

19 октября 2025 года. Отборочный этап 2025/26
Задачи олимпиады: Физика 11 класс

Указания к решению задачи 1.

Второй закон Ньютона для шайбы $m(\vec{a} + \vec{a}_{\text{отн}}) = m\vec{g} + \vec{N}$ перепишем в виде $m\vec{a}_{\text{отн}} = m(\vec{g} - \vec{a}) + \vec{N}$. Вывод: в подвижной системе шайба движется в силовом поле $(\vec{g} - \vec{a})$, $|\vec{g} - \vec{a}| = g + a$. Тогда:

$$V = \sqrt{2(g + a)R}$$

Указания к решению задачи 2.

Из второго закона Ньютона, формулы центростремительного ускорения и ЗСЭ: 1) разность наибольшей (в нижней точке траектории) и наименьшей (в верхней точке траектории) сил натяжения нити:

$$T_{\text{н}} - T_{\text{в}} = 6mg,$$

2) разность наибольшей силы натяжения и силы натяжения нити в момент, когда нить находится в горизонтальной плоскости:

$$T_{\text{н}} - T_{\text{г}} = 3mg.$$

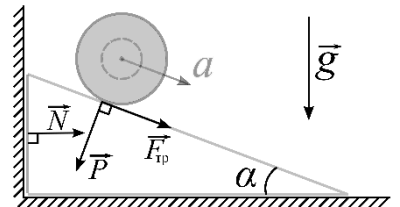
С учётом $T_{\text{н}}/T_{\text{в}} = \alpha$ получаем ответ:

$$\frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{г}}} = \frac{2\alpha}{\alpha + 1}.$$

Указания к решению задачи 3.

Силу трения, с которой клин действует на шар, находим по теореме о движении центра масс. По третьему закону Ньютона эта сила равна по модулю силе трения, с которой шар действует на клин. Условие равновесия клина в проекции на горизонтальную ось:

$$N = mg \cos \alpha \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha.$$



Из третьего закона Ньютона, формулы для плотности, массы и объёма шара, находим силу, с которой клин действует на стенку:

$$F = \frac{4}{3} \pi (R^3 - r^3) \rho a \cos \alpha.$$

Указания к решению задачи 4.

$$\frac{T}{T_0} = xy, \quad x = r \cos \alpha, \quad y = r \sin \alpha, \quad \frac{T}{T_0} = r^2 \sin \alpha \cos \alpha = \frac{r^2}{2} \sin 2\alpha, \quad (xy)_{\text{макс}} = \frac{r^2}{2},$$

$(xy)_{\text{мин}} = x_1 \sqrt{r^2 - x_3^2}$, где r – радиус дуги окружности графика процесса 2-3. Отсюда:

$$\frac{T_{\text{макс}}}{T_{\text{мин}}} = \frac{(xy)_{\text{макс}}}{(xy)_{\text{мин}}} = \frac{R^2}{2x_1 \sqrt{R^2 - x_3^2}}.$$

Указания к решению задачи 5.

Из уравнения Менделеева-Клапейрона для газа в каждой части сосуда в начальном и конечном состояниях, с учётом равенства давлений в обеих частях сосуда в рассматриваемом процессе и формулы для приращения внутренней энергии идеального одноатомного газа получаем:

$$\Delta U = 3\nu RT_0(n - 1),$$

где $n = P/P_0$ – отношение конечного давления к начальному.

Указания к решению задачи 6.

Координата $x_C = \sqrt{\frac{5}{8}}r$ (r – радиус дуги окружности на графике процесса 2-3) состояния газа, после которого в процессе 2-3 теплота отводится от газа, определяется из формулы для молярной теплоёмкости одноатомного идеального газа $\frac{C}{R} = \frac{3}{2} + \frac{1}{1 + \frac{x}{y} \frac{dy}{dx}}$

в процессе $y(x) = \sqrt{r^2 - x^2}$ и условия $C = 0$ в точке касания адиабаты.

КПД цикла:

$$\eta = \frac{A_{\text{ц}}}{Q_{\text{н}}},$$

где $A_{\text{ц}}$ – работа газа за цикл – пропорциональна площади фигуры, представленной на графике. $Q_{\text{н}} = \Delta U_{1C} + A_{2C}$ – количество теплоты, подведённой к газу за цикл. $\Delta U_{1C} \sim \frac{3}{2}(y_C x_C - y_1 x_1)$ – приращение внутренней энергии при переходе газа из состояния «1» в состояние «C», x_1, y_1, x_C, y_C – координаты соответствующих состояний, A_{2C} – работа газа в процессе перехода газа из состояния 2 в состояние «C», величина пропорциональная площади криволинейной трапеции под участком 2-C процесса 2-3.

Указания к решению задачи 7.

Из формулы потенциала заряженной уединённой проводящей сферы и принципа суперпозиции потенциалов следует:

$$|\varphi_1 - \varphi_2| = kq \frac{R - r}{R^2} \left(1 + 2 \frac{r}{R}\right).$$

Указания к решению задачи 8.

Из формул для ёмкости плоского конденсатора, связи между ёмкостью, зарядом и напряжением на конденсаторе, напряжённости электрического поля в конденсаторе, закона сохранения заряда:

$$\frac{U}{U'} = \frac{1}{\varepsilon} \left(\frac{\alpha}{100\%} + \varepsilon \left(1 - \frac{\alpha}{100\%} \right) \right) \left(1 + \frac{\alpha}{100\%} (\varepsilon - 1) \right),$$

где ε — диэлектрическая проницаемость жидкого диэлектрика, α — толщина слоя диэлектрика в % от расстояния между обкладками.

Указания к решению задачи 9.

Из правил Кирхгофа и формулы ВАХ нелинейного элемента сила тока через источник в установившемся режиме:

$$I = -\frac{R_3 + r}{2\alpha} + \sqrt{\left(\frac{R_3 + r}{2\alpha}\right)^2 + \frac{\varepsilon}{\alpha}}$$

где $R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$. Напряжение на конденсаторе $U_C = IR_3$. Количество теплоты Q_1 , выделившейся на резисторе R_1 , находим из ЗСЭ: $Q_0 = \frac{CU_C^2}{2} = Q_1 + Q_2$ и отношения количеств теплоты Q_1 и Q_2 , выделившейся на резисторах R_1 и R_2 соответственно $\left(\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2}{R_1}\right)$:

$$Q_1 = \frac{Q_0}{1 + \frac{R_1}{R_2}}.$$

Указания к решению задачи 10.

Поток вектора индукции магнитного поля через рамку зависит от координаты z верхней стороны рамки по закону:

$$\Phi = \alpha a^2 z + B_0 a^2 + \frac{\alpha a^3}{2}.$$

Из закона электромагнитной индукции и закона Ома, находим силу тока в рамке:

$$I = \frac{\alpha a^2 V}{R},$$

где V – скорость рамки, R – сопротивление рамки.

Из второго закона Ньютона и формулы для силы Ампера находим установившуюся скорость рамки $V_0 = \frac{mgR}{\alpha^2 a^4}$. Сила тока в рамке $I_0 = \frac{mg}{\alpha a^2}$. Искомая мощность тепловыделения:

$$N = I_0^2 R = \frac{m^2 g^2}{\alpha^2 a^4} R.$$