

Основные формулы элементарной физики

МЕХАНИКА

Кинематика равномерного прямолинейного движения ($\vec{v} = \text{const}$)

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| Ускорение | $\vec{a} = 0$ |
| Скорость | $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$ |
| Перемещение | $\vec{s} = \vec{v}t$ |
| Координата | $x = x_0 + v_x t$ |
| Классический закон сложения скоростей | $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{V}$ |

Кинематика равноускоренного движения ($\vec{a} = \text{const}$)

| | |
|------------------|---|
| Ускорение | $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$ |
| Скорость | $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$ |
| Квадрат скорости | $\vec{v}^2 = \vec{v}_0^2 + 2\vec{a} \cdot \vec{s}$ |
| Средняя скорость | $\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{1}{2} (\vec{v}_0 + \vec{v})$ |
| Перемещение | $\vec{s} = \vec{v}_{\text{ср}} t = \vec{v}_0 t + \vec{a} \frac{t^2}{2}$ |
| Координаты | $x = x_0 + v_{0x} t + a_x \frac{t^2}{2}$ |
| | $y = y_0 + v_{0y} t + a_y \frac{t^2}{2}$ |

Кинематика равномерного движения по окружности ($\vec{a} \perp \vec{v}$)

| | |
|-------------------|---|
| Линейная скорость | $v = \frac{l}{t} = \frac{2\pi R}{T} = \omega R$ |
|-------------------|---|

Угловая скорость

$$\omega = \frac{\alpha}{t} = \frac{v}{R} = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$$

Центростремительное
ускорение

$$a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

Период вращения

$$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi R}{v}$$

Частота вращений

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

Основы динамики

Второй закон Ньютона
с учетом принципа
суперпозиции сил

$$m\vec{a} = \Sigma \vec{F}_i$$

Второй закон Ньютона
в импульсном представлении

$$\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F}$$

Третий закон Ньютона

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Сила трения покоя

$$F_{\text{тр}0} \leq \mu_0 N$$

Сила трения скольжения

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

Закон Гука в классической
форме

$$F_{\text{упр}} = k|\Delta l|$$

Закон Гука в современной
форме

$$\sigma = E|\varepsilon|$$

Коэффициент жесткости

$$k = \frac{ES}{l_0}$$

Механическое напряжение

$$\sigma = \frac{F_{\text{упр}}}{S}$$

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

Закон всемирного тяготения

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Сила тяжести

$$\vec{F}_T = m\vec{g},$$

$$F_T = G \frac{mM_3}{(R_3 + h)^2}$$

Ускорение свободного падения

$$g = G \frac{M_3}{(R_3 + h)^2}$$

Первая космическая скорость

$$v_1 = \sqrt{gR_3} = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3}}$$

Круговая скорость спутника

$$v = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3 + h}}$$

Период обращения спутника

$$T = \frac{2\pi(R_3 + h)}{v}$$

Вес тела

$$\vec{P} = -\vec{N}$$

Давление

$$p = \frac{F}{S}$$

Плотность

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

Момент силы

$$M = \pm Fd$$

Условия равновесия твердого тела

$$\Sigma \vec{F}_i = 0; \quad \Sigma M_i = 0$$

Законы сохранения в механике

Импульс

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Закон сохранения импульса

$$\Sigma \vec{p}_i = \text{const}$$

Работа постоянной силы

$$A = Fs \cos \alpha$$

Мощность

$$P = \frac{A}{t}$$

Мощность силы тяги

$$P = Fv \cos \alpha$$

Кинетическая энергия

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Теорема о кинетической энергии

$$\Delta E_k = A \text{ или}$$

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = A$$

Потенциальная энергия тела, находящегося в однородном поле тяжести

а) выше нулевого уровня $E_{\text{п}} = mgh$

б) ниже нулевого уровня $E_{\text{п}} = -mgh$

Потенциальная энергия тела, на которое действует пружина

$$E_{\text{п}} = \frac{k(\Delta l)^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$$

Потенциальная энергия тела, движущегося в воде на глубине h под действием архимедовой силы

$$E_{\text{п}} = F_A h = \rho_{\text{ж}} V g h$$

Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия

$$E_{\text{п}} = G \frac{m_1 m_2}{r}$$

Теорема о потенциальной энергии

$$A_{\text{конс}} = -\Delta E_{\text{п}} = E_{\text{п1}} - E_{\text{п2}}$$

Полная механическая энергия

$$E = E_k + E_{\text{п}}$$

Закон сохранения энергии

$$E_k + E_{\text{п}} = \text{const}$$

Работа силы трения

$$A_{\text{тр}} = \Delta E = E_2 - E_1$$

Жидкости и газы

Сила давления жидкости

$$F_d = pS$$

Гидростатическое давление жидкости на глубине h

$$p_r = \rho g h$$

Полное давление на глубине h

$$p = p_0 + \rho g h$$

Давление в жидкости, движущейся с ускорением \vec{a}

а) $\vec{a} \uparrow \downarrow \vec{g}$

$$p = p_0 + \rho(g + a)h$$

б) $\vec{a} \downarrow \downarrow \vec{g}$

$$p = p_0 + \rho(g - a)h$$

Закон сообщающихся сосудов

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

Условия плавания тел

$$F_T = F_A \text{ или } \rho V = \rho_{\text{ж}} V_{\text{ж}}$$

Закон Архимеда

$$F_A = \rho_{\text{ж}} V_{\text{ж}} g$$

Архимедова сила в жидкости, движущейся с ускорением \vec{a}

$$\vec{F}_A = -\rho_{\text{ж}} V_{\text{ж}} (\vec{g} - \vec{a})$$

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Молярная масса $M = M_r \cdot 10^{-3}$ кг/моль

Масса молекулы

$$m_0 = \frac{M}{N_A}$$

Относительная молекулярная масса $M_r = 12m_0/m_{\text{OC}}$

Размер молекулы жидкого или твердого тела

$$r \approx \sqrt[3]{\frac{M}{\rho N_A}}$$

| | |
|---|--|
| Число молекул в теле | $N = \frac{m}{M} N_A$ |
| Количество вещества | $\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$ |
| Концентрация молекул | $n = \frac{N}{V}$ |
| Основное уравнение МКТ идеального газа | $p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}_{\text{кв}}^2$ |
| Абсолютная температура | $T = (t + 273 \text{ }^\circ\text{C}) \text{ К}/^\circ\text{C}$ |
| Средняя кинетическая энергия молекулы | $\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$ |
| Средняя квадратичная скорость молекулы газа | $\bar{v}_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ |
| Давление идеального газа | $p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k = nkT = \frac{1}{3} \rho \bar{v}_{\text{кв}}^2$ |
| Закон Дальтона для смеси газов | $p = p_1 + p_2 + \dots + p_n$ |
| Связь универсальной газовой постоянной с постоянной Больцмана и числом Авогадро | $R = kN_A$ |
| Уравнение Менделеева—Клапейрона | $\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} R$ |
| Уравнение Клапейрона (при $m = \text{const}$) | $\frac{pV}{T} = \text{const}$ |
| Закон Бойля—Мариотта (при $T = \text{const}$ и $m = \text{const}$) | $pV = p_0 V_0$ |
| Закон Гей-Люссака (при $V = \text{const}$ и $m = \text{const}$) | $\frac{p}{T} = \frac{p_0}{T_0}$ |
| Закон Шарля (при $p = \text{const}$ и $m = \text{const}$) | $\frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0}$ |
| Внутренняя энергия идеального одноатомного газа | $U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV$ |

Работа газа при изобарном процессе

$$A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{RT}{M} \Delta m \quad (m = \text{const}) \quad (T = \text{const})$$

Работа внешних сил над газом

$$A_{\text{внш}} = -A = -p\Delta V$$

Первый закон термодинамики

$$\Delta U = A_{\text{внш}} + Q$$

а) для изотермического процесса

$$0 = A_{\text{внш}} + Q$$

б) для изобарного процесса

$$\Delta U = -p\Delta V + Q$$

в) для изохорного процесса

$$\Delta U = Q$$

г) для адиабатного процесса

$$\Delta U = A_{\text{внш}}$$

Количество теплоты:

а) необходимое для нагревания

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

б) необходимое для плавления

$$Q = \lambda m$$

в) необходимое для парообразования

$$Q = rm$$

г) выделяющееся при сгорании топлива

$$Q = qm$$

КПД теплового двигателя

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}$$

КПД цикла Карно

$$\eta_{\text{max}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Относительная влажность воздуха

$$\varphi = \frac{p(t)}{p_0(t)} \cdot 100\%$$

Связь парциального давления водяного пара при данной температуре t с давлением насыщенного пара в точке росы

$$p(t) = p_0(t_{\text{росы}})$$

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ

Электростатика

Электрический заряд тела $q = \pm ne$

Закон сохранения заряда $q_1 + q_2 = q_1' + q_2'$

Закон Кулона

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2}$$

Напряженность электрического поля точечного заряда

$$E = k \frac{|q_{\text{ист}}|}{\epsilon r^2}$$

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

Электрическая сила $\vec{F} = q\vec{E}$

Потенциал электрического поля точечного заряда $\varphi = k \frac{|q_{\text{ист}}|}{\varepsilon r}$

Потенциальная энергия кулоновского взаимодействия $W = k \frac{q_1 q_2}{\varepsilon r}$

Работа электростатического поля $A = qU = q(\varphi_1 - \varphi_2)$

Изменение кинетической энергии заряженной частицы, движущейся в электрическом поле $\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = qU$

Напряжение $U = \varphi_1 - \varphi_2$

Связь напряженности и напряжения $E_x = \frac{U}{d}$

Заряд конденсатора $q = CU$

Емкость плоского конденсатора $C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$

Электрическая энергия заряженного конденсатора $W_{\text{эл}} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$

Законы постоянного тока

Сила тока $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ или $I = q'$

Сила тока в проводнике с постоянной площадью поперечного сечения S $I = envS$

Сопротивление проводника $R = \rho \frac{l}{S}$

Зависимость сопротивления от температуры $R = R_0(1 + \alpha t)$

Напряженность электрического поля в проводнике $E = \frac{U}{l}$

Закон Ома для пассивного участка цепи $I = \frac{U}{R}$

Закон Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$

Связь между ЭДС и напряжением на клеммах источника

а) при наличии тока в цепи $\mathcal{E} = U + Ir$

б) при разомкнутой внешней цепи $\mathcal{E} = U$

Сила тока при коротком замыкании $I_{\text{к.з}} = \frac{\mathcal{E}}{r}$

Законы последовательного соединения проводников

а) общая сила тока $I_0 = I_1 = I_2 = \dots = I_n$

б) общее напряжение $U_0 = U_1 + U_2 + \dots + U_n$

в) общее сопротивление $R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

Законы параллельного соединения проводников

а) общая сила тока $I_0 = I_1 + I_2 + \dots + I_n$

б) общее напряжение $U_0 = U_1 = U_2 = \dots = U_n$

в) общее сопротивление $\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n}$

Общее сопротивление двух параллельно соединенных проводников $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

Закон Джоуля—Ленца $Q = I^2 R t$

Работа тока $A = qU = IUt = Pt$

Мощность тока $P = \frac{A}{t}$

Полная мощность тока, выделяющаяся в замкнутой цепи $P_0 = I\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}^2}{R + r} = I^2 R + I^2 r$

Мощность тока, выделяющаяся на внешнем сопротивлении R $P = IU = \frac{U^2}{R} = I^2 R = \left(\frac{\mathcal{E}}{R + r}\right)^2 R = I\mathcal{E} - I^2 r$

Условие выделения максимальной мощности ($P = P_{\text{max}}$) $R = r$

Потери мощности внутри источника $\Delta P = P_0 - P = I^2 r$

КПД источника тока $\eta = \frac{P}{P_0} = \frac{U}{\mathcal{E}} = \frac{R}{R + r}$

Закон электролиза $m = kq = kIt$

Связь электрохимического эквивалента вещества с его молярной массой и валентностью $k = \frac{1}{eN_A} \cdot \frac{M}{n}$

Магнитное поле и электромагнитная индукция

Закон Ампера $F_A = BIl \sin \alpha$

Вращающий момент сил, действующих на рамку с током в магнитном поле (φ — угол между B и нормалью к плоскости рамки)

$$M = BIS \sin \varphi$$

Сила Лоренца

$$F_{\text{Л}} = |q| vB \sin \alpha$$

Уравнение движения частицы в поперечном магнитном поле

$$m \frac{v^2}{R} = |q|vB$$

Магнитный поток

$$\Phi = BS \cos \varphi$$

Закон электромагнитной индукции

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ или } \mathcal{E}_i = -\Phi'$$

ЭДС индукции в катушке из N витков

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

ЭДС индукции в движущемся проводнике

$$\mathcal{E}_i = Blv \sin \alpha$$

Сила индукционного тока $|I_i| = \frac{|\mathcal{E}_i|}{R}$

Заряд, протекающий через сечение проводника при изменении магнитного потока, пронизывающего контур с сопротивлением R

$$|\Delta q| = |I_i| \Delta t = \frac{|\Delta\Phi|}{R}$$

Связь между магнитным потоком, силой тока в проводящем контуре и его индуктивностью

$$\Phi = LI$$

ЭДС самоиндукции

$$\mathcal{E}_s = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \text{ или } \mathcal{E}_s = -LI'$$

Энергия магнитного поля тока

$$W_m = \frac{LI^2}{2}$$

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Механические колебания и волны

Уравнение гармонических колебаний $x = X_m \cos(\omega t + \varphi_0)$

Период колебаний $T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\nu}$

Частота колебаний $\nu = \frac{N}{t} = \frac{\omega}{2\pi}$

Циклическая частота $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$

Фаза колебаний $\varphi = \omega t + \varphi_0$

Скорость при гармонических колебаниях $v_x = x' = -\omega X_m \sin(\omega t + \varphi_0)$

Амплитуда скорости $v_m = \omega X_m$

Ускорение при гармонических колебаниях $a_x = v_x' = -\omega^2 X_m \cos(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 x$

Амплитуда ускорения $a_m = \omega^2 X_m = \omega v_m$

Собственная частота пружинного маятника $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

Период свободных колебаний пружинного маятника $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

Закон сохранения энергии для пружинного маятника

$$E = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_m^2}{2} = \frac{kX_m^2}{2}$$

Собственная частота математического маятника

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Период свободных колебаний математического маятника

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

Закон сохранения энергии для математического маятника

$$E = \frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{mv_m^2}{2} = mgH$$

Период свободных колебаний математического маятника, точка подвеса которого движется с ускорением \vec{a}

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{|\vec{g} - \vec{a}|}}$$

Длина волны $\lambda = \nu T$

Скорость волны $v = \lambda \nu$

Электромагнитные колебания и волны

Собственная частота колебательного контура

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Формула Томсона

$$T = 2\pi \sqrt{LC}$$

| | | | |
|---|---|--|---|
| Закон сохранения энергии для колебательного контура | $W = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = \frac{LI_m^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C}$ | Индуктивное сопротивление | $X_L = \omega L$ |
| Действующее значение силы переменного тока | $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ | Закон Ома для цепи, содержащей конденсатор | $I = \frac{U}{X_C}$ |
| Действующее значение переменного напряжения | $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ | Скорость электромагнитных волн | $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$ |
| Емкостное сопротивление | $X_C = \frac{1}{\omega C}$ | Коэффициент трансформации при холостом ходе | $K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}$ |
| Закон Ома для цепи, содержащей катушку индуктивности (при $R = 0$) | $I = \frac{U}{X_L}$ | Количество теплоты, выделяемое линией электропередачи (ЛЭП), находящейся под напряжением U | $Q = \left(\frac{P}{U}\right)^2 R t$ |

ОПТИКА

| | | | |
|--|--|---------------------------------|---|
| Связь скорости света с длиной волны и частотой | | Оптическая сила линзы | $D = \frac{1}{F}$ |
| а) в вакууме | $c = \lambda\nu$ | Оптическая сила системы линз | $D = D_1 + D_2 + \dots + D_n$ |
| б) в веществе | $v = \lambda'\nu$ | Оптическая сила линз очков | $D = \frac{d'_0 - d_0}{d'_0 d_0}$ |
| Абсолютный показатель преломления | $n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda}{\lambda'}$ | Угловое увеличение лупы | $\Gamma = \frac{d_0}{F}$ |
| Относительный показатель преломления | $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ | Угловое увеличение микроскопа | $\Gamma = \frac{d_0}{F_{\text{ок}}} \cdot \frac{\Delta}{F_{\text{об}}}$ |
| Закон преломления | $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$ | Условие максимума интерференции | $\Delta d = n_{\text{чет}} \frac{\lambda}{2}$ |
| Предельный угол полного отражения | $\alpha_0 = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$ ($n_2 < n_1$) | Условие минимума интерференции | $\Delta d = n_{\text{нечет}} \frac{\lambda}{2}$ |
| Формула тонкой линзы | $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ | Формула дифракционной решетки | $d \sin \varphi = n\lambda$ |
| Линейное увеличение линзы | $\Gamma = \frac{H}{h} = \left \frac{f}{d} \right $ | | |

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

| | | | |
|---|--|--|--|
| Закон взаимосвязи массы и энергии (энергии покоя) | $E_0 = mc^2$ | Связь между энергией, импульсом и массой | $E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$ |
| Полная энергия тела | $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$ | Релятивистский импульс | $\vec{p} = \frac{E}{c^2} \vec{v} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$ |

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Световые кванты

Энергия фотона $\varepsilon = h\nu = \hbar\omega = \frac{hc}{\lambda}$

Импульс фотона $p = \frac{\varepsilon}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта $h\nu = A_{\text{в}} + \frac{mv^2}{2}$

Красная граница фотоэффекта $\nu_0 = \frac{A_{\text{в}}}{h}$ или

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu_0} = \frac{hc}{A_{\text{в}}}$$

Связь между максимальной кинетической энергией выбиваемых светом электронов и задерживающим напряжением $\frac{mv^2}{2} = eU_3$

Атом и атомное ядро

Энергия атома водорода в стационарном состоянии $E_n = -\frac{Ry}{n^2}$

Ридберг $Ry = 13,6 \text{ эВ} = 2,2 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$

Энергия фотона, излучаемого или поглощаемого атомом при переходе $h\nu = |E_{n_2} - E_{n_1}|$

из одного стационарного состояния в другое

Массовое число ядра $A = Z + N$

Дефект массы ядра $\Delta M = (Zm_p + Nm_n) - M$

Энергия связи ядра $E_{\text{св}} = \Delta Mc^2$

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



Закон радиоактивного распада $N = N_0 2^{-t/T}$

Энергетический выход ядерной реакции ($a + b \rightarrow c + d$) $Q = (m_a + m_b - m_c - m_d) c^2$

Атомная единица массы $1 \text{ а. е. м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Квадрат скорости света в вакууме $c^2 = 931,5 \text{ МэВ/а. е. м.}$
в МэВ/а. е. м.

ФИЗИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ

Скорость света в вакууме

Гравитационная постоянная

Постоянная Планка

Постоянная Авогадро

Постоянная Больцмана

Универсальная газовая постоянная

Элементарный заряд

Постоянная Фарадея

Удельный заряд электрона

Масса электрона

Масса протона

Масса нейтрона

Электрическая постоянная

Магнитная постоянная

Постоянная Кулона

$$c = 299792458 \text{ м/с} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$$

$$\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

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

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$F = eN_A = 9,6 \cdot 10^4 \text{ Кл/моль}$$

$$-e/m = -1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а. е. м.}$$

$$m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,007276 \text{ а. е. м.}$$

$$m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,008665 \text{ а. е. м.}$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$$

$$\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$$