения проводника, перпендикулярного направлению тока.

$\mathbf{j}=en\mathbf{v}_{ср}$ направление вектора плотности тока **j** совпадает с направлением упорядоченного движения положительных зарядов, n – концентрация носителей тока, $\mathbf{v}_{ср}$ – скорость упорядоченного движения зарядов в проводнике (скорость дрейфа), e – заряд носителей тока.

$I=\dfrac{U}{R}$ закон Ома для (однородного) участка цепи: I – сила тока, U – напряжение на участке цепи равно разности потенциалов, т.е. $U=\varphi_1-\varphi_2$, R – сопротивление участка цепи.

$R=\dfrac{\rho l}{S}$ R – сопротивление однородного линейного проводника длиной l с постоянной площадью поперечного сечения S, ρ – удельное электрическое сопротивление проводника.

$\sigma=\dfrac{1}{\rho}$ σ – удельная электрическая проводимость вещества, ρ – удельное электрическое сопротивление.

$\rho=\rho_0(1+\alpha t)$ $\alpha=\frac{1}{R}\cdot\frac{\Delta R}{\Delta t}$ — зависимость удельного сопротивления ρ от температуры: ρ_0 – удельное сопротивление при 0 ^{0}C, α – температурный коэффициент сопротивления равен относительному изменению сопротивления при нагреве на 1 ^{0}C (1 К).

$R=\Sigma R_i$ — R – общее сопротивление цепи при последовательном соединении проводников, R_i – сопротивление i-го проводника.

$U=\Sigma U_i$ — U – общее напряжение в цепи последовательно соединенных проводников; U_i – напряжение на сопротивлении R_i.

$I=I_i$ — сила тока в цепи последовательно соединенных сопротивлений одинакова на всех проводниках.

$\frac{1}{R}=\sum\frac{1}{R_i}$ — R – общее сопротивление цепи при параллельном соединении проводников, R_i – сопротивление i-го проводника.

$U=U_i$ — напряжение при параллельном соединении проводников одинаково на всех сопротивлениях

$I=\Sigma I_i$ — I – общая сила тока при параллельном соединении проводников; I_i – сила тока на сопротивлении R_i.

$U=\frac{A}{q}$ — напряжение U равно работе электрического поля по перемещению единичного электрического заряда на данном участке цепи.

$\mathcal{E}=\frac{A_{стор}}{q}$ — $\mathcal{E}$ – электродвижущая сила (ЭДС), действующая в цепи, равна работе сторонних сил по перемещению единичного положительного заряда.

$I=\frac{\mathcal{E}}{R+r}$ — закон Ома для замкнутой (полной) цепи: сила тока I в замкнутой цепи прямо пропорциональна ЭДС источника и обратно пропорциональна сумме внешнего R и внутреннего r сопротивлений.

$I=\frac{\varphi_1-\varphi_2+\mathcal{E}_{12}}{R}$

$U = IR = \varphi_1-\varphi_2+\mathcal{E}_{12}$

закон Ома для неоднородного участка цепи (участка цепи с источником тока): $(\varphi_1-\varphi_2)$ – разность потенциалов на концах участка цепи, $\mathcal{E}_{12}$ – ЭДС источника (источников) тока, входящего в участок с сопротивлением R. U – напряжение на неоднородном участке цепи не равно разности потенциалов, т.е. $U\neq(\varphi_1-\varphi_2)$.

$\mathbf{j}=\sigma\mathbf{E}=\frac{\mathbf{E}}{\rho}$ — закон Ома в дифференциальной форме: **j** – плотность тока, σ – удельная электропроводность, ρ – удельное сопротивление, E – напряженность электростатического поля.

$\Sigma I_к=0$ — первое правило Кирхгофа: алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю.

$\sum I_k R_k = \sum \mathscr{E}_i$ второе правило Кирхгофа: для любого замкнутого контура разветвленной электрической цепи алгебраическая сумма произведений сил токов I_k на сопротивления R_k соответствующих участков этого контура равна алгебраической сумме ЭДС $\mathscr{E}_i$ в этом контуре.

$I=\dfrac{n\mathscr{E}}{nr+R}$ закон Ома для замкнутой цепи при последовательном соединении n одинаковых источников тока: n – число источников тока, r – внутреннее сопротивление каждого из источников, $\mathscr{E}$ – ЭДС отдельного источника, R – внешнее сопротивление цепи.

$I=\dfrac{\mathscr{E}}{\frac{r}{n}+R}$ закон Ома для замкнутой цепи при параллельном соединении n одинаковых источников тока.

$R_{Ш}=\dfrac{R_A}{n-1}$ расчет сопротивления шунта $R_{Ш}$ для расширения верхнего предела измерения амперметра в $n=\dfrac{I}{I_0}$ раз, R_A – сопротивление амперметра.

$R_{доб}= R_V \cdot (n-1)$ расчет добавочного сопротивления $R_{доб}$ для расширения верхнего предела измерения вольтметра в $n=\dfrac{U}{U_0}$ раз, R_V – сопротивление вольтметра.

$A = IUt = I^2Rt = \dfrac{U^2}{R}t$ A – работа постоянного тока: I – сила тока и U – напряжение на участке цепи с сопротивлением R, t – время.

$P=\dfrac{A}{t} = IU = I^2R = \dfrac{U^2}{R}$ P – мощность тока.

$Q= IUt = I^2Rt = \dfrac{U^2}{R}t$ закон Джоуля-Ленца: Q – количество теплоты, выделяющейся на участке цепи с сопротивлением R за время t.

$\omega=jE=\sigma E^2$ закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме: ω – удельная тепловая мощность тока (количество теплоты, выделяющейся в единицу времени в единице объема), σ – удельная электропроводность, j – плотность тока, E – напряженность электростатического поля.

$m = kq$; $m = kIt$ первый закон Фарадея для электролиза: масса вещества m, выделившаяся на электроде, пропорциональна заряду q, прошедшему через электролит, I – сила постоянного тока, протекавшего за время t, k – электрохимический эквивалент вещества.

$k=\frac{1}{F}\frac{A}{n}$ второй закон Фарадея: электрохимический эквивалент k пропорционален химическому эквиваленту $\frac{A}{n}$, A – атомная (молярная) масса данного химического элемента, n – его валентность, F – постоянная Фарадея.

$j_H=Nqd$ j_H – плотность тока насыщения в газе: N – число пар ионов, возникающих в единице объема в единицу времени, d – расстояние между электродами, q – заряд ионов (в частном случае q = e = элементарному заряду).

$\eta=\frac{U}{\mathscr{E}}=\frac{R}{R+r}$ η – коэффициент полезного действия (КПД) источника тока: R – внешнее сопротивление, r – внутреннее сопротивление, $\mathscr{E}$ – ЭДС источника, U – напряжение на R.

$P_{max}=\frac{\mathscr{E}^2}{4r}$ P_{max} – максимальная полезная мощность источника тока: $\mathscr{E}$ – ЭДС источника, r – внутреннее сопротивление источника. При этом внешнее сопротивление R = r.

$r^2=R_1\cdot R_2$ соотношение между внутренним сопротивлением r источника и внешними сопротивлениями R_1 и R_2, когда мощности, выделяемые на R_1 и R_2, одинаковы (R_1 и R_2 подключаются поочередно).

$\eta=1-\frac{P\cdot R}{U^2}$ η – КПД линии электропередачи: P – мощность, развиваемая источником при напряжении U на зажимах источника, R – сопротивление линии передачи (сопротивление проводов).

$$d\mathbf{B}=\frac{\mu_0\cdot I\cdot[d\mathbf{l},\mathbf{r}]}{4\cdot\pi\cdot r^3}$$

$$dB=\frac{\mu_0\cdot I\cdot dl\cdot\sin\alpha}{4\cdot\pi\cdot r^2}$$

закон Био-Савара-Лапласа: d**B** – магнитная индукция поля, создаваемая элементом длины dl проводника с током I в вакууме, **r** – радиус-вектор от d**l** в точку наблюдения, α – угол между d**l** и **r**, μ_0 – магнитная постоянная.

$$\mathbf{B}=\frac{\mu_0 q[\mathbf{v},\mathbf{r}]}{4\pi r^3}$$

$$B=\frac{\mu_0 qv\cdot\sin\alpha}{4\pi r^2}$$

B – индукция магнитного поля свободно движущегося в вакууме заряда q с нерелятивистской скоростью **v**: **r** – радиус-вектор, проведенный от заряда к точке наблюдения; α – угол между векторами **v** и **r**.

$B=\frac{\mu_0 I}{2R}$ B – индукция магнитного поля в центре кругового проводника, находящегося в вакууме: R – радиус витка, I – сила тока в проводнике.

$B=\mu_0\frac{I}{2\pi b}$ B – индукция магнитного поля, создаваемого бесконечно длинным прямым проводником с током I в вакууме, b – расстояние от оси проводника до точки наблюдения.

$B=\mu_0\frac{N}{l}I$ B – индукция магнитного поля внутри (длинного) соленоида, находящегося в вакууме: l – длина соленоида, N – число витков.

$B=\frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$ B – индукция магнитного поля внутри тороида, находящегося в вакууме, N – число витков, r – расстояние от оси до средней линии тороида, I – сила тока, μ_0 – магнитная постоянная.

$\mathbf{B} = \sum \mathbf{B}_i$ принцип суперпозиции (наложения) магнитных полей: **B** – магнитная индукция результирующего поля; $\mathbf{B}_i$ – магнитные индукции складываемых полей.

$\mathbf{F}_A = I[\Delta\mathbf{l},\mathbf{B}]$
$F_A = I\cdot\Delta l\cdot B\cdot\sin\alpha$ закон Ампера: $\mathbf{F}_A$ – сила Ампера, действующая на участок проводника длины Δl с током I, помещенный в магнитное поле с индукцией B, α – угол между направлением отрезка $\Delta\mathbf{l}$ проводника с током и **B**, направление $\Delta\mathbf{l}$ совпадает с направлением тока.

$F = \frac{\mu\mu_0}{4\pi}\cdot\frac{2I_1I_2}{R}\cdot l$ сила взаимодействия двух прямых прямолинейных бесконечных параллельных проводников с токами I_1 и I_2: R – расстояние между проводниками; l – длина одного из проводников, на которую действует сила F; μ – магнитная проницаемость окружающей среды; μ_0 – магнитная постоянная.

$\mathbf{P}_m = NIS\mathbf{n}$
$P_m = NIS$ $\mathbf{P}_m$ – магнитный момент плоского контура с током I и площадью S: **n** – единичный вектор нормали к поверхности рамки, N – число витков рамки.

$\mathbf{M} = [\mathbf{P}_m,\mathbf{B}]$
$M = P_m\cdot B\cdot\sin\alpha$ **M** – механический момент сил, действующий на плоский контур с током, помещенный в однородное магнитное поле с индукцией **B**: $\mathbf{P}_m$ – магнитный момент рамки с током, α – угол между нормалью **n** к плоскости контура и вектором **B**.

$\mathbf{F}_л = q[\mathbf{v},\mathbf{B}]$
$F_л = qvB\cdot\sin\alpha$ сила Лоренца (ее магнитная составляющая): $\mathbf{F}_л$ – сила, действующая на электрический заряд q, движущийся в магнитном поле с индукцией **B** со скоростью **v**, α – угол между **v** и **B**.

$\mathbf{F}_л = q\mathbf{E} + q[\mathbf{v},\mathbf{B}]$;
$\mathbf{F}_л = \mathbf{F}_{эл} + \mathbf{F}_{магн}$ общее выражение для силы Лоренца $\mathbf{F}_л$ при наличии в пространстве электрического (с напряженностью **E**) и магнитного (с индукцией **B**) полей. $\mathbf{F}_л$ – складывается из электрической $\mathbf{F}_{эл}$ и магнитной $\mathbf{F}_{магн}$ составляющих (слагаемых).

$R=\frac{mv}{qB}$;
$T=\frac{2\pi R}{v}=\frac{2\pi m}{qB}$ R – радиус окружности и T – период обращения заряженной частицы с зарядом q и массой m, влетевшей со скоростью v в однородное магнитное поле с индукцией B нормально к линиям индукции.

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

$T=\frac{2\pi R}{v\sin\alpha}=\frac{2\pi m}{qB}$

$h=vT\cos\alpha=\frac{2\pi m}{qB}v\cos\alpha$

R – радиус окружности, T – период обращения и h – шаг спирали, по которой движется заряженная частица с зарядом q и массой m, влетевшая в однородное магнитное поле с индукцией B со скоростью **v**, составляющей угол α с линиями индукции, т.е. с вектором **B**.

$v=\frac{qB}{m}\sqrt{R^2+\left(\frac{h}{2\pi}\right)^2}$

v=v(R,h) – выражение скорости v заряженной частицы через радиус окружности R и шаг спирали h.

$\Phi=BS\cdot\cos\alpha$
$\Phi=B_n\cdot S$

Φ – магнитный поток (поток магнитной индукции) через площадку S: α – угол между вектором **B** и нормалью **n** к площадке, $B_n=B\cdot\cos\alpha$ – проекция вектора **B** на направление **n**.

$A = I\cdot\Delta\Phi$ работа по перемещению проводника с током в магнитном поле

$\mathcal{E}=-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

$\mathcal{E}=-\frac{d\Phi}{dt}=-\Phi'_t$

закон Фарадея (основной закон электромагнитной индукции): ЭДС индукции в контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную этим контуром.

$\mathcal{E}=-N\frac{d\Phi}{dt}=-N\Phi'_t$ $\mathcal{E}$ – ЭДС индукции в рамке с числом витков N.

$\mathcal{E}=Blv=\varphi_1-\varphi_2$ разность потенциалов (ЭДС индукции), возникающая на концах прямолинейного отрезка проводника длиной l при его движении в однородном магнитном поле в плоскости, перпендикулярной линиям индукции **B**, со скоростью **v**, перпендикулярной проводнику.

$q=\frac{\Delta\Phi}{R}$ q – величина заряда, протекающего в замкнутом контуре с сопротивлением R при изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром, на $\Delta\Phi$.

$\Phi=L\cdot I$ Φ – магнитный поток, создаваемый током I в контуре с индуктивностью L.

$\mathcal{E}_c=-L\frac{\Delta I}{\Delta t}$

$\mathcal{E}_c=-L\frac{dI}{dt}=-LI'_t$

$\mathcal{E}_c$ – ЭДС самоиндукции пропорциональна скорости изменения силы тока в контуре, L – индуктивность контура.

$\mu=\frac{B}{B_0}$ μ – магнитная проницаемость вещества показывает, во сколько раз индукция результирующего поля в магнетике больше индукции внешнего поля B_0 (поля, создаваемого намагничивающим током в вакууме); для вакуума μ=1.

$\mathbf{B} = \mu\mu_0\mathbf{H}$ **B** – магнитная индукция в случае однородной изотропной среды, H – напряженность магнитного поля, μ_0 – магнитная постоянная, μ – магнитная проницаемость среды.

$L = \mu\mu_0 N^2 \frac{S}{l}$ L – индуктивность, N – число витков и l – длина соленоида, S – его площадь поперечного сечения, V=S·L – объем соленоида.

$W=\frac{1}{2}LI^2$ W – энергия магнитного поля, создаваемого током I в замкнутом контуре с индуктивностью L.

$\omega=\frac{B^2}{2\mu\mu_0}=\frac{\mu\mu_0 H^2}{2}=\frac{BH}{2}$ ω – объемная плотность энергии однородного магнитного поля (энергия магнитного поля в единице объема).

$k=\frac{N_1}{N_2}=\frac{U_1}{U_2}$ k – коэффициент трансформации трансформатора, N_2 и N_1 – число витков во вторичной и первичной обмотках, U_2 и U_1 – напряжения на обмотках в режиме холостого хода.

$x(t)=A\cos(\omega_0 t+\alpha)$ кинематическое уравнение гармонических колебаний: x – смещение колеблющейся точки из положения равновесия, A – амплитуда, ω_0 – круговая (циклическая) частота, α – начальная фаза, t – время, $(\omega_0 t + \alpha)$ – фаза колебаний.

$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0;$ $x''_{tt} + \omega_0^2 x = 0$ дифференциальное уравнение гармонических колебаний; ω_0 – циклическая частота.

$T=\frac{t}{N}=\nu^{-1};\ \nu=\frac{N}{t}$ T – период колебаний равен времени совершения одного колебания; ν – частота колебаний; N – число полных колебаний за время t.

$T=\frac{2\pi}{\omega_0};\ \nu=\frac{\omega_0}{2\pi}$ T и ν – период и частота гармонических колебаний, ω_0 – циклическая частота.

$v(t) = \frac{dx}{dt} = x'_t = -A\omega_0\sin(\omega_0 t + \alpha) = A\omega_0\cos(\omega_0 t + \alpha + \frac{\pi}{2})$ v – скорость колеблющейся точки.

$a(t) = \frac{dv}{dt} = v'_t = -A\omega_0^2\sin(\omega_0 t + \alpha + \frac{\pi}{2}) = A\omega_0^2\cos(\omega_0 t + \alpha + \pi)$ *a* – ускорение колеблющейся точки.

$F = -m\omega_0^2 x$ F – упругая (квазиупругая) сила, действующая на колеблющуюся материальную точку массой m, x – смещение колеблющейся точки из положения равновесия.

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ T – период колебаний математического маятника, l – длина маятника, g – ускорение силы тяжести.

$F = ma = mx''$, $F = -kx$;
$mx'' = -kx$; $x'' + \frac{k}{m}x = 0$;
$x'' + \omega_0^2 x = 0$; $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

второй закон Ньютона для гармонических колебаний пружинного маятника: m – масса груза, подвешенного на пружине с жесткостью k; $F = -k\cdot x$ - сила упругости; ω_0 – циклическая частота.

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ T – период колебаний пружинного маятника: m – масса груза, подвешенного на пружине жесткостью k.

$W_K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2\sin^2(\omega_0 t + \alpha)$ кинетическая энергия материальной точки, совершающей прямолинейные гармонические колебания.

$W_П = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega_0^2x^2 = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2\cos^2(\omega_0 t + \alpha)$ потенциальная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания под действием упругой силы F.

$W = W_K + W_П = \frac{1}{2}m\omega_0^2A^2 = \frac{1}{2}kA^2$ полная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания.

$v = \lambda\cdot\nu = \frac{\lambda}{T}$ связь между скоростью волны v, длиной волны λ, частотой ν, периодом T;

$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ V – скорость распространения звуковых (акустических) волн в упругой среде, E – модуль Юнга среды и ρ - ее плотность.

$x(r,t) = A\cos\omega_0\left(t - \frac{r}{V}\right) = A\cos(\omega_0 t - kr)$;
$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega_0}{v}$

уравнение плоской прямой (бегущей) волны, распространяющейся в среде без поглощения в сторону положительной полуоси r, k – волновое число.

$q'' + \frac{1}{LC}q = 0$;
$q'' + \omega_0^2 q = 0$

дифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний заряда q в контуре; L – индуктивность и C – емкость контура

$q = q_0\cos(\omega_0 t+\alpha)$; $\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$; $I = \dfrac{dq}{dt} = q'_t = -\, q_0\omega_0\sin(\omega_0 t+\alpha)$; $I = I_0\cos(\omega_0 t+\alpha+\dfrac{\pi}{2})$; $I_0 = q_0\omega_0$; – уравнения колебаний заряда q(t) и тока I(t) в LC – контуре; ω_0 – циклическая частота; q_0, I_0, U_0 – амплитудные значения заряда, силы тока и напряжения.

$q_0 = CU_0$; $\dfrac{1}{2}CU_0^2 = \dfrac{1}{2}LI_0^2$; – связь между амплитудными значениями силы тока и напряжения в контуре.

$T = \dfrac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$ – T – период колебаний электрического контура (формула Томсона).

$W = \dfrac{1}{2}CU^2 + \dfrac{1}{2}LI^2 = \dfrac{1}{2}CU_0^2 = \dfrac{1}{2}LI_0^2$ – полная электромагнитная энергия LC – контура равна сумме энергий электрического и магнитного полей. Она также равна максимальной энергии электрического или магнитного полей.

$\lambda_0 = cT = \dfrac{c}{\nu_0}$; $\nu_0 = \dfrac{\omega_0}{2\pi}$; – связь между скоростью распространения электромагнитной волны в вакууме *c* (скоростью света в вакууме), длиной волны λ_0, частотой ν_0, периодом T.

$\Phi = NBS\cos\alpha = NBS\cos\omega t$ – Φ – магнитный поток через контур площадью S и числом витков N: ω – циклическая частота вращения рамки; α – угол поворота рамки (угол между индукцией **B** и нормалью **n**) в момент времени t; N – число витков.

$\mathcal{E}_i = -\Phi'_t = -\dfrac{d\Phi}{dt} = NBS\omega\sin\omega t$ – $\mathcal{E}_i$ – ЭДС индукции, возникающая при вращении рамки.

$\mathcal{E}_{max} = NBS\omega$ – значение максимальной (амплитудной) ЭДС во вращающейся рамке (при $\sin\omega t = 1$).

$X_L = \omega L$ – X_L – (реактивное) индуктивное сопротивление.

$X_C = \dfrac{1}{\omega C}$ – X_C – (реактивное) емкостное сопротивление.

$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2}$

Z – (импеданс) – полное сопротивление цепи переменного тока, содержащей последовательно включенные резистор сопротивлением R, катушку индуктивностью L, конденсатор емкостью C. На концы цепи подается переменное напряжение $U=U_0\cos\omega t$.

$I_0=\dfrac{U_0}{Z}=\dfrac{U_0}{\sqrt{R^2+\left(\omega L-\dfrac{1}{\omega C}\right)^2}}$ закон Ома для цепи переменного тока: I_0 и U_0 – амплитудные значения силы тока и напряжения в цепи переменного тока, Z – импеданс.

$U_{0R}=I_0R$
$U_{0L}=I_0X_L$
$U_{0C}=I_0X_C$

U_{0R}, U_{0L}, U_{0C} – амплитудные значения напряжений на активном сопротивлении, катушке индуктивности и конденсаторе, соответственно, в цепи переменного тока.

$U_R=I_0R\cdot\sin\omega t$

$U_C=I_0X_C\cdot\sin(\omega t-\dfrac{\pi}{2})$

$U_L=I_0X_L\cdot\sin(\omega t+\dfrac{\pi}{2})$

фазовые соотношения между напряжениями на активном сопротивлении U_R, катушке индуктивности U_L и конденсаторе U_C, соответственно, в цепи переменного тока.

$$\mathrm{tg}\varphi=\frac{X_L-X_C}{R}=\frac{\omega L-\dfrac{1}{\omega C}}{R}$$

φ – сдвиг фаз между напряжением и силой тока в цепи, содержащей последовательно включенные R, L ,C.

$P=\dfrac{1}{2}U_0\cdot I_0\cdot\cos\varphi=U_э\cdot I_э\cdot\cos\varphi$;

$U_э=\dfrac{U_0}{\sqrt{2}}$; $I_э=\dfrac{I_0}{\sqrt{2}}$; $\cos\varphi=\dfrac{R}{Z}$;

P – средняя мощность, выделяемая в цепи переменного тока: cosφ – коэффициент мощности, (φ – сдвиг фаз между U и I), U_0 и I_0 – амплитудные значения, $U_Э$ и $I_Э$ – действующие (эффективные) значения напряжения и силы переменного тока.

$c=\dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\cdot\mu_0}}$ *c* – скорость света в вакууме (электродинамическая постоянная), ε_0 – электрическая постоянная, μ_0 – магнитная постоянная.

$v=\dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\cdot\mu_0}}\cdot\dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon\cdot\mu}}=\dfrac{c}{\sqrt{\varepsilon\cdot\mu}}$ v – скорость распространения света (электромагнитной волны) в среде: ε и μ – диэлектрическая и магнитная проницаемости среды.

$\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta}=n_{21}$ закон преломления света: отношение синуса угла падения α к синусу угла преломления βесть величина постоянная для данных сред.

$n_{21}=\dfrac{n_2}{n_1}$ n_{21} – относительный показатель преломления второй среды относительно первой равен отношению их абсолютных показателей преломления.

$\dfrac{\lambda_0}{\lambda}=n$; $n=\dfrac{c}{v}$ соотношение между длинами волн света (электромагнитной волны) в вакууме – λ_0 и в среде – λ; n – абсолютный показатель преломления среды; *c* и v – скорости света в вакууме и среде.

$n = \sqrt{\varepsilon}$ формула, связывающая показатель преломления n с диэлектрической проницаемостью ε.

$\sin\alpha_{пр} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ $\alpha_{пр}$ – предельный угол полного внутреннего отражения, угол преломления $\beta=90^0$ ($\sin\beta = 1$), $n_2<n_1$.

$\frac{1}{F} = \frac{2}{R} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ формула сферического зеркала: d и f – расстояния от (полюса) зеркала до предмета и изображения, соответственно; F – фокусное расстояние зеркала; R – радиус кривизны зеркала.

$\Gamma = \frac{y'}{y} = \left|\frac{f}{d}\right|$ Г – линейное увеличение, даваемое сферическим зеркалом; y' и y – линейные размеры изображения и предмета

$D = \frac{1}{F} = (n_{21} - 1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ формула двояковыпуклой линзы: n_{21} – относительный показатель преломления линзы по отношению к окружающей среде, R_1 и R_2 – радиусы кривизны поверхностей линзы, D – оптическая сила и F – фокусное расстояние линзы.

$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ формула тонкой линзы: d и f – расстояния от линзы до предмета и изображения, соответственно.

$\Gamma = \frac{y'}{y} = \frac{f}{d}$ Г – увеличение, даваемое линзой: y' и y – размеры изображения и предмета, d и f – расстояния от линзы до предмета и изображения.

$\Gamma = \frac{d_0}{F}$ Г – увеличение лупы: d_0=25 см – расстояние наилучшего зрения для нормального глаза, F – фокусное расстояние лупы.

$L = n \cdot l$ L – оптическая длина пути: l – геометрическая длина пути световой волны в среде с показателем преломления n.

$k(l_2 - l_1) = 2\pi m$; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ условие интерференционных максимумов: $(l_2 - l_1)$ – разность хода двух когерентных волн, возбуждающих колебания в данной точке; λ – длина волны; k – волновое число; $m=0, \pm1, \pm2,...$

$k(l_2 - l_1) = 2\pi\left(m + \frac{1}{2}\right)$ условие интерференционных минимумов: k - волновое число; $m=0, \pm1, \pm2, ...$

$\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$ опыт (метод) Юнга: Δx – ширина интерференционной полосы – расстояние между двумя соседними максимумами (или минимумами); d – расстояние между двумя когерентными источниками, находящимися на расстоянии L от экрана, параллельного линии, соединяющей источники; L>>d.

$r_m=\sqrt{m\lambda R}$ r_m – радиусы темных колец Ньютона в отраженном свете (или светлых – в проходящем свете); m=1,2,3... – номера колец, R – радиус кривизны линзы, λ – длина волны света.

$r_m=\sqrt{\left(m-\frac{1}{2}\right)\lambda R}$ r_m – радиусы светлых колец Ньютона в отраженном свете (или темных – в проходящем свете), m = 1,2,3....

$n\cdot d=\frac{\lambda}{4}$

$n\cdot d=\left(m+\frac{1}{4}\right)\lambda$

просветление оптики (условия гашения интерферирующих лучей в отраженном свете): d – толщина пленки, при которой в результате интерференции наблюдается гашение отраженных лучей; n – показатель преломления пленки; λ – длина волны света, для которой выполняется условие гашения; n_c – показатель преломления стекла (материала линзы); m=0, 1, 2,...

$d\sin\varphi=m\lambda$ условие главных максимумов дифракционной решетки: m = 0, ±1, ±2,... – порядок максимума; d – период решетки; λ – длина волны света; φ – угол дифракции.

$d=\frac{1}{N}$ d – период дифракционной решетки: N – число щелей (штрихов), приходящихся на единицу длины решетки (длиной l).

$m_{max}=\frac{d}{\lambda}$ m_{max} – максимальный порядок дифракционных максимумов дифракционной решетки (берется целая часть от полученного значения).

$n_{max}=2m_{max}+1$ n_{max} – общее число максимумов, даваемых дифракционной решеткой.

$I=I_0\cos^2\alpha$ закон Малюса: I_0 и I – интенсивности света, падающего на второй поляризатор (анализатор) и вышедшего из него; α – угол между главными плоскостями двух скрещенных поляризаторов (поляризатора и анализатора).

$tg\varphi_{Бр}=n_{21}$ закон Брюстера: тангенс угла (Брюстера) падения равен относительному показателю преломления n_{21} второй среды относительно первой; при этом отраженный луч является плоскополяризованным (линейнополяризованным), а отраженный и преломленный лучи будут взаимно перпендикулярными.

$\varepsilon=h\nu=h\frac{c}{\lambda_0}$ ε – энергия фотона: ν – частота и λ_0 – длина световой волны в вакууме, h – постоянная Планка, *c* – скорость света в вакууме.

$p=\frac{h\nu}{c}=\frac{h}{\lambda_0}$ p – импульс фотона.

$m=\frac{\varepsilon}{c^2}=\frac{h\nu}{c^2}$ m – масса фотона, *c* – скорость света в вакууме.

$\varepsilon = p\cdot c$ соотношение между энергией ε и импульсом p фотона.

$h\nu = A+\frac{1}{2}mv_{max}^2$

$eU_З = h(\nu-\nu_0)$

$A = h\nu_0$

$\lambda_0=\frac{c}{\nu_0}$

уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта: hν – энергия падающего фотона расходуется на совершение электроном работы выхода A из металла и на сообщение ему кинетической энергии $\frac{1}{2}mv_{max}^2$, m – масса электрона, $\frac{1}{2}mv_{max}^2 = eU_З$, $U_З$ – задерживающее напряжение, e – элементарный заряд, λ_0 – граничная длина волны (красная граница фотоэффекта), h – постоянная Планка.

$P=\frac{E_e}{c}(1+\rho)=\omega(1+\rho)$ P – давление, производимое светом при нормальном падении на поверхность: $E_e = Nh\nu$ – облученность поверхности (энергия всех фотонов, падающих на единицу поверхности в единицу времени); ρ – коэффициент отражения; ω – объемная плотность энергии излучения.

$\Delta\lambda=\frac{2h}{m_0c}\sin^2\frac{\vartheta}{2}$

$\lambda_c=\frac{h}{m_0c}=2{,}426$ пм

эффект Комптона – изменение длины волны электромагнитного излучения при рассеянии фотонов на свободных электронах с массой покоя m_0: ϑ – угол рассеяния фотона, Δλ – изменение длины волны рассеянного фотона, λ_c – комптоновская длина волны; *c* – скорость света в вакууме, h – постоянная Планка.

$x=x'+vt;$
$y=y';$
$z=z';$
$t=t'$

преобразования координат и времени Галилея для случая, когда система координат K′ движется со скоростью v вдоль положительного направления оси x инерциальной системы K (в начальный момент времени начала координат совпадают).

$\mathbf{v}=\mathbf{v}'+\mathbf{u}$ правило сложения скоростей в классической механике: **v** и **v′** скорости материальной точки относительно систем координат K и K′, **u** – скорость системы K′ относительно K.

$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}'$ ускорения точки в системах координат К и К′, движущихся друг относительно друга равномерно и прямолинейно, одинаковы.

$u=\dfrac{u'+v}{1+\dfrac{vu'}{c^2}}$, $u'=\dfrac{u-v}{1-\dfrac{vu}{c^2}}$ релятивистский закон сложения скоростей: v – скорость системы координат К′ относительно К; u и u′ – скорость точки относительно систем К и К′, соответственно; c – скорость света в вакууме.

$l= l_0\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}$ длина тела в различных системах отсчета: l_0 – длина тела, покоящегося относительно системы К, l – длина тела, движущегося относительно К′, v – скорость движения тела относительно К′. Линейные размеры тела наибольшие в той инерциальной системе отсчета, относительно которой тело покоится.

$\tau=\dfrac{\tau_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$ длительность событий в различных системах отсчета: $\tau_0 < \tau$, т. е. длительность события, происходящего в некоторой точке, наименьшая в той инерциальной системе отсчета, относительно которой эта точка неподвижна. Событие длительностью τ_0 происходит в некоторой точке, покоящейся относительно системы К, а К′ движется со скоростью v относительно К; τ – длительность события в К′; c – скорость света в вакууме.

$m=\dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$ m – релятивистская масса, m_0 – масса покоя частицы, v – скорость частицы, c – скорость света в вакууме.

$\mathbf{p} =m\mathbf{v} =\dfrac{m_0\mathbf{v}}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}=\dfrac{E\cdot\mathbf{v}}{c^2}$ **p** – релятивистский импульс: m – релятивистская масса, m_0 – масса покоя частицы, **v** – скорость частицы, E – полная энергия частицы.

$E_0 = m_0c^2$ E_0 – энергия покоя частицы.

$E = mc^2$ E – полная энергия частицы.

$E_{кин} =E - E_0=c^2\cdot(m - m_0)$ $E_{кин}$ – кинетическая энергия релятивистской частицы.

$E^2 =m_0^2c^4 + p^2c^2$ релятивистское соотношение между полной энергией E и импульсом p частицы.

$\Delta E = \Delta m c^2$ закон взаимосвязи массы и энергии: ΔE – изменение полной энергии тела, Δm – изменение массы, c – скорость света в вакууме.

$L_n = m_e \cdot v_n \cdot r_n = n\dfrac{h}{2\pi} = n\cdot\hbar$ первый постулат Бора: в стационарном состоянии атома электрон, двигаясь по круговой орбите, имеет дискретные значения момента импульса L_n; m_e – масса электрона; v_n – его скорость на n-ой орбите радиуса r_n; h – постоянная Планка; n=1,2,3,...

$h\nu_{mn} = E_n - E_m$ второй постулат Бора: при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую излучается (поглощается) фотон с энергией $h\nu_{mn}$, равной разности энергий соответствующих стационарных состояний E_n и E_m.

$\nu_{mn} = \dfrac{c}{\lambda} = R\left(\dfrac{1}{m^2} - \dfrac{1}{n^2}\right)$ частота света, излучаемого атомом водорода при переходе с m-ой орбиты на n-ую; R – постоянная Ридберга; λ – длина волны линии спектра;

$\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{e^2}{r^2} = m\dfrac{v^2}{r}$ уравнение движения электрона в атоме водорода (классическая теория атома водорода по Бору).

$E_n = -13{,}6\dfrac{1}{n^2}$ (эВ) энергия электрона на n-ой стационарной орбите в атоме водорода (n = 0,1,2,3,...).

$r_n = r_1 \cdot n^2$ радиус орбиты атома водорода на n - ой стационарной орбите; первый Боровский радиус $r_1 = 0{,}528\cdot10^{-10}$ м.

$\lambda = \dfrac{h}{p}$ λ – дебройлевская длина волны частицы импульсом p, h – постоянная Планка. Соотношение де-Бройля.

$\Delta m = [Z\cdot m_p + (A - Z)\cdot m_n] - m_я$

$\Delta m = [Z\cdot m_н + (A - Z)\cdot m_n] - m$

$A = Z + N$

Δm – дефект массы ядра: m_P, m_n, $m_я$ – соответственно массы протона, нейтрона и ядра; $m_н = m_p + m_e$ – масса атома водорода $_1H^1$; m_e – масса электрона; m – масса атома; A – массовое число (число нуклонов) равно сумме числа протонов Z и числа нейтронов N.

$E_{св} = \Delta m\cdot c^2$ $E_{св}$ – энергия связи нуклонов в ядре, Δm – дефект массы, c – скорость света в вакууме.

$\varepsilon_{св} = \dfrac{E_{св}}{A}$ $\varepsilon_{св}$ – удельная энергия связи – энергия связи, приходящаяся на один нуклон.

$Q = c^2(\sum m_i - \sum m_j)$ изменение энергии при ядерной реакции; $\sum m_i$ – сумма масс частиц до реакции; $\sum m_j$ – сумма масс частиц после реакции; при $\sum m_i > \sum m_j$ – реакция идет с выделением энергии, а при$\sum m_i < \sum m_j$ – реакция идет с поглощением энергии, *c* – скорость света в вакууме.

$dN = -\lambda \cdot N \cdot dt$ ($\Delta N = -\lambda \cdot N \cdot \Delta t$) — dN – число ядер, распавшихся за промежуток времени от t до t + dt, N – число нераспавшихся ядер к моменту времени t, λ – постоянная распада.

$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0{,}693}{\lambda}$ — T – период полураспада – время, за которое исходное число радиоактивных ядер уменьшается в 2 раза.

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

$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ — закон радиоактивного распада: N_0 – начальное число нераспавшихся ядер (в момент времени t = 0); N – число нераспавшихся ядер к моменту времени t; T – период полураспада; λ – постоянная распада – равна доле ядер, распадающихся в единицу времени, и имеет смысл вероятности распада ядра за 1 с.

$\Delta N = N_0 - N$ — ΔN – число ядер, распавшихся за время t.

$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{\ln 2} = \frac{T}{0{,}693}$ — τ – среднее время жизни радиоактивного ядра: λ – постоянная распада, T – период полураспада.

$A = \left|\frac{dN}{dt}\right| = |N'_t| = \lambda \cdot N$ — A – активность ядра (нуклида) равна числу распадов, происходящих за единицу времени.

${}^{A}X_{z} \rightarrow {}^{A-4}Y_{z-2} + {}^{4}He_{2}$ — правило смещения для α – распада

${}^{A}X_{z} \rightarrow {}^{A}Y_{z+1} + {}^{0}e_{-1}$ — правило смещения для β^- – распада

${}^{A}X_{z} \rightarrow {}^{A}Y_{z-1} + {}^{0}e_{+1}$ — правило смещения для β^+ – распада

$X + a \rightarrow Y + в$

X(a,в)Y — символическая запись ядерной реакции