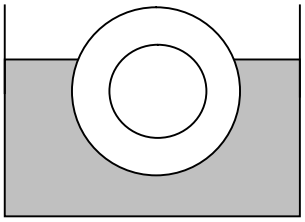
Всероссийская олимпиада школьников
II (муниципальный) этап
Физика
9 класс
Решения. Критерии проверки

Общее время выполнения работы – 3 часа 30 минут.

Задание 1

Полый шар, сделанный из материала с плотностью ρ_1 плавает на поверхности жидкости, имеющей плотность ρ_2. Радиусы шара и полости равны R и r. Какова должна быть плотность вещества ρ, которым следует заполнить полость шара, чтобы он плавал внутри жидкости? (Объем шара $V = \frac{4® R^3}{3}$)

Решение



Пусть радиус шара – R , а радиус полости - r. Тогда, если шарик плавает на поверхности, как показано на рисунке, то его средняя плотность меньше плотности жидкости. Когда полость заполняется веществом, то для того, чтобы шар плавал внутри жидкости, его средняя плотность должна равняться плотности жидкости.

$$\rho_{ср} = \rho_2 \qquad \rho_{ср} = (m_1 + m) / V$$

m_1 – масса полого шара, m – масса вещества в полости шара.

$$\rho_{ср} = [4/3\pi(\rho_1 R^3 + r^3(\rho_1 - \rho))] / (4/3\pi R^3)$$

$$\rho_{ср} = (\rho_1 R^3 + r^3(\rho_1 - \rho))/ R^3 \quad \text{или} \quad (\rho_1 R^3 + r^3(\rho_1 - \rho))/ R^3 = \rho_2$$

Тогда $\rho = (\rho_2 - \rho_1) R^3/ r^3 + \rho_1$

Максимальный балл – 80. Проведен анализ, получено решение с правильным ответом.
60 баллов. Проведен анализ, задача решена с математическими ошибками.
40 баллов. Идея решения верна, но допущены ошибки в выводах
До 20 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 2

Проводник с сопротивлением R = 2000 Ом состоит из двух последовательно соединенных частей: угольного стержня и проволоки, имеющих температурные коэффициенты сопротивления $\alpha_1 = -10 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ и $\alpha_2 = 2 \cdot 10^{-3} K^{-1}$. Какими следует выбрать сопротивления этих частей, чтобы общее сопротивление проводника R не зависело от температуры

Решение.

При некоторой температуре t общее сопротивление соединенных проводников будет равно:

$$R = R_1 + R_2, \text{ где} \quad R_1 = R_{10} (1 + \alpha_1 t) \quad \text{и} \quad R_2 = R_{20} (1 + \alpha_2 t)$$

R_{10}, R_{20} - сопротивления при t = 0 ° C. Температура измеряется в градусах Цельсия. Тогда для R:

$$R = R_{10} + R_{20} + R_{10} \alpha_1 t + R_{20} \alpha_2 t$$

По условию $R = R_{10} + R_{20}$, тогда $R_{10} \alpha_1 + R_{20} \alpha_2 = 0$

$$R_{10} \alpha_1 = - R_{20} \alpha_2 \quad \text{или} \quad R_{10} = - R_{20} \alpha_2/\alpha_1$$

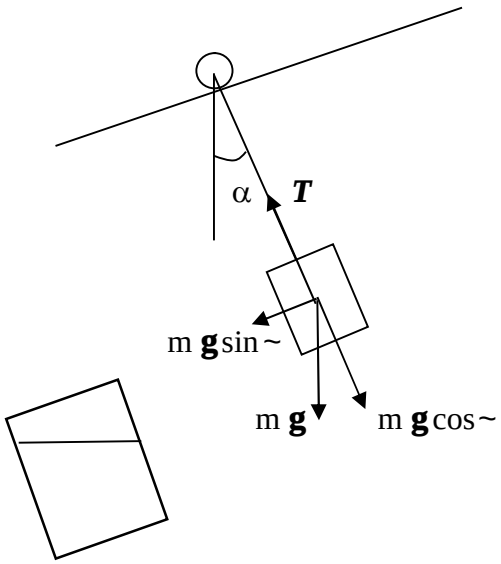
$$R = R_{20} (1 - \alpha_2/\alpha_1), \quad \text{отсюда} \quad R_{20} = R \alpha_1 / (\alpha 1 - \alpha 2) = 1667 \text{ Ом}$$

$$R_{10} = 333 \text{ Ом}$$

Максимальный балл – 60. Получено решение с правильным ответом.
50 баллов. Идея решения верна, но допущены ошибки в выводах.
30 баллов. Правильно написаны формулы для температурной зависимости сопроивления
До 15 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 3

По тросу, образующему с горизонтом угол α, катится без трения блок, к которому подвешено цилиндрическое ведро с водой. Объем воды в ведре V, радиус ведра R. Каково давление воды на дно ведра во время движения?



Вода в неподвижном ведре.

Решение

При отсутствии силы трения силу тяжести m**g** можно разложить на две составляющие m**g** cos~ , которая компенсируется силой реакции подвеса ***T*** и m **g** sin~ , которая нескомпенсирована и создает ускорение ведра с водой.

$$\mathbf{a} = \mathbf{g}\sin\alpha.$$

Таким образом, ведро движется так, что подвес перпендикулярен тросу. При этом поверхность воды будет параллельна дну ведра и, соответственно, тросу. Действительно, если бы ведро было наклонено и неподвижно, то вода создавала бы дополнительное давление на боковую поверхность, обращенную вниз из-за разности уровней воды (см. рисунок.)

В нашем случае вода вместе с ведром движется с ускорением $a = g\sin\alpha$, поэтому дополнительного давления возникать не будет. Высота столба воды будет везде одинакова.

Давление на дно ведра можно определить по формуле

$p = F_д / S$ $F_д = mg\cos\alpha$ $S = \pi R^2$ $m = \rho V$ $p = \rho V g\cos\alpha / \pi R^2$

Максимальный балл – 80. Проведен анализ, получено решение с правильным ответом.
60 баллов. Идея решения верна, задача решена с математическими ошибками.
40 баллов. Правильно сделан вывод об уровне воды в ведре.
До 20 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 4

Двухлитровый алюминиевый чайник налили доверху водой при температуре $t = 20^0$ С и поставили на электроплитку с КПД $\eta = 30\%$. Мощность плитки N = 5 кВт, масса чайника M = 500 г. Через какое время масса воды в чайнике уменьшится на $\Delta m = 100$ г?

Решение

Электроплитка за время τ выделит Q полезной теплоты равное:

$$Q = \text{¦}\ N^{2}$$

При этом теплота будет расходоваться на нагревание воды до температуры кипения:

$$Q_1 = c_{\text{в}}\,\Delta t_1 m$$

на нагревание чайника

$$Q_2 = c_A\,\Delta t_1 M$$

и на испарение воды

$$Q_3 = r\,m_{\text{в}}$$

Из уравнения теплового баланса имеем:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$\text{¦ } N\,^2 = c_{\text{в}}\,\Delta t_1 m + c_A\,\Delta t_1 M + r\,m_{\text{в}}$$

Тогда для времени

$$^2 = \frac{c_{\text{в}}\,\Delta t_1 m + c_A\,\Delta t_1 M + r\,m_{\text{в}}}{\text{¦ } N} = 622 \text{ с}$$

Максимальный балл – 80. Проведен анализ, получено решение с правильным ответом.
70 баллов. Проведен анализ, задача решена с математическими ошибками.
20 баллов. Правильно написано выражение для теплоты одного из процессов.
До 15 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 5

Слиток из сплава золота и серебра в воздухе растягивает пружину динамометра с силой P =14,7 Н, а в воде – с силой на ΔP = 1,274 Н меньше. Найти массы золота m_1 и серебра m_2 в слитке, считая, что при сплавлении их первоначальный объем не изменился. Плотности золота и серебра $\rho_1 = 19{,}3\cdot 10^3$ кг/м^3 и $\rho_2 = 10{,}5\cdot 10^3$ кг/м^3. Ускорение свободного падения g =9,8м/с^2

Решение

Найдем полную массу слитка. $m_1 + m_2 = P/g$.

Тогда $m_1 = P/g - m_2$ $V_1 = m_1/\rho_1$ $V_2 = m_2/\rho_2$

$$V = (m_1\rho_2 + m_2\rho_1)/\,\rho_1\rho_2$$

$$\Delta P = F_A = \rho g\, V \qquad \Delta P = \rho g\,(m_1\rho_2 + m_2\rho_1)/\,\rho_1\rho_2$$

$$\Delta P = \rho g\,\frac{^\circ{}_2(\frac{P}{g} - m_2) + {}^\circ{}_1 m_2}{^\circ{}_1\,{}^\circ{}_2}$$

$$m_2(\rho_1 - \rho_2) = \Delta P\,\rho_1\rho_2/\rho g - \rho_2\,P/g$$

$$m_2 = \rho_2(\Delta P\rho_1 - P\rho)/(\rho_1 - \rho_2)\,\rho g = 1{,}204 \text{ кг} \qquad m_1 = 1{,}5 \text{ кг} - 1{,}204 \text{ кг} = 0{,}296 \text{ кг}$$

Максимальный балл –100. Проведен анализ. Получены решения с правильными ответами для m_1 и m_2.
80 баллов. Проведен анализ, задача решена с математическими ошибками.
50 баллов. Правильно написаны исходные уравнения.
До 20 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.