

## Кинематика материальной точки.

$v = \frac{\Delta r}{\Delta t}$  - средняя скорость за промежуток времени  $\Delta t$ ;  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  - определение ускорения

$a = 0$ ,  $v = const$ ,  $r = r_0 + vt$  - равномерное прямолинейное движение;

**равноускоренное движение:**

$a = const$ ,  $v = v_0 + at$ ,  $r = r_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$ ,  $v_0^2 = 2ah$ ,  $v^2 = v_0^2 + 2aS$

на плоскости: 
$$\begin{cases} x = v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{at^2}{2} \end{cases}; \begin{cases} v_x = v_0 \cos \alpha \\ v_y = v_0 \sin \alpha - at \end{cases}$$

$\omega = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = 2\pi \nu = \frac{2\pi}{T}$ ;  $v = \omega R$  - равномерное движение по окружности;

$a_{ц} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \omega v$  - центростремительное ускорение;

$F = ma_{ц} = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$  - центробежная сила;

## Основы динамики

$\vec{F} = m\vec{a}$  - второй закон Ньютона;  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$  - третий закон Ньютона

$F_{упр} = -Kx$  - сила упругости пружины (K – коэффициент упругости);

$\frac{F}{S} = E \frac{l - l_0}{l_0} = E \frac{\Delta l}{l_0}$  - сила упругости стержня;  $\Delta l = -\frac{F_{упр}}{k}$  - закон Гука;

$\rho = \frac{m}{V}$  - плотность вещества;  $F_{тр} = \mu N$  - сила трения;

$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$  - закон всемирного тяготения;  $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / (\text{кг} \cdot \text{с}^2)$

$g = \frac{GM_3}{R_3 + h}$  - ускорение свободного падения;  $M_3 = 5.98 \cdot 10^{24}$  кг;  $R_3 = 6.37 \cdot 10^6$  м;

$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$  - скорость ИСЗ на высоте h;  $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = 7.9 \cdot 10^3 \text{ м/с}$  - первая космическая;

$v_2 = \sqrt{2}v_1 = 11.2 \cdot 10^3 \text{ м/с}$  - вторая космическая скорость;

## Законы сохранения в механике

$\vec{p} = m\vec{v}$  - импульс тела;  $\Delta \vec{p} = \vec{F}\Delta t$  - импульс силы;

$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{F}\Delta t$  - второй закон Ньютона в импульсной форме;

$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$  - закон сохранения импульса;

$A = FS \cos \alpha$  - определение механической работы;

$A = GmM(1/r_1 - 1/r_2)$  - работа сил тяготения в поле тяготения земли;

$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$  - связь работы с изменением кинетической энергии;

$N = \frac{A}{\Delta t} = Fv \cos \alpha$  - определение мощности;

$W_k = \frac{mv^2}{2}$  - кинетическая энергия;  $W_n = mgh$  - потенциальная энергия;

$W_n = \frac{kx^2}{2}$  - потенциальная энергия упруго деформированного тела;

$W = W_k + W_n = const$  - закон сохранения энергии для замкнутой с-мы тел;

$W_2 - W_1 = A_{внеш} + A_{тр}$  - закон сохр. энергии, если действуют др. силы;

$M = Fd$  - момент силы (d – плечо силы);  $\pm M_1 \pm M_2 \pm \dots \pm M_n = 0$  - условие равновесия тела.

## Жидкости и газы

$p = \frac{F}{S}$  - определение давления;  $p = \rho gh$  - давление столба жидкости;

$F = f \frac{S}{s}$  - сила давления гидравлического пресса;

$\vec{F} = -\rho V \vec{g}$  - сила Архимеда;  $F_n = F_a - F_{тяж}$  - подъемная сила;

$\frac{\rho V^2}{2} + \rho gh + P = const$  - уравнение Бернулли;

$v = \sqrt{2gh}$  - формула Торричелли (для определения скорости истечения жидкости из малого отверстия в открытом широком сосуде);

## Молекулярная физика

$m_0 = \frac{n}{N} = \frac{M}{N_A}$  - масса молекулы;  $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

**основное ур-е молекулярно-кинетической теории:**

$p = \frac{1}{3}nm_0(v_{кв})^2$ , или  $pV = \frac{2}{3}N \frac{m_0(v_{кв})^2}{2} = \frac{2}{3}NE$ , или  $pV = \frac{1}{3}Nm_0(v_{кв})^2 = \frac{1}{3}m(v_{кв})^2$

$P = nkT$  - зависимость давления газа от концентрации молекул и температуры, где

$k = R/N_A = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$  - постоянная Больцмана;  $R = 8.31 \text{ Дж/(К} \cdot \text{моль)}$

**средняя скорость молекул**

$v_{ср} = \sqrt{2RT/M} = \sqrt{2kT/m_0}$  - наиболее вероятная;

$v_{кв} = \sqrt{3RT/M} = \sqrt{3kT/m_0}$  - средняя квадратичная;

$v = \sqrt{8RT/\pi M} = \sqrt{8kT/\pi m_0}$  - средняя арифметическая;

$pV = \frac{m}{M}RT = \nu RT = \frac{N}{N_A}RT$  - уравнение Менделеева-Клапейрона;

**закон Бойля-Мариотта (изотермический процесс)**

$m=const$ ,  $T=const$ ,  $pV=const$ ,  $Q = -A$ ;  $A = \frac{m}{M}RT \ln \frac{V_2}{V_1}$  или  $A = \frac{m}{M}RT \ln \frac{p_1}{p_2}$  - работа газа

**закон Гей-Люссака (изобарический процесс)**

$m=const$ ,  $p=const$ ,  $V/T=const$ ,  $Q = \Delta U + A$ ;  $A = p(V_2 - V_1)$ ;  $A = \frac{m}{M}R(T_2 - T_1)$  - работа газа;

$V_T = V_0 \beta T$  - объемное расширение газов,  $\beta = \frac{1}{273}$ ;

**закон Шарля (изохорный процесс)**

$m=const$ ,  $V=const$ ,  $p/T=const$ ,  $Q = \Delta U$ ;  $A=0$

**адиабатный процесс**

$Q = 0$ ;  $A = -\Delta U$ ;  $A = \frac{i}{2}Nk(T_1 - T_2)$  - работа газа

$r = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%$  - относительная влажность воздуха;

$\rho = m/V$  - абсолютная влажность воздуха;

$Q = \Delta U + A$  - первое начало термодинамики;

$U = \frac{i}{2} \frac{m}{M}RT = \frac{i}{2}\nu RT$  - внутренняя энергия идеального газа (где i разное для всех газов 3 – для одноатомного, 5 – для двухатомного, 6 – для трехатомного);

$\Delta U = \frac{m}{M}\Delta TC_V = \frac{i}{2}\nu R\Delta T = \frac{i}{2}\Delta(pV)$  - изменение энергии идеального газа;

$C_V = \frac{i}{2}R$ ;  $C_p = \frac{i+2}{2}R$  - молярные теплоемкости газа;

$C_p = C_V + R$  - уравнение Майера;  $A = \int pdV$  - полная работа газа;

$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$  - КПД для кругового процесса;  $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$  - КПД

цикла Карно;

$Q = C(T_2 - T_1)$ ;  $Q = cm(T_2 - T_1)$  - кол-во теплоты необходимое для нагревания тела и выделяемое им при охлаждении тела;

$Q = \lambda m$  - кол-во теплоты необходимое для плавления тела;

$Q = rm$  - кол-во теплоты необходимое для парообразования тела;

$Q = qm$  - кол-во теплоты необходимое для полного сгорания тела;

$\sigma = \frac{\Delta W}{\Delta S}$ ;  $\sigma = \frac{F}{l}$  - поверхностное натяжение;

$h = \frac{2\sigma \cos \beta}{\rho gr}$  - высота подъема жидкости в капиллярной трубке;

$\Delta L = l_0(1 + \alpha \Delta T)$  - линейное расширение твердых тел;

$V_T = V_0(1 + \beta \Delta T)$  - объемное расширение жидкости и твердых тел (для твердых тел выполняется  $\beta = 3\alpha$ );

## Электростатика

$F = \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{4\pi \epsilon_0 \epsilon \cdot r^2} = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$  - закон Кулона;  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ ;  $K = 9 \cdot 10^9$

$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q'}$  - напряженность электрического поля;  $\phi = \frac{A_э}{q'}$  - потенциал электрического поля;

$E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 r^2} = K \frac{q}{r^2}$ ;  $\phi = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 r} = K \frac{q}{r}$  - напряженность и потенциал электростатического поля точечного заряда q на расстоянии r от заряда;

$E = \sum_{i=1}^n E_i$ ;  $\phi = \sum_{i=1}^n \phi_i$  - принцип суперпозиции полей;

$\tau = dq/dl$ ;  $\sigma = dq/dS$ ;  $\rho = dq/dV$  - линейная, поверхностная и объемная плотность электрических зарядов;

$E = \frac{q}{2\epsilon_0 \epsilon S} = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$  - напряженность электростатического поля от бесконечно протяженной электрически протянутой пластины;

$E = \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon S} = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}$  - напряженность электростатического поля в плоском конденсаторе;

$A = q(\phi_1 - \phi_2) = qU$  - работа по перемещению q из точки 1 в точку 2;

$C = q/\phi$  - электроёмкость уединенного проводника;

$C = 4\pi \epsilon_0 \epsilon R$  - электроёмкость проводящего шара;

$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$  - электроёмкость плоского конденсатора;

$W = \frac{C\phi^2}{2} = \frac{q\phi}{2} = \frac{q^2}{2C}$  - электроёмкость заряженного проводника;

$W = \frac{C(\Delta \phi)^2}{2} = \frac{q\Delta \phi}{2} = \frac{q^2}{2C}$  - электроёмкость заряженного конденсатора;

$F = \frac{q^2}{2\epsilon_0 \epsilon S} = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon_0 \epsilon} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 S}{2}$  - сила притяжения между обкладками кон.

$W = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 Sd}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon U^2 S}{2d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 V}{2}$  - энергия электростатического поля плоского конденсатора;

## Постоянный электрический ток

$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$  - сила электрического тока;  $j = I/S$  - плотность электрического тока;

$j = en(v)$  - плотность тока в проводнике;  $\varepsilon = A/q'$  - ЭДС в замкнутой цепи;

$R = \rho \cdot l/S$ ;  $G = 1/R$ ;  $\sigma = 1/\rho$  - R – сопротивление однородного линейного проводника, G – проводимость проводника,  $\sigma$  - проводимость вещества проводника.

**электроёмкость конденсатора:**

$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$  - при последовательном соединении;  $C = \sum_{i=1}^n C_i$  - при параллельном соединении;

**сопротивление проводников:**

$R = \sum_{i=1}^n R_i$  - при последовательном соединении;  $\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$  - при параллельном соединении;

**закон Ома:**

$U = IR$  - для однородного участка цепи;  $(\theta_1 - \theta_2) = \varepsilon_{1,2} - IR$  - для неоднородного участка

цепи;  $\varepsilon = I(R+r)$  - для замкнутой цепи;  $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$  - для полной цепи;

$A = Q = IUt = I^2 R t = \frac{U^2 t}{R}$  - работа тока (закон Джоуля-Ленца);

$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$  - мощность тока;  $m = k\lambda q = k\lambda t$ ;  $k = \frac{M}{N_A e Z} = \frac{M}{FZ}$  - закон электролиза;

$F = eN_A = 9.65 \cdot 10^4$  - постоянная Фарадея;

## Магнитное поле. Электромагнитная индукция

$F_A = IlB \sin \alpha$  - закон Ампера;  $F_L = qvB \sin \alpha$  - сила Лоренца;

$M = ISB \sin \alpha = P_m B \sin \alpha$  - механический момент действующий на контур с током;  $\vec{P}_m = IS \vec{n}$  - магнитный момент;

$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi R}$  - индукция создаваемая длинным прямым проводником;

$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2R}$  - индукция в центре кругового проводника;

$B = \frac{\mu_0 NI}{l} = \mu_0 nI$  - индукция внутри соленоида (N – число витков);

$\Phi = BS \cos \alpha$  - магнитный поток;

**электромагнитная индукция:**

$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  - закон Фарадея (ЭДС индукции);  $\varepsilon_{is} = - \frac{L \Delta I}{\Delta t}$  - ЭДС самоиндукции;

$\Phi = LI$  - магнитный поток;  $W = \frac{LI^2}{2}$  - энергия магнитного поля;

$w_m = B^2/2\mu_0$  - объёмная плотность однородного магнитного поля длинного соленоида;

## Колебания и волны

$x = x_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$  - уравнение гармонических колебаний;

$v = dx/dt = -x\omega_0 \sin(\omega t + \varphi_0) = x_0\omega_0 \cos(\omega t + \varphi_0 + \pi/2)$  - скорость материальной точки совершающей гармонические колебания;

$a = dv/dt = d^2x/dt^2 = -x\omega_0^2 \cos(\omega t + \varphi_0) = -\omega_0^2 x$  - ускорение материальной точки совершающей гармонические колебания;

$T = mv^2/2 = mx_0^2\omega_0^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0)/2$  - кинетическая энергия колеблющейся точки;

$\Pi = mx_0^2\omega_0^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0)/2$  - потенциальная энергия точки;

$E = T + \Pi = mx_0^2\omega_0^2/2$  - полная энергия;

$m\ddot{x} = -kx$ ;  $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$  - дифференциальное уравнение гармонических колебаний материальной точки;

$T = 2\pi \sqrt{m/k}$  - период колебаний пружинного маятника;

$T = 2\pi \sqrt{l/g}$  - период колебаний математического маятника;

$T = 2\pi \sqrt{LC}$ ;  $v = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$  - формула Томсона;

$\lambda = VT = V/v$  - связь длины волны со скоростью;

$i = J_m \cos \omega t$  - мгновенное значение силы тока в цепи переменного тока;

$i = U/R = U_0 \cos \omega t / R = I_0 \cos \omega t$  - активное сопротивление;

$\langle P \rangle = I_0^2 R/2$  - средняя мощность;

$I_D = I_0/\sqrt{2}$  - действующие значение силы тока;

$U_D = U_0/\sqrt{2}$  - действующие значение напряжения;

$P = I_D^2 R = U_D I_D$  - мощность переменного тока на участке цепи;

$U = q/C = U_0 \cos \omega t$  - напряжение на конденсаторе (ёмкостное сопротивление);

$q = CU_0 \cos \omega t$  - заряд конденсатора;

$i = I_0 \sin(\omega t + \varphi)$  - закон Ома для электрической цепи переменного тока;

$P = I_0 U_0 \cos \varphi / 2 = I_D U_D \cos \varphi$  - мощность в цепи переменного тока;

## Оптика

$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$  - из закона преломления;

$n = c/v$ ;  $n = v_1/v_2$  - абсолютный и относительный показатели преломления;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}^2$ ;

$\sin \alpha \sin \beta = n_2/n_1 = n_2 \sin \beta$  - предельный угол полного отражения;

$\Gamma = H/h = f/d = F/(d-F)$  - линейное увеличение линзы;

$1/d + 1/f = 1/F = D$  - формула тонкой линзы;

$D = 1/F = (n_{\text{опт}} - 1)(1/R_1 + 1/R_2)$  - оптическая сила тонкой линзы;

$d \sin \varphi = \pm ml$  - дифракция на решётке;  $d = 1/N_0$  - период дифракционной решетки;

$I = \Phi/\omega$  - сила излучения;

$\Phi = 4\pi I$  - полный световой поток;  $R = \Phi/S$  - светимость поверхностей;

$B_\varphi = \frac{I}{S \cos \varphi}$  - яркость светящейся поверхности в некотором направлении;

## Элементы теории относительности

$E = mc^2$ ;  $\Delta E = \Delta mc^2$  - связь массы и энергии (формула Эйнштейна);

$m(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$  - зависимость массы тела от скорости;

$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + v_1 v_2 / c^2}$  - релятивистский закон сложения скоростей;

## Квантовая физика

$\varepsilon = hv = hc/\lambda$  - энергия кванта;  $h = 6.26 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ ;  $p = hv/c = h/\lambda$  - импульс фотона;

$\lambda = vT$  - длина волны;  $h\nu = A_b + \frac{mv^2}{2}$  - уравнение Эйнштейна для фотоэффекта;

$h\nu_{\text{min}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}} = A_b$  - красная граница фотоэффекта;

$h\nu_{\text{kn}} = W_k - W_n$  - энергия излученного или поглощенного фотона (второй постулат Бора);

$m_e v n = n \cdot \hbar$  - правило квантового момента импульса;  $\hbar = h/2\pi = 1.05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$ ;

$E_n = - \frac{1}{(4\pi \varepsilon_0)^2} \cdot \frac{m_e e^4}{2 \hbar^2 n^2}$  - энергия стационарных состояний атома водорода;

$N = N_0 e^{-\lambda t}$  - закон радиоактивного распада;

$E = [(m_1 + m_2) - (m_3 + m_4)]c^2$  - энергия ядерной реакции;