

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/см<sup>3</sup>. Ускорение свободного падения примите равным  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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/см<sup>3</sup>, 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  $Q_{\text{л}} = \lambda m$ ,

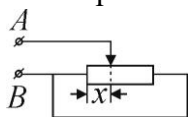
$$Q_{\text{аз}} = r \rho \frac{V}{2}. \text{ Исходя из условия, что скорость поступления теплоты пропорциональна разности}$$

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  $k$

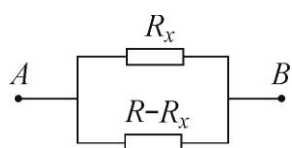
– коэффициент пропорциональности. Из написанных уравнений находим  $\tau_{\text{л}} = \frac{2\lambda m(t_0 - t_{\text{аз}})}{\rho r V(t_0 - 0^\circ\text{C})} \tau_{\text{аз}}$ .

**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  $A$



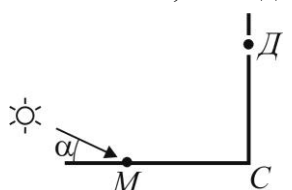
и  $B$  равно  $\frac{R_x(R-R_x)}{R_x+R-R_x} = \frac{R_x R - R_x^2}{R}$ . По условию  $\frac{R_x R - R_x^2}{R} = R_0$ . Отсюда

получаем квадратное уравнение относительно  $R_x$ , а именно  $R_x^2 - RR_x + RR_0 = 0$ . Условию задачи удовлетворяет меньший корень

$R_x = \frac{R}{2} - \sqrt{\frac{R^2}{4} - RR_0}$ . Сопротивление  $R_x$  связано с искомым расстоянием  $x$  соотношением

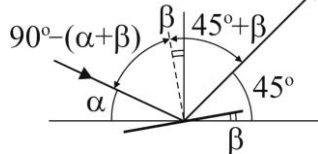
$$R_x = \frac{x}{L} R, \text{ откуда } x = \frac{L}{R} R_x = \frac{L}{2} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{4R_0}{R}} \right). \text{ Ответ: } x = \frac{L}{2} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{4R_0}{R}} \right) = 5 \text{ см.}$$

**4.** Мальчик, находящийся в точке  $M$  (см. рисунок), хочет пустить солнечный зайчик в окно



девочки (в точку  $D$ ). Под каким углом  $\beta$  к горизонту он должен расположить плоское зеркальце, если расстояние  $MC$  между мальчиком и стеной дома равно высоте  $CD$ , 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

$$\beta = \frac{45^\circ - \alpha}{2}. \text{ Ответ: } \beta = \frac{45^\circ - \alpha}{2} = 12^\circ.$$

### 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**.