

Физика РІ 2024-2025 решения

1 Тур.

Задача 1

1.1 $s_{x,y} = V_{0x,y}t + \frac{a_{x,y}t^2}{2}$; $|\vec{s}| = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$; $|\vec{s}| = \sqrt{0^2 + 4^2} = 4 \text{ см.}$

1.2 $V_x = \dot{x}$; $V_x = -2t + 4$; $V_x(t = 4) = -4 \text{ м/с}$; $V_y = 1 \text{ м/с}$; $\text{tg } \alpha = \frac{|V_y|}{|V_x|} = 0,25$; $\alpha \approx 14^\circ$

1.3 $V_x(t = 2,5) = -1 \text{ м/с}$; $V_y = 1 \text{ м/с}$; $\text{tg } \beta = \frac{|V_y|}{|V_x|} = 1$; $\beta = 45^\circ$;

$a_\tau = |a| \cos \beta = 2 \cos 45^\circ \approx 1,41 \text{ см/с}^2$

Задача 2

2.1 Брусок неподвижен, $F_x = 0 \Rightarrow F_{\text{тр}} = 0$

2.2 $ma_x = F_x - F_{\text{тр}}$; $a_x = -\frac{t}{m} + \frac{3}{m} - \mu g$; $V_x = -\frac{t^2}{2m} + \left(\frac{3}{m} - \mu g\right)t$;

Брусок остановится ($V_x = 0$), при $t_1 = 2 \text{ с}$. Брусок снова начнёт двигаться при $-F_x = \mu mg$;

$t_2 = 3 + \mu mg$; $t_2 = 3 + 0,1 \cdot 2 \cdot 10 = 5 \text{ с} \Rightarrow a(t = 4) = 0$

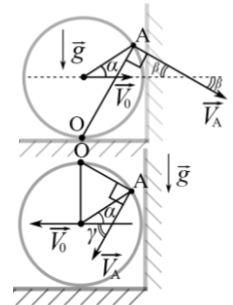
2.3 $a_x = -\frac{\tau}{m} + \frac{3}{m} - \mu g = 0$, при $\tau = 1 \text{ с}$. $F_x(\tau) = 2 \text{ Н}$; $V_x(\tau) = -\frac{\tau^2}{2m} + \left(\frac{3}{m} - \mu g\right)\tau$;

$V_x(\tau) = 0,25 \text{ м/с}$; $P_x(\tau) = F_x(\tau) \cdot V_x(\tau)$; $P_x(\tau) = 2 \cdot 0,25 = 0,5 \text{ Вт}$.

Задача 3

3.1 Точка О — пересечение с плоскостью рисунка мгновенной оси вращения обруча. Направление скорости точки А перпендикулярно отрезку ОА. Из геометрических соображений находим $\beta = 30^\circ$

3.2 Точка О — пересечение с плоскостью рисунка мгновенной оси вращения обруча. Направление скорости точки А перпендикулярно отрезку ОА. Из геометрических соображений находим $\gamma = 60^\circ$



3.3 Обруч остановится, когда прекратится проскальзывание:

$$0 = V_0 + a\tau, a = -\mu g \Rightarrow \tau = \frac{V_0}{\mu g}; S = \frac{|a|\tau^2}{2} = \frac{V_0^2}{2\mu g} \Rightarrow \mu = \frac{V_0^2}{2Sg}; \mu = \frac{1^2}{2 \cdot 0,5 \cdot 10} = 0,1$$

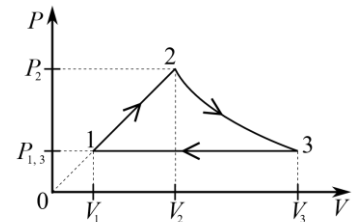
Задача 4

4.1 $\frac{T_{\text{max}}}{T_{\text{min}}} = \frac{T_2}{T_1}$; $\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_{1,3} V_1}$; $\frac{P_2}{P_{1,3}} = \frac{V_2}{V_1}$; $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2$; $\frac{T_2}{T_1} = 3^2 = 9$

4.2 $P_2 V_2 = P_{1,3} V_3$; $\frac{V_3}{V_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2$; $\frac{V_3}{V_1} = 3^2 = 9$

4.3 $\eta = 1 - \frac{Q'_x}{Q_H}$; $Q'_x = \frac{5}{2} P_{1,3} V_1 \left(\frac{V_3}{V_1} - 1\right)$; $Q_H = Q_{12} + Q_{23}$;

$Q_{12} = v \cdot 2R(T_2 - T_1)$, $Q_{12} = 2P_2 V_2 \left(1 - \frac{P_{1,3} V_1}{P_2 V_2}\right)$, $Q_{12} = 2P_2 V_2 \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2\right)$;



$$Q_{23} = A_T = \nu RT_2 \cdot \ln(n) = P_2 V_2 \cdot \ln(n); Q_H = P_2 V_2 \left(2 \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 \right) + \ln(n) \right);$$

$$\eta = 1 - \frac{\frac{5}{2} P_{1,3} V_1 \left(\frac{V_3}{V_1} - 1 \right)}{P_2 V_2 \left(2 \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 \right) + \ln(n) \right)}; \eta = 1 - \frac{\frac{5}{2} \left(\frac{V_3}{V_1} - 1 \right)}{\left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \left(2 \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 \right) + \ln(n) \right)}$$

$$\eta = 1 - \frac{\frac{5}{2}(9-1)}{9 \left(2 \left(1 - \frac{1}{9} \right) + \ln(3) \right)} \approx 23\%$$

Задача 5

$$5.1 \quad q_1 = 2C_0 \varepsilon; q_2 = 6C_0 \varepsilon; \frac{q_2}{q_1} = 3$$

$$5.2 \quad \varepsilon = U_2 - U_1 \quad (1); \text{ из 3СЗ: } q_2 - q_1 = q'_1 + q'_2,$$

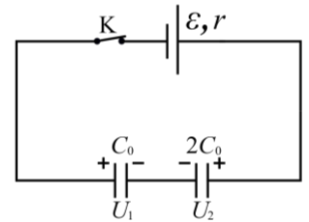
$$6C_0 \varepsilon - 2C_0 \varepsilon = C_0 U_1 + 2C_0 U_2 \quad (2). \text{ Из (1) и (2): } U_2 = \frac{5}{3} \varepsilon; U_1 = \frac{2}{3} \varepsilon;$$

$$|\Delta q| = |\Delta U_2| \cdot 2C_0; C_0 = \frac{|\Delta q|}{2|\Delta U_2|}; 2C_0 = \frac{|\Delta q|}{\left(3\varepsilon - \frac{5}{3}\varepsilon \right)}; 2C_0 = \frac{96}{\left(3 \cdot 12 - \frac{5}{3} \cdot 12 \right)} = 6 \text{ мкФ.}$$

$$5.3 \quad Q = W_0 - W + A_{\text{ист}}; W_0 = \frac{C_0(2\varepsilon)^2}{2} + \frac{2C_0(3\varepsilon)^2}{2} = 11C_0\varepsilon^2; W_0 = 11 \cdot 3 \cdot 12^2 = 4752 \text{ мкДж};$$

$$W = \frac{C_0 \left(-\frac{2}{3}\varepsilon \right)^2}{2} + \frac{2C_0 \left(\frac{5}{3}\varepsilon \right)^2}{2} = 3C_0\varepsilon^2; W = 3 \cdot 3 \cdot 12^2 = 1296 \text{ мкДж}; A_{\text{ист}} = \Delta q \varepsilon;$$

$$A_{\text{ист}} = -96 \cdot 12 = -1152 \text{ мкДж}; Q = 4752 - 1296 - 1152 = 2304 \text{ мкДж}$$



2 Тур.

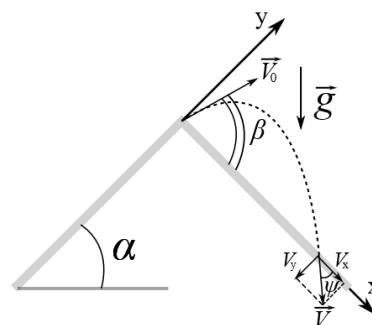
Задача 1

$$1.1 T = \frac{2V_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} \Rightarrow T_{\max} \text{ при } \beta = 90^\circ, \varphi = \beta - \alpha, \varphi = 60^\circ$$

$$1.2 V_x = V_0 \cos \beta + gt \sin \alpha; V_y = V_0 \sin \beta - gt \cos \alpha;$$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{|V_y(T_{\max})|}{|V_x(T_{\max})|}, \operatorname{tg} \psi = \frac{2 - \sin \beta}{\cos \beta + 2 \operatorname{tg} \alpha}, \operatorname{tg} \psi = \frac{\sqrt{3}}{2}, \psi \approx 40,9^\circ$$

1.3 Можно показать, что наибольшая дальность полёта вдоль склона у камня, вылетевшего под углом $\beta_m = 45^\circ + \frac{\alpha}{2} = 60^\circ$;



$$T_m = \frac{2V_0 \sin \beta_m}{g \cos \alpha}, \frac{T_m}{T_{\max}} = \sin \beta_m, \frac{T_m}{T_{\max}} \approx 0,87$$

Задача 2

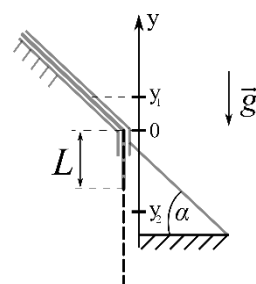
$$2.1 F = Mg \left(\frac{L}{L_0} + \sin \alpha \left(1 - \frac{L}{L_0} \right) \right), \text{ где } L_0 \text{ — длина каната, } F = 30 \text{ Н.}$$

$$2.2 a = g \left(\frac{L}{L_0} + \sin \alpha \left(1 - \frac{L}{L_0} \right) \right), a = 6 \text{ м/с}^2; T = M \frac{l}{L_0} (a - g \sin \alpha),$$

где $l = 2 \text{ м}$ — расстояние до сечения от верхнего конца каната $T = 2 \text{ Н}$

$$2.3 \text{ Начальная координата центра масс каната: } y_1 = \frac{(L_0 - L)^2 \sin \alpha - L^2}{2L_0} = 0,7 \text{ м;}$$

$$\text{конечная координата центра масс каната: } y_2 = -2,5 \text{ м, } V = \sqrt{2g(y_1 - y_2)} = 8 \text{ м/с.}$$



Задача 3

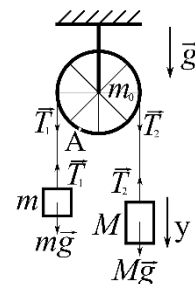
$$3.1 F = (M - m)g = 20 \text{ Н}$$

$$3.2 -ma = mg - T_1 \text{ (1), } Ma = Mg - T_2 \text{ (2), } m_0 a = T_2 - T_1 \text{ (3).}$$

$$\text{Из (1),(2),(3) } a = g \frac{M-m}{m_0+m+M} = 2 \text{ м/с}^2; \varepsilon = \frac{a}{R} = 2 \text{ 1/с}^2; S = \frac{\varepsilon t^2}{2} R = 4 \text{ м.}$$

$$3.3 N = T_1 + T_2 + m_0 g, T_1 = m(a + g) = 36 \text{ Н, } T_2 = m_0 a + T_1 = 40 \text{ Н}$$

$$N = 36 + 40 + 20 = 96 \text{ Н.}$$



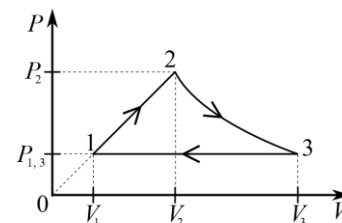
Задача 4

$$4.1 \Delta U_{12} = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_{1,3} V_1), A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_{1,3} V_1), \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 3$$

$$4.2 \frac{V_3}{V_2} = \left(\frac{P_2}{P_{1,3}} \right)^{\frac{1}{\gamma}}; \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_2}{P_{1,3}}; \frac{V_3}{V_1} = \frac{V_3 V_2}{V_2 V_1} = \left(\frac{P_2}{P_{1,3}} \right)^{\frac{1+\gamma}{\gamma}}; \frac{1+\gamma}{\gamma} = 1,6; \frac{P_2}{P_{1,3}} = 4$$

$$\frac{V_3}{V_1} = 4^{1,6} \approx 9,2;$$

$$4.3 \eta = 1 - \frac{Q'_x}{Q_H}; Q'_x = Q'_{31}; Q_H = Q_{12}; Q_{12} = 2P_1 V_1 \left(\frac{P_2 V_2}{P_{1,3} V_1} - 1 \right); Q'_{31} = \frac{5}{2} P_1 V_1 \left(\frac{V_3}{V_1} - 1 \right)$$



$$\eta = 1 - \frac{5\left(\frac{V_3}{V_1} - 1\right)}{4\left(\left(\frac{P_2}{P_{1,3}}\right)^2 - 1\right)} \approx 32\%$$

Задача 5

$$5.1 \ C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{5d}; \ C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}, \ C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{3d}; \ \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}; \ C = \frac{\varepsilon_0 S}{4d}; \ \frac{C}{C_0} = \frac{5}{4} = 1,25$$

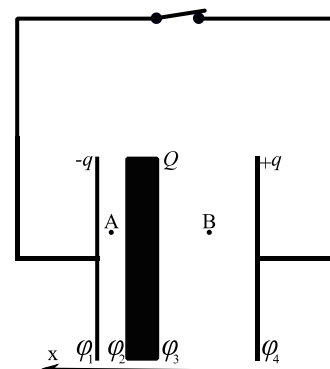
$$5.2 \ E = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}; \ |U| = E \cdot 3d - E \cdot d = 2Ed; \ |U| = \frac{Qd}{\varepsilon_0 S} \approx 1130 \text{ В.}$$

$$5.3 \ E_{Ax} = \frac{1}{2\varepsilon_0 S}(2q + Q) \quad (1), \quad E_{Bx} = \frac{1}{2\varepsilon_0 S}(2q - Q) \quad (2),$$

где q — модуль заряда на обкладках конденсатора.

$$\varphi_4 - \varphi_3 + \varphi_2 - \varphi_1 = 0 \quad (3); \quad \varphi_4 - \varphi_3 = E_{Bx} \cdot 3d \quad (4),$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = E_{Ax} \cdot d \quad (5). \quad \text{Из (1), (2), (3), (4), (5) } q = \frac{Q}{4} = 2,5 \text{ мкКл}$$



3 Тур.

Задача 1

$$1.1 V_1 = V_0 - a_\tau t_1, a = \sqrt{\frac{V_1^4}{R^2} + (\mu g)^2} \approx 2,2 \text{ м/с}^2$$

$$1.2 V_2 = V_0 - a_\tau t_2, a_\tau = 1 \text{ м/с}^2, a_n = \frac{V_2^2}{R} = 0,5 \text{ м/с}^2, \text{tg } \alpha = \frac{a_\tau}{a_n}; \alpha \approx 63,4^\circ$$

$$1.3 \tau = \frac{V_0}{\mu g}; \alpha = \frac{V_0}{R} \tau - \frac{\mu g}{2R} \tau^2 = 25 \text{ рад}; N = \frac{\alpha}{2\pi} \approx 3,98$$

Задача 2

2.1 $|a_d| = \mu g \frac{m}{M}$, где m — масса шайбы, M — масса доски, μ — коэффициент трения шайбы о доску, g — ускорение свободного падения. $|a_d| = 1,5 \text{ м/с}^2$.

$$2.2 E_k = \frac{(m+M)V_0^2}{2} - \mu mgL = 3 \text{ Дж}$$

2.3 $L = 2V_0\tau - \frac{|a_{отн}| \tau^2}{2}$ (1); $|a_{отн}| = |a_{ш}| + |a_d| = 4,5 \text{ м/с}^2$ (2), где $|a_{ш}| = \mu g = 3 \text{ м/с}^2$ — ускорение шайбы. Подставляем $|a_{отн}|$ и исходные данные в (1), решаем квадратное уравнение и находим τ — время движения шайбы по доске с момента столкновения доски со стенкой, до момента времени, когда шайба слетит с доски, $\tau \approx 0,3 \text{ с}$

За время τ правый конец доски проедет расстояние $l = V_0\tau - \frac{|a_d| \tau^2}{2} \approx 53 \text{ см}$.

Задача 3

$$3.1 \frac{N}{F_{тр}} = 2$$

$$3.2 m_1 a_1 = \alpha m_2 g - m_1 g. \text{ При } \frac{m_2}{m_1} = 5, a_1 = 0,$$

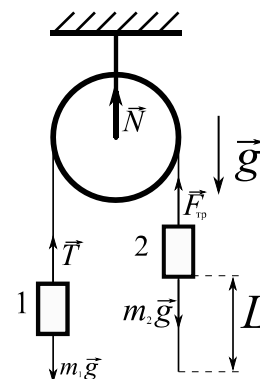
где a_1 и a_2 — ускорения грузов 1 и 2.

$a_2 = g(\alpha - 1) = -8 \text{ м/с}^2$. Время движения груза 2 до соскальзывания $\tau = \sqrt{\frac{2L}{|a_2|}} = 0,5 \text{ с}$. Модуль скорости груза 2 в момент соскальзывания с нити $|V| = |a_2| \tau = 4 \text{ м/с}$

$$3.3 \text{ При } \frac{m_2}{m_1} = 6, a_1 = 2 \text{ м/с}^2 \text{ — груз 1 движется вверх, } a_2 = -8 \text{ м/с}^2;$$

$$|a_{отн}| = |a_2| - |a_1| = 6 \text{ м/с}^2; \text{ Время движения груза 2 до соскальзывания } \tau_1 = \sqrt{\frac{2L}{|a_{отн}|}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ с};$$

Модуль скорости груза 1 в момент соскальзывания с нити груза 2 $|V_1| = |a_1| \tau_1 \approx 1,2 \text{ м/с}$



Задача 4

$$4.1 Q = \frac{5}{2} A = 5 \text{ кДж}, \text{ где } A \text{ — работа, совершаемая гелием.}$$

4.2 $\Delta m = \frac{\mu P \Delta V}{RT_0} = \frac{\mu A}{RT_0} \approx 11,6$ г, где μ — молярная масса воды, R — универсальная газовая постоянная, $T_0 = 373$ К.

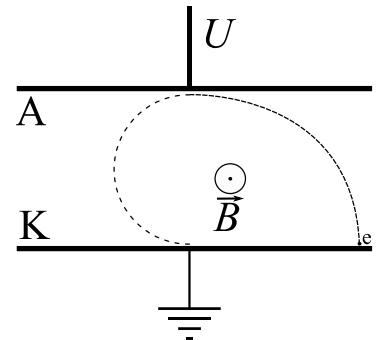
4.3 $\Delta U = A - \lambda \Delta m \approx -24$ кДж, где λ — удельная теплота испарения воды.

Задача 5

5.1 $E = \frac{U}{d} = 100$ В/м, где d — расстояние между электродами.

5.2 $V = \sqrt{2\gamma U} \approx 593$ км/с, где γ — модуль удельного заряда электрона.

5.3 $\tau = \frac{\pi d}{2V} \approx 26$ нс. Траекторию движения электрона смотрите на рисунке.



4 Тур.

Задача 1

$$1.1 \ x = V_0 t; y = \frac{at^2}{2} \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{a}{2k}} = 1 \text{ м/с}$$

$$1.2 \ V_x = V_0, V_y = at; V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \approx 2,2 \text{ м/с}$$

$$1.3 \ \operatorname{tg} \alpha = \frac{V_y}{V_x} = \frac{at}{V_0} = 2; \alpha \approx 63,4^\circ; a_\tau = a \cdot \sin \alpha \approx 0,89 \text{ м/с}^2$$

Задача 2

$$2.1 \ a = \frac{F_0}{m} = 4 \text{ м/с}^2.$$

$$2.2 \ \text{Проекция импульса шайбы на ось ОУ: } p_y = \frac{F_0 t_0 \pi}{2}; \text{ проекция скорости шайбы на ось ОУ: } V_y = \frac{F_0 t_0 \pi}{2m} \approx 12,6 \text{ м/с}; V_x = 10 \text{ м/с}; |\vec{V}| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \approx 16,1 \text{ м/с}.$$

$$2.3 \ V_y(t_0) = \frac{F_0 t_0 \pi}{4m} \approx 6,28 \text{ м/с}; V_x(t_0) = 10 \text{ м/с}; V = |\vec{V}(t_0)| \approx 11,8 \text{ м/с};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_x(t_0)}{V_y(t_0)}, \alpha \approx 57,8^\circ; a_n = a \cdot \sin \alpha \approx 3,4 \text{ м/с}^2; R = \frac{v^2}{a_n} \approx 41,1 \text{ м}$$

Задача 3

$$3.1 \ a = g \frac{m}{M+m} = 5 \text{ м/с}^2, \text{ где } M \text{ — масса доски, } m \text{ — масса груза.}$$

$$3.2 \ A_{\text{тр}} = \frac{\mu g M l}{2} = m g l \Rightarrow \frac{M}{m} = \frac{2}{\mu} = 10, \text{ где } \mu \text{ — коэффициент трения доски по шероховатой части горизонтальной поверхности.}$$

$$3.3 \ V_{\text{max}} \text{ при } a = 0 \Rightarrow \text{доска в этот момент заедет на шероховатую часть горизонтальной поверхности на } x = \frac{l}{\mu \frac{M}{m}} = 0,625 \text{ м. Из теоремы об изменении кинетической энергии}$$

$$m g x = \mu g \frac{M x^2}{l \frac{2}{2}} + \frac{(M+m)V_{\text{max}}}{2}, \text{ находим скорость } V_{\text{max}} \approx 83 \text{ см/с}$$

Задача 4

$$4.1 \ \frac{Q}{\Delta U} = 1$$

$$4.2 \ \frac{V_3}{V_1} = \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} = 2$$

$$4.3 \ \eta = 1 - \frac{Q'_x}{Q_H}; Q'_x = 2\nu R(T_3 - T_1); Q_H = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2); \eta \approx 7,7 \%$$

Задача 5

$$5.1 \ E = k \frac{q}{r^2}; E_{r=2R} = k \frac{q}{4R^2}; E_{r=4R} = k \frac{q}{8R^2}; \frac{E_{r=2R}}{E_{r=4R}} = 2$$

$$5.2 \varphi = k \frac{q}{r} + \text{const}; \varphi_{c\phi} = \frac{2}{3} k \frac{q}{R}; \varphi_{\text{ш}} = \frac{4}{3} k \frac{q}{R} \Rightarrow \frac{\varphi_{\text{ш}} - \varphi_{c\phi}}{\varphi_{\text{ш}}} = \mathbf{0,5}$$

$$5.3 \varphi'_{\text{ш}} = \frac{2}{3} k \frac{q}{R} \left(\frac{\varepsilon+1}{\varepsilon} \right); \frac{\varphi_{\text{ш}}}{\varphi'_{\text{ш}}} = \frac{2\varepsilon}{\varepsilon+1} = \mathbf{1,2}$$