

Билет 1

1. 1) $T_1 = \frac{1}{2} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g, F_{A2} = \rho V a$. Пусть N_2 – сила давления клина на шар. Уравнения движения для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $T_2 + F_{A2} - N_2 \sin \alpha = 3 \rho V a, N_2 \cos \alpha - 3 \rho V g + F_{A1} = 0$. $T_2 = (a + g \tan \alpha) 2 \rho V = \frac{3}{4} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2HEB} = \frac{7}{8} \rho V g$.

2. Пусть x – повышение уровня в закрытом колене, ρ – плотность ртути, S – площадь поперечного сечения трубки. $P_0 = \rho g H_0$ – атмосферное давление. Произведение давления на объем воздуха в закрытом колене есть константа: $\rho g H_0 (L + x) S = (\rho g H_0 + \rho g 3x) L S$. Отсюда $H_0 = 3L = 75$ см = 750 мм. $P_0 = 750$ мм рт.ст.

3. 1) По ЗСИ $3mv = 2mu$. Отсюда $u = \frac{3}{2} v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(2q)q}{2a} = k \frac{q^2}{4a} + 2k \frac{(2q)q}{2a} + \frac{2mu^2}{2} + \frac{3mv^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{5mv^2 a}{k}} = \sqrt{20\pi\epsilon_0 m v^2 a}$.

4. Ток через катушку непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания один и тот же и равен $2I_0$.

1) Теплота равна энергии катушки: $Q = \frac{L(2I_0)^2}{2} = 2LI_0^2$.

2) Сразу после замыкания ключа ток через катушку не идет, $I_0 = \frac{\varepsilon}{2R + R}$. Отсюда ЭДС источника $\varepsilon = 3I_0 R$. Непосредственно перед размыканием ключа для контура из $2R$ и источника $I_\varepsilon R + (I_\varepsilon - 2I_0) 2R = \varepsilon$. С учетом выражения для ε находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\varepsilon = \frac{7}{3} I_0$.

3) $L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = I_{2R} 2R, L \Delta I_L = I_{2R} \Delta t \cdot 2R, L \Delta I_L = \Delta q_{2R} \cdot 2R$. После суммирования $L(2I_0 - 0) = q \cdot 2R$. Отсюда заряд $q = \frac{L}{R} I_0$.

5. 1) $x_1 = 120 + 20 + 40 = 180$. $x_1 = 180$ см.

2) Изображение в линзе мнимое на расстоянии $f = 30$ см от линзы, является предметом для зеркала. $x_2 = 30 + 20 + 40 = 90$. $x_2 = 90$ см.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = \frac{1}{4}$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = \frac{1}{4} v$. Скорость изображения в зеркале не изменится: $u = \frac{1}{4} v = 3$ см/с.

Билет 2

1. 1) $T_1 = \frac{4}{15} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g, F_{A2} = \rho V a$. Пусть N_2 – сила давления клина на шар. Уравнения движения для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $-T_2 + F_{A2} + N_2 \sin \alpha = \frac{\rho}{5} V a, F_{A1} - N_2 \cos \alpha - \frac{\rho}{5} V g = 0$. $T_2 = (a + g \tan \alpha) \frac{4}{5} \rho V = \frac{2}{5} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2НЕВ} = \frac{7}{30} \rho V g$.

2. Пусть l – искомая длина, ρ – плотность ртути, S – площадь поперечного сечения трубки. $P_0 = \rho g H_0$ – атмосферное давление, $H_0 = 75$ см. Произведение давления на объем воздуха в закрытом колене есть константа: $\rho g H_0 l S = (\rho g H_0 + \rho g (x - (l - L))) l S$. Отсюда $l = \frac{L(H_0 + L + x)}{H_0 + L} = 16$ см.

3. 1) По ЗСИ $2mv = 5mu$. Отсюда $u = \frac{2}{5} v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(4q)q}{4a} = k \frac{q^2}{8a} + 2k \frac{(4q)q}{4a} + \frac{5mu^2}{2} + \frac{2mv^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{8}{5} \frac{mv^2 a}{k}} = 4 \sqrt{\frac{2}{5} \pi \epsilon_0 m v^2 a}$.

4. Ток через катушку непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания один и тот же и равен $0,5I_0$.

1) Теплота равна энергии катушки: $Q = \frac{L(0,5I_0)^2}{2} = \frac{1}{8} L I_0^2$.

2) Сразу после замыкания ключа ток через катушку не идет, $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{2R + R}$. Отсюда ЭДС источника $\mathcal{E} = 3I_0 R$. Непосредственно перед размыканием ключа для контура из R и источника $I_\epsilon 2R + (I_\epsilon - 0,5I_0)R = \mathcal{E}$. С учетом выражения для \mathcal{E} находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\epsilon = \frac{7}{6} I_0$.

3) $L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = I_R R, L \Delta I_L = I_R \Delta t \cdot R, L \Delta I_L = \Delta q_R \cdot R$. После суммирования $L(0,5I_0 - 0) = q \cdot R$. Отсюда заряд $q = \frac{1}{2} \frac{L}{R} I_0$.

5. 1) $x_1 = 20 + 40 + 50 = 110$. $x_1 = 110$ см.

2) Изображение в линзе мнимое на расстоянии $f = 60$ см от линзы, является предметом для зеркала. $x_2 = 60 + 40 + 50 = 150$. $x_2 = 150$ см.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = 3$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = 3v$. Скорость изображения в зеркале не изменится: $u = 3v = 6$ см/с.

Билет 3

1. 1) $T_1 = \frac{3}{5} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Уравнение движения для шара в проекциях на направление нити $T_2 - 2\rho V g \sin \alpha + F_{A1} \sin \alpha + F_{A2} \cos \alpha = 2\rho V a \cos \alpha$.

$$T_2 = (g \sin \alpha + a \cos \alpha) \rho V = \frac{5}{7} \rho V g.$$

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2HEB} = \frac{29}{35} \rho V g$.

2. Пусть x – повышение уровня в закрытом колене, ρ – плотность ртути, S – площадь поперечного сечения трубки. $P_0 = \rho g H_0$ – атмосферное давление, $H_0 = 76$ см. Произведение давления на объем воздуха в закрытом колене есть константа: $\rho g H_0 (L + x) S = (\rho g H_0 + \rho g 4x) L S$. Отсюда $L = \frac{H_0}{4} = 19$ см.

3. 1) По ЗСИ $4mv = 2mu$. Отсюда $u = 2v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(3q)q}{3a} = k \frac{q^2}{6a} + 2k \frac{(3q)q}{3a} + \frac{2mu^2}{2} + \frac{4mv^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{36}{5} \frac{mv^2 a}{k}} = 12 \sqrt{\frac{1}{5} \pi \epsilon_0 m v^2 a}$.

4. Ток через катушку непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания один и тот же и равен $3I_0$.

1) Теплота равна энергии катушки: $Q = \frac{L(3I_0)^2}{2} = \frac{9}{2} L I_0^2$.

2) Сразу после замыкания ключа ток через катушку не идет, $I_0 = \frac{\varepsilon}{3R + R}$. Отсюда ЭДС источника $\varepsilon = 4I_0 R$. Непосредственно перед размыканием ключа для контура из $3R$ и источника $I_\varepsilon R + (I_\varepsilon - 3I_0) 3R = \varepsilon$. С учетом выражения для ε находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\varepsilon = \frac{13}{4} I_0$.

3) $L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = I_{3R} 3R$, $L \Delta I_L = I_{3R} \Delta t \cdot 3R$, $L \Delta I_L = \Delta q_{3R} \cdot 3R$. После суммирования $L(3I_0 - 0) = q \cdot 3R$. Отсюда заряд $q = \frac{L}{R} I_0$.

5. 1) $x_1 = 60 + 15 + 45 = 120$. $x_1 = 120$ см.

2) Изображение в линзе мнимое на расстоянии $f = 20$ см от линзы, является предметом для зеркала. $x_2 = 20 + 15 + 45 = 80$. $x_2 = 80$ см.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = \frac{1}{3}$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = \frac{1}{3} v$. Скорость изображения в зеркале не изменится: $u = \frac{1}{3} v = 2$ см/с.

Билет 4

1. 1) $T_1 = \frac{6}{25} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Уравнение движения для шара в проекциях на направление нити $T_2 + \frac{3}{5} \rho V g \sin \alpha - F_{A1} \sin \alpha - F_{A2} \cos \alpha = -\frac{3}{5} \rho V a \cos \alpha$. $T_2 = (g \sin \alpha + a \cos \alpha) \frac{2}{5} \rho V = \frac{8}{25} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2HEB} = \frac{3}{25} \rho V g$.

2. Пусть x_1 – искомое смещение, x_2 – смещение в закрытом колене, ρ – плотность ртути, S – площадь поперечного сечения трубки. $P_0 = \rho g H_0$ – атмосферное давление, $H_0 = 76$ см. По условию $x_1 + x_2 = l$. Произведение давления на объем воздуха в закрытом колене есть константа: $\rho g H_0 (L + x_2) S = (\rho g H_0 + \rho g (x_1 - x_2)) L S$. Из записанных уравнений $x_1 = \frac{l(H_0 + L)}{2L + H_0} = 5$ см.

3. 1) По ЗСИ $2mv = 2mi$. Отсюда $u = v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(5q)q}{5a} = k \frac{q^2}{10a} + 2k \frac{(5q)q}{5a} + \frac{2mu^2}{2} + \frac{2mv^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{20}{9} \frac{mv^2 a}{k}} = \frac{4}{3} \sqrt{5\pi \epsilon_0 mv^2 a}$.

4. Ток через катушку непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания один и тот же и равен $\frac{1}{3} I_0$.

1) Теплота равна энергии катушки: $Q = \frac{L(I_0/3)^2}{2} = \frac{1}{18} L I_0^2$.

2) Сразу после замыкания ключа ток через катушку не идет, $I_0 = \frac{\epsilon}{3R + R}$. Отсюда ЭДС источника $\epsilon = 4I_0 R$. Непосредственно перед размыканием ключа для контура из R и источника $I_\epsilon 3R + \left(I_\epsilon - \frac{1}{3} I_0\right) R = \epsilon$. С учетом выражения для ϵ находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\epsilon = \frac{13}{12} I_0$.

3) $L \frac{\Delta I_L}{\Delta t} = I_R R$, $L \Delta I_L = I_R \Delta t \cdot R$, $L \Delta I_L = \Delta q_R \cdot R$. После суммирования $L \left(\frac{1}{3} I_0 - 0\right) = q \cdot R$. Отсюда заряд $q = \frac{1}{3} \frac{L}{R} I_0$.

5. 1) $x_1 = 18 + 38 + 30 = 86$. $x_1 = 86$ см.

2) Изображение в линзе мнимое на расстоянии $f = 72$ см от линзы, является предметом для зеркала. $x_2 = 72 + 38 + 30 = 140$. $x_2 = 140$ см.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = 4$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = 4v$. Скорость изображения в зеркале не изменится: $u = 4v = 4$ см/с.

Билет 5

1. 1) $T_1 = \frac{2}{3} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Пусть N_2 – сила давления клина на тележку. Уравнения движения для бруска в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $-T_2 + F_{A2} + N_2 \sin \alpha = 3 \rho V a$, $N_2 \cos \alpha - 3 \rho V g + F_{A1} = 0$. $T_2 = (g \tan \alpha - a) 2 \rho V = \frac{4}{9} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2\text{НЕВ}} = \frac{1}{3} \rho V g$.

2. Пусть V_0 – объем колбы, S – площадь поперечного сечения трубки, ν – количество воздуха в термометре, P – атмосферное давление. Уравнения состояния для трех опытов: $P(V_0 + L_1 S) = \nu R T_1$, $P(V_0 + L_2 S) = \nu R T_2$, $P V_0 = \nu R T_{\text{MIN}}$. Отсюда $T_{\text{MIN}} = T_2 - \frac{L_2}{L_2 - L_1} (T_2 - T_1)$, $t_{\text{MIN}} = t_2 - \frac{L_2}{L_2 - L_1} (t_2 - t_1) = -3$ °C.

3. 1) По ЗСИ $3mu = 2mv$. Отсюда $u = \frac{2}{3} v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(2q)q}{2a} = k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(2q)q}{3a} + \frac{2mv^2}{2} + \frac{3mu^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{5mv^2 a}{2k}} = \sqrt{10\pi\epsilon_0 m v^2 a}$.

4. 1) Ток через $2R$ сразу после замыкания ключа не идет. $\varepsilon = I_0 R$.

2) Непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания напряжение на конденсаторе одно и то же, причем $U_C = \frac{I_0}{4} 2R = \frac{1}{2} I_0 R$. Теплота равна энергии конденсатора:

$$Q = \frac{1}{2} C U_C^2 = \frac{1}{8} C I_0^2 R^2.$$

3) Непосредственно перед размыканием ключа ток через $2R$ равен $\frac{1}{4} I_0$, для контура из $2R$ и источника $I_\varepsilon R + \frac{I_0}{4} 2R = \varepsilon$. С учетом выражения для ε находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\varepsilon = \frac{1}{2} I_0$.

5. 1) Действительное изображение S_1 в линзе на расстоянии $f = \frac{dF}{d-F} = 100$ см от линзы. На расстоянии $f = 100$ см от линзы и надо поместить экран при отсутствии зеркала.

2) Пусть $b = 40$ см – расстояние между линзой и зеркалом. S_1 является мнимым предметом для зеркала. В зеркале получится действительное изображение S_2 , его можно получить на экране Э, расположенном на расстоянии $x = f - b = 60$ см от зеркала.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = 4$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = 4v$. Зеркало не изменяет скорость изображения. Скорость изображения на экране $u = 4v = 8$ см/с.

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

Билет 6

1. 1) $T_1 = \frac{3}{10} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Уравнение движения для бруска в проекциях на направление вдоль полки $T_2 \cos \alpha + \frac{\rho}{5} V g \sin \alpha - F_{A1} \sin \alpha + F_{A2} \cos \alpha = \frac{\rho}{5} V a \cos \alpha$. $T_2 = (g \operatorname{tg} \alpha - a) \frac{4}{5} \rho V = \frac{1}{5} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2\text{НЕВ}} = \frac{13}{40} \rho V g$.

2. Пусть V_0 – объем колбы, S – площадь поперечного сечения трубки, ν – количество воздуха в термометре, P – атмосферное давление. Уравнения состояния для трех опытов: $P(V_0 + L_1 S) = \nu R T_1$,

$$P(V_0 + L_2 S) = \nu R T_2, \quad P(V_0 + L_3 S) = \nu R T_{\text{MAX}}. \quad \text{Отсюда} \quad T_{\text{MAX}} = T_2 + \frac{L_3 - L_2}{L_2 - L_1} (T_2 - T_1),$$

$$t_{\text{MAX}} = t_2 + \frac{L_3 - L_2}{L_2 - L_1} (t_2 - t_1) = 27 \text{ }^\circ\text{C}.$$

3. 1) По ЗСИ $2mu = 5mv$. Отсюда $u = \frac{5}{2} v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{1,5a} + 2k \frac{(4q)q}{a} = k \frac{q^2}{1,5a} + 2k \frac{(4q)q}{6a} + \frac{5mv^2}{2} + \frac{2mu^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{21}{16} \frac{mv^2 a}{k}} = \sqrt{\frac{21}{4} \pi \epsilon_0 m v^2 a}$.

4. 1) Ток через R сразу после замыкания ключа не идет. $\varepsilon = 2I_0 R$.

2) Непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания напряжение на конденсаторе одно и то же, причем $U_C = \frac{I_0}{2} R = \frac{1}{2} I_0 R$. Теплота равна энергии конденсатора:

$$Q = \frac{1}{2} C U_C^2 = \frac{1}{8} C I_0^2 R^2.$$

3) Непосредственно перед размыканием ключа ток через R равен $\frac{1}{2} I_0$, для контура из R и источника

$I_\varepsilon 2R + \frac{I_0}{2} R = \varepsilon$. С учетом выражения для ε находим ток через источник непосредственно перед

размыканием ключа: $I_\varepsilon = \frac{3}{4} I_0$.

5. 1) Действительное изображение S_1 в линзе на расстоянии $f = \frac{dF}{d-F} = 126$ см от линзы. На расстоянии $f = 126$ см от линзы и надо поместить экран при отсутствии зеркала.

2) Пусть $x = 70$ см – расстояние между экраном и зеркалом. S_1 является мнимым предметом для зеркала. В зеркале получится действительное изображение S_2 , его можно получить на экране Э, расположенном на расстоянии $x = 70$ см от зеркала. Расстояние между линзой и зеркалом $b = f - x = 56$ см.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = 6$. Максимальная скорость изображения в линзе

$u = \Gamma v = 6v$. Зеркало не изменяет скорость изображения. Скорость изображения на экране $u = 6v = 6$ см/с.

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

Билет 7

1. 1) $T_1 = \frac{3}{25} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Уравнение движения для бруска в проекциях на направление нити $T_2 - 1,2 \rho V g \sin \alpha + F_{A1} \sin \alpha - F_{A2} \cos \alpha = -1,2 \rho V a \cos \alpha$. $T_2 = (g \sin \alpha - a \cos \alpha) 0,2 \rho V = \frac{8}{75} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2\text{НЕВ}} = \frac{1}{25} \rho V g$.

2. Пусть V_0 – объем колбы, S – площадь поперечного сечения трубки, ν – количество воздуха в термометре, P – атмосферное давление. Уравнения состояния для трех опытов: $P(V_0 + L_1 S) = \nu R T_1$, $P(V_0 + L_2 S) = \nu R T_2$, $P V_0 = \nu R T_{\text{MIN}}$. Отсюда $T_2 = T_{\text{MIN}} + \frac{L_2}{L_1} (T_1 - T_{\text{MIN}})$, $t_2 = t_{\text{MIN}} + \frac{L_2}{L_1} (t_1 - t_{\text{MIN}}) = 27$ °C.

3. 1) По ЗСИ $4mu = 2mv$. Отсюда $u = \frac{1}{2} v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(3q)q}{3a} = k \frac{q^2}{a} + 2k \frac{(3q)q}{4a} + \frac{2mv^2}{2} + \frac{4mu^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{3mv^2 a}{k}} = \sqrt{12\pi\epsilon_0 m v^2 a}$.

4. 1) Ток через $3R$ сразу после замыкания ключа не идет. $\varepsilon = I_0 R$.

2) Непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания напряжение на конденсаторе одно и то же, причем $U_C = \frac{I_0}{5} 3R = \frac{3}{5} I_0 R$. Теплота равна энергии конденсатора: $Q = \frac{1}{2} C U_C^2 = \frac{9}{50} C I_0^2 R^2$.

3) Непосредственно перед размыканием ключа ток через $3R$ равен $\frac{1}{5} I_0$, для контура из $3R$ и источника $I_\varepsilon R + \frac{I_0}{5} 3R = \varepsilon$. С учетом выражения для ε находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\varepsilon = \frac{2}{5} I_0$.

5. 1) Действительное изображение S_1 в линзе на расстоянии $f = \frac{dF}{d-F} = 150$ см от линзы. На расстоянии $f = 150$ см от линзы и надо поместить экран при отсутствии зеркала.

2) Пусть $b = 50$ см – расстояние между линзой и зеркалом. S_1 является мнимым предметом для зеркала. В зеркале получится действительное изображение S_2 , его можно получить на экране Э, расположенном на расстоянии $x = f - b = 100$ см от зеркала.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = 5$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = 5v$. Зеркало не изменяет скорость изображения. Скорость изображения на экране $u = 5v = 15$ см/с.

Билет 8

1. 1) $T_1 = \frac{9}{50} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Уравнение движения для бруска в проекциях на направление вдоль полки $T_2 + 0,7 \rho V g \sin \alpha - F_{A1} \sin \alpha + F_{A2} \cos \alpha = 0,7 \rho V a \cos \alpha$. $T_2 = (g \sin \alpha - a \cos \alpha) 0,3 \rho V = \frac{7}{50} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $T_{2\text{НЕВ}} = \frac{41}{150} \rho V g$.

2. Пусть V_0 – объем колбы, S – площадь поперечного сечения трубки, ν – количество воздуха в термометре, P – атмосферное давление. Уравнения состояния для трех опытов: $P(V_0 + L_1 S) = \nu R T_1$, $P(V_0 + L_2 S) = \nu R T_2$, $P(V_0 + L_3 S) = \nu R T_3$. Отсюда $L_3 = L_1 + \frac{T_3 - T_1}{T_2 - T_1} (L_2 - L_1)$, $L_3 = L_1 + \frac{t_3 - t_1}{t_2 - t_1} (L_2 - L_1) = 50$ см.

3. 1) По ЗСИ $6mv = 2mu$. Отсюда $u = 3v$.

2) По ЗСЭ $k \frac{q^2}{3a} + 2k \frac{(6q)q}{2a} = k \frac{q^2}{3a} + 2k \frac{(6q)q}{4a} + \frac{2mu^2}{2} + \frac{6mv^2}{2}$. $q = \sqrt{\frac{4mv^2 a}{k}} = 4\sqrt{\pi \epsilon_0 m v^2 a}$.

4. 1) Ток через R сразу после замыкания ключа не идет. $\varepsilon = 3I_0 R$.

2) Непосредственно перед размыканием ключа и сразу после размыкания напряжение на конденсаторе одно и то же, причем $U_C = \frac{2}{3} I_0 R$. Теплота равна энергии конденсатора:

$$Q = \frac{1}{2} C U_C^2 = \frac{2}{9} C I_0^2 R^2.$$

3) Непосредственно перед размыканием ключа ток через R равен $\frac{2}{3} I_0$, для контура из R и источника $I_\varepsilon 3R + \frac{2}{3} I_0 R = \varepsilon$. С учетом выражения для ε находим ток через источник непосредственно перед размыканием ключа: $I_\varepsilon = \frac{7}{9} I_0$.

5. 1) Действительное изображение S_1 в линзе на расстоянии $f = \frac{dF}{d-F} = 108$ см от линзы. На расстоянии $f = 108$ см от линзы и надо поместить экран при отсутствии зеркала.

2) Пусть $x = 50$ см – расстояние между экраном и зеркалом. S_1 является мнимым предметом для зеркала. В зеркале получится действительное изображение S_2 , его можно получить на экране Э, расположенном на расстоянии $x = 50$ см от зеркала. Расстояние между линзой и зеркалом $b = f - x = 58$ см.

3) $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение в линзе. У нас $\Gamma = 3$. Максимальная скорость изображения в линзе $u = \Gamma v = 3v$. Зеркало не изменяет скорость изображения. Скорость изображения на экране $u = 3v = 12$ см/с.

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 $E = \frac{5Q}{2\varepsilon_0 S}$. Разность потенциалов $U = Ed = \frac{5Qd}{2\varepsilon_0 S}$.

2) Напряженность поля внутри левой пластины равна нулю: $\frac{q}{2\varepsilon_0 S} - \frac{Q-q}{2\varepsilon_0 S} - \frac{-4Q}{2\varepsilon_0 S} = 0$. Отсюда заряд левой стороны левой пластины $q = -\frac{3}{2} Q$.

3) $F = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S} 4Q = \frac{2Q^2}{\varepsilon_0 S}$.

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

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

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.

**Олимпиада Физтех-2015. Физика. Решения. (1 марта 2015 г.)
Билет 10**

1. 1) $N_1 = \frac{4}{5} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g, F_{A2} = \rho V a$. Пусть N_2 – сила давления полки на шар, Q – сила давления стенки на шар. Уравнения движения для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси $F_{A2} - Q \sin \alpha = \frac{1}{5} \rho V a, -N_2 - \frac{1}{5} \rho V g + F_{A1} - Q \cos \alpha = 0. N_2 = \frac{4}{5} \rho V \left(g - \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} \right) = \frac{1}{2} \rho V g$.

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $N_{2HEB} = \frac{47}{40} \rho V g$.

2. 1) Количество теплоты, отданное газом из первого отсека, равно количеству теплоты, полученной газом из второго отсека: $\nu C_V (T_1 - T_0) = \nu C_P (T_0 - T_2)$. 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 установившаяся температура в отсеках $T_0 = \frac{3}{8} T_1 + \frac{5}{8} T_2$.

2) Пусть V начальный объем во втором отсеке. Уравнения состояния вначале и в конце $P_0 V = \nu R T_2, P_0 (V + \Delta V) = \nu R T_0$. Отсюда с учетом полученного выражения для T_0 находим $\Delta V = \frac{3}{8} \frac{\nu R (T_1 - T_2)}{P_0}$.

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

2) Напряженность поля внутри левой пластины равна нулю: $\frac{Q - q}{2\epsilon_0 S} - \frac{q}{2\epsilon_0 S} - \frac{5Q}{2\epsilon_0 S} = 0$. Отсюда заряд правой стороны левой пластины $q = -2Q$.

3) $F = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} 5Q = \frac{5Q^2}{2\epsilon_0 S}$.

4. 1) Сразу после замыкания ключа ток через $3R$ не идет, ток через источник $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{2R}$.

2) Пусть при замкнутом ключе через резистор $3R$ протек заряд q_0 . 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: $Q_1 = \frac{(2q_0)^2}{2C}$. При замкнутом ключе через конденсатор протекает заряд $q_C = 2q_0 = \sqrt{2CQ_1}$.

3) При замкнутом ключе через источник пройдет заряд $2q_0 + q_0 = 3q_0$. Работа источника $A = 3q_0 \mathcal{E}$. По ЗСЭ $A = \frac{(2q_0)^2}{2C} + Q_2$. Количество теплоты при замкнутом ключе $Q_2 = 3q_0 \mathcal{E} - \frac{2q_0^2}{C} = 3\mathcal{E} \sqrt{\frac{1}{2} C Q_1} - Q_1$.

5. Обозначим $b = 25$ см, $c = 15$ см.

1) Изображение S_1 шарика в зеркале на расстоянии $b = 25$ см от зеркала, попадает на главную оптическую ось линзы, находится на расстоянии $d = b + c = 40$ см от линзы. Расстояние между линзой и экраном $f = \frac{dF}{d - F} = 120$ см.

2) Скорость изображения в зеркале не изменится. Максимальная скорость изображения в линзе (на экране) $u = \Gamma v$. Здесь $\Gamma = \frac{f}{d}$ – поперечное увеличение. У нас $\Gamma = 3$. Итак, $u = 3v = 6$ см/с.

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 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

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

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

Билет 12

1. 1) $N_1 = \frac{4}{15} \rho V g$.

2) Вертикальная и горизонтальная составляющие силы Архимеда $F_{A1} = \rho V g$, $F_{A2} = \rho V a$. Пусть N_2 – сила давления стенки на шар, Q – сила давления полки на шар. Уравнения движения для шара в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси

$$F_{A2} + Q \cos \alpha - N_2 = \frac{1}{5} \rho V a, \quad -\frac{1}{5} \rho V g + F_{A1} - Q \sin \alpha = 0. \quad N_2 = \frac{4}{5} \rho V \left(a + \frac{g}{\operatorname{tg} \alpha} \right) = \frac{2}{5} \rho V g.$$

Замечание. Без учета F_{A2} получается типичный неверный ответ $N_{2HEB} = \frac{7}{30} \rho V g$.

2. 1) Количество теплоты, отданное газом из первого отсека, равно количеству теплоты, полученной газом из второго отсека: $\nu C_V (T_1 - T_0) = \nu C_P (T_0 - T_2)$. Здесь $C_V = 3R/2$, $C_P = C_V + R = 5R/2$ – молярные теплоемкости гелия при постоянном объеме и постоянном давлении. Отсюда начальная температура во втором отсеке $T_2 = \frac{8}{5} T_0 - \frac{3}{5} T_1$.

2) Пусть V начальный объем во втором отсеке. Уравнения состояния вначале и в конце $P_0 V = \nu R T_2$, $P_0 (V + \Delta V) = \nu R T_0$. Отсюда с учетом полученного выражения для T_2 находим

$$\Delta V = \frac{3}{5} \frac{\nu R (T_1 - T_0)}{P_0}.$$

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 правой пластины равна нулю: $\frac{q}{2\epsilon_0 S} - \frac{6Q - q}{2\epsilon_0 S} + \frac{Q}{2\epsilon_0 S} = 0$. Отсюда заряд левой стороны правой пластины $q = 5Q/2$.

3) $F = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} 6Q = \frac{3Q^2}{\epsilon_0 S}$.

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

2) Пусть при замкнутом ключе через резистор R протек заряд q_0 . 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: $Q_1 = \frac{(q_0/2)^2}{2C}$. При

замкнутом ключе через конденсатор протекает заряд $q_c = q_0/2 = \sqrt{2CQ_1}$.

3) При замкнутом ключе через источник пройдет заряд $q_0/2 + q_0 = 3q_0/2$. Работа источника

$A = \frac{3}{2} q_0 \epsilon$. По ЗСЭ $A = \frac{(q_0/2)^2}{2C} + Q_2$. Количество теплоты при замкнутом ключе

$$Q_2 = \frac{3}{2} q_0 \epsilon - \frac{(q_0/2)^2}{2C} = 3\epsilon \sqrt{2CQ_1} - Q_1.$$

5. Обозначим $b = 20$ см, $c = 16$ см.

1) Изображение груза в зеркале будет на расстоянии $b = 20$ см от зеркала, попадает на главную оптическую ось линзы, находится на расстоянии $d = b + c = 36$ см от линзы. Расстояние между линзой и

экраном $f = \frac{dF}{d - F} = 72$ см.

2) Скорость изображения в зеркале не изменится. Максимальная скорость изображения в линзе (на экране) $u = \Gamma v$. Здесь $\Gamma = f/d$ – поперечное увеличение. У нас $\Gamma = 2$. Итак, $u = 2v = 10$ см/с.