

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

Билет 9

1. 1) $N_1 = \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Пусть N_2 – сила давления дна на шар, T – сила натяжения нити. Уравнения движения для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $F_{A2} + T \sin \alpha = 2 \rho V a$, $N_2 - 2 \rho V g + F_{A1} + T \cos \alpha = 0$.

$$N_2 = \left(g - \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} \right) \rho V = \frac{5}{6} \rho V g.$$

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $N_{2HEB} = \frac{2}{3} \rho V g$.

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 $C_V = \frac{3}{2} R$, $C_P = C_V + R = \frac{5}{2} R$ – молярные теплоемкости гелия при постоянном объеме и постоянном давлении. Отсюда изменение температуры во втором отсеке $\Delta T_2 = \frac{3}{5} \Delta T_1$.

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 ΔT_2 находим изменение объема $\Delta V = \frac{3 \nu R \Delta T_1}{5 P_0}$.

3. 1) Напряженность поля между пластинами $E = \frac{5Q}{2\epsilon_0 S}$. Разность потенциалов $U = Ed = \frac{5Qd}{2\epsilon_0 S}$.

2) Напряженность поля внутри левой пластины равна нулю: $\frac{q}{2\epsilon_0 S} - \frac{Q-q}{2\epsilon_0 S} - \frac{-4Q}{2\epsilon_0 S} = 0$. Отсюда заряд левой стороны левой пластины $q = -\frac{3}{2}Q$.

3) $F = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} 4Q = \frac{2Q^2}{\epsilon_0 S}$.

4. 1) Сразу после замыкания ключа ток через $2R$ не идет, ток через источник $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}$.

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

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

3) При замкнутом ключе через источник пройдет заряд $2q_0 + q_0 = 3q_0$. Работа источника $A = 3q_0 \mathcal{E}$. По ЗСЭ $A = \frac{2q_0^2}{C} + Q_2$. Количество теплоты при замкнутом ключе $Q_2 = 3q_0 \mathcal{E} - \frac{2q_0^2}{C} = q_0 \left(3\mathcal{E} - \frac{2q_0}{C} \right)$.

5. Обозначим $b = 52$ см, $c = 20$ см.

1) Изображение S_1 мухи в зеркале будет на расстоянии $b = 52$ см от зеркала, попадает на главную оптическую ось линзы, находится на расстоянии $d = b + c = 72$ см от линзы. Изображение в линзе попадает на экран на расстоянии $f = \frac{dF}{d-F} = 24$ см от линзы. Итак, расстояние между линзой и экраном $f = 24$ см.

2) Скорость изображения в зеркале равна скорости мухи v . Скорость изображения в линзе (на экране) $u = \Gamma v$. Здесь $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение. У нас $\Gamma = \frac{1}{3}$. Скорость на экране $u = \frac{1}{3}v = 3$ см/с.