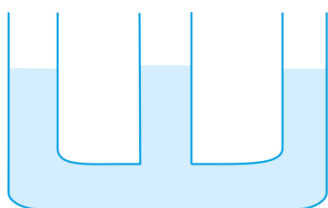


2019 год

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО физике
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
8 класс

Время выполнения
3 астрономических часа

Задание 1. В сосуде Ш-образной формы, вертикальные трубки которого имеют одинаковое поперечное сечение, налита ртуть. Определите, как изменится уровень ртути в средней трубке, если в левую трубку налить слой воды высотой 90 мм, а в правую – высотой 114 мм. Плотность воды 1 г/см^3 , плотность ртути $13,6 \text{ г/см}^3$. Ответ приведите в миллиметрах.



Возможное решение задания 1. Обозначим начальную высоту уровня ртути в сосудах h_0 ,

$$h_1=90 \text{ мм}, h_2=114 \text{ мм}.$$

После добавления воды уровень ртути в левом сосуде опустится на Δh_1 , в правом опустится на Δh_2 , а в среднем – повысится на $\Delta h_1+\Delta h_2$. Жидкости будут находиться в равновесии при равенстве давлений ртути на уровне трубки, соединяющей сосуды:

$$\rho_{\text{в}}gh_1 + \rho_{\text{рт}}g(h_0 - \Delta h_1) = \rho_{\text{рт}}g(h_0 + \Delta h_1 + \Delta h_2); \quad \rho_{\text{в}}gh_2 + \rho_{\text{рт}}g(h_0 - \Delta h_2) = \rho_{\text{рт}}g(h_0 + \Delta h_1 + \Delta h_2);$$

$$\text{отсюда } \rho_{\text{в}}h_1 = \rho_{\text{рт}}(2\Delta h_1 + \Delta h_2); \quad \rho_{\text{в}}h_2 = \rho_{\text{рт}}(2\Delta h_2 + \Delta h_1);$$

$$\text{складывая уравнения, получим } \rho_{\text{в}}(h_1 + h_2) = 3\rho_{\text{рт}}(\Delta h_1 + \Delta h_2).$$

Учитывая, что изменение уровня ртути в средней трубке $\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2$, то $\Delta h = \rho_{\text{в}}(h_1 + h_2) / 3\rho_{\text{рт}} = 5 \text{ мм}$.

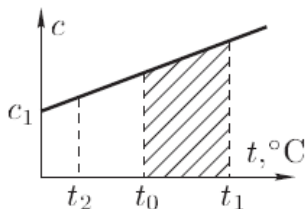
Задание 2. В процессе измерения плотности металлического бруска массой 800 г, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда было проведено три эксперимента. При расположении бруска на горизонтальной поверхности поочередно тремя разными гранями, то он будет оказывать на нее давление $p_1=1,6 \text{ кПа}$, $p_2=5p_1$, $p_3=p_2/2$, соответственно. Определите по этим данным плотность материала бруска в кг/м^3 .

Возможное решение задания 2. Давления, оказываемые бруском на горизонтальную поверхность – отношение веса бруска, равного в данной ситуации силе тяжести, к площади соответствующей грани: $p_1=mg/ab$; $p_2=mg/bc=5mg/ab$; $p_3=mg/ac=5mg/2ab$; a, b, c – длина, ширина и высота параллелепипеда. Из записанных соотношении следует, что $a=5c$, $b=5c/2$;

$a=2b$. Отсюда $p_1=mg/ab=mg/2b^2$; $b=(mg/2p_1)^{1/2}=0,05$ м. Теперь можно найти $a=0,1$ м, $c=0,02$ м. Объем такого бруска составит $a \cdot b \cdot c=0,0001$ м³. Отсюда плотность как отношение массы к объему составит 8000 кг/м³.

Задание 3. Теплоемкость некоторых материалов может зависеть от температуры. У бруска массой 1 кг, изготовленного из некоторого материала, удельная теплоёмкость определяется следующим законом: $c=c_1(1+\alpha t)$, где $c_1=1,4$ кДж/(кг·°C), $\alpha=0,014$ °C⁻¹. Такой брусок, нагретый до температуры 100 °C, опускают в калориметр, в котором находится некоторая масса воды при температуре 20 °C. После установления теплового равновесия температура в калориметре оказалась равной 60 °C. Пренебрегая теплоемкостью калориметра и тепловыми потерями, определите массу воды в калориметре, если известно, что удельная теплоемкость воды 4,2 кДж/(кг·°C).

Возможное решение задания 3. Построим график зависимости удельной теплоемкости материала бруска от температуры. На оси абсцисс отмечены точки t_1, t_2, t_0 .



За время теплообмена с водой в калориметре температура бруска понизилась с t_1 до t_0 . При этом брусок передал воде количество теплоты, численно равное площади заштрихованной поверхности, умноженной на массу бруска в 1 кг. Запишем уравнение теплового баланса:

$$m_2 c_2 (t_0 - t_2) = m_1 c_1 \left(\frac{1 + \alpha t_1 + 1 + \alpha t_0}{2} \right) (t_1 - t_0);$$

$$m_2 = m_1 \frac{c_1 \alpha (t_1^2 - t_0^2) + 2(t_1 - t_0)}{2c_2 (t_0 - t_2)}; \quad m \approx 0,707 \text{ кг.}$$

Задание 4. Определите массу тела, которое может плавать в стакане с водой не касаясь его дна.

Площадь круга $S = \pi r^2$, где $\pi = 3,14, r$ – радиус круга.

Оборудование: сосуд с водой, линейка, деревянный брусок.

Возможное решение задания 4. Из закона Архимеда следует, что тело плавает, если действующая на него сила тяжести равна весу вытесненной жидкости $m_m g = m_{жс} g$, то есть масса тела равна массе вытесненной жидкости.

Поэтому можно сначала определить объём вытесненной воды, умножая площадь сечения сосуда на разницу уровней воды до и после погружения тела. Умножив объём вытесненной воды на её плотность находим массу вытесненной воды, следовательно, и массу плавающего тела: $m_m = \pi r^2 H \rho$.

Или (через длину окружности цилиндрической части бутылки без вычисления/измерения её радиуса): $m_m = \frac{C^2}{4\pi} H\rho$.

