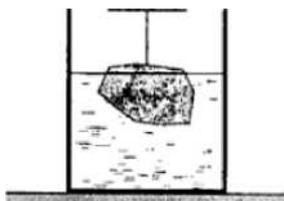


Олимпиада «Физика управляет миром» 2015-2016 уч. год.

Теоретический тур

9 класс
(решения)



Задача 1. На нити, привязанной к стойке, висит кусок льда, частично погруженный в воду, налитую в цилиндрический сосуд (см рис.1). Найти силу натяжения нити, если после этого, как лед растаял, уровень воды в сосуде изменился на $\Delta h=3$ см. Площадь дна сосуда $S=60$ см². Плотность воды $\rho=1$ г/см³.

Решение. Условие равновесия куска льда:

$$\rho_l V g + T = \rho V_a g \quad (1)$$

где ρ_l - плотность льда. V - объем льда. V_a - объем погруженной в воду части льда. Объем воды, образовавшейся из растаявшего льда:

$$V_e = \frac{\rho_l M}{\rho} \quad (2)$$

Изменение уровня воды в сосуде после того, как лед растает:

$$\Delta H = \frac{V_B - V_A}{S} \quad (3)$$

Из (3) следует: $V_A = V_e - \Delta H S$

Подставляем найденные значения в (1):

$$T = \rho V_a g - \rho_l V g = \rho \left(\frac{\rho_l V}{\rho} - \Delta H S \right) g - \rho_l V g$$

$$T = g \Delta H S = 1.8 H.$$

Задача 2.

Легковая машина движется по горизонтальному шоссе за грузовиком. В протекторе заднего колеса грузовика застрял камень. На каком минимальном расстоянии s от грузовика может ехать легковая машина, чтобы камень, вырвавшийся из колеса грузовика, не долетел до неё? Машины движутся со скоростью $v = 72$ км/ч. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с².

Решение: Перейдём в систему отсчёта, связанную с движущимися машинами. Относительно неё камень, застрявший в колесе, вылетает со скоростью $v = 72$ км/ч = 20

м/с, равной линейной скорости вращения обода колеса. Вылетевший камень про-

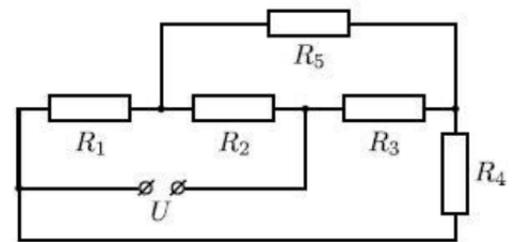
летит расстояние $L = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$, где α — угол, под которым направлена его начальная

скорость. Так как угол α может быть любым, минимальное безопасное расстояние s равно максимально возможному значению L , которое получается при $\alpha = 45^\circ$, то есть

$$s = \frac{v^2 \sin(2 \cdot 45^\circ)}{g} = \frac{v^2}{g} = 40 \text{ м}$$

Задача 3.

Определите силу тока, текущего через резистор $R_5 = 3 \text{ Ом}$ и общее сопротивление цепи (см. рисунок). Сопротивления остальных резисторов $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10 \text{ Ом}$, напряжение источника питания $U = 12 \text{ В}$.



Решение

Рассмотрение схемы приводит к выводу об отсутствии тока через сопротивление R_5 . Сила

тока через сопротивление $R_3 = \frac{U}{2R} = \frac{12}{20} = 0,6 \text{ А}$.

Задача 4.

Рабочий нарезает резьбу с шагом $h = 1,5 \text{ мм}$ на цилиндрической стальной шпильке диаметром $d = 10 \text{ мм}$, прикладывая к воротку момент сил $M = 5 \text{ Н*м}$. Определите, на сколько градусов ΔT нагреется шпилька. Резьба нарезается по всей ее длине, на нагревание идет $\eta = 50\%$ всей совершенной работы. Удельная теплоемкость стали 460 Дж

Решение.

В процессе нарезки резьбы рабочий совершает работу против силы трения между резьбонарезающим инструментом и шпилькой. По определению работы она равна $A = Fs$.

При этом, сила определяется моментом силы, как $F = M / d$. Длина резьбы $s = 2\pi \frac{d}{2} N$,

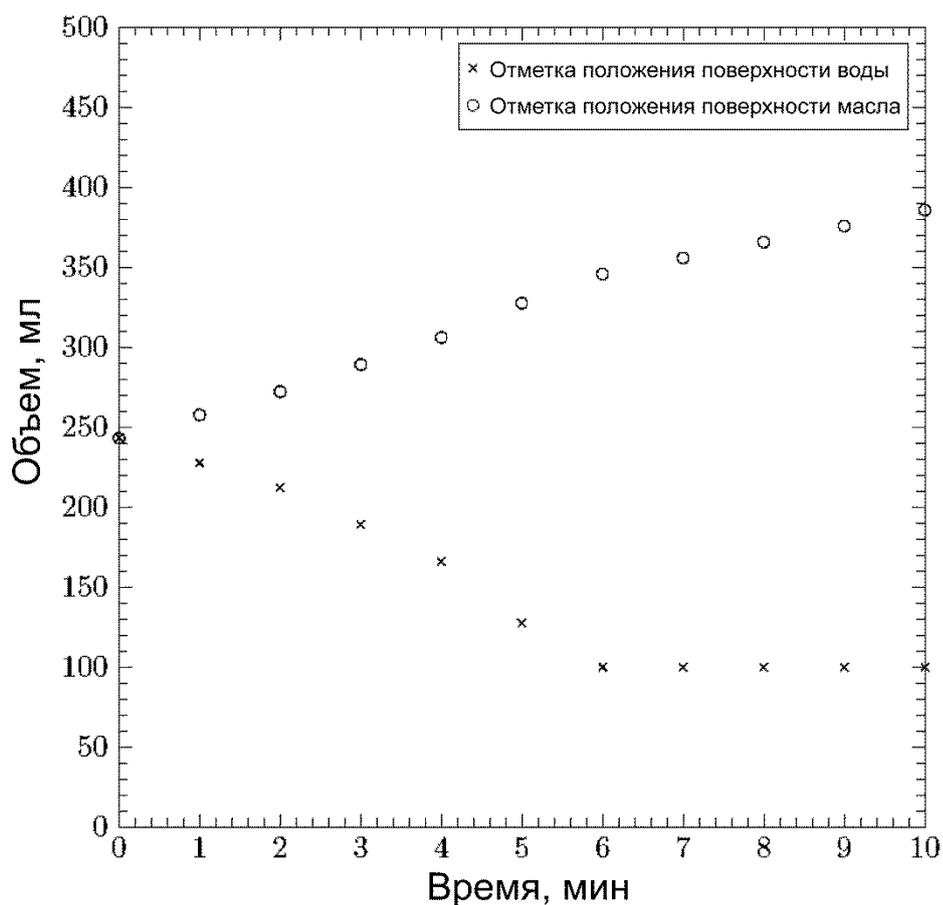
количество витков резьбы определим через длину шпильки $N = L / h$. Тогда изменение температуры:

$$\Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{\eta A}{\rho L S c} = \frac{2\pi \eta M L}{2rh 2\pi r^2 \rho c L} = \frac{\eta M}{h \rho c r^2}.$$

Подстановка численных значений позволяет определить, что $\Delta T \approx 18,6^\circ \text{ C}$.

Задача 5.

Мерный цилиндр с нанесенной на него шкалой частично заполнен водой. На поверхности воды плавает резиновая утка. В цилиндр начинают медленно и равномерно доливать масло, одновременно отмечая положения поверхностей воды и масла. На графике ниже представлена полученная таким образом зависимость от времени объемов воды и масла, измеренных по шкале мерного цилиндра. Плотность воды 1000 кг/м^3 . Определите плотность масла.



Решение

При наливании масла на утку начинает действовать дополнительная выталкивающая сила со стороны масла. В результате уже меньшая часть утки погружена в воду, и уровень воды понижается. Этот процесс остановится, когда выталкивающая сила со стороны масла достигнет максимального значения (утка полностью отделится от поверхности воды, либо частично поднимется относительно первоначального погружения в воду в зависимости от плотности масла и соответствующей выталкивающей силы). В любом случае, вес вытесненного уткой масла равен весу воды, которую ранее вытесняла утка до всплытия:

$$\rho_{\text{м}} g \Delta V_{\text{м}} = \rho_{\text{в}} g \Delta V_{\text{в}}.$$

С учетом этого можно предложить различные варианты решения. Рассмотрим в качестве примера один. Изменение объема воды, которую вытесняет утка, можно определить из графика, как разницу между значениями, отмеченными точечной и пунктирной линиями. Эта величина равна около 143 мл. Определяя объем вытесненного уткой масла, необходимо учесть, что количество масла в цилиндре непрерывно увеличивается. Начиная с $t=6$ мин. уровень воды не изменяется, и уровень масла увеличивается только за счет наполнения. Аппроксимируя участок зависимости от $t=6$ до $t=10$ мин. и экстраполируя его в ноль, можно найти объем масла, вытесненный уткой, как разность между значениями, отмеченными сплошной и пунктирной линиями. Эта величина равна около 186 мл. Тогда плотность масла равна

$$\rho_m = \rho_v \frac{\Delta V_v}{\Delta V_m} = 0.77 \text{ кг/м}^3.$$

