

Олимпиада Физтех-2015. Физика. Решения. (1 марта 2015 г.)

Билет 11

1. 1) $N_1 = 2\rho Vg$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho Vg$, $F_{A2} = \rho Va$. Пусть N_2 – сила давления дна на шар, Q – сила давления стенки на шар. Уравнения движения для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $F_{A2} + Q \sin \alpha = 3\rho Va$, $N_2 - 3\rho Vg + F_{A1} + Q \cos \alpha = 0$.

$$N_2 = 2\rho V \left(g - \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} \right) = \frac{3}{2} \rho Vg.$$

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $N_{2\text{НЕВ}} = \frac{5}{4} \rho Vg$.

2. 1) Количество теплоты, отданное газом из первого отсека, равно количеству теплоты, полученной газом из второго отсека: $\nu C_V |\Delta T_1| = \nu C_P \Delta T_2$. Здесь $C_V = 3R/2$, $C_P = C_V + R = 5R/2$ – молярные теплоемкости гелия при постоянном объеме и постоянном давлении, $\Delta T_1 < 0$. Отсюда отношение

$$\text{модулей изменений температуры в отсеках } \frac{|\Delta T_1|}{\Delta T_2} = \frac{5}{3}.$$

2) Пусть V и T_2 – начальные объем и температура во втором отсеке. Уравнения состояния вначале и в конце $P_0 V = \nu R T_2$, $P_0 (V + \Delta V) = \nu R (T_2 + \Delta T_2)$. Отсюда с учетом полученного выражения для

$$\text{отношения изменений температуры находим } \Delta T_1 = -\frac{5 P_0 \Delta V}{3 \nu R} < 0.$$

3. 1) Напряженность поля между пластинами $E = \frac{2Q}{\varepsilon_0 S}$. Разность потенциалов $U = Ed = \frac{2Qd}{\varepsilon_0 S}$.

2) Напряженность поля внутри правой пластины равна нулю: $\frac{q}{2\varepsilon_0 S} - \frac{-3Q - q}{2\varepsilon_0 S} - \frac{Q}{2\varepsilon_0 S} = 0$. Отсюда заряд правой стороны правой пластины $q = -Q$.

$$3) F = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S} 3Q = \frac{3Q^2}{2\varepsilon_0 S}.$$

4. 1) Сразу после замыкания ключа ток через R не идет, ток через источник $I_0 = \frac{\varepsilon}{3R}$.

2) Непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания заряд конденсатора один и тот же и равен $q_0/2$. После размыкания выделится количество теплоты, равное энергии конденсатора:

$$Q_1 = \frac{(q_0/2)^2}{2C} = \frac{1}{8} \frac{q_0^2}{C}.$$

3) При замкнутом ключе через источник пройдет заряд $\frac{1}{2} q_0 + q_0 = \frac{3}{2} q_0$. Работа источника $A = \frac{3}{2} q_0 \varepsilon$.

По ЗСЭ $A = \frac{(q_0/2)^2}{2C} + Q_2$. Количество теплоты при замкнутом ключе $Q_2 = \frac{3}{2} q_0 \varepsilon - \frac{q_0^2}{8C} = \frac{1}{2} q_0 \left(3\varepsilon - \frac{q_0}{4C} \right)$.

5. Обозначим $b = 35$ см, $c = 25$ см.

1) Изображение S_1 комара в зеркале будет на расстоянии $b = 35$ см от зеркала, попадает на главную оптическую ось линзы, находится на расстоянии $d = b + c = 60$ см от линзы. Расстояние между линзой и экраном $f = \frac{dF}{d-F} = 30$ см.

2) Скорость изображения в зеркале равна скорости комара v . Скорость изображения в линзе (на экране) $u = \Gamma v$. Здесь $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение. У нас $\Gamma = \frac{1}{2}$. Скорость на экране

$$u = \frac{1}{2} v = 2 \text{ см/с}.$$