

**КИНЕМАТИКА**, основы: перемещение вдоль оси  $S = \Delta x = x - x_0$  Скорость  $V = \Delta x / \Delta t$  Ускорение  $a = \Delta V / \Delta t$  Уравнение равномерного движения  $x = x_0 + Vt$ , равнопеременного движения  $x = x_0 + V_0 t + at^2/2$ , равнопеременного без времени  $x = x_0 + (V^2 - V_0^2) / 2a$  Уравнение скорости  $V = V_0 + at$  Средняя скорость  $V_{ср} = S/t$ , при равнопеременном движении  $V_{ср} = (V_0 + V) / 2$  Относительная скорость при движении тел в одну сторону  $V_{отн} = V_2 - V_1$ , в разные стороны  $V_{отн} = V_1 + V_2$  Лайфхак для графика  $x(t)$ :  $V = \text{tg} \alpha$ , для графика  $V(t)$ :  $S = \text{площадь под графиком}$ ,  $a = \text{tg} \alpha$  Период обращения по окружности  $T = t/N$  Частота  $\nu = 1/T = N/t$  Длина окружности  $S = 2\pi R$  Линейная скорость  $V = S/t = 2\pi R/T$  Угловая скорость  $\omega = \alpha/t = 2\pi/T = 2\pi\nu = V/R$  Центробежное ускорение  $a_c = V^2/R = \omega^2 R$

**КИНЕМАТИКА**, движение по параболе: проекции скорости на оси  $V_x = V \cos \alpha$ ,  $V_y = V \sin \alpha$  Уравнение скорости на Ох  $V_x = V_{0x} = V_0 \cos \alpha$ , на Оу  $V_y = V_0 \sin \alpha - gt$  Полная скорость в любой точке  $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$  Угол наклона скорости  $V$  к горизонту в любой точке  $\text{tg} \varphi = V_y / V_x$  Время подъема (и падения, если парабола симметричная)  $t = V_0 \sin \alpha / g$  Время всего полета (если парабола симметричная)  $T = 2t = 2V_0 \sin \alpha / g$  Максимальная высота подъема  $H = (V_0 \sin \alpha)^2 / 2g$  Дальность полета  $L = V_0^2 \sin 2\alpha / g$ , максимальная дальность достигается при угле  $\alpha = 45^\circ$ , тогда  $L_{\max} = V_0^2 / g$

**ДИНАМИКА**: Второй закон Ньютона  $\vec{F} = m\vec{a}$  Третий закон Ньютона  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$  Сила тяготения  $F = Gm_1 m_2 / r^2$  Сила тяжести  $F = mg$  Ускорение свободного падения  $g = GM/R^2$  Сила трения скольжения (закон Кулона-Амонтона)  $F_{тр} = \mu N$  Сила упругости (закон Гука)  $F_{упр} = kx$  Параллельное соединение пружин  $k_{общ} = k_1 + k_2$ , последовательное  $1/k_{общ} = 1/k_1 + 1/k_2$  Давление  $p = F/S$  Плотность  $\rho = m/V$  Давление жидкости  $p = \rho gh$ , на боковую стену  $p_{ст} = \rho gh/2$  Сила Архимеда  $F_a = \rho g V_{пч}$  Тело тонет  $\rho_{тела} > \rho_{среды}$ , в равновесии  $\rho_{тела} = \rho_{среды}$ , всплывает  $\rho_{тела} < \rho_{среды}$

**ЭНЕРГИЯ**: Работа  $A = F S \cos \alpha$  Мощность  $P = A/t = F V \cos \alpha$  КПД (коэффициент полезного действия) механизмов  $\eta = A_{полез} / A_{затр} * 100\%$  Потенциальная энергия тяготения  $E_p = mgh$ , деформации пружины  $E_p = kx^2/2$  Кинетическая энергия  $E_k = mV^2/2 = p^2/2m$  Полная энергия  $E = E_p + E_k$  Закон сохранения энергии  $E_1 = E_2$ , изменения  $E_1 + A = E_2 + Q$

**ИМПУЛЬС**: Определение импульса  $p = mV$  Второй закон Ньютона в импульсном виде  $\vec{F} = \Delta \vec{p} / \Delta t$  Закон сохранения импульса в общем виде  $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$ , для упругого удара ЗСИ и ЗСЭ, для абсолютно неупругого удара ЗСИ и ЗИЭ

**СТАТИКА**: Момент силы  $M = FL$  Правило моментов  $M_{по} = M_{против}$ , центр масс тела  $r = (m_1 r_1 + m_2 r_2) / (m_1 + m_2)$

**КОЛЕБАНИЯ**: Период колебаний  $T = t/N$  Частота  $\nu = 1/T = N/t$  Циклическая частота  $\omega = 2\pi/T = 2\pi\nu$  Период нитяного маятника  $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ , пружинного  $T = 2\pi\sqrt{m/k}$  Уравнение координаты  $x = A \sin(\omega t)$  или  $x = A \cos(\omega t)$  Максимальная скорость тела в колебаниях  $V_{\max} = \omega A$ , максимальное ускорение  $a_{\max} = \omega^2 A = \omega V_{\max}$  Закон сохранения энергии в колебаниях  $E_{п\max} = E_{к\max} = E_p + E_k$  Период изменения энергии в колебаниях  $T_{эн} = T/2$  Длина волны  $\lambda = VT = V/\nu$

## МКТ И ТЕРМОДИНАМИКА

**ОСНОВЫ**: Абсолютная температура газа  $T = t + 273$  Кинетическая энергия одной молекулы  $E = 3/2 kT = m_0 V^2/2$  Концентрация газа  $n = N/V$  Масса вещества  $m = N m_0$  Связь плотности и концентрации  $\rho = m/V = m_0 n$  Давление газа  $p = nkT = 2/3 nE = 1/3 m_0 n V^2 = 1/3 \rho V^2$  Количество вещества  $\nu = N/N_A = m/M$  Связь молярной массы и массы одной молекулы  $M = m_0 N_A$  Универсальная газовая постоянная  $R = k N_A$  Средняя скорость одной молекулы  $V = \sqrt{3kT/m_0} = \sqrt{3RT/M}$  Уравнение Менделеева-Клапейрона в стандартном виде  $pV = \nu RT$ , через плотность  $p = \rho RT/M$  Изотермический процесс ( $\nu = \text{const}$ ,  $T = \text{const}$ ), его закон Бойля-Мариотта  $pV = \text{const}$ , изобарный процесс ( $\nu = \text{const}$ ,  $p = \text{const}$ ), его закон Гей-Люссака  $V/T = \text{const}$ , изохорный процесс ( $\nu = \text{const}$ ,  $V = \text{const}$ ), его закон Шарля  $p/T = \text{const}$

**ТЕРМОДИНАМИКА**: Внутренняя энергия вещества  $U = E_k + E_p$ , одноатомного газа  $U = 3/2 \nu RT$  Работа газа в изобарном процессе  $A = p \Delta V$ , изохорном  $A = 0$ , в любом  $A = \text{площадь под графиком } p(V)$  Работа газа за цикл  $A = S$  фигуры цикла Работа внешних сил над газом  $A_{вн} = -A$  Первый закон термодинамики  $Q = A + \Delta U$ , в изотермическом процессе  $Q = A$ , изохорном  $Q = 3/2 \nu R \Delta T$ , изобарном  $Q = 5/2 \nu R \Delta T$ , адиабатном  $Q = 0$  Работа за цикл тепловой машины  $A = Q_n - Q_x$ , ее КПД  $\eta = A/Q_n * 100\% = (Q_n - Q_x) / Q_n * 100\%$  КПД цикла Карно (идеальной машины)  $\eta = (T_n - T_x) / T_n * 100\%$

**КАЛОРИМЕТРИЯ**: Теплота при нагревании/охлаждении вещества  $Q = cm \Delta t$ , плавлении  $Q = \lambda m$ , кристаллизации  $Q = -\lambda m$ , кипении  $Q = Lm$ , конденсации  $Q = -Lm$ , сгорании  $Q = qm$  Уравнение теплового баланса  $Q_1 + Q_2 + \dots = 0$

**ВЛАЖНОСТЬ**: Абсолютная влажность = плотность пара  $\rho = m/V$  Относительная влажность  $\varphi = \rho / \rho_n * 100\% = \rho / \rho_n * 100\% = n / n_n * 100\%$  При росте температуры  $T$  будут расти характеристики насыщенного пара  $\rho_n$ ,  $\rho_n$ ,  $n_n$ ,  $N_n$

**ЭЛЕКТРОСТАТИКА:** Заряд  $q = Ne$  Сила Кулона  $F = kqQ/r^2$  Напряженность электрического поля  $E = F/q = kQ/r^2$   
 Работа силы Кулона в однородном поле  $A = qEd$  Напряжение по определению  $U = A/q$ , в однородном поле  $U = Ed$ , в любом поле  $U = \Delta\phi$  Потенциал  $\phi = W/q = kQ/r$  Емкость по определению  $C = q/U$ , емкость плоского конденсатора  $C = \epsilon\epsilon_0 S/d$  Энергия конденсатора  $W = CU^2/2 = qU/2 = q^2/2C$  Последовательное соединение конденсаторов в цепи  $q_{общ} = q_1 = q_2$ ,  $U_{общ} = U_1 + U_2$ ,  $1/C_{общ} = 1/C_1 + 1/C_2$  Параллельное соединение  $q_{общ} = q_1 + q_2$ ,  $U_{общ} = U_1 = U_2$ ,  $C_{общ} = C_1 + C_2$  Конденсатор отключен от источника, тогда  $q = const$ , подключен к источнику, тогда  $U = const$

**ЭЛЕКТРОДИНАМИКА:** Сила тока  $I = \Delta q/\Delta t$  Лайфхак для графика  $q(t)$ :  $I = tg\alpha$ , для графика  $I(t)$ :  $q = \text{площадь под графиком}$  ЭДС источника  $E = A_{ист}/q$  Сопротивление  $R = \rho L/S$  Закон Ома для участка цепи  $I = U/R$ , для полной цепи  $I = E/(R_{общ} + r)$  Закон Джоуля-Ленца  $Q = A = IUt = I^2Rt = (U^2/R)t$  Мощность тока  $P = Q/t = IU = I^2R = U^2/R$  Последовательное соединение резисторов  $I_{общ} = I_1 = I_2$ ,  $U_{общ} = U_1 + U_2$ ,  $R_{общ} = R_1 + R_2$  Параллельное соединение  $I_{общ} = I_1 + I_2$ ,  $U_{общ} = U_1 = U_2$ ,  $1/R_{общ} = 1/R_1 + 1/R_2$  Сила тока короткого замыкания  $I_{кз} = E/r$ , его условие  $R_{общ} = 0$  Связь ЭДС и напряжений в цепи  $E = U_1 + U_2 + \dots$  Напряжение на источнике  $U = E - Ir$  Мощность источника  $P = IE$  КПД источника  $\eta = U/E \cdot 100\% = R/(R + r) \cdot 100\%$  Закон изменения энергии для цепи с конденсатором  $W_1 + A_{ист} + A_{вн} = W_2 + Q$

## МАГНЕТИЗМ

**ОСНОВЫ:** Магнитная индукция  $B$  прямо зависит от тока  $I$ , обратно от расстояния  $r$  Сила Лоренца для частицы  $F_l = qVB\sin\alpha$  Сила Ампера для проводника  $F_a = IB\sin\alpha$  Второй закон Ньютона для тела, движущегося по окружности в поле  $F_l = ma_{ц}$ , отсюда  $qVB = mV^2/R$ , связь  $qB = mV/R$  Период обращения тела по окружности  $T = 2\pi R/V = 2\pi m/qB$

**ЭЛМГ ИНДУКЦИЯ:** Магнитный поток  $\Phi = BS\cos\alpha$  Закон Фарадея (закон ЭЛМГ индукции)  $E = -\Delta\Phi/\Delta t$  Закон Ома для рамки/контура  $I = E/R$  Заряд, протекающий при ЭЛМГ индукции  $\Delta q = \Delta\Phi/R$  ЭЛМГ индукция из-за изменения магнитной индукции  $E = |\Delta BS\cos\alpha/\Delta t| = |\Delta B/\Delta t|S\cos\alpha$ , из-за движущегося проводника в магнитном поле  $E = BVL \cdot \cos\alpha$ , из-за поворота рамки в магнитном поле на определенный угол  $E = BS|\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1|/\Delta t$ , из-за равномерного вращения контура в магнитном поле  $\Phi = BS\cos(\omega t)$ ,  $E = -\Phi'(t) = \omega BS\sin(\omega t)$  Магнитный поток в катушке  $\Phi = LI = NBS\cos\alpha$  Энергия магнитного поля катушки  $W = LI^2/2 = \Phi I/2 = \Phi^2/2L$  ЭДС самоиндукции в катушке  $E = -L\Delta I/\Delta t$

**ЭЛМГ КОЛЕБАНИЯ:** Период электромагнитных колебаний (формула Томсона)  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  Частота колебаний  $\nu = 1/T$  Циклическая частота  $\omega = 2\pi\nu = 2\pi/T = 1/\sqrt{LC}$  Длина волны, излучаемой контуром  $\lambda = cT$  Максимальная сила тока в колебаниях  $I_{max} = q\omega_{max}$  Уравнение колебаний заряда  $q = q_{max}\sin(\omega t)$  или  $q = q_{max}\cos(\omega t)$  Закон сохранения энергии для колебаний  $W_{сmax} = W_{лmax} = W_с + W_л$  Период изменения энергии в колебаниях  $T_{эн} = T/2$

## ОПТИКА

**ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ:** Закон отражения света  $\alpha = \beta$  Абсолютный показатель преломления среды  $n = c/V$  Относительный показатель преломления двух сред  $n_{21} = n_2/n_1$  Закон Снеллиуса (или закон преломления света)  $n_1\sin\alpha = n_2\sin\beta$  Полное внутреннее отражение света  $n_1\sin\alpha_0 = n_2\sin 90 = n_2$ , синус предельного угла  $\sin\alpha_0 = n_2/n_1$  Оптическая сила линзы  $D = 1/F$  Линейное увеличение линзы  $\Gamma = H/h = f/d$  Формула тонкой линзы  $1/F = 1/d + 1/f$ , в случае мнимого изображения в собирающей линзе (когда расстояние  $d < f$ )  $1/F = 1/d - 1/f$ , в случае мнимого изображения в рассеивающей линзе (такое будет при любом положении предмета перед линзой)  $-1/F = 1/d - 1/f$

**ВОЛНОВАЯ:** Длина световой волны  $\lambda = VT = V/\nu$  Условие максимума интерференции  $\Delta = k\lambda$ , минимума интерференции  $\Delta = (2k+1)\lambda/2$  Период дифракционной решетки  $d = l/N$  Условие наблюдения максимумов решетки  $k\lambda = d\sin\alpha$  Формула дифракционной решетки  $k\lambda = dx/L$  Ограничение на количество максимумов на экране  $k \leq d/\lambda$

## ЯДЕРНАЯ И КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

**ЯДЕРНАЯ:** Количество нейтронов атома  $N = A - Z$  Альфа-распад уменьшение массового числа  $A$  на 4, зарядового числа  $Z$  на 2 Электронный бета-распад одно и то же  $A$ , увеличение  $Z$  на 1 Позитронный бета-распад одно  $A$ , уменьшение  $Z$  на 1 Гамма-распад одно и то же  $A$  и  $Z$  Закон радиоактивного полураспада  $N = N_0 \cdot 2^{-t/T}$ , либо  $m = m_0 \cdot 2^{-t/T}$

**КВАНТОВАЯ:** Длина волны фотона  $\lambda = c/\nu$  Импульс фотона  $p = h/\lambda = hv/c$  Энергия фотона  $E_f = hv = hc/\lambda = pc$  Энергия  $n$  уровня атома водорода  $E_n = (-13,6 \text{ эВ})/n^2$  Закон сохранения энергии для перехода между уровнями  $n$  и  $m$ :  $E_f = E_m - E_n$  Закон Эйнштейна для фотоэффекта  $E_f = A_{вых} + mV^2/2$  Работа выхода и красная граница фотоэффекта  $A_{вых} = h\nu_{кр} = hc/\lambda_{кр}$  Запирающее напряжение (при котором фототок  $I = 0$ )  $qU_{зап} = mV^2/2$  Насыщенный фототок  $I_n$  прямо зависит от интенсивности света, количества падающих фотонов в секунду, концентрации и мощности света