

Министерство образования и науки РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада
2012-2013

ФИЗИКА

9 класс

II этап

1. Два друга взвешивали медный шар. Оказалось, что он весит в воздухе $P_1 = 2,6 \cdot 10^{-2}$ Н, в воде $P_2 = 2,17 \cdot 10^{-2}$ Н. Но друзьям показалось, что этот шар имеет полость внутри. Определите объем внутренней полости шара, если плотность меди $\rho_M = 8,8 \cdot 10^3$ кг/м³. Выталкивающей силой воздуха пренебречь.

Решение.

При взвешивании шара в воде на него вниз действует сила тяжести, равная по модулю весу тела P_1 в воздухе (так как выталкивающей силой воздуха можно пренебречь), вверх — сила натяжения P_2 нити, на которой шар подвешен к динамометру (численно она равна весу тела в воде), и выталкивающая сила воды F_B . Поскольку взвешиваемое тело находится в равновесии и все силы действуют по одной прямой, то должно быть:

$$F_B + P_2 - P_1 = 0.$$

Выразив F_B через плотность воды ρ_B и объем погруженной части тела, равный объему тела V_0 , получим:

$$\rho_B g V_0 + P_2 - P_1 = 0. \quad (1)$$

Объем полости V_{II} равен объему всего тела V_0 без объема V_M , который занимает материал тела (в нашем примере медь):

$$V_{II} = V_0 - V_M \quad \text{или} \quad V_{II} = V_0 - P_1 / (\rho_M g) \quad (2)$$

Исключая из уравнений (1) и (2) объемы тел, находим объем полости:

$$V_{II} = (P_1 - P_2) / (\rho_B g) - P_1 / (\rho_M g); \quad V_{II} = 1,37 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3.$$

Ответ: $1,37 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$

2. В научно-образовательном центре «Физика и химия высокоэнергетических систем» Томского государственного университета для охлаждения установок используется жидкий азот, хранящийся в сосудах Дьюара, напоминающих большой термос. Из этого сосуда, содержащем жидкий азот при температуре $t_a = -195$ °С, за время $t_1 = 24$ ч испаряется азот объемом $V_1 = 10^{-3}$ м³ при температуре окружающего воздуха $t_B = 20$ °С. Определите удельную теплоту парообразования азота, если известно, что при температуре $t_{II} = 0$ °С в том же сосуде за время $t = 22,5$ ч тает лед массой $m_2 = 4 \cdot 10^{-3}$ кг. Считать, что количество теплоты, подводимое ежесекундно к сосуду, пропорционально разности температур снаружи и внутри сосуда. Плотность жидкого азота $\rho_l = 800$ кг/м³, удельная теплота плавления льда $\lambda = 0,33$ МДж/кг.

Решение.

Вследствие того что дьюаровский сосуд не является идеальным теплоизолятором, между телами, находящимися в сосуде, и окружающей средой происходит теплообмен. Так как работа при этом не совершается, то основным уравнением, описывающим процесс теплопередачи при испарении азота и плавлении льда, служит уравнение теплового баланса

$$Q = \Delta U.$$

В результате теплообмена хранящиеся в сосуде холодные тела нагреваются и могут переходить из одного агрегатного состояния в другое. За счет энергии, подводимой извне, увеличивается внутренняя энергия этих тел, причем согласно условию задачи

$$Q/t = k(t_2 - t_1),$$

где t — время, в течение которого к сосуду подводится количество теплоты Q ; k — коэффициент пропорциональности, зависящий от устройства и материала сосуда; $t_2 - t_1$ — разность температур снаружи и внутри сосуда.

К жидкому азоту за время t_1 подводится количество теплоты, равное

$$Q_1 = k(t_a - t_0) \cdot t_1.$$

За счет этого количества теплоты внутренняя энергия азота возрастает на величину

$$\Delta U_1 = r m_1,$$

где m_1 — масса испарившегося азота; r — удельная теплота парообразования.

Согласно закону сохранения и превращения энергии

$$Q_1 = \Delta U_1, \quad \text{или} \quad k(t_a - t_0) \cdot t_1 = r m_1. \quad (1)$$

Проводя аналогичные рассуждения для льда, получим:

$$k(t_{\text{л}} - t_0) \cdot t_2 = \lambda m_2. \quad (2)$$

Дополнительные условия позволяют записать:

$$m_1 = \rho_1 V_1 \quad (3)$$

Исключая из уравнений (1) — (3) неизвестные k и m_1 , находим:

$$r = \{m_2(t_a - t_0) \cdot t_1 \cdot \lambda\} / \{\rho_1 V_1(t_{\text{л}} - t_0) \cdot t_2\}$$
$$r = 0,019 \text{ МДж/кг.}$$

Ответ: 0,019 МДж/кг.

3. Для хранения нефтепродуктов на Томском нефтехимическом комбинате используют большие цистерны. В дне такого нефтяного бака имеется отверстие, заделанное цилиндрической пробкой. До какой предельной высоты можно наливать в этот бак нефть, чтобы выдавить пробку наружу, если для этого достаточно приложить силу 16 Н? Площадь пробки 10 см², плотность нефти 800 кг/м³.

Решение.

Атмосферное давление в этом случае учитывать не нужно, так как оно действует на пробку со всех сторон и не участвует в ее выдавливании. Предельную высоту найдем из условия, что сила давления, создаваемая столбом нефти, будет достаточной для выдавливания пробки

$$F = pS = \rho ghS,$$

Откуда

$$H = F / \rho g S = 2 \text{ м.}$$

Ответ: 2 м

4. Преподаватель физического факультета ТГУ Назаров задался вопросом: если взять лампу накаливания мощностью 36 Вт с номинальным напряжением 120 В, то какая мощность будет выделяться в ней, если ее включить в сеть с напряжением 220 В?

Решение.

Выразим сопротивление лампочки при номинальном режиме работы:

$$R = U_n^2 / P_n.$$

Предполагается, что при включении в сеть с другим напряжением сопротивление лампочки не меняется.

$$P = U^2 / R = (U / U_n)^2 \cdot P_n = 121 \text{ Вт.}$$

Ответ: 121 Вт.