

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:

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

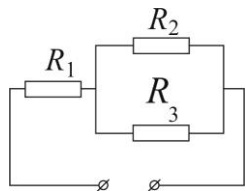
2. В сосуде с водой, имеющей температуру 0°C , плавает кусок льда массой $m_{\text{л}} = 100$ г, в который вмерзла дробинка массой $m_{\text{д}} = 5$ г. Какое минимальное количество теплоты Q нужно сообщить воде, чтобы кусок льда с дробинкой начал тонуть? Плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1$ г/см³, плотность льда $\rho_{\text{л}} = 0,9$ г/см³, 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

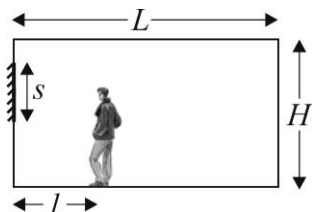
$\Delta m = m_0 - m$, затратив количество теплоты $Q = \lambda \cdot \Delta m$. **Ответ:** $Q = \lambda \cdot \left(m_0 - \frac{m_{\text{д}} \rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{л}}}\right) = 18,7$ кДж.



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 ?

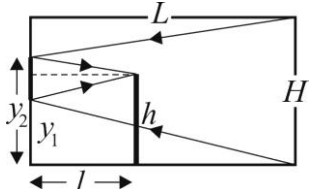
Решение. Обозначим через I_1 , I_2 и I_3 токи, текущие через резисторы R_1 , R_2 и R_3 , соответственно. Для этих токов справедливы равенства: $I_1 = I_2 + I_3$, $I_2 R_2 = I_3 R_3$, откуда $I_2 = \frac{I_1 R_3}{R_2 + R_3}$. С другой стороны, $N_1 = I_1^2 R_1$, $N_2 = I_2^2 R_2$. Объединяя записанные 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.