

Олимпиада «Ломоносов 2021/2022» по физике  
Заключительный этап для 7-х – 9-х классов (решения)

1. По гладкой наклонной доске ударом запустили снизу вверх маленький шарик. На расстоянии  $l = 0,6$  м от начальной точки шарик побывал дважды: через  $t_1 = 1$  с и  $t_2 = 2$  с после начала движения. Определите начальную скорость  $v_0$  шарика. Трение и сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малыми.

**Решение.** Совместим начало отсчета с точкой запуска шарика, координатную ось  $Ox$  направим вдоль доски вверх. Кинематическое уравнение движения шарика в выбранной системе имеет вид:

$$x(t) = v_0 t - \frac{at^2}{2}. \text{ Отсюда следуют равенства: } l = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} \text{ и } l = v_0 t_2 - \frac{at_2^2}{2}. \text{ Из первого уравнения}$$

находим  $a = 2\left(\frac{v_0}{t_1} - \frac{l}{t_1^2}\right)$  и подставляем его во второе уравнение  $l = v_0 t_2 - \left(\frac{v_0}{t_1} - \frac{l}{t_1^2}\right) \cdot t_2^2$ . После

несложных преобразований получаем, что  $v_0 = l \cdot \frac{t_1 + t_2}{t_1 \cdot t_2} = \frac{l}{t_1} + \frac{l}{t_2}$ . **Ответ:**  $v_0 = l \cdot \frac{t_1 + t_2}{t_1 \cdot t_2} = 0,9$  м/с.

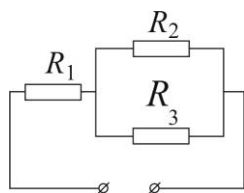
2. В сосуде с водой, имеющей температуру  $0^\circ\text{C}$ , плавает кусок льда массой  $m_{\text{л}} = 100$  г, в который вмерзла дробинка массой  $m_{\text{д}} = 5$  г. Какое минимальное количество теплоты  $Q$  нужно сообщить воде, чтобы кусок льда с дробинкой начал тонуть? Плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1$  г/см<sup>3</sup>, плотность льда  $\rho_{\text{л}} = 0,9$  г/см<sup>3</sup>, удельная теплота плавления льда  $\lambda = 340$  Дж/г. Объемом дробинки по сравнению с объемом льда можно пренебречь

**Решение.** Пусть  $m$  – максимальная масса куска льда, при которой он еще плавает. Тогда объем этого куска  $V = \frac{m}{\rho_{\text{л}}}$ . Пренебрегая объемом дробинки по сравнению с  $V$ , запишем условие плавания

льда с дробинкой в предельном случае  $(m + m_{\text{д}})g = \rho_{\text{в}} V g$ , или  $\frac{m}{\rho_{\text{в}}} + \frac{m_{\text{д}}}{\rho_{\text{в}}} = \frac{m}{\rho_{\text{л}}}$ . Отсюда  $m = \frac{m_{\text{д}} \rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{л}}}$ .

Таким образом, чтобы кусок льда с дробинкой начал тонуть, нужно растопить лед массой

$\Delta m = m_0 - m$ , затратив количество теплоты  $Q = \lambda \cdot \Delta m$ . **Ответ:**  $Q = \lambda \cdot \left(m_0 - \frac{m_{\text{д}} \rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{л}}}\right) = 18,7$  кДж.

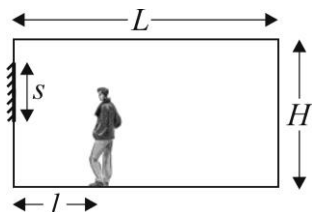


3. В схеме, показанной на рисунке,  $R_1 = 1$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом,  $R_3 = 3$  Ом. Известно, что на сопротивлении  $R_1$  выделяется мощность  $N_1 = 25$  Вт. Какая мощность  $N_2$  выделяется на сопротивлении  $R_2$ ?

**Решение.** Обозначим через  $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$  токи, текущие через резисторы  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ , соответственно. Для этих токов справедливы равенства:  $I_1 = I_2 + I_3$ ,  $I_2 R_2 = I_3 R_3$ , откуда

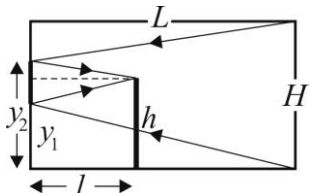
$I_2 = \frac{I_1 R_3}{R_2 + R_3}$ . С другой стороны,  $N_1 = I_1^2 R_1$ ,  $N_2 = I_2^2 R_2$ . Объединяя записанные выражения,

находим, что  $N_2 = N_1 \frac{R_2 R_3^2}{R_1 (R_2 + R_3)^2}$ . **Ответ:**  $N_2 = N_1 \frac{R_2 R_3^2}{R_1 (R_2 + R_3)^2} = 18$  Вт.



4. В комнате длиной  $L = 5$  м и высотой  $H = 3$  м на стене висит плоское зеркало. Человек смотрит в него с расстояния  $l = 2$  м. Какова минимальная высота  $s$  зеркала, если человек видит в нем противоположную стену от пола до потолка?

**Решение.** Вертикальный размер зеркала ограничен световыми лучами, исходящими из точек, лежащих на нижнем и верхнем ребрах комнаты, и попадающими в глаз человека (см. рисунок, где  $h$  – расстояние от пола до уровня глаз человека).



Из подобия треугольников следуют равенства:  $\frac{H - y_2}{L} = \frac{y_2 - h}{l}$  и  $\frac{y_1}{L} = \frac{h - y_1}{l}$ . Из этих равенств находим, что  $y_2 = \frac{lH + Lh}{L + l}$ ,  $y_1 = \frac{Lh}{L + l}$ .

Учитывая, что  $s = y_2 - y_1$ , получаем, что  $s = \frac{lH}{L + l}$ . **Ответ:**  $s = \frac{lH}{L + l} = \frac{6}{7}$  м  $\approx 0,86$  м.

## Критерии оценки 7-9 классы

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.**