

МПС РФ  
Омский государственный университет путей сообщения  
Факультет довузовской подготовки и профориентации  
Кафедра физики и химии

**КРАТКИЙ СПРАВОЧНИК  
ПО ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ФИЗИКЕ  
(7–11 классы)**

ОМСК 2004

# МЕХАНИКА

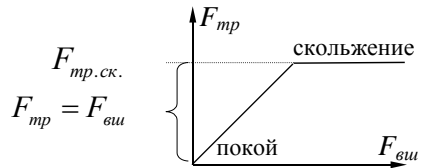
## Кинематика материальной точки

Проекции перемещения на координатные оси	$s_x = x_2 - x_1, \quad s_y = y_2 - y_1$
Скорость, перемещение и координата при равномерном движении (движении с постоянной скоростью $\vec{v} = const$ )	$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}, \quad \vec{s} = \vec{v}t, \quad x = x_0 + v_x t$
Сложение скоростей в нерелятивистском случае (относительность движения)	$\vec{v}_{(мат.точки \text{ отн. неподв. } CO)} =$ $= \vec{v}'_{(мат.точки \text{ отн. подв. } CO)} +$ $+ \vec{u}_{(подв. CO \text{ отн. неподв. } CO)}$ или $\vec{v}'_{(21)} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$
<p>Формулы кинематики равноускоренного движения (движения с постоянным ускорением <math>\vec{a} = const</math>).</p> <p>При свободном падении тела <math>\vec{a} = \vec{g}</math>.</p>	$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$ $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$ $\vec{s} = \frac{\vec{v} + \vec{v}_0}{2} t$ $v^2 - v_0^2 = 2 \vec{a} \vec{s}$ $x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$
Скорость и перемещение при неравномерном (произвольном) движении.	$\vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt}, \quad \vec{s} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{v}(t) dt$
Ускорение и скорость при произвольном движении	$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad \vec{v} = \vec{v}_0 + \int_{t_0}^t \vec{a}(t) dt$
Средняя скорость	$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\vec{s}_1 + \vec{s}_2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots} = \frac{\vec{s}}{t}$
Средняя путевая скорость	$\langle v \rangle = \frac{\ell_1 + \ell_2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots} = \frac{\ell}{t}$

Центростремительное (нормальное) ускорение при движении по окружности	$a_n = \frac{v^2}{R} = 4\pi^2 n^2 R = w^2 R$
Период и частота обращения	$T = \frac{\ell}{v} = \frac{2\pi R}{v}, n = \frac{1}{T}, T = \frac{t}{N}$
Угловая скорость при равномерном вращении и ее связь с частотой вращения и периодом	$w = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi N}{t} = 2\pi n = \frac{2\pi}{T}$
Путь при движении с постоянной по модулю скоростью	$\ell = vt$
Связь линейной скорости точки на окружности и нормального ускорения с угловой скоростью	$v = wR, a_n = w^2 R$

#### Динамика материальной точки

Второй закон Ньютона	$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$
Третий закон Ньютона	$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$
Условие равновесия материальной точки	$\vec{F}_{рез} = \Sigma \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0$
Уравнение движения	$m\vec{a} = \Sigma \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$
Закон Гука	$(F_{уп})_x = -kx, F_{уп} = k \ell - \ell_0 $
Закон всемирного тяготения	$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$
Сила тяжести	$\vec{F}_{тяж} = m\vec{g}$

Сила трения скольжения	$F_{тр} = \mu N$
Сила трения покоя	
Выталкивающая сила (сила Архимеда)	$F_A = \rho_{жс} g V$
Давление столба жидкости (газа)	$p = p_0 + \rho g h$
Плотность	$\rho = \frac{m}{V}$
Гидравлический пресс	$p = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$

### Статика

Момент силы	$M = F\ell = Fr \sin \alpha$
Условия равновесия тела	$\vec{F}_{рез} = \Sigma \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0,$ $M_{рез_z} = \Sigma M_{iz} = M_{1z} + M_{2z} + \dots = 0$

### Законы сохранения

Импульс тела	$\vec{p} = m\vec{v}$
Закон сохранения импульса (в замкнутой системе тел)	$\sum_{i=1}^n \vec{p}_i = const$
Кинетическая энергия тела	$W_k = \frac{mv^2}{2}$

Потенциальная энергия силы тяжести	$W_p = mgh$
Потенциальная энергия силы упругости	$W_p = \frac{kx^2}{2}$
Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия	$W_p = -G \frac{m_1 m_2}{r}$
Механическая работа (работа силы)	$A = F s \cos \alpha$ (при $\vec{F} = const$ )
Мощность	$P = \frac{A}{t}, \quad P = \vec{F} \vec{v}$
Теорема о кинетической энергии	$A = W_{k2} - W_{k1}$
Работа консервативной силы	$A = -(W_{p2} - W_{p1}) = -\Delta W_p$
Механическая энергия тела	$W_{мех} = W_k + W_p$
Закон сохранения механической энергии (в замкнутой системе при отсутствии сил трения)	$W_{мех} = const$ $W_{k1} + W_{p1} = W_{k2} + W_{p2}$
Закон сохранения энергии (в замкнутой системе тел)	$W = const$
Коэффициент полезного действия	$\eta = \frac{A_{полезная}}{A_{совершенная}} = \frac{P_{полезная}}{P_{затраченная}}$
Применение законов сохранения импульса и энергии к абсолютно упругому удару двух тел	$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$ $\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}$
Применение законов сохранения импульса и энергии к абсолютно неупругому удару двух тел	$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}$ $\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) u^2}{2} + \Delta W_{вн}$

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

### Молекулярная физика

Количество вещества, молярная масса	$\nu = \frac{N}{N_A}, \quad M = m_0 N_A, \quad \nu = \frac{m}{M}$
Концентрация молекул, давление	$n = \frac{N}{V}, \quad p = \frac{\langle F_{\perp} \rangle}{S}$
Основное уравнение молекулярно-кинетической теории	$p = \frac{1}{3} m_0 n \langle v^2 \rangle, \quad p = \frac{2}{3} n \langle W_k \rangle$
Температура как мера средней кинетической энергии поступательного движения молекул	$\langle W_k \rangle = \frac{3}{2} k_B T$
Среднеквадратичная скорость движения молекул	$v_{ср. кв.} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$
Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева–Клапейрона)	$p = nk_B T, \quad pV = \frac{m}{M} RT$
Закон Дальтона о парциальных давлениях смеси газов	$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots$
Закон Бойля-Мариотта (при $m = const, T = const$ )	$pV = const, \quad p_1 V_1 = p_2 V_2$
Закон Гей-Люссака (при $m = const, p = const$ )	$\frac{V}{T} = const, \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
Закон Шарля (при $m = const, V = const$ )	$\frac{p}{T} = const, \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$
Закон Авогадро (при нормальных условиях)	$V _{V=1 \text{ моль}} = 22,4 \text{ л}$

### Термодинамика

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа, изменение внутренней энергии	$W_{\text{вн}} = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT, \Delta W_{\text{вн}} = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$
Внутренняя энергия идеального многоатомного газа	$W_{\text{вн}} = \frac{i}{2} \frac{m}{M} RT$
Работа газа при расширении, ( $p = \text{const}$ )	$A = p(V_2 - V_1) = p \Delta V$
Работа газа при расширении в произвольном процессе	$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$
Теплоемкость, удельная теплоемкость, молярная теплоемкость	$C = \frac{Q}{\Delta T}, c_m = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m \Delta T}, c_v = \frac{C}{\nu}$
Теплота, необходимая при нагревании тела или отдаваемая телом при остывании	$Q_n = cm(t_{\kappa}^o - t_n^o)$
Теплота парообразования (конденсации)	$Q_n = rm \quad (Q_{\kappa} = -rm)$
Теплота плавления (кристаллизации)	$Q_{\text{пл}} = \lambda m, \quad (Q_{\kappa p} = -\lambda m)$
Теплота сгорания топлива	$Q_{\text{сг}} = -qm$
Первый закон термодинамики	$Q = \Delta W_{\text{вн}} + A$
Адиабатный процесс	$Q = \Delta W_{\text{вн}} + A = 0$
Уравнение теплового баланса	$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = 0$
КПД тепловой машины, КПД идеальной тепловой машины	$\eta = \frac{A}{Q_n} = \frac{Q_n - Q'_x}{Q_n}, \eta_{\text{max}} = \frac{T_n - T_x}{T_n}$

## ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

### Электростатика

Дискретность электрического заряда	$q = \pm Ne, N = 1, 2, 3, \dots$
Закон сохранения электрического заряда	$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const}$
Закон Кулона (сила взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов в вакууме)	$F = k_e \frac{ q_1  q_2 }{r^2}, k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
Сила взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов в однородном диэлектрике (Закон Кулона для взаимодействия зарядов в среде)	$F = k_e \frac{ q_1  q_2 }{\epsilon r^2}$
Напряженность электростатического поля	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
Сила, действующая на заряд, находящийся в электростатическом поле	$\vec{F} = q\vec{E}$
Модуль напряженности электростатического поля точечного заряда (в вакууме $\epsilon = 1$ )	$E = k_e \frac{ q }{r^2}$
Модуль напряженности электростатического поля заряженной сферы радиуса $R$ (в вакууме $\epsilon = 1$ )	$E = \begin{cases} k_e \frac{ q }{\epsilon r^2}, & r > R \\ 0, & r < R \end{cases}$
Принцип суперпозиции полей	$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$
Диэлектрическая проницаемость вещества	$\epsilon = \frac{E_0}{E}$
Потенциальная энергия заряда на расстоянии $x$ от отрицательно заряженной пластины в плоском конденсаторе	$W_p = qEx$



Потенциальная энергия взаимодействия двух точечных зарядов	$W_p = k_e \frac{q_1 q_2}{r}$
Потенциал электростатического поля	$\varphi = \frac{W_p}{q}$
Потенциал поля точечного заряда (в вакууме $\varepsilon = 1$ )	$\varphi = k_e \frac{q}{\varepsilon r}$
Потенциал электростатического поля заряженной сферы радиуса $R$ (в вакууме $\varepsilon = 1$ )	$\varphi = \begin{cases} k_e \frac{q}{\varepsilon r}, & r \geq R \\ k_e \frac{q}{\varepsilon R}, & r \leq R \end{cases}$
Потенциал поля, созданного точечными зарядами (следствие принципа суперпозиции полей)	$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$
Работа электрического поля	$A = -\Delta W_p = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$
Связь между напряженностью однородного электрического поля и разностью потенциалов	$E = \frac{U}{\Delta d}$
Емкость конденсаторов	$C = \frac{q}{U}$
Емкость плоского конденсатора, заряженной сферы	$C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}, \quad C = 4\pi\varepsilon_0 R$
Энергия заряженного конденсатора (электрического поля)	$W_p = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$
Объемная плотность энергии плоского конденсатора (энергия единицы объема)	$w_p = \frac{W_p}{V} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}$
Параллельное соединение конденсаторов	$\begin{aligned} C &= C_1 + C_2 + \dots \\ q &= q_1 + q_2 + \dots + q_n \\ U &= U_1 = U_2 = \dots = U_n \end{aligned}$

Последовательное соединение конденсаторов	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$ $q_1 = q_2 = \dots = q_n = q$ $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$
---	---

### Постоянный электрический ток

Сила тока	$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}, \quad I = q_0 n v_{\partial p} S$
Квазистационарный ток	$i = \frac{dq}{dt}, \quad q = \int_{t_1}^{t_2} i(t) dt$
Плотность тока	$j = \frac{I}{S}, \quad \vec{j} = q_0 n \vec{v}_{\partial p}$
Закон Ома для участка цепи	$I = \frac{U}{R}$
Сопротивление проводников постоянного сечения	$R = \rho_e \frac{l}{S_{сеч}}$
Последовательное соединение проводников	$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ $I_1 = I_2 = \dots = I_n = I$ $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$
Параллельное соединение проводников	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$ $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ $U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$
Закон Джоуля–Ленца	$Q = IU\Delta t = I^2 R \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t$
Мощность тока	$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$

Электродвижущая сила	$\mathcal{E} = \frac{A_{cm}}{q}$
Закон Ома для замкнутой цепи, содержащей ЭДС	$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$
Закон Фарадея	$m = kI \Delta t, \quad k = \frac{1}{eN_A} \frac{M}{n}$

### Магнетизм

Закон Ампера	$F = k_m \frac{2I_1 I_2}{b} \ell, \quad k_m = \frac{\mu_0}{4\pi}$
Сила Ампера	$F_A = B I \Delta \ell \sin \alpha$
Сила Лоренца	$F_L =  q  v B \sin \alpha$

### Электромагнитная индукция

Магнитный поток	$\Phi = BS \cos \alpha$
Закон электромагнитной индукции Фарадея–Ленца	$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, \quad \mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}$
ЭДС индукции, возникающая в катушке, имеющей $N$ витков ( $\Phi_N$ – полный поток, пронизывающий $N$ витков катушки)	$\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, \quad \mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi_N}{dt},$ $\Phi_N = N\Phi$
ЭДС индукции в движущихся проводниках	$\mathcal{E}_i = B \ell v \sin \alpha$ $\mathcal{E}_i = \frac{1}{2} B \ell^2 \omega = \pi n B \ell^2$
ЭДС самоиндукции	$\mathcal{E}_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad \mathcal{E}_{is} = -L \frac{dI}{dt}$
Индуктивность	$\Phi_N = N\Phi = LI$
Энергия магнитного поля	$W_M = \frac{LI^2}{2}$

# Периодическая система химических

периоды	ряды	группы						
		I	II	III	IV	V		
I	1	<b>H</b> 1 1s <sup>1</sup> Водород						
II	2	<b>Li</b> 3 2s <sup>1</sup> Литий	<b>Be</b> 4 2s <sup>2</sup> Бериллий	<b>B</b> 5 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup> Бор	<b>C</b> 6 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> Углерод	<b>N</b> 7 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> Азот		
III	3	<b>Na</b> 11 3s <sup>1</sup> Натрий	<b>Mg</b> 12 3s <sup>2</sup> Магний	<b>Al</b> 13 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> Алюминий	<b>Si</b> 14 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> Кремний	<b>P</b> 15 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> Фосфор		
IV	4	<b>K</b> 19 4s <sup>1</sup> Калий	<b>Ca</b> 20 4s <sup>2</sup> Кальций	21 4d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> Скандий	<b>Sc</b> 22 4d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> Титан	<b>Ti</b> 23 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> Ванадий		
	5	29 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> Медь	<b>Cu</b> 30 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> Цинк	<b>Zn</b> 31 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> Галлий	<b>Ga</b> 32 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> Германий	<b>Ge</b> 33 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> Мышьяк		
V	6	<b>Rb</b> 37 5s <sup>1</sup> Рубидий	<b>Sr</b> 38 5s <sup>2</sup> Стронций	39 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> Иттрий	<b>Y</b> 40 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> Цирконий	<b>Zr</b> 41 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> Ниобий		
	7	47 4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> Серебро	<b>Ag</b> 48 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> Кадмий	<b>In</b> 49 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> Индий	<b>Sn</b> 50 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> Олово	<b>Sb</b> 51 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> Сурьма		
VI	8	<b>Cs</b> 55 6s <sup>1</sup> Цезий	<b>Ba</b> 56 6s <sup>2</sup> Барий	57 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Лантан	<b>La*</b> 72 4f <sup>14</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> Гафний	<b>Hf</b> 73 4f <sup>14</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> Тантал		
	9	79 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> Золото	<b>Au</b> 80 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> Ртуть	<b>Hg</b> 81 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup> Таллий	<b>Pb</b> 82 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup> Свинец	<b>Bi</b> 83 6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup> Висмут		
VII	10	<b>Fr</b> 87 7s <sup>1</sup> Франций	<b>Ra</b> 88 7s <sup>2</sup> Радий	89 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Актиний	<b>Ac**</b> 104 5f <sup>14</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> Резерфордий	<b>Rf</b> 105 5f <sup>14</sup> 6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup> Дубний		
	11	111 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>1</sup> Рентгений	<b>Rg</b> 112 5f <sup>14</sup> 6d <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> Коперниций	<b>Cn</b> 113 7s <sup>2</sup> 7p <sup>1</sup> Нихоний	<b>Nh</b> 114 7s <sup>2</sup> 7p <sup>2</sup> Флеровий	<b>Fl</b> 115 7s <sup>2</sup> 7p <sup>3</sup> Московский		
высшие оксиды		R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
летучие водородные соединения					RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>		
* лантаноиды		58 Ce 140,12 4f <sup>1</sup> 5s <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Церий	59 Pr 140,908 4f <sup>2</sup> 5s <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Прозеодим	60 Nd 144,242 4f <sup>3</sup> 5s <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Неодим	61 Pm [145] 4f <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Прометий	62 Sm 150,35 4f <sup>6</sup> 5s <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Самарий	63 Eu 151,96 4f <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Европий	64 Gd 157,25 4f <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Гадолиний
** актиноиды		90 Th 232,038 5f <sup>0</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> Торий	91 Pa 231,036 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Протактиний	92 U 238,03 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Уран	93 Np [237] 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Нептуний	94 Pu [244] 5f <sup>6</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> Плутоний	95 Am [243] 5f <sup>7</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> Америций	96 Cm [247] 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Кюрий

# ких элементов Д.И. Менделеева

## Ы ЭЛЕМЕНТОВ

VI	VII	VIII					
	(H)	<div> <div>Символ элемента</div> <div>Порядковый номер</div> <div>Электронная конфигурация внешнего слоя</div> <div>Название элемента</div> </div>					
		<div> <div>К</div> <div>19</div> <div>4s<sup>1</sup></div> <div>Калий</div> <div>39,102</div> <div>Относительная атомная масса (а.е.м.)</div> </div>					
<b>O</b> 8 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> 15,9994 Кислород	<b>F</b> 9 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup> 18,9984 Фтор						
<b>S</b> 16 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 32,064 Сера	<b>Cl</b> 17 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> 35,453 Хлор						
<b>24</b> <b>Cr</b> 51,996 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> Хром	<b>25</b> <b>Mn</b> 54,938 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> Марганец	<b>26</b> <b>Fe</b> 55,847 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> Железо	<b>27</b> <b>Co</b> 58,9332 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> Кобальт	<b>28</b> <b>Ni</b> 58,71 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> Никель			
<b>Se</b> 34 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> 78,96 Селен	<b>Br</b> 35 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> 79,904 Бром	<div> <div>Li - металлы, образующие основные оксиды и основания</div> <div>Be - металлы, образующие амфотерные оксиды и гидроксиды</div> <div>B - неметаллы</div> </div>				<b>Kr</b> 36 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> 83,80 Криптон	
<b>42</b> <b>Mo</b> 95,94 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> Молибден	<b>43</b> <b>Tc</b> [99] 4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup> Технеций	<b>44</b> <b>Ru</b> 101,07 4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> Рутений	<b>45</b> <b>Rh</b> 102,905 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> Родий	<b>46</b> <b>Pd</b> 106,4 4d <sup>10</sup> 5s <sup>0</sup> Палладий			
<b>Te</b> 52 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> 127,60 Теллур	<b>I</b> 53 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup> 126,9044 Йод	<div> <div>s-элементы</div> <div>p-элементы</div> <div>d-элементы</div> <div>f-элементы</div> </div>				<b>Xe</b> 54 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> 131,30 Ксенон	
<b>74</b> <b>W</b> 183,85 4f <sup>14</sup> 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> Вольфрам	<b>75</b> <b>Re</b> 186,2 4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> Рений	<b>76</b> <b>Os</b> 190,2 4f <sup>14</sup> 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> Осмий	<b>77</b> <b>Ir</b> 192,2 4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> Иридий	<b>78</b> <b>Pt</b> 195,09 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup> Платина			
<b>Po</b> 84 6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup> [210] Полоний	<b>At</b> 85 6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup> [210] Астат	<div> <div>[293] - масса наиболее устойчивого изотопа</div> <div>1 а.е.м. = 1,66 × 10<sup>-27</sup> кг</div> </div>				<b>Rn</b> 86 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup> [222] Радон	
<b>106</b> <b>Sg</b> [263] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup> Сиборгий	<b>107</b> <b>Bh</b> [262] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup> Борий	<b>108</b> <b>Hs</b> [265] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> Хассий	<b>109</b> <b>Mt</b> [266] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> Мейтнерий	<b>110</b> <b>Ds</b> [271] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>9</sup> 7s <sup>1</sup> Дармштадтий			
<b>Lv</b> 116 7s <sup>2</sup> 7p <sup>4</sup> [293] Ливерморий	<b>Ts</b> 117 7s <sup>2</sup> 7p <sup>5</sup> [294] Теннессин					<b>Og</b> 118 7s <sup>2</sup> 7p <sup>6</sup> [294] Оганесон	
RO <sub>3</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		RO <sub>4</sub>			
H <sub>2</sub> R		HR					
<b>Gd</b> 65 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 159,924 Дольний	<b>Tb</b> 66 4f <sup>9</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> 162,50 Тербий	<b>Dy</b> 67 4f <sup>10</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> 164,930 Диспрозий	<b>Ho</b> 68 4f <sup>11</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> 167,26 Гольмий	<b>Er</b> 69 4f <sup>12</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> 168,934 Эрбий	<b>Tm</b> 70 4f <sup>13</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> 173,04 Тулий	<b>Yb</b> 71 4f <sup>14</sup> 5d <sup>0</sup> 6s <sup>2</sup> 174,97 Иттербий	<b>Lu</b> 71 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Лютетий
<b>Cm</b> 97 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> [247] Кюри	<b>Bk</b> 98 5f <sup>9</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> [249] Беркли	<b>Cf</b> 99 5f <sup>10</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> [254] Калифорний	<b>Es</b> 100 5f <sup>11</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> [253] Эйнштейний	<b>Fm</b> 101 5f <sup>12</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> [256] Фермий	<b>Md</b> 102 5f <sup>13</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> [255] Менделевий	<b>No</b> 103 5f <sup>14</sup> 6d <sup>0</sup> 7s <sup>2</sup> [257] Нобелий	<b>Lr</b> 103 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Лоуренсий

## КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

### Механические колебания и волны

Период, частота, циклическая частота и фаза колебаний	$T = \frac{t_N}{N}, \quad \nu = \frac{1}{T}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T},$ $\omega = 2\pi \nu, \quad \varphi = \omega t + \varphi_0$
Закон изменения координаты при гармонических колебаниях	$x = x_m \sin(\omega t + \varphi_0),$ $x = x_m \cos(\omega t + \varphi_0)$
Амплитуды скорости и ускорения	$\nu_m = \omega x_m, \quad a_m = \omega^2 x_m$
Периоды колебаний пружинного и математического маятников	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$
Длина волны	$\lambda = \nu T, \quad \lambda = \frac{\nu}{\nu}$
Энергия гармонических колебаний груза на пружине	$W = \frac{m\nu^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{m\nu_m^2}{2} = \frac{kx_m^2}{2}$

### Электромагнитные колебания и волны

Уравнение колебаний в колебательном контуре	$q'' = -\omega^2 q, \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
Закон изменения заряда конденсатора в колебательном контуре	$q = q_m \sin(\omega t + \varphi_0),$ $q = q_m \cos(\omega t + \varphi_0)$
Амплитуды напряжения и силы тока	$U_m = \frac{q_m}{C}, \quad I_m = \omega q_m$
Формула Томсона	$T = 2\pi\sqrt{LC}$
Энергия колебаний в колебательном контуре	$W = \frac{LI^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \frac{LI_m^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C}$
Длина волны ( $c$ – скорость света)	$\lambda = cT, \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$

### Оптика

Абсолютный и относительный показатель преломления	$n = \frac{c}{v}, \quad n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$
Законы отражения и преломления света ( $\alpha, \gamma, \beta$ – углы падения, отражения, преломления)	$\alpha = \gamma, \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$
Предельный угол полного внутреннего отражения	$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n_1} \Big _{n_{пу} \ n_2=1}$
Формула тонкой линзы (собирающая линза), оптическая сила линзы	$\frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \frac{1}{F}, \quad D = \frac{1}{F}$
Формула тонкой линзы (рассеивающая линза)	$\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}, \quad D = -\frac{1}{F}$
Линейное увеличение линзы	$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$
Оптическая разность хода	$\Delta = n_2 \ell_2 - n_1 \ell_1$
Условие максимума при наложении когерентных волн	$\Delta = m\lambda = 2m \frac{\lambda}{2}, \quad m = 0, 1, 2, \dots$
Условие минимума при наложении когерентных волн	$\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad m = 0, 1, 2, \dots$
Разность хода интерферирующих лучей в опыте Юнга	$\Delta = \frac{y d}{\ell}$
Условие главных максимумов при дифракции на дифракционной решетке	$d \sin \varphi_m = \pm m \lambda, \quad m = 0, 1, 2, \dots$

## СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Лоренцево сокращение длины	$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$
Замедление хода часов в движущейся системе отсчета	$\Delta t = \frac{\tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$
Сложение скоростей в релятивистской механике	$v = \frac{v' + u}{1 + \frac{v'u}{c^2}}$
Релятивистская масса	$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$
Релятивистский импульс	$\vec{p} = m\vec{v} = \frac{m_0\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$
Связь массы и энергии (Формула Эйнштейна), энергия покоя частицы	$W = mc^2, \quad W_0 = m_0 c^2$
Кинетическая энергия релятивистской частицы	$W_k = W - W_0 = mc^2 - m_0 c^2$

## КВАНТОВАЯ И АТОМНАЯ ФИЗИКА

### Квантовая физика

Энергия, масса и импульс фотона	$W = h\nu = \hbar\omega = \frac{hc}{\lambda} = mc^2$ $p = mc = \frac{W}{c} = \frac{h}{\lambda}$
Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта	$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2}$



Красная граница фотоэффекта	$A_{\text{был}} = h\nu_{\text{min}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}}$
Задерживающая разность потенциалов	$\frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2} = eU_{\text{задер.}}$

### Атомная физика

Условие квантования стационарных электронных орбит атома водорода (первый постулат Бора)	$m v_n r_n = n \hbar = n \frac{h}{2\pi}, n = 1, 2, \dots$
Энергетические уровни атома водорода	$W_n = -13,6 \frac{1}{n^2} (\text{эВ})$
Излучение и поглощение света атомом водорода (второй постулат Бора)	$h\nu_{kn} = \frac{hc}{\lambda_{kn}} = W_k - W_n$

### ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Массовое число	$A = Z + N$
Правила смещения	${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z-2}^{A-4} Y + {}_2^4 \text{He}$ ${}_Z^A X \rightarrow {}_{Z+1}^A Y + {}_{-1}^0 e$
Закон радиоактивного распада	$N = N_0 e^{-\lambda t}, \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ $N = N_0 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$
Дефект масс	$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_{\text{я}}$ $\Delta m = Zm_H + Nm_n - m_{\text{ам}}$
Энергия связи	$W_{\text{св}} = \Delta m c^2$
Удельная энергия связи	$W_{\text{св.уд.}} = \frac{W_{\text{св}}}{A}$

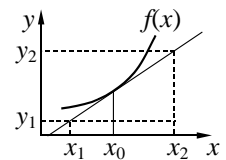
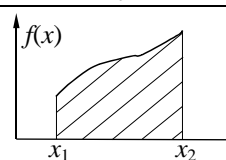
## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ

### Векторы

Сложение и вычитание векторов	$\vec{c} = \vec{a} \pm \vec{b} \Leftrightarrow \begin{matrix} c_x = a_x \pm b_x \\ c_y = a_y \pm b_y \end{matrix}$
Умножение вектора на число	$\vec{b} = c \vec{a} \Leftrightarrow \begin{matrix} b_x = c a_x \\ b_y = c a_y \end{matrix}$
Скалярное произведение	$\vec{a} \vec{b} = a b \cos \alpha = a_x b_x + a_y b_y$
Проекция вектора $\vec{a}$ на ось ОХ	$a_x = a \cos \alpha$
Модуль вектора $\vec{a}$	$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$
Составляющие вектора	$\vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y, \quad \vec{a} = \vec{a}_\perp + \vec{a}_\parallel$

### Алгебра, тригонометрия, геометрия и начала анализа

Корни квадратного уравнения $ax^2 + bx + c = 0$	$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$
Основное тригонометрическое тождество	$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$
Функции двойного угла	$\begin{matrix} \sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha, \\ \cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha \end{matrix}$
Функции суммы (разности) углов	$\begin{matrix} \sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta \\ \cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta \end{matrix}$
Сумма (разность) функций	$\begin{matrix} \sin \alpha \pm \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha \pm \beta}{2} \cos \frac{\alpha \mp \beta}{2} \\ \cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cos \frac{\alpha - \beta}{2} \\ \cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2} \end{matrix}$

Формулы приведения	$\sin(\pi/2 \pm \alpha) = \cos \alpha$ $\cos(\pi/2 \pm \alpha) = \mp \sin \alpha$
Теорема Пифагора	$c^2 = a^2 + b^2$
Теорема косинусов	$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha$
Площадь круга	$S = \pi R^2$
Площадь поверхности сферы	$S = 4\pi R^2$
Объем шара	$V = \frac{4}{3} \pi R^3$
Формулы приближенных вычислений (при $x \ll 1$ )	$(1 \pm x)^n \approx 1 \pm n x$ $e^x \approx 1 + x$ $\ln(1 + x) \approx x$ $\sin x \approx x, \quad ([x] = \text{рад})$ $\cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2}, \quad ([x] = \text{рад})$
Некоторые производные	$(x^n)' = n x^{n-1},$ $(\sin ax)' = a \cos ax,$ $(\cos ax)' = -a \sin ax$
Геометрический смысл производной: производная <u>численно</u> равна тангенсу угла наклона касательной к графику функции в данной точке	$f'(x) _{x=x_0} =$ $= \operatorname{tg} \alpha =$ $= \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ 
Геометрический смысл интеграла: интеграл <u>численно</u> равен площади под графиком функции	$S = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx$ 

## СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

### Основные физические постоянные

Скорость света в вакууме	$c = 3,00 \times 10^8$ м/с
Гравитационная постоянная	$G = 6,67 \times 10^{-11}$ м <sup>3</sup> /(кг×с <sup>2</sup> )
Число Авогадро	$N_A = 6,02 \times 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,31$ Дж/(моль×К)
Постоянная Больцмана	$k_B = 1,38 \times 10^{-23}$ Дж/К
Молярная масса воздуха	$M_{\text{воздуха}} = 29 \times 10^{-3}$ кг/моль
Нормальное атм. давление	$p_0 = 101,3$ кПа
Элементарный заряд	$e = 1,60 \times 10^{-19}$ Кл
Масса электрона	$m_e = 9,11 \times 10^{-31}$ кг
Масса протона	$m_p = 1,672 \times 10^{-27}$ кг
Масса нейтрона	$m_n = 1,674 \times 10^{-27}$ кг
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ Ф/м
Коэффициент в законе Кулона	$k_e = 9,0 \times 10^9$ Н×м <sup>2</sup> /Кл <sup>2</sup>
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ Гн/м
Постоянная Планка	$h = 6,63 \times 10^{-34}$ Дж×с
Постоянная Дирака (Планка)	$\hbar = 1,05 \times 10^{-34}$ Дж×с
Ускорение свободного падения	$g = 9,81$ м/с <sup>2</sup>
Средний радиус и масса Земли	$R_3 = 6370$ км, $M_3 = 5,98 \times 10^{24}$ кг
Радиус и масса Луны	$R_L = 1737$ км, $M_L = 7,35 \times 10^{22}$ кг
Средний радиус орбиты Луны	$R = 384$ Мм

### Внесистемные единицы измерений

Ангстрем	$1 \text{ \AA} = 10^{-10}$ м
Атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,67 \times 10^{-27}$ кг
Киловатт-час	$1 \text{ кВт} \times \text{ч} = 3,6 \times 10^6$ Дж
Калория	$1 \text{ кал} = 4,19$ Дж
Литр	$1 \text{ л} = 1 \text{ дм}^3 = 10^{-3}$ м <sup>3</sup>
Миллиметр ртутного столба	$1 \text{ мм. рт. ст.} = 133$ Па
Электрон-вольт	$1 \text{ эВ} = 1,60 \times 10^{-19}$ Дж

### Десятичные приставки

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

### Физические свойства веществ

Вещество	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Удельная теплоемкость, кДж/(кг×К)	Температура плавления (* кипения), °С	Удельная теплота плавления (** парообразования), МДж/кг
Т в е р д ы е   т е л а				
Алюминий	2,7	0,88	660	0,38
Лед	0,9	2,1	0	0,33
Медь	8,9	0,38	1083	0,18
Олово	7,3	0,23	232	0,059
Свинец	11,3	0,13	327	0,025
Серебро	10,5	0,21	960	0,087
Сталь	7,8	0,46	1400	0,082
Ж и д к о с т и				
Вода	1,0	4,2	* 100	** 2,3
Керосин	0,80	2,1	—	—
Нефть	0,80	—	—	—
Ртуть	13,6	0,13	* 357	** 0,29
Спирт	0,79	2,4	* 78	** 0,85

**Удельная теплота сгорания топлива, МДж/кг**

Бензин	46	Нефть	43
Дерево	10	Порох	3,8
Дизельное топливо	42	Спирт	29
Каменный уголь	29	Условное топливо	29
Керосин	46		

**Диэлектрические проницаемости веществ**

Вода	81	Парафин	2,1
Керосин	2,1	Слюда	6
Масло	2,5	Стекло	7

**Удельные сопротивления при  $t=20^{\circ}\text{C}$ , нОм  $\times$  м**

Алюминий	28	Нихром	1120
Вольфрам	55	Свинец	210
Латунь	71	Серебро	16
Медь	17	Сталь	120
Никелин	420		

**Электрохимические эквиваленты, мг/Кл**

Алюминий	0,093	Никель	0,36
Водород	0,0104	Серебро	1,12
Кислород	0,083	Хром	0,18
Медь	0,33	Цинк	0,34
Олово	0,62		

**Показатели преломления (относит. воздуха  $t=20^{\circ}\text{C}$ ,  $\lambda=589,3$  нм)**

Алмаз	2,42	Ацетон	1,36
Изумруд	1,58	Вода	1,33
Корунд	1,77	Глицерин	1,47
Лед	1,31	Канадский бальзам	1,53
Плексиглас	1,50	Скипидар	1,47
Стекло	1,6	Спирт этиловый	1,36
Шпат исландский	1,66	Толуол	1,50

**Работа выхода электронов, эВ**

Алюминий	4,25	Никель	4,5
Вольфрам	4,54	Олово	4,38
Германий	4,76	Платина	5,32
Железо	4,31	Свинец	4,0
Золото	4,30	Серебро	4,3
Калий	2,2	Хром	4,58
Литий	2,38	Цезий	2,7
Медь	4,40	Цинк	3,9
Молибден	4,3		

12–7–5–14–12

Печать на Seikosha правой страницы – поля 15,5 и 2,5,  
а левой – 17,2 и 0,8