

2 ноября 2025 года. Отборочный этап 2025/26
Задачи олимпиады: Физика 11 класс

Указания к решению задачи 1.

Из законов движения в однородном поле тяжести в проекциях на вертикальную и горизонтальную оси:

$$\begin{cases} V_1 \cos \alpha - gt = -V_2 \sin \alpha \\ V_1 \sin \alpha = V_2 \cos \alpha \end{cases},$$

где V_1 – модуль скорости шарика сразу после удара о первую полуплоскость, угол наклона которой к горизонту равен α , V_2 – модуль скорости шарика непосредственно перед ударом о вторую полуплоскость, перпендикулярную первой, t – время полёта шарика между ударами о полуплоскости, g – ускорение свободного падения.

Модуль минимальной скорости шарика в процессе полёта:

$$|V_{\min}| = |V_1 \sin \alpha| = \sqrt{\frac{gl \cdot \sin 2\alpha}{2}}.$$

Указания к решению задачи 2.

Из ЗСЭ для обруча, катящегося без проскальзывания:

$$mV_{\max}^2 = mV_{\min}^2 + 2grm,$$

где m – масса обруча, V_{\max} и V_{\min} – модули максимальной и минимальной скорости центра масс обруча, r – радиус траектории центра масс обруча, g – ускорение свободного падения, а также формулы для центростремительного ускорения центра масс обруча, получаем:

$$a_{\max} = 2g \frac{\alpha}{\alpha - 1},$$

где a_{\max} – модуль максимального центростремительного ускорения центра масс обруча,

$\alpha = a_{\max}/a_{\min}$, где a_{\min} – модуль минимального центростремительного ускорения центра масс обруча.

Указания к решению задачи 3.

Из ЗСЭ теплота, выделяющаяся при погрузке песка:

$$Q = mgh + \frac{mV^2}{2},$$

где m – масса погруженного песка за время движения платформы под бункером, g – ускорение свободного падения, h – перемещение песка по вертикали, V – скорость движения платформы.

С учётом $m = \mu t = \mu \frac{L}{V}$, где μ – масса песка, ежесекундно загружаемого из бункера на платформу, t – время движения платформы под бункером, L – длина платформы:

$$Q = \mu L \left(\frac{gh}{V} + \frac{V}{2} \right).$$

Указания к решению задачи 4.

Из ЗСИ после прекращения относительного движения доски и бруска 2 скорость доски и брусков:

$$V_k = V_0 \frac{M}{M+2m},$$

где V_0 – начальная скорость доски, M – масса доски, m – масса одного бруска.

Из теоремы об изменении кинетической энергии к моменту прекращения относительного движения доски и бруска 2:

$$\frac{(M+m)V^2}{2} = \frac{(M+2m)V_k^2}{2} + \mu mg \left(x + \frac{l}{2} \right),$$

где V – скорость доски и бруска 1 после абсолютно неупругого столкновения, μ – коэффициент трения скольжения бруска 2 по доске, $x+l$ – относительное перемещение бруска 2 по доске:

$$x + l = \frac{M^2 V_0^2}{2\mu g(M+m)(M+2m)} + \frac{l}{2}.$$

Указания к решению задачи 5.

Равенство давлений, объемов и температур в начальном состоянии с учетом закона Дальтона приводит к ответу на вопрос задачи:

$$m = \mu(v_1 - v_2),$$

где μ – молярная масса водяного пара, v_1 – количество моль гелия в верхней части сосуда, v_2 – количество моль гелия в нижней части сосуда.

Указания к решению задачи 6.

Из первого начала термодинамики и уравнения Менделеева-Клапейрона для гелия:

$$\Delta Q = C_V \Delta T_{He} + RT_{He} \frac{\Delta V_{He}}{V_{He}} \quad (1),$$

где ΔQ – теплота, квазистатически подведённая к гелию, ΔT_{He} – приращение температуры гелия, ΔV_{He} – приращение объёма гелия.

Из равенства давлений:

$$\frac{V_{He}}{V_{Ar}} = \frac{T_{He}}{T_{Ar}}, \quad \frac{\Delta V_{He}}{V_{He}} - \frac{\Delta V_{Ar}}{V_{Ar}} = \frac{\Delta T_{He}}{T_{He}} \quad (2)$$

где $\Delta V_{Ar} = -\Delta V_{He}$ (3) – приращение объёма аргона, T_{Ar} – температура аргона.

Подставляя (2), (3) в (1) с учётом определения теплоёмкости в процессе, находим зависимость теплоёмкости гелия от занимаемого объёма в рассматриваемом процессе:

$$C = C_V + R \left(1 - \frac{\alpha}{100\%} \right),$$

где α – часть объёма сосуда в %, занимаемого гелием. Тогда модуль приращения теплоёмкости гелия при увеличении части занимаемого им объёма от α_1 до α_2 :

$$|\Delta C| = R \left| \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{100\%} \right|.$$

Указания к решению задачи 7.

Соударение нуклонов (протона и нейтрона) при несостоявшейся ядерной реакции — это абсолютно упругий удар двух тел практически одинаковой массы. В этом случае после взаимодействия нейтрон может приобрести энергию отдачи в диапазоне от нуля (скользящий удар) до энергии, которую до удара имел протон (лобовой удар). Из ЗСИ, ЗСЭ, второго закона Ньютона, формулы для магнитной составляющей силы Лоренца и формулы центростремительного ускорения:

$$\frac{R}{R_1} = \frac{1}{\cos \alpha},$$

где R — радиус кривизны траектории протона до столкновения, R_1 — радиус кривизны начального участка траектории протона после столкновения, α — угол поворота вектора скорости протона в результате столкновения.

Указания к решению задачи 8.

В установившемся после подключения к батарее режиме напряжение на конденсаторе равно ЭДС. Из формул напряженности электрического поля в диэлектрике и связи напряжения и напряжённости электрического поля в конденсаторе, напряженность электрического поля в зазоре равна:

$$E = \frac{U}{d} \frac{\varepsilon d}{d+h(\varepsilon-1)} = \frac{U}{d} \frac{\varepsilon}{1+\alpha(\varepsilon-1)},$$

где $U = \mathcal{E}$ (ЭДС), $\alpha = h/d$.

Указания к решению задачи 9.

Из формул для постоянной времени разряда конденсатора, сопротивления параллельно соединённых резисторов, сопротивления однородного проводника, ёмкости конденсатора получаем:

$$\rho = \frac{\tau}{\varepsilon_0 \varepsilon (\beta \alpha - 1)},$$

где $\beta = \varepsilon'/\varepsilon$, ε' — диэлектрическая проницаемость диэлектрика после длительного хранения, $\alpha = \tau/\tau'$, τ' — постоянная времени разряда конденсатора после длительного хранения.

Указания к решению задачи 10.

Из второго правила Кирхгофа и формулы ВАХ нелинейного элемента находим силу тока через источник в установившемся режиме:

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

Сразу после размыкания ключа ток в катушке не изменяется. Заряд, протекший через сопротивление R находим из уравнения: $-L \frac{\Delta I}{\Delta t} = R \frac{\Delta q}{\Delta t}$:

$$q = \frac{LI}{R}.$$