

1. Кинематика движения материальной точки и абсолютно твердого тела.

1.5. а) $a = 10 \text{ м/с}^2$, б) $a = 10^{16} \text{ м/с}^2$.

1.6. 1) $\omega = b - 2ct$, 2) $V = (b - 2ct)R$, 3) $a_1 = -2cR$,

4) $a_n = (b - 2ct)^2 R$, 5) $a = R\sqrt{4c^2 + (b - 2ct)^4}$.

1.7. $\tau = 10 \text{ с}$.

1.8. $N = \frac{v\tau}{2} = 5,5 \text{ об.}$

1.9. $\beta = \frac{\pi v_0^2}{N} = 5 \text{ рад/с}^2$.

1.10. а) $S \approx 500 \text{ м}$, б) $|\Delta \mathbf{r}| = 500 \text{ м}$, $V = 6,3 \text{ м/с}$, $\mathbf{V} = 6t \cdot \mathbf{e}_x + 2\mathbf{e}_y \text{ (м/с)}$, $\mathbf{a} = 6 \cdot \mathbf{e}_x \text{ (м/с}^2\text{)}$.

1.11. а) $\mathbf{V} = 6t \cdot \mathbf{e}_x + 2\mathbf{e}_y \text{ (м/с)}$, $\mathbf{a} = 6 \cdot \mathbf{e}_x \text{ (м/с}^2\text{)}$, б) $V = 6,3 \text{ м/с}$, в) $S \approx 63 \text{ м}$.

1.15. $V_x = \pm 1,1 \text{ м/с}$, $a_x = -19,7 \text{ м/с}^2$.

1.16. а) $\tau = \sqrt{\frac{R}{a_\tau}} = 2 \text{ с}$, б) $\tau = \sqrt{\frac{2R}{a_\tau}} = 2,8 \text{ с}$.

1.17. $V = A$, $a = A\omega$, $\alpha = \pi/2$, частица движется с постоянной угловой скоростью по окружности радиуса A/ω .

1.18. а) $(\mathbf{r}, \mathbf{V}) = 0$. Вектор скорости перпендикулярен радиус-вектору.

б) $(\mathbf{r}, \mathbf{a}) = -\omega^2 A$. Вектор ускорения направлен против радиус-вектора. в) $x^2 + y^2 = A$ — окружность радиуса A . г) Против часовой стрелки. д) Движение по окружности радиуса A с центром в начале координат с постоянной угловой скоростью.

1.19. $b = 1/\tau$, где τ — промежуток времени, за который скорость уменьшается в e раз.

1.20. $|\Delta \mathbf{r}| = |\Delta x| = \left| V_0 \tau - \frac{k\tau^2}{12} \right| \approx 5,25 \text{ м}$, $V_{cp} = \frac{|\Delta \mathbf{r}|}{\tau} \approx 1,7 \text{ м/с}$.

1.21. а) $\omega = \omega_0 \cdot e^{-\alpha t}$, б) $t_1 = \frac{\ln n_1}{\ln n_2} t_2 = 52 \text{ с}$.

1.22. $R = \left(\frac{a}{\beta} \right)^2 \frac{1}{1 + \beta^2 \tau^4} \approx 3,7 \text{ мм}$.

1.23. $\mathbf{V}_1 = V \cdot (\mathbf{e}_x + \mathbf{e}_y)$, $\mathbf{V}_2 = 2V \cdot \mathbf{e}_x$, $\mathbf{V}_3 = V \cdot (\mathbf{e}_x - \mathbf{e}_y)$.

1.24. $\mathbf{a} = -\frac{V_0^2}{R} \mathbf{e}_y.$

1.25. $a = a_0 \sqrt{1 + \frac{4h^2}{R^2}}.$

1.26. $\Delta X = \frac{U_0 d}{2V}.$

2. Динамика движения материальной точки.

2.5. $\Delta m = 2(M - F/g).$

2.6. а) $V(t) = V_0 \cdot e^{-\frac{k}{m}t}$, б) $s = \frac{V_0}{b} \cdot (1 - e^{-bt}) \Big|_{t \rightarrow \infty} = \frac{m}{k} V_0.$

2.7. $v = \frac{e}{2\pi r} \frac{1}{\sqrt{4\pi\epsilon_0 m_e r}} = 2,5 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$, $a_n = 4\pi^2 v^2 r \approx 2,5 \cdot 10^{22} \text{ м/с}^2.$

2.8. $V = \frac{eB}{2\pi m_e} \sqrt{h^2 + 4\pi^2 R^2} = 7,6 \cdot 10^6 \text{ м/с}.$

2.9. а) $a_n = 0$, $a_\tau = eE/m_e$, б) $a_n = \frac{e}{m_e} \sqrt{B^2 V^2 + E^2}$, $a_\tau = 0.$

2.10. а) $S = \frac{2}{B} \sqrt{\frac{2U}{eN_A}} (\sqrt{\mu_2} - \sqrt{\mu_1}) = 1 \text{ см}$, б) $\frac{t_1}{t_2} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$, т.е. легкий достигнет раньше.

2.11. $A_1 = 4$, $A_2 = 3$. Пики соответствуют изотопам гелия ^4He и ^3He .

3. Динамика движения твердого тела.

3.5. $I_z = \frac{ml^2}{12} \sin^2 \alpha.$

3.6. $I_z = mR^2.$

3.8. $I_z = \frac{mR^2}{2}.$

3.9. $I_z = \frac{mR^2}{4} = 0,08 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$

3.11. $I_z = \frac{3mR^2}{10}.$

Ответы к задачам для самостоятельного решения.

3.12. $I_z = \frac{2mR^2}{5}$.

3.13. $I_z = \frac{2mR^2}{5} \cong 10^{38} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, $M = \frac{4\pi}{5} \frac{mR^2}{T} \cong 1,7 \cdot 10^{36} \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$.

3.14. $F = \frac{\pi v m d}{2\tau} \approx 4,4 \text{ мН}$.

3.15. $a = \frac{2mg}{M+2m} = 3 \text{ м/с}^2$, $T = mg \frac{M}{M+2m} = 13,5 \text{ Н}$.

3.16. $I_z = \left(\frac{g\tau^2}{2h} - 1 \right) mR^2 = 18 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

3.17. $a = \frac{M}{M + \frac{3}{2}m} g \approx 5,6 \text{ м/с}^2$, $F_{mp} = \frac{Mm}{2M+3m} g = 2,8 \text{ Н}$, $\mu \geq \frac{Mm}{2M+3m} = 0,29$.

3.18. а) $\tau = \sqrt{3h/g} = 0,39 \text{ с}$, б) $F = mg/6 = 1,64 \text{ Н}$.

3.19. $\frac{V_u}{V_y} = \frac{15}{14}$.

3.20. $\beta = \frac{(m_2R - m_1r)g}{m_1r^2 + m_2R^2 + J}$; $T_1 = m_1(g + \beta r)$; $T_2 = m_2(g - \beta R)$.

3.21. $\mu \geq \frac{F}{3mg}$.

3.22. $F_{mp} = \frac{F}{m + I_z/R^2} \left(\cos \alpha \cdot \frac{I_z}{R^2} + m \frac{r}{R} \right)$.

3.23. а) катушка “ползет” по плоскости, не вращаясь, с ускорением $a_x = 0,51 \text{ м/с}^2$, б) катушка неподвижна, в) катушка катится без скольжения вправо, $a_x = 0,36 \text{ м/с}^2$, г) катушка катится без скольжения влево, $a_x = -0,3 \text{ м/с}^2$.

3.24. $T = mg/4$.

3.25. $T = \frac{4\pi^2 \nu I_z}{mgl} \approx 860 \text{ с}$.

3.26. $\Omega = \frac{mgl}{I_z \omega}$, направление прецессии совпадает с направлением вращения волчка.

3.29. $M_1 = 2mV_0R$, $M_2 = 0$.

3.30. $M_1 = \frac{3}{2}mV_0R, M_2 = mV_0R, M_3 = \frac{1}{2}mV_0R, M_4 = 0, M_5 = \frac{1}{2}mV_0R.$

3.31. а) $\mathbf{N} = (1/2mgh \cdot \sin 2\alpha) \cdot \mathbf{n}$, б) $\mathbf{M}(t) = (1/2mgh \cdot \sin 2\alpha) \cdot t \cdot \mathbf{n}.$

3.32. а) $\mathbf{N} = (mgV_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t \cdot \mathbf{n}$, б) $\mathbf{M}(t) = (1/2mgV_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t^2 \cdot \mathbf{n}.$

4. Работа и энергия.

4.4. $T = \frac{F^2 t^2}{2m}.$

4.5. $\tau = \frac{T_0}{N\pi v_0} \approx 5,1 \text{ с}.$

4.6. $A = 0,5mD^2\pi^2 v^2 = 22 \text{ кДж}.$

4.7. $U = \frac{\beta x^4}{4}.$

4.8. $F_x = -\frac{a}{y}; F_y = a\left(\frac{x}{y^2} + \frac{1}{z}\right); F_z = -\frac{ay}{z^2}.$

4.9. $U(r) = \begin{cases} -\frac{mgR^2}{r} & \text{при } r \geq R \\ -\frac{mg(r^2 - 3R^2)}{2R} & \text{при } r \leq R. \end{cases}$

4.10. $U = -\frac{3}{5}G\frac{M^2}{R} = -\frac{16}{15}G\pi^2\rho^2R^5.$

4.11. $\frac{l_2}{l_1} = 3.$

4.12. $F = \frac{b}{R}\sqrt{R^2 + 4s^2}.$

5. Законы сохранения импульса, энергии и момента импульса.

5.7. $r_{\min} = \frac{e^2}{2T} \approx 1,4 \cdot 10^{-13} \text{ см}.$ На таком расстоянии уже сказываются ядерные силы.

5.8. $n_0 = 2n_1 = 10.$

Ответы к задачам для самостоятельного решения.

5.10. Должно выполняться условие $V_x = \frac{\sqrt{m_1 m_2 n} - m_2}{m_1 + m_2} V_{20} < 0$, т.е. при $\frac{m_2}{m_1} > n$.

5.11. $\Delta \mathcal{E} = \frac{M_{Cs}}{M_o + M_{Cs}} T_0 = 3,57 \text{ эВ} < \mathcal{E}_{\text{ион}}$. Ионизации не произойдет.

5.12. В $k = \left(\frac{n+1}{n-1}\right)^2 = 1,4$ раза.

5.13. В $k = \left(\frac{n+1}{n-1}\right)^2 = 9$ раз.

5.14. $T_2 = \frac{3}{4} T_1 = 30 \text{ Дж}$.

5.15. $Q = \frac{7}{10} m(V_0^2 - V^2) = 2,8 \text{ мДж}$.

5.16. $V_{\min} = \sqrt{gl} \approx 2,9 \text{ м/с}$.

5.17. $V_c = \frac{1}{2} \sqrt{3gl} \approx 2,5 \text{ м/с}$.

5.18. $a = g\sqrt{1+3\sin^2 \alpha}$.

5.19. $V = \sqrt{V_0^2 - \frac{4}{3}gh}$, $H = \frac{3V_0^2}{4g}$.

5.20. $V = \sqrt{\frac{3}{7}gl}$.

5.21. $x = \frac{2}{3}l$.

5.22. $x = \frac{l^2}{12a} = 15 \text{ см}$, линейка поворачивается вокруг точки О с угловой скоростью
 $\omega = \frac{12pa}{ml^2} = 4 \text{ рад/с}$.

5.23. $\varphi = \pi$.

5.24. а) Начнёт вращаться в направлении, противоположном вращению колеса. б) Остановится.
в) Направление вращения изменится так, что экспериментатор опять будет вращаться в направлении, противоположном вращению колеса.

5.25. а) будет вращаться в том же направлении, в котором вращалось колесо, б) скорость вращения возрастёт.

5.26. $\mu = \frac{3mg}{u}$.

5.27. $V = u$.

5.28. $u \geq \frac{Mg}{\mu} = 98 \text{ м/с}$.

5.29. $\tau = \left(\frac{R}{r}\right)^2 \sqrt{\frac{2h}{g}} = 3,2 \cdot 10^3 \text{ с} = 53 \text{ мин}$.

5.30. 1) $h(t) = \left(\frac{r}{R}\right)^4 \frac{g}{2} (t - \tau)^2$, 2) $V = \left(\frac{R}{r}\right)^4 g(\tau - t)$.

5.31. $\tau = \frac{S_1}{S_2} l \sqrt{\frac{S_1 \rho}{2F}} = 3,2 \text{ с}$.

5.32. а) $Re = \frac{\rho Q}{\pi \eta R} = 764 < 1000$ – течение ламинарное,

б) $\frac{dp}{dl} = \frac{8\eta Q}{\pi R^4} = 3,1 \text{ Па/м}$.

6. Закон Кулона. Напряженность электрического поля.

Теорема Гаусса.

6.6. $F = \frac{qQ}{2\pi^2 \varepsilon_0 R^2} \approx 0,37 \text{ Н}$.

6.7. $E(x) = \frac{1}{4\pi \varepsilon_0} \cdot \frac{q}{x(l+x)} = 1,8 \text{ В/м}$.

6.8. $F = \frac{q^2}{16\pi \varepsilon_0 a^2}$, $\sigma(r) = -\frac{qa}{2\pi r^3}$; $Q = -q$.

6.9. $E(0) = \sigma/4\varepsilon_0$.

6.10. $E = \sigma/2\varepsilon_0$.

6.11. а) $E(r) = \frac{\rho r}{2\pi \varepsilon_0 \varepsilon}$; б) $E(r) = \frac{\rho R^2}{2\varepsilon_0 \varepsilon r}$, где R – радиус цилиндра.

6.12. а) $E(r) = \frac{\rho r}{3\varepsilon_0}$, б) $E(r) = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r^2}$.

$$6.13. E(h) = \frac{\sigma h}{2\varepsilon_0 \sqrt{R^2 + h^2}}.$$

$$6.14. E = \frac{\rho b}{3\varepsilon_0}.$$

$$6.15. F = \lambda^2 / 2\pi\varepsilon_0 b = 8,1 \text{ Н/м}.$$

$$6.16. E_{\text{внутри}} = \frac{\rho x}{\varepsilon_0 \varepsilon}, \quad E_{\text{вне}} = \frac{\rho d}{2\varepsilon_0}.$$

$$6.17. F_n = \sigma \cdot \Phi.$$

$$6.18. F = S\sigma^2 / 2\varepsilon_0.$$

7. Потенциал. Емкость.

$$7.6. \varphi(0) = \frac{\sigma R}{2\varepsilon_0}.$$

$$7.7. a) \varphi(x) = -\frac{\sigma|x|}{2\varepsilon_0} + const; \quad б) \text{ Нельзя.}$$

$$7.8. a) \varphi(x) = -\frac{\rho x^2}{2\varepsilon_0 \varepsilon}; \quad б) \varphi(x) = -\left[\frac{\rho a^2}{2\varepsilon_0 \varepsilon} + \frac{\rho(|x| - a)a}{\varepsilon_0} \right].$$

7.9. а) не могут; б) не могут.

$$7.10. \Delta\varphi = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}.$$

$$7.11. U(r) = U_0 \cdot \frac{\ln(r/R_1)}{\ln(R_2/R_1)}.$$

$$7.12. a = \frac{e \cdot \Delta\varphi}{r \cdot m \cdot \ln R_2 / R_1} \approx 10^{15} \text{ м/с}^2; \quad V = \sqrt{\frac{2e \cdot \Delta\varphi \ln(r/R_1)}{\ln(R_2/R_1)}} \approx 5 \cdot 10^6 \text{ м/с}.$$

$$7.13. F = \frac{3p_1 p_2}{2\pi\varepsilon_0 r^4} = \frac{3p^2}{2\pi\varepsilon_0 r^4} \approx 3,3 \cdot 10^{-15} \text{ Н}, \quad \text{диполи притягиваются.}$$

$$7.14. a) C = \varepsilon\varepsilon_0 S/d; \quad б) C = \frac{2\pi\varepsilon\varepsilon_0}{\ln(R_2/R_1)}; \quad в) C = \frac{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}{(1/R_1 - 1/R_2)}.$$

$$7.15. a) E_1 = E_2 = E_0; \quad б) E_1 = E_2 = 2E_0/(\varepsilon + 1).$$

$$7.16. a) E_1 = 2\varepsilon E_0/(\varepsilon + 1); \quad E_2 = 2E_0/(\varepsilon + 1); \quad б) E_1 = E_0; \quad E_2 = E_0/\varepsilon.$$

$$7.17. \frac{R_1}{R_2} = \frac{\varepsilon_2 E_2}{\varepsilon_1 E_1}.$$

$$7.18. C = \frac{\varepsilon_0 S (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{d \ln(\varepsilon_2 / \varepsilon_1)} = 6 \text{ нФ}.$$

$$7.19. C = \frac{8\pi\varepsilon_0 R_1}{\ln R_2 / R_1} = 100 \text{ нФ}.$$

8. Энергия электростатического поля.

$$8.2. U = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q^2}{R} \right).$$

$$8.3. R_{0,9} = \frac{R}{1-\eta} = 10R.$$

$$8.4. \eta = (1 - R_0/R) = 99\%.$$

$$8.5. A = \Delta U = -\frac{1}{10} \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 R} = -90 \text{ нДж}.$$

$$8.6. U = \frac{q^2}{8\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) = 27 \text{ мДж}.$$

$$8.7. A = \Delta U = \frac{q^2 \Delta x}{2\varepsilon_0 S} \approx 11 \text{ мкДж}.$$

$$8.8. a) U_E = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q^2}{r} = -2,6 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} = -16 \text{ эВ}.$$

$$б) U_0 = U \cdot N_A \approx -1,6 \cdot 10^6 \text{ Дж} = -1,0 \cdot 10^{25} \text{ эВ}.$$

$$8.9. U_1 = \frac{\lambda^2}{2\pi\varepsilon_0} \ln \frac{b}{a}.$$

$$8.10. q(t) = C\varepsilon \cdot (1 - e^{-t/RC}); \quad I_{\max} = \varepsilon/R.$$

$$8.11. q(t) = q_0 \cdot e^{-t/RC}; \quad \tau = RC.$$

$$8.12. \tau = \frac{RC \ln 2}{2} \approx 0,35 \text{ мс}.$$

$$8.13. U_E = \frac{q^2}{8\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = 135 \text{ мкДж}.$$

9. Законы постоянного тока.

Ответы к задачам для самостоятельного решения.

$$9.5. R = \rho \int_0^l \frac{dx}{S(x)}.$$

$$9.6. a) q = q_0 \exp(-\sigma t / \varepsilon \varepsilon_0);$$

$$б) Q = \frac{q_0^2}{8\pi\varepsilon\varepsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right).$$

$$9.7. I = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon - 1)aVU}{d}.$$

$$9.8. n = \sqrt{\frac{NR}{r}} = 6; P_{\max} = \frac{E^2}{4R} = 30 \text{ Вт}.$$

$$9.9. Q = \frac{CU^2 R_1}{2(R_1 + R_2)} \approx 63 \text{ мДж}.$$

$$9.10. a) A_1 = CU^2/4; \quad б) A_2 = -CU^2/2.$$

9.11. Может.

$$9.12. I_1 = 0,6 \text{ А}, I_2 = -2,9 \text{ А}, I_3 = -2,3 \text{ А}.$$

$$9.13. Q = \frac{I_{\max}^2}{3} R\tau = 15 \text{ кДж}.$$

$$9.14. Q = \frac{I_0^2}{3} R\tau = 100 \text{ кДж}.$$

$$9.15. E = \sqrt{\frac{Q\rho}{Vt}} = 0,14 \text{ В/м}.$$

$$9.16. r = \frac{P_2 I_1 - P_1 I_2}{I_1 I_2 (I_1 - I_2)} = 0,75 \text{ Ом}, \quad \varepsilon = 5,5 \text{ В}.$$

$$9.17. \langle P \rangle = I_0^2 R \tau / T = 20 \text{ Вт}.$$

$$9.18. \varepsilon = U \left(\frac{R_1}{R_v} + \frac{R_1}{R_2 + R_3} + 1 \right) = 325 \text{ В}.$$

$$9.19. V = U_0 \frac{2R_v}{R + 4R_v} = 100 \text{ В}.$$

$$9.20. q = 17U_0 C / 19.$$

$$9.21. j = \sqrt{P/\rho} = 10 \text{ кА/м}^2.$$

10. Магнитное поле токов.

10.6. $B_{M_1} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{I_1}{r_1} - \frac{I_2}{r_2} \right) = 10 \text{ мкТл}, \quad B_{M_2} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{I_1}{r_1} + \frac{I_2}{r_2} \right) = 70 \text{ мкТл}.$

10.7. $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} = 40 \text{ мкТл}.$

10.8. $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{I_1}{r_1} \right)^2 + \left(\frac{I_2}{r_2} \right)^2} = 120 \text{ мкТл}.$

10.9. $B = 42,7 \text{ мкТл}.$

10.10. $B = \frac{\mu_0}{\pi L} \sqrt{I_1^2 + I_2^2} = 400 \text{ мкТл}.$

10.11. $B = \frac{8\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi L} \approx 45 \text{ мкТл}.$

10.12. $B = \frac{\mu_0 I(2 + 3\pi)}{8\pi R}.$

10.13. $B = \frac{\mu_0 I}{8} \left(\frac{3}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) = 11 \text{ мкТл}.$

10.14. $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \left(\frac{3\pi}{2a} + \frac{\sqrt{2}}{b} \right).$

10.15. $B = \frac{\mu_0 I a}{2\pi b \sqrt{a^2 + 4b^2}} \cdot \left(1 + \frac{1}{k} \right) = 7 \text{ мкТл}.$

10.16. $B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{nI}{r} \cdot \text{tg} \left(\frac{\pi}{n} \right),$ в пределе $n \rightarrow \infty$ $B = \frac{\mu_0 I}{2r}$ – поле кругового тока (10.13).

10.17. $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R} (\pi - \varphi + \text{tg} \varphi) = 28 \text{ мкТл}.$

10.18. $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{e[V, r]}{r^3}, \quad B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{eV \sin \alpha}{r^2} = 150 \text{ мкТл}.$

10.19. $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{e^2}{2R^2 \sqrt{\pi \epsilon_0 m_e R}} = 125 \text{ Тл}.$

10.20. $\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{2} [\mathbf{j}, \mathbf{a}].$

11. Закон Ампера. Сила Лоренца.

$$11.5. \quad B = \frac{\Delta m g l}{N I S} = 0,2 \text{ Тл.}$$

$$11.6. \quad F = \frac{\mu \mu_0 I_1 I_2}{2 \pi a} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Н} = 0,2 \text{ мкН.}$$

$$11.7. \quad F_1 = \frac{\mu_0 I^2}{4 R} = 25 \text{ мкН.}$$

$$11.8. \quad F = \frac{\mu_0 a^2 I_1 I_2}{2 \pi b(b+a)} = 5 \text{ мкН.}$$

$$11.9. \quad a = g \sin \alpha - \frac{I B l}{m} = 2,5 \text{ м/с}^2.$$

$$11.10. \quad B_r = \frac{2h}{l^2} \sqrt{\frac{2U m_e}{e}}.$$

$$11.11. \quad I = \frac{m g}{N \pi R B}.$$

$$11.12. \quad h = \frac{V}{\gamma B} (1 - \cos \alpha) = 28 \text{ мм.}$$

$$11.13. \quad V_{op} = \frac{2V}{\pi} \cdot \frac{B_2 - B_1}{B_2 + B_1}.$$

$$11.14. \quad T = \frac{2\pi m_p}{|e| B} = 13,1 \text{ мс.}$$

$$11.15. \quad M_r^{(1)} = \frac{m_1 N_A}{10^{-3}} = \frac{e B^2 N_A}{10^{-3} \cdot 2U} \cdot R_1^2 = 36, \quad M_r^{(2)} = \frac{e B^2 N_A}{10^{-3} \cdot 2U} \cdot R_2^2 = 40.$$

$$11.16. \quad V = \frac{U}{B d} = 2 \text{ м/с.}$$

$$11.17. \quad \frac{F_m}{F_g} = \mu_0 \varepsilon_0 V^2 = \left(\frac{V}{c} \right)^2 = 1 \cdot 10^{-6}.$$

$$11.18. \quad n = \frac{j B}{e E} = 2,5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}, \quad n_A = \frac{\rho N_A}{M} = 2,54 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}, \quad \frac{n}{n_A} = 0,984.$$

$$11.19. \quad R = \frac{M}{\eta \rho e N_A} = 2,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3 / (\text{А} \cdot \text{с}).$$

$$11.20. \eta = k \frac{M_{Al} \rho_{Cu}}{M_{Cu} \rho_{Al}} \approx 2,5.$$

$$11.21. \Delta U_x = \frac{Bjd}{en} = \frac{BIM}{eapN_A} = 2,2 \text{ мкВ}.$$

12. Электромагнитная индукция.

12.3. а) Против часовой стрелки, б) по часовой стрелке,

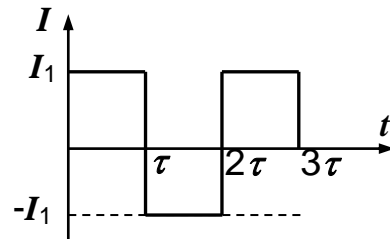
$$в) q = \frac{Ba^2}{R}.$$

12.5. Через некоторое время после начала движения шарик будет падать с постоянной установившейся скоростью. Его движение сходно с падением дробишки в вязкой среде.

$$12.7. N_1 = \frac{U_1}{U_2} N_2 = 2200.$$

$$12.9. \text{ Меандр, } I_1 = \frac{1}{R} \mu \mu_0 S n \frac{2I_0}{\tau} = 32 \text{ мА}.$$

$$P = I_1^2 R \approx 0,32 \text{ мВт}.$$



$$12.10. B = \frac{qR}{S} = 50 \text{ мкТл}.$$

$$12.11. Q = \frac{a^3 k^2 S \tau}{4\rho} = 0,44 \text{ мДж}.$$

$$12.12. I = \frac{2\varepsilon + BL^2 \omega}{2(R+r)}.$$

$$12.13. q = \frac{\mu_0 a I}{2\pi R} \ln \left(\frac{b+a}{b-a} \right).$$

$$12.14. V(t) = \frac{mgR}{k^2 a^4} (1 - e^{-t/\tau}), \text{ где } \tau = \frac{k^2 a^4}{mR}. \text{ Установившаяся скорость движения}$$

$$V_0 = \frac{mgR}{k^2 a^4}.$$

$$12.16. F = \frac{Q}{V}.$$

Ответы к задачам для самостоятельного решения.

12.17. $\omega = \frac{2U}{Bl^2} = 40 \text{ рад/с.}$

12.18. $V = \frac{mgR}{B^2 l^2} (\sin \alpha - \mu \cos \alpha).$

12.19. $\tau = \sqrt{\frac{2L}{a}}, \text{ где } a = \frac{mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{m + CB^2 l^2}.$

12.20. $Q = \frac{2B^2 VL^2 \operatorname{tg} \alpha}{\rho}.$

12.21. Ток направлен против часовой стрелки, $Q = \frac{BV \sin \alpha}{\rho(1 + \sin \alpha)}.$

12.22. $\mathcal{E}_i = \frac{\mu_0 I a^2}{2\pi x(x + a)}.$

12.23. $I_i = \frac{\mu_0 I_0 V}{2\pi R} \ln \frac{b}{a}, F = \frac{\mu_0^2 I_0^2 V}{4\pi^2 R} \ln^2 \frac{b}{a}, x = \frac{l}{\ln \frac{b}{a}}, P = \frac{\mu_0^2 I_0^2 V^2}{4\pi^2 R} \ln^2 \frac{b}{a} = I_i^2 R.$

12.24. $V = \frac{|m_1 - m_2| Rg}{4Bl^2}.$

**13. Самоиндукция. Взаимоиндукция.
Энергия магнитного поля.**

13.4. При замыкании цепи L_2 вспыхивает мгновенно, а L_1 постепенно с заметным запаздыванием. При быстром переключении полярности напряжения блока питания лампочка L_1 практически перестает светиться*).

13.5. $I(t) = \frac{\mathcal{E}}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right), \tau_{0,99} = \frac{L}{R} \ln \frac{I_0}{I(\tau_{0,99})} \approx 4,6 \text{ с.}$

13.6. $L_1 = \frac{\mu_0}{\pi} \left(\frac{1}{2} + \ln \frac{b}{a} \right) \approx 1,4 \text{ мкГн/м.}$

13.7. $I(t) = I_0 \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right), \tau_1 \approx 7 \text{ мкс}, \tau_2 \approx 14 \text{ мкс}, \tau_2 / \tau_1 = 2.$

13.8. а) $L_x = \frac{R\Delta q}{I} = 0,2 \text{ Гн. б) Подбором исходной силы тока через катушки } I_0 \text{ и } I_x \text{ до}$
размыкания ключа (меняя напряжение питания) добиться одинакового начального отклонения

* Последнее демонстрирует проявление индуктивного сопротивления переменному току.

(«броска») стрелки микроамперметра после размыкания ключа (т.е. одинаковых Δq). Тогда

$$L_x = \frac{I_0}{I_x} L_0.$$

13.9. $L_1 = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \ln \frac{b}{a} \approx 0,36 \text{ мкГн/м.}$

13.10. $L_{12} = \mu\mu_0 nNS.$

13.11. $L_{12} = \frac{\Delta q R}{I} = 2 \text{ нГн.}$

13.12. $L_{12} = L_{21} = \mu\mu_0 \frac{N_1 N_2}{l} S.$

13.13. $L_{12} = \sqrt{L_1 L_2} = 0,6 \text{ Гн.}$

13.14. $I_2 = \frac{1}{R_2} \sqrt{L_1 L_2} \frac{I_1}{\Delta t} = 0,1 \text{ А.}$

13.15. $U_1 = \frac{\mu\mu_0 I^2}{4\pi} \left(\frac{1}{4} + \ln \frac{b}{a} \right) \approx 0,2 \text{ мкДж.}$

13.16. $I = \frac{l}{N} \sqrt{\frac{2\omega}{\mu\mu_0}} = 1 \text{ А,} \quad U = 1,26 \text{ мДж.}$

13.17. $\Delta t = \frac{L}{2R} = 0,05 \text{ с.}$