

Ответы к упражнениям

Упр. 1. 1. $A = 0,60$ м; $T = 8,0$ с; $\nu = 0,13$ Гц. 3. $S = 15$ м. 4. $T = 0,33$ с;

$$\nu = 3,0 \text{ Гц}; \quad \omega = 19 \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \quad 5. \quad x(t) = 20 \cos(2\pi t) \text{ (см)} = 0,20 \cos(2\pi t) \text{ (м)}.$$

Упр. 1-1. 1. $T = 0,33$ с; $\nu = 3,0$ Гц; $\omega = 19 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. 2. $\nu = 1,2$ Гц; $N = 75 \frac{\text{ударов}}{\text{мин}}$. 3. $v_{\max} = 0,10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;

$$a_{\max} = 0,22 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \quad 4. \quad x_1 = 8,4 \text{ см}. \quad 5. \quad x(t) = 20 \cos(2\pi t) \text{ (см)}. \quad 6. \quad x(t) = 1,0 \sin(\pi t) \text{ (см)}; \quad \varphi = 2,5\pi;$$
$$x = 1,0 \text{ см}. \quad 7. \quad x(t) = 10 \sin\left(4\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ (см)}.$$

Упр. 2. 1. $T = 7,3$ с; $\nu = 0,14$ Гц. 2. $l = 25$ см. 3. $k = 16 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$. 4. $\Delta l = 10$ см.

5. Одновременно. 6. $l_2 = 28$ см. 7. $T = 1,3$ с. 8. $l = 24,87$ см, $\varepsilon = 1,9\%$. 9. $l = 25$ см. 10. $l = 4,0$ м.

$$11. \quad m = 1,05 \text{ кг}. \quad 12. \quad \text{Увеличилась в } n = \sqrt{2} = 1,4 \text{ раза}. \quad 13. \quad n = \frac{\sqrt{k_1 k_2}}{k_1 + k_2}.$$

Упр. 3. 2. $W_{\text{мех}} = 0,80$ Дж; $h_{\text{max}} = 80$ см. 3. $\Delta W_{\text{н}} = 0,10$ Дж; $\Delta W_{\text{кmax}} = 0,10$ Дж.

4. $\eta_1 = 3,0$; $\eta_2 = 0,78$; $\eta_3 = 0$. 5. $W = 52$ мДж; $W_{\text{н}} = 19$ мДж; $W_{\text{к}} = 33$ мДж. 6. $W_{\text{н}} = 0,13$ Дж;

$$W_{\text{к}} = 50 \text{ мДж}; \quad x(t) = 5 \cos(32t) \text{ (см)}. \quad 7. \quad n = \frac{1}{8}. \quad 8. \quad W = 2\pi^2 \nu^2 A^2 m. \quad 10. \quad A = 40 \text{ см}. \quad 11. \quad x_1 = 2,4 \text{ мм}.$$

$$12. \quad A = \frac{T}{\pi} \sqrt{\frac{(W_{\text{к}})_{\text{max}}}{2m}}; \quad v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2(W_{\text{к}})_{\text{max}}}{m}}; \quad x(t) = \frac{T}{\pi} \sqrt{\frac{(W_{\text{к}})_{\text{max}}}{2m}} \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right). \quad 13. \quad T = 9,1 \text{ с}.$$

14. $s = 8,9$ см. 15. $H = 150$ м.

Упр. 4. 2. Для устранения возможного резонанса. 3. $\nu = 30 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$. 4. $l = 11,0$ см. 5. $l = 63$ см.

Упр. 5. 1. $\nu = 75 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. 2. $T = 1,3$ с; $A = 5,0$ мкм. 3. $T = 2,9$ с. 4. $\nu = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

$$5. \quad l = 0,63 \text{ км}. \quad 6. \quad h = 50 \text{ км}. \quad 7. \quad u = 0,70 \frac{\text{км}}{\text{с}}; \quad v_{\text{max}} = 3,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad 8. \quad L = 1,1 \cdot 10^2 \text{ м}. \quad 9. \quad l = 2,7 \text{ км}.$$

Упр. 6. 1. $\Delta t_1 = 30$ с; $\Delta t_2 = 2,0$ с. 2. $\lambda_1 = 6,0$ мм; $\lambda_2 = 1,4$ мм. 3. $l = 0,34$ км.

4. $H = 1,5 \cdot 10^2$ м. 5. $l = 0,26$ км. 6. $l = 0,45$ км. 7. $h = 2,0$ см; $d = 5,0$ см. 8. Уменьшится в $k = 3$ раза.

9. $\tau = 11,2$ с.

Упр. 7. 1. $T = 1,2$ мс. 2. $T = 0,89$ с. 3. $\nu = 36$ кГц. 4. Увеличится (уменьшится) в 4 раза. 5. а)

$$U = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = 0,71U_0; \quad \text{б) } U = -0,71U_0. \quad 6. \quad \text{Изменяется от}$$

1,2 пФ до 0,14 пФ. 7. Нет; увеличить оба значения в 1,24 раза. 8. $T = 0,5$ мс;

$$I(t) = -13 \sin(4\pi \cdot 10^3) \text{ А}; \quad (W_C)_{\text{max}} = (W_L)_{\text{max}} = 10 \text{ мДж}. \quad 9. \quad \varepsilon = 2,5. \quad 10. \quad \text{Уменьшится в } k$$

$$= \frac{4}{3} \text{ раза}. \quad 11. \quad t_{\text{min}} = 0,71 \text{ мс}. \quad 12. \quad W_C = 0,12 \text{ мДж}; \quad W_L = 40 \text{ мкДж}. \quad 13. \quad C_2 = 60 \text{ мкФ}. \quad 14.$$

$$\nu_0 = 724 \text{ Гц}. \quad 15. \quad T_1 = 8,0 \text{ мкс}.$$

Упр. 8. 1. $I_0 = 10$ А; $T = 1,0$ с; $\nu = 1,0$ Гц; $I_1 = 1,3$ А.

$$2. \quad I(t) = -0,30 \sin(314t) \text{ (мА)}; \quad I_1 = -0,30 \text{ мА}; \quad I_2 = 0,30 \text{ мА}.$$

3. $I(t) = 3,0\sin(157t)$ (мА); $I_1 = 3,0$ мА; $I_2 = -2,1$ мА.

4. $q(t) = 20\cos(1570t)$ (мКл); $q_1 = -14$ мКл; $q_2 = 19$ мКл.

5. $\nu = 25$ Гц; $U = 200$ В. 6. $\nu = 50$ Гц. 7. $U_0 = 6,2$ В.

9. $U_0 = 40$ В; $\omega = 157 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$; $\nu = 25$ Гц. 10. $U(t) = 200\sin(100\pi t)$ В; $U_1 = 0,32$ В;

$U_2 = -0,64$ В; $U_3 = 0,96$ В. 11. $I(t) = 0,27\sin(100\pi t)$ А. 12. $Q = 6,1 \cdot 10^9$ Дж = 6,1 ГДж.

13. $\mathcal{E}(t) = 2\pi nBS\cos(2\pi nt)$; $\mathcal{E}_0 = 0,19$ В. 14. $I_{\text{ср}} = 0,25$ А; $I_{\text{д}} = 2,0$ А. 15. а) $I_{\text{д}} = 4,0$ А; б)

$I_{\text{д}} = 4,0$ А; в) $I_{\text{д}} = 2,5$ А. 16. $I_{\text{max}} = 4,0$ А; $I_{\text{д}} = 2,3$ А.

Упр. 8-1. 1. Повышающий; $k = 8$. 2. $\eta = 82\%$; 3. $N_2 = 6000$; $k = \frac{1}{10}$; в первичной, т. к. там сила тока больше. 4.

Понижающий; $k = 0,43$. 5. $U_{\text{д}} = 9,4$ кВ. 6. $N_{21} = 6$; $N_{22} = 60$. 7. $I_{\text{д}1} = 2,0$ кА; $I_{\text{д}2} = 4,3$ кА.

Упр. 9. 1. $T = 50$ нс; $\nu = 2,0 \cdot 10^7$ Гц. 2. $l = 0,90$ км.

3. $l_1 = 4,1 \cdot 10^{10}$ м; $l_2 = 3,2 \cdot 10^{10}$ м. 4. $N = 7,5 \cdot 10^3$. 5. $\lambda_1 = 30$ км; $\lambda_2 = 0,10$ км. 6. $\lambda = 7,5$ км. 7.

$13 \text{ м} \leq \lambda \leq 0,10 \text{ км}$. 8. $d_2 = 5,6$ мм.

Упр. 10. 1. $\tau = 493$ с. 2. $\nu = 1,95 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 3. $k = 1,135$. 4. $\tau = 2,00$ мс. 5. $l = 1,7$ км. 6. $n = 1,52$.

Упр. 11. 1. Ослабление (минимум). 2. $N = 5$. 3. Ослабление (минимум). 4. Ослабление. 6. $\Delta x = 0,092$ мм.

7. $\lambda = 5,6 \cdot 10^{-7}$ м.

Упр. 12. 1. $\theta = 6,2^\circ$. 2. $N = 1,13 \cdot 10^6 \frac{\text{шттр}}{\text{м}}$. 3. $N = 1,3 \cdot 10^4 \frac{\text{шттр}}{\text{см}}$. 4. $m_{\text{max}} = 3$.

5. $m = 3$; $\theta_2 = 25^\circ$; $\theta_3 = 39^\circ$; $\theta_4 = 56^\circ$. 6. Во втором порядке. Не зависит. 8. $\lambda_{\text{кр}} = 681$ нм.

9. Вторая решетка. 10. $m_{\text{max}} = 3$. 11. а) $m_{\text{max}} = 2$; б) $m_{\text{max}} = 5$. 12. $\Delta\theta = 15,4^\circ$. 13. $\lambda_2 = 700$ нм.

Упр. 13. 1. $\alpha = 37^\circ$. 2. $H = 6,0$ м. 3. Да, можно; $x = 4,4$ м. 4. $b = 1,0$ м.

6. $u = 0,60 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 7. $D_1 = 0,65$ м; $D_2 = 0,85$ м. 8. $n = 3$.

Упр. 14-1. 1. $d = 2F = R$. 2. $d = 32$ см. 3. $F = 12$ см; $R = 24$ см. 4. $D = 2,3$ дптр. 6. $f = -6,0$ см (изображение мнимое); $H = 2,4$ см. 7. $d = 7,5$ см. 8. $d = 3,6$ м.

Упр. 15. 1. $H = 5,3$ м. 2. $n_{21} = 0,89$. 3. $\alpha = 41^\circ$. 4. $\alpha_2 = 82^\circ$. 5. $\alpha = 51^\circ$. 6. $\alpha = 49^\circ$.

7. $n_2 = 1,59$. 8. $\delta = 80^\circ$, $l = 44$ см.

Упр. 16. 1. $n_1 = 1,5$; $n_2 = 1,3$; $n_3 = 1,8$. 2. $n_1 = 1,6$; $n_2 = 1,4$; $n_3 = 1,8$. 4. $l = 22$ мм. 5. $h = 2,0$ мм.

6. $l = 22$ мм. 7. $d = 65$ мм. 9. $\delta = 21^\circ$. 10. $n = 1,5$. 11. $\varphi = \frac{\pi}{2}$; $\alpha = \beta = \frac{\pi}{4}$.

Упр. 17. 4. Собирающая; $F = 18,3$ см. 5. $d = 24$ см; $h = 1,8$ см. 6. $d = 30$ см; $\Gamma = 0,67$. 7. $d = 5,8$ см.

8. $F = 15$ см.

Упр. 17-1. 1. $D = 6,8$ дптр. 2. $d = 62,5$ см. 3. $h = 2,7$ м. 4. $F = 8,3$ см. 5. $D = -2,7$ дптр. 6. $D = 2,9$ дптр.

7. $D_1 = 5,3 \cdot 10^2$ дптр. 8. $\tau = 2,2$ мс. 9. а) $f = 300$ мм; б) $l = 158$ мм; в) $\alpha = 8,99^\circ$; г) $\alpha = 1,06^\circ$;

д) $\frac{\alpha}{\beta} = 8,48$; е) $\Gamma = \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 = 8,55$.

- Упр. 17-2.** 1. $l_0 = 0,15$ км. 2. $v = 0,80$ с. 3. $\tau_0 = 1,9$ мкс. 4. $v = 0,80$ с; $\tau = 5,0$ лет. 5. $\tau_0 = 1,4$ мкс.
6. $P = 66$ см. 7. $S = 0,60$ м². 8. $v = 0,95$ с.

- Упр. 18.** 1. $E = 9,0 \cdot 10^{10}$ Дж. 2. $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг. 3. $\Delta m = 3,5 \cdot 10^{-8}$ кг. 4. $\Delta m = 1,4 \cdot 10^{17}$ кг. 5. $v = 0,82$ с.
6. $E_k = 6,0 \cdot 10^{19}$ Дж; $\varepsilon = 4,9$ %.

- Упр. 19.** 1. $E = 3,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. 2. $E_1 = 3,3 \cdot 10^{-19}$ Дж; $\frac{E_2}{E_1} = 2,4$; $\frac{E_3}{E_1} = 6,0 \cdot 10^3$; $\frac{E_4}{E_1} = 6,0 \cdot 10^6$.

3. $v_{\min} = 5,0 \cdot 10^{14}$ Гц. 4. $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-7}$ м.

5. $A_{\text{вых}} = 4,2$ эВ; $N = 3,8 \cdot 10^{17}$. 6. $N = 1,4 \cdot 10^3$. 7. $E_k^{\max} = 6,27 \cdot 10^{-19}$ Дж; $v_{\max} = 1,17 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. 8.

$A_{\text{вых}} = 2,0$ эВ. 9. $p = 1,11 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 10. $\lambda = 3,0 \cdot 10^{-7}$ м. 11. $v_{\max} = 4,0 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

12. $A_{\text{вых}} = 3,2$ эВ. 13. $\lambda = 5,1 \cdot 10^{-7}$ м. 14. $p = 5,3 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 15. $v = 2,8 \cdot 10^{15}$ Гц.

16. $v = 3,7 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. 17. $p = 1,7 \cdot 10^{-24} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 18. $\Delta t = 0,34$ К. 19. $\lambda = 1,7 \cdot 10^{-7}$ м.

- Упр. 20.** 1. $N = 6$. 2. Энергия атома уменьшилась на $\Delta E \approx 2,6$ эВ $\approx 4,1 \cdot 10^{-19}$ Дж.

3. С уровня $N = 5$ на уровень $N = 1$; с уровня $N = 1$ на уровень $N = 5$.

4. $\Delta E = 4,1 \cdot 10^{-19}$ Дж = 2,6 эВ. 5. $\Delta E = 12,1$ эВ. 6. $\lambda_1 = 2,3 \cdot 10^{-7}$ м; $\lambda_2 = 1,6 \cdot 10^{-7}$ м; $\lambda_3 = 2,9 \cdot 10^{-7}$ м.

7. $v = 2,0 \cdot 10^{14}$ Гц; 8. $v = 2,9 \cdot 10^{15}$ Гц; $N = 3$; $r = 4,8 \cdot 10^{-10}$ м; $N = 3$. 9. $E = 1,6 \cdot 10^{-18}$ Дж.

10. $r_3 = 4,8 \cdot 10^{-10}$ м; $r_{300} = 4,8 \cdot 10^{-6}$ м. 11. $n = 4,3 \cdot 10^3$, $E_n = -7,2 \cdot 10^{-7}$ эВ. 12. $\eta = 1,2 \cdot 10^{36}$.

13. $r_3 = 4,8 \cdot 10^{30}$ м. 14. $\frac{\Delta m}{m} = 1,1 \cdot 10^{-8}$. 15. $\lambda = 1,3 \cdot 10^{-7}$ м.

- Упр. 21.** 1. $A_1 = 225$; $A_2 = 131$; $A_3 = 91$. 3. а) $A = 11$; $N = 5$; $Z = 6$; б) $A = 19$; $N = 10$; $Z = 9$; в) $A = 40$;

$N = 22$; $Z = 18$; г) $A = 64$; $N = 35$; $Z = 29$; д) $A = 55$; $N = 30$; $Z = 25$. 4. а) кальций (Ca); б)

магний (Mg); неон (Ne);

резерфордий (Rf). 5. а) Азот (N); б) алюминий (Al); магний (Mg). 6. $\eta_1 = 6,25$; $\eta_2 = 6,20$.

7. $V_{\text{нукл}} = 7,2 \cdot 10^{-45}$ м³; $l_{\text{нукл}} = 2,4 \cdot 10^{-15}$ м; $F_{\text{нукл}} = 40$ Н;

- Упр. 22.** 1. Нейтрон (${}_0^1n$). 2. а) ${}_3^7\text{Li} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_4^7\text{Be} + {}_0^1n$; б) ${}_3^7\text{Li} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_2^4\text{He}$; в) ${}_3^7\text{Li} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_1^3\text{H} + {}_2^4\text{He} + {}_1^1p$;

г) ${}_3^7\text{Li} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_4^8\text{Be} + {}_0^0\gamma$. 3. $E = 127$ МэВ.

5. ${}_{12}^{25}\text{Mg} + {}_1^1p \rightarrow {}_{11}^{22}\text{Na} + {}_2^4\text{He}$. 6. $\Delta m = 0,0256$ а.е.м.; $Q = 23,8$ МэВ.

7. $\Delta m = 0,01549$ а.е.м.; выделяется, $Q = 14,4$ МэВ; $E = 14,4$ МэВ. 8. ${}_{11}^{23}\text{B} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{13}^{27}\text{Al} + {}_0^1n$.

9. ${}_{6}^{14}\text{C}$; ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_0^1n \rightarrow {}_{6}^{14}\text{C} + {}_1^1p$. 10. Выделяется, $Q = 8,1$ МэВ. 11. Дейтроны (${}_1^2\text{D}$);

${}_{25}^{54}\text{Mn} + {}_1^2\text{D} \rightarrow {}_{26}^{55}\text{Fe} + {}_0^1n$. 12. а) ${}_{29}^{62}\text{Cu}$; б) ${}_{30}^{63}\text{Zn}$; ${}_{30}^{62}\text{Zn}$. 13. Указание: вычислите дефект масс.

а) выделяется; б) поглощается; в) поглощается. 14. ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_0^1n$; фосфор (${}_{15}^{30}\text{P}$).

15. Поглощается (указание: вычислите дефект масс).

Упр. 23. 1. $\Delta m = 0,24157$ а.е.м. 2. $m_p = 7,0547$ а.е.м. = $1,1711 \cdot 10^{-26}$ кг.

3. $\varepsilon = 7,42 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$. 4. $\varepsilon = 7,074 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$. 5. $\Delta m = 0,10851$ а.е.м.;

$\varepsilon = 7,22 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$. 6. $E_{\text{св}}(\text{N}) = 104,72$ МэВ; $E_{\text{св}}(\text{He}) = 28,3$ МэВ;

$E_{\text{св}}(\text{O}) = 131,8$ МэВ. 7. $\Delta m_p = 0,50946$ а.е.м.; $E_{\text{св}} = 474,56$ МэВ. 8. $\varepsilon_{\text{св}} = 5,2854 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$.

9. $E_{\text{мин}} = 319,86$ МэВ.

Упр. 24. 1. α -частицу. 2. Указание: вычислите дефект масс. 3. Указание: вычислите дефект масс.

4. ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_0^1n$; ${}_{15}^{30}\text{P} \rightarrow {}_{14}^{30}\text{Si} + {}_1^0e$.

5. ${}_{8}^{19}\text{O} \rightarrow {}_{9}^{19}\text{F} + {}_{-1}^0e$. 6. ${}_{84}^{210}\text{Po} \rightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb} + {}_2^4\alpha$. 7. Стабильно, т. к. дефект масс отрицательный (тре-

буется энергия). 8. ${}_{26}^{56}\text{Fe} + {}_0^1n \rightarrow {}_{25}^{56}\text{Mn} + {}_1^1p$; ${}_{25}^{56}\text{Mn} \rightarrow {}_{26}^{56}\text{Fe} + {}_{-1}^0e$. 9. ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_0^1n \rightarrow {}_{6}^{14}\text{C} + {}_1^1p$;

${}_{6}^{14}\text{C} \rightarrow {}_{7}^{14}\text{N} + {}_{-1}^0e$. 10. ${}_{2}^5\text{He}$; ${}_{1}^1\text{H}$. 11. ${}_{88}^{224}\text{Ra}$. 12. ${}_{92}^{238}\text{U}$.

Упр. 25. 1. $k_2 = 4,0$. 2. $k = 1,6\%$. 3. $t = 145$ лет. 4. $N_1 = 1,8 \cdot 10^{21}$; $N_2 = 5,7 \cdot 10^{19}$. 5. $m = 0,25$ кг.

6. $T_{1/2} = 3,80$ суток (радон). 7. $t = 1793$ года.

Упр. 26. 1. а) $Q = 172$ МэВ; б) $Q = 185$ МэВ; в) $Q = 173$ МэВ; г) $Q = 168$ МэВ.