

## Кинематика (2011-уч.портал)

Равномерное движение:

$$v = \text{const} \quad a = 0$$

$$v = s/t \quad s = v \cdot t \quad t = s/v$$

Равноускоренное движение:

$$a \neq 0; a = \text{const}; [a] = [m/c^2]; a = v' = x''$$

$$a = (v - v_0)/t \Rightarrow v = v_0 + at$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \quad s = \frac{v + v_0}{2} t$$

При равноускоренном движении ( $v_0 = 0$ ) отношение путей, пройденных за одинаковое время:

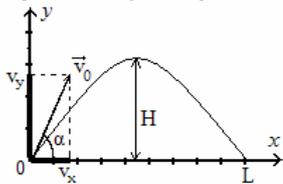
$$s_1 : s_2 : s_3 : s_4 : \dots = 1 : 3 : 5 : 7 : \dots$$

Путь = площади фигуры под графиком скорости

Средняя скорость:

$$v_{cp} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}; \quad v_{cp} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

Движение тела, брошенного под углом к горизонту.



Проекции скорости:

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha; \quad v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

$$v_{0x} = v_x \text{ в любой точке траектории}$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha$$

время подъема до максимальной высоты H:

$$t_{под} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

полное время полета:

$$t_{полн} = 2t_{под}$$

дальность полета:

$$L = v_x t_{полн.}$$

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

максимальная высота подъема:

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

Движение тела, брошенного горизонтально:

$$t_{пад} = \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad v = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}$$

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

Равномерное движение по окружности.

$$a_{цс} = \frac{v^2}{R}; \quad a_{цс} = \omega^2 r$$

$$a = 4\pi^2 v^2 r \quad a = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

$\omega$  - угловая скорость. [рад/с] = [с<sup>-1</sup>]

$v$  - линейная скорость.

$n$  или  $\nu$  - частота обрац. [об./с] = [с<sup>-1</sup>]

$T$  - период обращения. [с]

$$v = \frac{l}{t}; \quad l - \text{длина дуги (путь)}$$

$$v = \frac{L}{T}; \quad L = 2\pi R = \pi D \quad v = R\omega$$

$$\omega = 2\pi\nu \quad n = \nu = \frac{1}{T} \quad T = \frac{2\pi}{\omega}; \quad \omega = \frac{\varphi}{t}$$

## Динамика (2011-уч.портал)

$F = ma$  - второй закон Ньютона;

$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$  или  $F_1 = F_2$  - третий закон Ньютона

Вес тела:  $P = mg \quad a = 0$

$$P = m(g + a) \quad a \uparrow$$

$$P = m(g - a) \quad a \downarrow$$

Сила трения скольжения:

$$F_{тр.ск.} = \mu N; \quad \mu - \text{коэффициент трения скольжения}$$

обычно  $0 < \mu < 1$

Сила трения покоя:  $0 \leq F_{тр.пок.} \leq F_{тр.ск}$

Сила упругости:

$$F_{упр.} = k \cdot x \quad - \text{закон Гука}$$

$k$  - коэффци. упругости (жесткость)

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad x - \text{удлинение} \quad (x = \Delta l = l - l_0)$$

$l_0$  - начальная длина

$$\sigma = E|\varepsilon| \quad - \text{закон Гука}$$

$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$   $\varepsilon$  - относительное удлинение.

$E$  - модуль Юнга (упругости)

$\sigma$  - механическое напряжение

Сила всемирного тяготения:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad G - \text{гравитац. постоянная}$$

Сила тяжести:

$$F = mg; \quad g - \text{ускорение свободн. падения}$$

$$g = G \frac{M}{R^2}; \quad g_h = G \frac{M}{(R+h)^2}$$

Скорость ИСЗ на круговой орбите:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}; \quad v_l = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

Момент сил: (вращающий момент)

$$M = \pm Fd \quad d - \text{плечо силы}$$

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0 \quad \text{для тела с осью вращения.}$$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0 \quad \text{при равновесии без вращения}$$

## Мех-ка жидк-тей и газов (2011-уч.портал)

Давление.

$$p = \frac{F}{S}; \quad [1 \text{Па} = 1 \text{Н/м}^2] \quad \vec{F} \perp S$$

$F$  - сила давления,  $S$  - площадь опоры

Закон Паскаля: Жидкости и газы передают давление одинаково в каждую точку. ( $p_1 = p_2$ )

Давление жидкости на дно сосуда:

$$p = \rho gh \quad h - \text{высота столба жидкости}$$

$\rho$  - плотность жидкости

Гидравлический пресс:

$$\frac{F_2}{S_2} = \frac{F_1}{S_1}$$

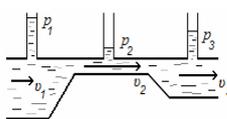
Архимедова сила:

$$F_A = \rho_{жс} g V \quad \text{или} \quad F_A = P_1 - P_2$$

$F_A > mg$  ( $\rho_{жс} > \rho_{тела}$ ) - тело всплыв

$F_A = mg$  ( $\rho_{жс} = \rho_{тела}$ ) - тело плавает

$F_A < mg$  ( $\rho_{жс} < \rho_{тела}$ ) - тело тонет



Элементы гидродинамики:

если  $v_2 > v_3 > v_1$ ,

то  $p_2 < p_3 < p_1$

## Законы сохранения (2011-уч.портал)

Работа:  $A = Fs \cos \alpha; \quad A = Nt$

Энергия кинетическая:  $E_{кин} = \frac{mv^2}{2}; \quad A = \Delta E_{кин}$

потенциальная:  $E_{пот} = mgh; \quad A = -\Delta E_{пот}$

$$E_{пот} = \frac{kx^2}{2} - \text{при деформации пружины.}$$

( $E_{кин} + E_{пот}$ ) - полная механическая энергия

Закон сохранения энергии:

$$E_{кин} + E_{пот} = E'_{кин} + E'_{пот} \quad (F_{тр} = 0)$$

Закон изменения энергии:

$$E_{кин} + E_{пот} = E'_{кин} + E'_{пот} + A \quad (F_{тр} \neq 0)$$

Мощность:  $N = \frac{A}{t} \quad [Вт] = [Дж/с]$

$N = Fv$  - только при равномерном движении

$$\text{КПД: } \eta = \frac{A_{полезн.}}{A_{полн.}} = \frac{N_{полезн.}}{N_{полн.}} \quad - \text{[в долях]}$$

Импульс тела  $\vec{p} = m\vec{v}$

Импульс силы  $\vec{F}t$  или  $\vec{F}\Delta t$

Изменение импульса:  $\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1; \quad \Delta\vec{p} = \vec{F}t$

Закон сохранения импульса:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 \quad \text{или:}$$

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

## Колебания и волны (2011-уч.портал)

Математический маятник - материальная точка на тонкой, невесомой, нерастяжимой нити.

$$F_{возвр} \approx \frac{mg}{l} x \quad l - \text{длина маятника}$$

$x$  - смещение

Период колебаний:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \pm a}} \quad \ll + a \gg - \text{вверх}$$

$\ll - a \gg - \text{вниз}$

$$\text{Пружинный маятник } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}; \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{mA^2 \omega^2}{2} \cdot \sin^2(\omega t + \varphi_0)$$

$$E_{п} = \frac{m\omega^2 A^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$

$\omega_0$  - циклическая (круговая) частота колебаний

$$x = x_m \cos(\omega t + \varphi_0) \quad a = v' = x'' \quad x'' = -\omega_0^2 x$$

$$v_m = x_m \omega \quad a_m = v_m \omega = x_m \omega^2$$

$x_m = A$  - амплитуда колебаний

Фаза колебаний:

$$\varphi = (\omega \cdot t + \varphi_0) = (2\pi \cdot \nu \cdot t + \varphi_0); \quad \varphi_0 - \text{нач. фаза}$$

Волновые процессы:

$$v = \frac{\lambda}{T}; \quad T = \frac{1}{\nu} \quad v = \lambda \nu \quad \omega = 2\pi \nu$$

$$\text{Волновое число: } k = \frac{\omega}{v} \quad (v - \text{скорость})$$

Электромагнитные колебания.

$$q = q_m \cos(\omega t + \varphi_0) \quad i = q' = i_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$i_m = q_m \omega$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad T = 2\pi \sqrt{LC}$$

$C$  - электроёмкость  $L$  - индуктивность

$\omega_0$  - собственная частота колебаний

Энергия электромагнитных колебаний:

$$W = W_{машн} + W_{электр} = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \frac{Li_m^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C}$$

## МКТ (2011-уч.портал)

$$m_0 = \frac{M}{N_A}; \quad \rho = \frac{m}{V} \quad (\rho = m_0 n)$$

$m_0$  - масса молекулы  $M$  - молярная масса

Количество вещества:

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} \quad N - \text{число молекул}$$

$$n = \frac{N}{V} \quad n - \text{концентрация частиц} \quad [M^{-3}]$$

$$d_{cp} = \sqrt[3]{\frac{1}{n}} \quad - \text{среднее расстояние между молекулами}$$

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2 \quad - \text{давление идеального газа}$$

$$p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2; \quad p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k; \quad p = nkT$$

$$T = (t^\circ C + 273) K$$

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT; \quad \bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$$

$$\text{Средняя скорость: } v_{ср.} = \frac{N_1 v_1 + N_2 v_2 + \dots}{N_1 + N_2 + \dots}$$

Среднеквадратичная скорость:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3pV}{m}} \quad \bar{v} = \sqrt{\frac{N_1 v_1^2 + N_2 v_2^2 + \dots}{N_1 + N_2 + \dots}}$$

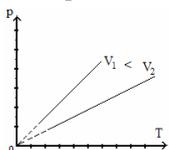
Объединен. газовый закон (уравн. Клапейрона):

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Уравнение Менделеева - Клапейрона: ( $R = k \cdot N_A$ )

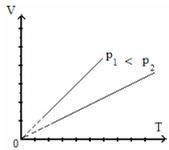
$$pV = \frac{m}{M} RT; \quad pV = \nu RT; \quad p = \frac{\rho}{M} RT$$

**Изопроцессы:**



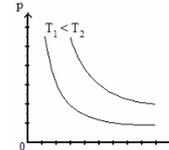
$V = \text{const}$  – *изохорический*

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$



$p = \text{const}$  – *изобарический*

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



$T = \text{const}$  – *изотермический*

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

**Закон Дальтона:** (давление смеси  $N$  газов)

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_N$$

**Термодинамика** (2011- уч.портал)

*Внутренняя энергия одноатомного ил газа*

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV \quad \left[ U = \frac{5}{2} \nu RT - \text{двухатомного} \right]$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad \Delta U = \frac{3}{2} \Delta(pV) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

**Количество теплоты:**

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm(T_2 - T_1)$$

$c$  – удельная теплоемкость вещества

$C = cm$  – теплоемкость тела

$C_M = cM$  – молярная теплоемкость

$$Q = qm; \quad q - \text{теплота сгорания топлива}$$

$$Q = \pm \lambda m; \quad \lambda - \text{удельн. теплота плавления}$$

$$Q = \pm r m; \quad r - \text{удельн. теплота парообраз.}$$

**Работа газа и работа над газом** ( $p = \text{const}$ )

$$A' = p \Delta V - \text{работа газа} \quad (A' = \nu R \Delta T)$$

$$A = -p \Delta V - \text{работа над газом} \quad A = -A'$$

**Первый закон термодинамики:**

$$Q = \Delta U + A' - \text{при изобарном процессе}$$

$$Q = \Delta U - \text{при изохорном процессе}$$

$$Q = A' - \text{при изотермическом процессе}$$

$$\Delta U = -A' - \text{при адиабатном процессе}$$

**Уравнение теплового баланса:**

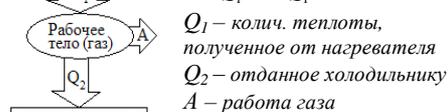
(для теплоизолированных систем)

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N = 0$$

**Тепловой двигатель**

**КПД** тепл. двигателя:

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



**КПД идеального теплового двигателя:**

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

**Линейное тепловое расширение твердых тел:**

$$l_t - l_0 = \alpha l_0 (t - t_0) \quad l_t = l_0 (1 + \alpha \Delta t)$$

$\alpha$  – тепловой коэфф-т линейного расширения

**Влажность воздуха**

относительная:  $\phi$  абсолютная:  $\rho$

$$\phi = \frac{p}{p_0} 100\%$$

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

$p$  – парциальное давление водяного пара в воздухе,

$p_0$  – давление насыщенного пара при данной температуре воздуха.

$t_p$  – точка росы, – температура появления росы

$\rho$  – плотность водяного пара

$m$  – масса водяного пара в воздухе

**Электростатика** (2011- уч.портал)

**Сохранение заряда** (в замкнутой системе):

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{Const}$$

**Закон Кулона:**

$$F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon \cdot r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

, где  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды (для вакуума или воздуха  $\epsilon = 1$ )

**Напряженность электрического поля:**

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad [\text{В/м}] = [\text{Н/Кл}]; \quad E = \frac{U}{d}$$

$$E = k \frac{q}{\epsilon r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \cdot \frac{q}{r^2} \quad - \text{напряженность поля точечного заряда}$$

$$E = \sigma / (2\epsilon_0) - \text{для заряженной плоскости}$$

**Принцип суперпозиции:**

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

**Потенциал:**

$$\phi = \frac{A_\infty}{q} \quad \phi = \frac{W_p}{q} \quad [\text{В}] = [\text{Дж/Кл}]$$

$$\phi = k \frac{q}{\epsilon \cdot r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon} \frac{q}{r} \quad - \text{для точечного заряда в среде с диэлектрической проницаемостью } \epsilon$$

$$\phi_{\text{результ}} = \phi_1 + \phi_2 + \dots + \phi_n$$

**Плотность заряда:**

поверхностная  $\sigma$   $\rho$  – объемная

$$\sigma = \frac{q}{S} \quad [\text{Кл/м}^2]$$

$$\rho = \frac{q}{V} \quad [\text{Кл/м}^3]$$

**Удельный заряд**

частицы:

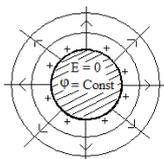
$$q_{\text{уд}} = \frac{q}{m}$$

**Разность потенциалов**

(напряжение):

$$(\phi_1 - \phi_2) = \frac{A}{q}$$

$$U = \phi_1 - \phi_2 = -(\phi_2 - \phi_1) = -\Delta\phi \quad U = Ed$$



– эквипотенциальные поверхности.

( $\phi = \text{const}$  – для каждой точки такой поверхности)

Работа электрического поля:

$$A = qU = Fd = qEd$$

**Энергия заряда в эл. поле:**  $W_p = q\phi$

$$W_p = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon \cdot r} \quad - \text{энергия взаимодей. двух зарядов}$$

**Энергия взаимодей-вия системы заряженных тел:**

$$W_p = \frac{1}{2} (W_{p1} + W_{p2} + \dots + W_{pn})$$

**Емкость. Конденсаторы.**

$$C = \frac{q}{U} \quad [\text{Ф}] = [\text{Кл/В}]$$

$$C = \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{d} \quad - \text{емкость плоского конденсатора}$$

$$C = \frac{\epsilon \cdot r}{k} = 4\pi\epsilon\epsilon_0 r \quad - \text{шара}$$

**Энергия заряженного конденсатора:**

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad [\text{Дж}]$$

**Параллельное включение конденсаторов:**

$$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 \quad U_{\text{общ}} = U_1 = U_2$$

**Последовательное подключение:**

$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \left( C_{\text{общ}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \right)$$

$$q_1 = q_2 \quad U_{\text{общ}} = U_1 + U_2$$

**Постоянный электр. ток** (2011- уч.портал)

$$F = 2 \cdot 10^{-7} I_1 I_2 \quad - \text{сила притяжения двух параллельных токов силой } 1 \text{ А длиной } 1 \text{ м на расстоянии } 1 \text{ м.}$$

**Сила тока:** (ток течет от «+» к «-»)

$$I = \frac{q}{t} \quad j - \text{плотность тока} \quad [j] = [\text{А/м}^2]$$
$$I = jS \quad S - \text{площадь поперечн. сечения проводника}$$
$$I = q_0 n S \bar{v}$$

**Сопротивление проводников:**

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad R = R_0 (1 + \alpha \cdot t^\circ) \quad \gamma = \frac{1}{\rho}$$

$\rho$  – удельное сопротивление  $[\text{Ом}\cdot\text{м}]$

$\gamma$  – удельная проводимость.

$\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления

$$\alpha = \frac{\rho_t - \rho_0}{\rho_0 t} \quad [1 / \text{град}] \quad \alpha = \frac{1}{273}$$

$$I = \frac{U}{R} \quad - \text{закон Ома для участка цепи.}$$

**Последовательное соединение проводников:**

$$R_{\text{общ.}} = R_1 + R_2 \quad I = I_1 = I_2 \quad U = U_1 + U_2$$

**Параллельное соединение проводников:**

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad R_{\text{общ.}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$U = U_1 = U_2 \quad I = I_1 + I_2$$

**Работа электрического тока:**

$$A = qU = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t = Q$$

$$P = \frac{A}{t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad - \text{мощность тока}$$

**Закон Ома для полной цепи:**

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{сторон.}}}{q} \quad I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \quad I_{\text{КОР. ЗАМ}} = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

$\mathcal{E}$  – электродвижущая сила (ЭДС) [В]

$r$  – внутреннее сопротивление источника тока

$IR$  – падение напряжения на внешнем участке

**Последовательное соединение батарей:**

$$I = \frac{n\mathcal{E}}{R + nr}; \quad r_{\text{общ.}} = nr$$

$n$  – количество батарей

**Параллельное соединение батарей:**

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + \frac{r}{n}}; \quad r_{\text{общ.}} = \frac{r}{n}$$

**Шунты к амперметру:** Добавочн. сопр к вольтм:

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_A}{n-1} \quad R_D = R_V (n-1)$$

**Электролиз:**

$$m = k\Delta q = kIt \quad q_0 = \frac{It}{N} = \frac{ItM}{mN_A}$$

$m$  – масса выделившегося при электролизе вещества

**Переменный ток** (2011- уч.портал)

**Действующие значения:**

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

**Ёмкостное сопротивление:**  $X_C = \frac{1}{\omega C}$

**Индуктивное сопротивление:**

$$X_L = \omega L$$

**Закон Ома для цепи переменного тока:**

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

**Трансформатор**

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = k \quad - \text{коэффициент трансформации}$$

## Магнитное поле (2011- уч.портал)

Магнитная индукция

$$B = \frac{F}{I \cdot l} \quad B = \frac{M}{IS} \quad [Tл] = \left[ \frac{H}{A \cdot м} \right]$$

Сила Ампера:

$$F_A = IBl \sin \alpha \quad \alpha = I \wedge B$$

$B$  – магнитная индукция  $I$  – сила тока

$l$  – длина проводника  $S$  – площадь рамки

$M$  – максимальный вращающий момент сил

Сила Лоренца:  $F_L = qvB \sin \alpha \quad \alpha = v \wedge B$

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB} \quad T - \text{период вращения}$$

$\frac{q}{m}$  – Удельный заряд частицы [Кл/кг]

Магнитная проницаемость среды:

$$\mu = \frac{B}{B_0}; \quad B_0 - \text{в вакууме, } B - \text{в веществе}$$

Магнитный поток

$$\Phi = BS \cos \alpha \quad [Вб] \quad \alpha = n \wedge B$$

Электромагнитная индукция

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \mathcal{E}_i = -n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \mathcal{E}_{i \max} = Blv$$

$$\mathcal{E}_i = -\Phi' = BS\omega \sin \omega t; \quad \mathcal{E}_{i \max} = BS\omega$$

$n$  – число витков  $l$  – длина проводника

Индуктивность катушки:

$$L = \frac{\Phi}{I} \quad [Гн] = [Вб/А]$$

Самоиндукция.  $\mathcal{E}_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$

$$q = I_{cp} \cdot t = \frac{I_1 + I_2}{2} t = \frac{\Delta\Phi}{R+r}$$

$$W = \frac{LI^2}{2} \quad - \text{энергия магнитного поля}$$

$$A = q\mathcal{E}_i = \frac{It}{2} \cdot \frac{LI}{t} = \frac{LI^2}{2}$$

Проволочная рамка в магнитном поле.

$$M = Fa = IBba \quad M = IBS$$

$b, a$  – стороны рамки  $S$  – площадь рамки

## СТО (2011- уч.портал)

Постулаты Эйнштейна:

I. Все физические явления протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета.

II. Скорость света в вакууме одинакова во всех инерциальных системах отсчета.

$$E = m_0 c^2 - \text{энергия покоящегося тела}$$

$$E = mc^2 - \text{энергия движущегося тела}$$

$$W_k = mc^2 - m_0 c^2 - \text{кинетическая энергия}$$

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}} \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad \Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

## Геометрическая оптика (2011- уч.портал)

Закон отражения:  $\alpha = \gamma$

Закон преломления:

$$n_{21} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$n_{21}$  – показатель преломления второй среды относительно первой.

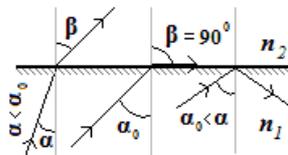
$$n = \frac{c}{v} \quad c - \text{скорость света в вакууме} \\ n - \text{абсолютный показатель преломления среды} \\ v - \text{скорость света в среде}$$

При переходе волны из одной среды в другую частота волны не изменяется

$$v_1 = v_2$$

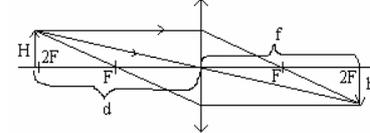
Полное отражение: ( $n_1 > n_2, \alpha \geq \alpha_0$ )

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1} \quad \alpha_0 - \text{предельный угол полного внутреннего отражения}$$

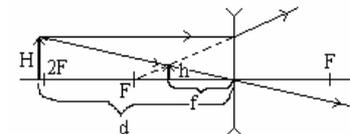


Линзы:

Линза собирающая:  $F > 0, d > 0$



Линза рассеивающая:  $F < 0, d > 0$



$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D \quad \Gamma = \frac{h}{H} = \frac{f}{d}$$

$H$  – выс. предмета;  $h$  – выс. изображения

$d$  – расстояние от предмета до линзы

$f$  – расстояние от изображения до линзы

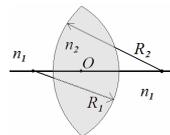
$F$  – фокус (фокусное расстояние) [м]

$D$  – оптическая сила линзы [дптр] = [м<sup>-1</sup>]

$\Gamma$  – увеличение линзы

Изображение действительное:  $f > 0$   
Изображение мнимое:  $f < 0$

Линза в среде:



$$\frac{1}{F} = D = (n_2 - n_1) \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

## Волновая оптика (2011- уч.портал)

Условие максимума:

$$\Delta d = k\lambda \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

$\Delta d$  – разность хода двух волн

Условие минимума:

$$\Delta d = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

Дифракционная решетка

$$d \sin \varphi = k\lambda$$

$k$  – порядок спектра или максимума

$d$  – постоянная (период) решетки

Диапазон видимого света:

$$\lambda_{\text{фиол}} = 390 \text{ нм} = 3,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$\lambda_{\text{красн}} = 770 \text{ нм} = 7,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

## Квантовая физика (2011- уч.портал)

$$\text{Энергия фотона (кванта): } E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с} \quad - \text{постоянная Планка}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}; \quad \hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}; \quad h\nu = \hbar\omega$$

$$\text{Эффективная масса фотона: } m_{\text{эфф}} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{p}{c}$$

Импульс фотона (кванта):

$$p = m_{\text{эфф}} c = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad (c = \lambda\nu)$$

$\lambda$  – длина волны излучения

$\nu$  – частота излучения  $c$  – скорость света

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A_{\text{вых.}} + \frac{m\nu^2}{2}; \quad eU_{\text{запир}} = \frac{m\nu^2}{2}$$

$A_{\text{вых.}}$  – работа выхода электрона из вещества

$$\nu_k = \frac{A}{h} = \frac{c}{\lambda_k} \quad h\nu_k = A_{\text{вых.}} = \frac{hc}{\lambda_k}$$

Для того, чтобы фотоэффект имел место, необходимо чтобы энергия кванта света была больше работы выхода.

Предельное (минимальное) значение частоты или (максимальное) значение длины волны, при которой еще наблюдается фотоэффект, называют красной границей фотоэффекта.

Постулаты Бора:

I. Атом может находиться только в некоторых (стационарных) состояниях, в которых его энергия неизменна.

II. При переходе атома из одного стационарного состояния с энергией  $E_k$  в другое с энергией  $E_n$  излучается или поглощается квант света.

Энергия излученного фотона (кванта):

$$E = h\nu = E_k - E_n; \quad \nu_{kn} = R(1/n^2 - 1/k^2)$$

$R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$  – постоянная Ридберга

$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2 n^2} \quad r_n = \frac{2\varepsilon_0 h^2 n^2}{me^2}$$

$E_n, E_k$  – энергии стационарных состояний

$r_n$  – радиус  $n$ -ой стационарной орбиты

$$\nu_{kn} = \frac{E_n - E_k}{h} \quad \lambda_{kn} = \frac{hc}{E_n - E_k}$$

Давление света при зеркальном отражении:

$$p = \frac{2W}{c} \quad W - \text{мощность излучения [Вт/м}^2]$$

## Физика атома и ядра (2011- уч.портал)

Закон радиоактивного распада:

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} \quad \text{или} \quad m = m_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

$T$  – период полураспада

$t$  – время распада

Среднее время жизни атома:

$$\tau = T \ln 2 \quad \text{или} \quad \tau \approx 1,44 \cdot T$$

Правила смещения:

$${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He} \quad - \alpha\text{-распад}$$

$${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e \quad - \beta\text{- (электронный)-распад}$$

$${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{+1} e \quad - \beta^+\text{- (позитронный)-распад}$$

$A$  – массовое число (протоны + нейтроны)

$Z$  – зарядовое число (число протонов)

$N$  – число нейтронов  $N = A - Z$

Дефект массы:

$$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - m_{\text{я}}$$

$m_p$  – масса протона  $m_n$  – масса нейтрона

$m_{\text{я}}$  – масса ядра

$$\text{Энергия связи: } E_{\text{св}} = \Delta m c^2$$

$$\text{Удельная энергия связи: } \varepsilon = \frac{E_{\text{св}}}{A}$$

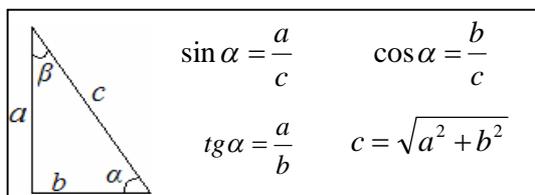
**Электромагнитное излучение по диапазонам длин волн.**

Виды излучений	Интервал частот, Гц	Интервал длин волн, м	Источники излучений	Свойства	Применение
<b>Радиоволны</b>	$3 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^{11}$	$10^5 - 10^{-3}$	Излучающие антенны, лазеры, клистронные генераторы, генераторы	Распространяются в атмосфере и в вакууме, невидимы	Для радиосвязи, телевидения, радиолокации, радиоастрономии, ...
<b>Инфракрасное излучение</b>	$3 \cdot 10^{11} - 4 \cdot 10^{14}$	$2 \cdot 10^{-3} - 7,6 \cdot 10^{-7}$	Все нагретые тела, солнце, лазеры, газоразрядные лампы	Лучи невидимы, хорошо поглощаются телами, изменяют электрическое сопротивление тел, хорошо проходят в тумане	Для сушки, для астрофотографии, в приборах ночного видения и т. д.
<b>Видимое излучение</b>	$4 \cdot 10^{14} - 8 \cdot 10^{14}$	$7,7 \cdot 10^{-7} - 3,8 \cdot 10^{-7}$	Солнце, космос, лазеры, газоразрядные лампы, лампы накаливания	Вызывает явление фотосинтеза в растениях, фотоэффект в металлах и полупроводниках	Имеет исключительное информационное значение в жизни человека и животных. Фотосинтез в растениях
<b>Ультрафиолетовое излучение</b>	$7,5 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{17}$	$4 \cdot 10^{-7} - 3 \cdot 10^{-8}$	Солнце, космос, лазеры, газоразрядные лампы, электрическая дуга	Оказывают бактерицидное действие, поглощаются озоном, обладают лечебными свойствами. Лучи невидимые. Действуют на фотозлементы, люминесцентные вещества	УФ излучение вызывает загар, вырабатывается витамин D. Люминесценция в газоразрядных лампах, лазеры в медицине и т. д.
<b>Рентгеновское излучение</b>	$3 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{20}$	$10^{-8} - 10^{-12}$	Трубка Рентгена, лазеры, солнечная корона, небесные тела, бетатроны	Обладают большой проникающей способностью, вызывают люминесценцию и вторичный фотоэффект	Рентгенография, рентгенотерапия, дефектоскопия и т. д.
<b>Гамма-лучи</b>	$3 \cdot 10^{19} - 3 \cdot 10^{23}$	$10^{-11} - 10^{-15}$	Космос, радиоактивный распад, бетатрон	Ионизируют атомы и молекулы тел разрушают живые клетки, не взаимодействуют с электрическим и магнитным полями	Дефектоскопия, терапия и диагностика в медицине ...



$\alpha$	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
$\sin \alpha$	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

$\sin 2\alpha = 2\sin \alpha \cos \alpha$ $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 2\cos^2 \alpha - 1 = 1 - 2\sin^2 \alpha$ $1 + \cos \alpha = 2\cos^2 \alpha / 2$ $1 - \cos \alpha = 2\sin^2 \alpha / 2$ Теорема косинусов: $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos \alpha$ $\sin(\pi/2 \pm \alpha) = \cos \alpha$ $\cos(\pi/2 \pm \alpha) = \mp \sin \alpha$ $\sin(\pi \pm \alpha) = \mp \sin \alpha$ $\cos(\pi \pm \alpha) = -\cos \alpha$
---



Значение физической величины  $a$ :  $(\bar{a} \pm \Delta a)$ , где  $\bar{a}$  – среднее значение величины  $a$ ,  $\Delta a$  – абсолютная погрешность измер.

Диапазон допустимых значений:  $(\bar{a} - \Delta a) \leq a \leq (\bar{a} + \Delta a)$

Относительная погрешность измерения величины  $a$ :

в долях:  $\varepsilon = \Delta a / \bar{a}$

в процентах:  $\varepsilon = (\Delta a / \bar{a}) \cdot 100\%$

Длина окружности:  $L = 2\pi R$

Площадь круга:  $S = \pi R^2$

или  $S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$

Площадь прямоугольника:  $S = ab$

Площадь поверхности сферы:  $S = 4\pi R^2$

Объем параллелепипеда:  $V = abc = Sh$   
( $a$  – длина  $b$  – высота  $c$  – ширина)

Объем шара:  $V = (4/3)\pi R^3$