



*Формулы  
по  
физике*

2011 г.

**Сборник формул по физике  
г. Саратов, ЛИЕН, кафедра физики, 2011 г.**

Сборник «Формулы по физике» представляет собой краткий справочник по основным формулам курса физики, предназначенный для учащихся лицея-интерната естественных наук.

**Лицей-интернат естественных наук**

**2011 г.**

# Механика

## Кинематика прямолинейного движения

- 1  $s_x = x - x_0$  – проекция перемещения на ось  $X$
- 2  $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$  – скорость равномерного прямолинейного движения
- 3  $v_{cp} = \frac{s}{t}$  – средняя скорость
- 4  $x = x_0 + v_x t$  – уравнение равномерного прямолинейного движения
- 5  $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$  – ускорение при равноускоренном движении
- 6  $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$  – скорость при равноускоренном движении
- 7  $\vec{s} = \frac{\vec{v} + \vec{v}_0}{2}t$  – перемещение при равноускоренном движении
- 8  $\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$  – зависимость перемещения при равноускоренном движении от времени
- 9  $s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$  – проекция перемещения при равноускоренном движении без времени
- 10  $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$  – уравнение равноускоренного движения

## Кинематика криволинейного движения

- 1  $\nu = \frac{N}{t}$  – частота обращения
- 2  $T = \frac{t}{N}$  – период обращения
- 3  $T = \frac{1}{\nu}$  – связь между периодом и частотой обращения
- 4  $v = \frac{s}{t}$  – линейная скорость
- 5  $v = \frac{2\pi r}{T}$  – линейная скорость, выраженная через период обращения
- 6  $v = 2\pi r \nu$  – линейная скорость, выраженная через частоту обращения
- 7  $\omega = \frac{\varphi}{t}$  – угловая скорость

- 8  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  – угловая скорость, выраженная через период обращения
- 9  $\omega = 2\pi\nu$  – угловая скорость, выраженная через частоту обращения
- 10  $v = \omega r$  – формула связи между линейной и угловой скоростью
- 11  $a = \frac{v^2}{r}$  – центростремительное ускорение, выраженное через линейную скорость
- 12  $a = \omega^2 r$  – центростремительное ускорение, выраженное через угловую скорость

### Динамика

- 1  $\vec{a} = \frac{\vec{F}_R}{m}$  – второй закон Ньютона
- 2  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$  – третий закон Ньютона
- 3  $F_{mp} = \mu N$  – модуль силы трения
- 4  $F_{упр,x} = -kx$  – проекция силы упругости
- 5  $\vec{F} = m\vec{g}$  – сила тяжести
- 6  $\vec{P} = m\vec{g}$  – вес тела на неподвижной или равномерно движущейся опоре (подвесе)
- 7  $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$  – вес тела на опоре (подвесе), движущейся с ускорением
- 8  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  – закон всемирного тяготения
- 9  $g = G \frac{M}{(R+h)^2}$  – ускорение свободного падения
- 10  $v = \sqrt{G \frac{M}{R}}$  – 1-ая космическая скорость
- 11  $\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$  – второй закон Ньютона в импульсной форме
- 12  $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$  – закон сохранения импульса для двух тел

### Статика

- 1  $M = F \cdot d$  – момент силы относительно оси вращения
- 2  $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{0}$  – условие равновесия тела, не имеющего оси вращения
- 3  $\sum_{i=1}^n M_i = 0$  – условие равновесия тела, имеющего ось вращения

## Гидростатика

- 1  $\rho = \frac{m}{V}$  – плотность вещества
- 2  $p = \frac{F}{S}$  – давление
- 3  $p = \rho gh$  – зависимость давления жидкости от высоты ее столба
- 4  $F_{дно} = \rho gHS_{дно}$  – сила давления жидкости на дно сосуда
- 5  $F_{бок} = \frac{1}{2} \rho gHS_{бок}$  – сила давления жидкости на боковую поверхность сосуда
- 6  $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$  – закон сообщающихся сосудов для разнородных жидкостей
- 7  $F_A = \rho gV$  – закон Архимеда
- 8  $F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$  – формула связи модулей сил, действующих на поршни гидравлической машины

## Работа, энергия, мощность

- 1  $A = F \cdot s \cdot \cos\alpha$  – работа постоянной силы
- 2  $A = -F_{мп} \cdot s$  – работа силы трения
- 3  $A = mg(h_1 - h_2)$  – работа силы тяжести
- 4  $A = \frac{k}{2}(x_1^2 - x_2^2)$  – работа силы упругости
- 5  $N = F \cdot v$  – мощность при равномерном прямолинейном движении
- 6  $N = \frac{A}{t}$  – мощность
- 7  $E_k = \frac{mv^2}{2}$  – кинетическая энергия тела
- 8  $E_p = mgh$  – потенциальная энергия тела
- 9  $E_p = \frac{kx^2}{2}$  – потенциальная энергия упруго деформированного тела
- 10  $E = E_k + E_p = const$  – полная механическая энергия замкнутой системы тел
- 11  $A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$  – теорема о кинетической энергии тела
- 12  $\eta = \frac{A_n}{A}; \eta = \frac{N_n}{N}$  – коэффициент полезного действия

## Колебания и волны

- 1  $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$  – зависимость координаты колеблющегося тела от времени
- 2  $v_x = v_m \cos(\omega t + \varphi_0)$  – зависимость проекции скорости колеблющегося тела от времени
- 3  $a_x = -a_m \sin(\omega t + \varphi_0)$  – зависимость проекции ускорения колеблющегося тела от времени
- 4  $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$  – циклическая частота
- 5  $T = \frac{1}{\nu}; \nu = \frac{1}{T}$  – связь между периодом и частотой колебаний
- 6  $v_m = \omega A$  – максимальная скорость колеблющегося тела
- 7  $a_m = -\omega^2 A$  – максимальное ускорение колеблющегося тела
- 8  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$  – период колебаний пружинного маятника
- 9  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  – период колебаний математического маятника
- 10  $\frac{kA^2}{2} = \frac{mv_x^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_m^2}{2}$  – полная энергия колеблющегося на пружине тела
- 11  $\lambda = vT$  – длина волны

## Молекулярная физика

- 1  $\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$  – количество вещества
- 2  $M = m_0 N_A$  – молярная масса
- 3  $p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2$  – основное уравнение МКТ идеального газа, записанное через средний квадрат скорости движения молекул
- 4  $p = \frac{2}{3} n \bar{E}$  – основное уравнение МКТ идеального газа, записанное через среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул
- 5  $p = nkT$  – зависимость давления газа от концентрации его молекул и температуры
- 6  $\bar{E} = \frac{3}{2} kT$  – зависимость средней кинетической энергии поступательного движения молекул от температуры

- 7  $v = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$  – зависимость средней квадратичной скорости движения молекул от температуры
- 8  $\frac{pV}{T} = const$  – уравнение Клапейрона
- 9  $pV = \frac{m}{M} RT$  – уравнение Менделеева-Клапейрона
- 10  $pV = const \cdot n \mu T = const$  – закон Бойля-Мариотта
- 11  $\frac{V}{T} = const \cdot n \mu p = const$  – закон Гей-Люссака
- 12  $\frac{p}{T} = const \cdot n \mu V = const$  – закон Шарля

## Термодинамика

- 1  $U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} RT$  – внутренняя энергия идеального газа
- 2  $Q = cm(t_2 - t_1)$  – количество теплоты, поглощаемое или выделяемое телом при изменении его температуры
- 3  $C = cm$  – теплоемкость тела
- 4  $Q_n = rm$  – количество теплоты, необходимое для превращения жидкости, взятой при температуре кипения, в пар
- 5  $Q_{пл} = \lambda m$  – количество теплоты, необходимое для плавления кристаллического вещества, взятого при температуре плавления
- 6  $Q_{сж} = -qm$  – количество теплоты, выделяемое при полном сгорании данной массы топлива
- 7  $A' = p\Delta V$  – работа, совершенная газом
- 8  $Q = \Delta U + A'$  – уравнение первого начала термодинамики
- 9  $\sum_{i=1}^n Q_i = 0$  – уравнение теплового баланса
- 10  $\eta = \frac{A'}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$  – КПД теплового двигателя
- 11  $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$  – КПД идеальной тепловой машины

# Электродинамика

## Электростатика

- 1 
$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2}$$
 – закон Кулона
- 2 
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{А} \cdot \text{м}}{\text{В} \cdot \text{м}^2}$$
- 3 
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$
 – напряженность электростатического поля
- 4 
$$E = k \frac{|q|}{\epsilon r^2}$$
 – модуль напряженности электростатического поля точечного заряда
- 5 
$$E = k \frac{|q_u|}{\epsilon (R + r)^2}$$
 – модуль напряженности электростатического поля, заряженного шара
- 6 
$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$
 – принцип суперпозиции электрических полей
- 7 
$$\varphi = \frac{W_p}{q}$$
 – потенциал электростатического поля
- 8 
$$\varphi = k \frac{q}{\epsilon r}$$
 – потенциал электростатического поля точечного заряда
- 9 
$$\varphi = k \frac{q_u}{\epsilon (R + r)}$$
 – потенциал электростатического поля заряженного шара
- 10 
$$\varphi = E \cdot d$$
 – потенциал однородного электростатического поля
- 11 
$$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i$$
 – потенциал электростатического поля системы зарядов
- 12 
$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$$
 – работа по перемещению зарядов в электрическом поле
- 13 
$$E = \frac{U}{d}$$
 – связь между модулем напряженности и напряжением для однородного электростатического поля
- 14 
$$W = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r}$$
 – потенциальная энергия взаимодействия двух электрических зарядов
- 15 
$$C = \frac{q}{U}$$
 – емкость конденсатора

- 15  $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$  – емкость плоского конденсатора
- 16  $C = \sum_{i=1}^n C_i$  – емкость параллельно соединенных конденсаторов
- 17  $\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$  – величина, обратная емкости последовательно соединенных конденсаторов
- 18  $W = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$  – энергия электрического поля конденсатора
- 19  $\sigma = \frac{q}{S}$  – поверхностная плотность заряда

### Постоянный электрический ток

- 1  $I = \frac{q}{t}$  – сила электрического тока
- 2  $I = q_0 n v S$  – зависимость силы тока от заряда, концентрации, скорости и площади поперечного сечения проводника
- 3  $j = \frac{I}{S}$  – модуль плотности электрического тока
- 4  $I = \frac{U}{R}$  – закон Ома для участка цепи
- 5  $R = \rho \frac{l}{S}$  – зависимость сопротивления от рода вещества, длины и поперечного сечения проводника
- 6  $R = R_0(1 + \alpha t)$  – зависимость сопротивления проводника от температуры
- 7  $R = \sum_{i=1}^n R_i$  – сопротивление последовательно соединенных резисторов
- 8  $\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$  – величина, обратная сопротивлению параллельно соединенных резисторов
- 9  $A = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$  – работа электрического тока
- 10  $P = \frac{A}{t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$  – мощность электрического тока
- 11  $Q = I^2 R t$  – закон Джоуля-Ленца

- 12  $\mathcal{E} = \frac{A_{em}}{q}$  – электродвижущая сила источника тока (ЭДС)
- 13  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$  – закон Ома для полной цепи
- 14  $I = \frac{n\mathcal{E}}{R + nr}$  – сила тока в полной цепи с  $n$  последовательно соединенными одинаковыми элементами ЭДС
- 15  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + \frac{r}{n}}$  – сила тока в неразветвленной части полной цепи с  $n$  параллельно соединенными одинаковыми элементами ЭДС
- 16  $m = kIt$  – закон Фарадея для электролиза

### Магнитное поле электрического тока

- 1  $\hat{A} = \frac{M_{\max}}{IS} = \frac{F_{\max}}{I \cdot \Delta l}$  – модуль вектора магнитной индукции
- 2  $F = IB\Delta l \sin \alpha$  – закон Ампера
- 3  $F = |q|vB \sin \alpha$  – модуль силы Лоренца
- 4  $mv = qBR$  – импульс заряженной частицы, движущейся по окружности в магнитном поле
- 5  $\Phi = BS \cos \alpha$  – магнитный поток

### Электромагнитная индукция

- 1  $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  – закон электромагнитной индукции
- 2  $\Phi = LI$  – магнитный поток через поверхность, ограниченную контуром
- 3  $\mathcal{E}_m = \omega\Phi_m$  – максимальное значение ЭДС, возникающее в рамке, равномерно вращающейся в магнитном поле
- 4  $\mathcal{E}_{is} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$  – ЭДС самоиндукции
- 5  $\mathcal{E} = Bvl \sin \alpha$  – ЭДС индукции в движущихся проводниках
- 6  $q = \frac{\Delta\Phi}{R}$  – электрический заряд, протекающий по замкнутому контуру, при изменении магнитного потока пронизывающего контур

## Электромагнитные колебания

- 1  $q = q_m \sin(\omega t + \varphi_0)$  – зависимость заряда на обкладках конденсатора в колебательном контуре от времени
- 2  $u = U_m \sin(\omega t + \varphi_0)$  – зависимость напряжения на обкладках конденсатора в колебательном контуре от времени
- 3  $i = I_m \cos(\omega t + \varphi_0)$  – зависимость силы тока в колебательном контуре от времени
- 4  $I_m = \omega q_m$  – максимальное значение силы тока при электромагнитных колебаниях
- 5  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  – период собственных колебаний колебательного контура (формула Томсона)
- 6  $W_m = \frac{Li^2}{2}$  – энергия магнитного поля
- 7  $\frac{q_m^2}{2C} = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$  – полная энергия электромагнитного поля в колебательном контуре
- $I_d = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$  – действующее значение силы переменного электрического тока
- $U_d = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$  – действующее значение переменного напряжения
- $X_L = \omega L$  – индуктивное сопротивление
- $X_C = \frac{1}{\omega C}$  – емкостное сопротивление
- $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$  – полное сопротивление цепи переменного тока
- $I = \frac{U}{Z}$  – закон Ома для участка цепи переменного тока

## Оптика

- 1  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$  –закон преломления света
- 2  $n = \frac{c}{v}$  –абсолютный показатель преломления
- 3  $\pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{f} \pm \frac{1}{d}$  –формула тонкой линзы

- 4  $D = \frac{1}{F}$  -оптическая сила линзы
- 5  $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$  -линейное увеличение линзы
- 6  $\Delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$  - условие интерференционного минимума
- 7  $\Delta = k\lambda$  - условие интерференционного максимума
- 8  $d \sin \varphi = k\lambda$  -условие максимумов дифракционной решетки

## Элементы теории относительности

- 1  $v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}}$  – релятивистский закон сложения скоростей
- 2  $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  – длина стержня в инерциальной системе, относительно которой он движется со скоростью  $\vec{v}$
- 3  $\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  – интервал времени между двумя событиями в точке, которая движется относительно инерциальной системы со скоростью  $\vec{v}$
- 4  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  – зависимость массы тела от его скорости
- 5  $E = mc^2$  – связь между массой и энергией

## Квантовая физика, атомная и ядерная физика

- 1  $E = h\nu$  – энергия фотона
- 2  $p = mc = \frac{h\nu}{c}$  – импульс фотона
- 3  $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$  – уравнение Эйнштейна для фотоэффекта
- 4  $A = h\nu_{min} = h \frac{c}{\lambda_{кр}}$  – работа выхода
- 5  $\frac{mv^2}{2} = eU_3$  – условие прекращения фотоэффекта

- 6  $h\nu = E_n - E_m$  – 2-ой постулат Бора
- 7  $\lambda = \frac{h}{mv}$  – длина волны де-Бройля
- 8  $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$  – закон радиоактивного распада
- 9  $\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}$  – дефект масс
- 10  $E_{\text{св}} = \Delta Mc^2$  – энергия связи атомных ядер

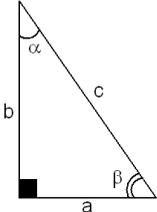
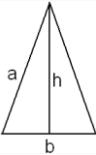
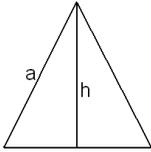
### Универсальные физические постоянные

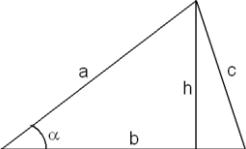
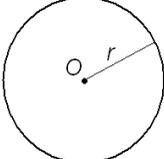
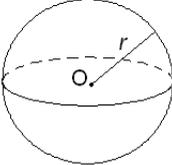
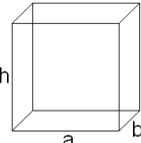
Название	Обозначение	Численное значение
Ускорение свободного падения	$g$	9,81 м/с <sup>2</sup>
Гравитационная постоянная	$G$	6,67·10 <sup>-11</sup> Н·м/кг <sup>2</sup>
Универсальная газовая постоянная	$R$	8,31 Дж/(К·моль)
Число молекул в моле вещества (число Авогадро)	$N_A$	6,02·10 <sup>23</sup> моль <sup>-1</sup>
Постоянная Больцмана	$k$	1,38·10 <sup>-23</sup> Дж/К
Атомная единица массы	$a.e.m$	1,66·10 <sup>-27</sup> кг
Масса покоя электрона	$m_e$	9,1·10 <sup>-31</sup> кг = 5,486·10 <sup>-4</sup> а.е.м.
Масса покоя протона	$m_p$	1,67·10 <sup>-27</sup> кг = 1,007227 а.е.м.
Масса покоя нейтрона	$m_n$	1,68·10 <sup>-27</sup> кг = 1,007825 а.е.м.
Элементарный заряд	$e$	-1,6·10 <sup>-19</sup> Кл
Электрическая постоянная	$\epsilon_0$	8,85·10 <sup>-12</sup> Ф/м
Постоянная Планка	$h$	6,626·10 <sup>-34</sup> Дж·с
Скорость света в вакууме	$c$	3·10 <sup>8</sup> м/с

## Множители для образования кратны и дольных единиц СИ

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
пета	П	$10^{15}$	деци	д	$10^{-1}$
тера	Т	$10^{12}$	санти	с	$10^{-2}$
гига	Г	$10^9$	милли	м	$10^{-3}$
мега	М	$10^6$	микро	мк	$10^{-6}$
кило	к	$10^3$	нано	н	$10^{-9}$
гекто	г	$10^2$	пико	п	$10^{-12}$
дека	да	$10^1$	фемто	ф	$10^{-15}$

## Справочные материалы по математике

	$\sin \alpha = \frac{a}{c}$
	$\cos \alpha = \frac{b}{c}$
	$\operatorname{tga} = \frac{a}{b}$
<b>Теорема Пифагора</b>	$c^2 = a^2 + b^2$
<b>Теорема косинусов</b>	$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha$
	<p style="text-align: center;"><b>Равнобедренный треугольник</b></p> $h = \sqrt{a^2 - \frac{b^2}{4}}$
	<p style="text-align: center;"><b>Равносторонний треугольник</b></p> $h = a \frac{\sqrt{3}}{2}$ $S = a^2 \frac{\sqrt{3}}{4}$

	<p><b>Произвольный треугольник</b></p> $S = \frac{1}{2} b \cdot h$
	<p><b>Окружность</b>  <math>L = 2\pi r</math>  <b>Площадь круга</b>  <math>S = \pi r^2</math></p>
	<p><b>Площадь поверхности сферы</b>  <math>S = 4\pi r^2</math>  <b>Объем шара</b>  <math>V = \frac{4}{3} \pi r^3</math></p>
	<p><b>Параллелепипед</b>  <i>Площадь основания</i> <math>S_{осн} = a \cdot b</math>  <i>Объем</i>  <math>V = S_{осн} \cdot h = abh</math></p>

### Значения тригонометрических функций

	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
$\operatorname{tg} \alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	-
$\operatorname{ctg} \alpha$	-	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0

