

1. На горизонтальной крышке стола стоит сплошной медный куб. Какова масса куба m , если он оказывает на крышку стола давление $p = 8$ кПа? Плотность меди $\rho = 8,9$ г/см³. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с². Ответ приведите в килограммах.

Решение. Давление, оказываемое кубом на стол, $p = \frac{mg}{a^2}$, где a – длина ребра куба. Отсюда

$$a = \sqrt{\frac{mg}{p}}. \text{ Масса куба } m = \rho a^3 = \rho \left(\frac{mg}{p} \right)^{3/2}. \text{ Из равенства } m^2 = \rho^2 \left(\frac{mg}{p} \right)^3 \text{ находим, что } m = \frac{p^3}{\rho^2 g^3}.$$

Ответ: $m = \frac{p^3}{\rho^2 g^3} \approx 6,46$ кг.

2. Для длительного хранения сжиженных газов обычно используют сосуды Дьюара, в которых постоянная температура поддерживается за счет хорошей теплоизоляции сосуда и свободного испарения жидкого газа при атмосферном давлении. В одном из таких сосудов при хранении $V = 2$ л жидкого азота при температуре $t_{\text{аз}} = -195$ °С за $\tau_{\text{аз}} = 24$ часа испарилась ровно половина этого количества азота. После этого жидкий азот удалили из сосуда и положили в сосуд кусочек льда массой $m = 40$ г при температуре 0 °С. Определите, через какое время $\tau_{\text{л}}$ лед полностью растает. Удельная теплота парообразования азота $r = 198$ кДж/кг, плотность жидкого азота $\rho = 0,8$ г/см³, удельная теплота плавления льда $\lambda = 0,33$ кДж/г. Температура окружающего воздуха $t_0 = 20$ °С. Считайте, что скорость поступления теплоты через стенки сосуда пропорциональна разности температур снаружи и внутри сосуда. Ответ приведите в часах, округлив до одного знака после запятой.

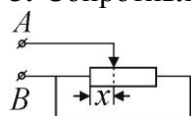
Решение. Количества теплоты, поглощенные льдом и азотом, соответственно равны $Q_{\text{л}} = \lambda m$, $Q_{\text{аз}} = r \rho \frac{V}{2}$. Исходя из условия, что скорость поступления теплоты пропорциональна разности

температур снаружи и внутри сосуда, можно записать, что $\frac{Q_{\text{л}}}{\tau_{\text{л}}} = k(t_0 - 0^\circ\text{C})$, $\frac{Q_{\text{аз}}}{\tau_{\text{аз}}} = k(t_0 - t_{\text{аз}})$, где k

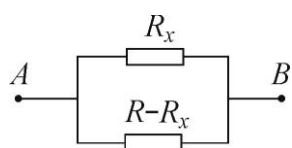
– коэффициент пропорциональности. Из написанных уравнений находим $\tau_{\text{л}} = \frac{2\lambda m(t_0 - t_{\text{аз}})}{\rho r V(t_0 - 0^\circ\text{C})} \tau_{\text{аз}}$.

Ответ: $\tau_{\text{л}} = \frac{2\lambda m(t_0 - t_{\text{аз}})}{\rho r V(t_0 - 0^\circ\text{C})} \tau_{\text{аз}} \approx 21,5$ ч.

3. Сопротивление обмотки реостата $R = 16$ Ом, длина реостата $L = 20$ см. На каком минимальном расстоянии x от левого конца реостата должен находиться его движок, чтобы сопротивление между точками A и B было равно $R_0 = 3$ Ом? Ответ приведите в сантиметрах.



Решение. Эквивалентная схема цепи изображена на рисунке, где через R_x обозначено сопротивление обмотки реостата от его левого конца до движка. Сопротивление между точками А

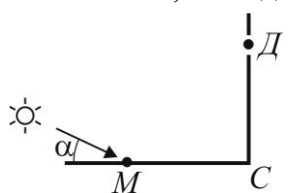


и В равно $\frac{R_x(R-R_x)}{R_x+R-R_x} = \frac{R_x R - R_x^2}{R}$. По условию $\frac{R_x R - R_x^2}{R} = R_0$. Отсюда получаем квадратное уравнение относительно R_x , а именно $R_x^2 - R R_x + R R_0 = 0$. Условию задачи удовлетворяет меньший корень

$R_x = \frac{R}{2} - \sqrt{\frac{R^2}{4} - R R_0}$. Сопротивление R_x связано с искомым расстоянием x соотношением

$$R_x = \frac{x}{L} R, \text{ откуда } x = \frac{L}{R} R_x = \frac{L}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4R_0}{R}} \right). \text{ Ответ: } x = \frac{L}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4R_0}{R}} \right) = 5 \text{ см.}$$

4. Мальчик, находящийся в точке М (см. рисунок), хочет пустить солнечный зайчик в окно девочки (в точку Д). Под каким углом β к горизонту он должен расположить плоское зеркальце, если расстояние МС между мальчиком и стеной дома равно высоте СД, на которой расположено окно девочки? Солнечные лучи падают под углом $\alpha = 21^\circ$ к горизонту. Считайте, что мальчик располагает зеркальце у поверхности земли. Ответ приведите в градусах.



Решение. Ход луча света, падающего на зеркальце и после отражения от него попадающего в окно девочки, изображен на рисунке, где нормаль к поверхности зеркальца показана штриховой линией. Из рисунка видно, что угол падения солнечного луча на зеркальце равен $90^\circ - (\alpha + \beta)$, а угол отражения от него $45^\circ + \beta$. По закону отражения $90^\circ - (\alpha + \beta) = 45^\circ + \beta$. Отсюда $\beta = \frac{45^\circ - \alpha}{2}$. Ответ: $\beta = \frac{45^\circ - \alpha}{2} = 12^\circ$.

Критерии оценки

Каждая задача оценивается максимально в 25 баллов

1. Задача вовсе не решалась – **0 баллов**.
2. Задача не решена, но сделан поясняющий рисунок (если требуется), частично сформулированы необходимые физические законы – **2 – 10 баллов**.
3. Задача не решена, но правильно сформулированы физические законы и правильно записаны основные уравнения, необходимые для решения задачи – **11 – 20 баллов**.
4. Задача решена, но допущены незначительные погрешности – **21-24 балла**.
5. Задача решена полностью и получен правильный ответ – **25 баллов**.