

Решение варианта № 1

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ: $T = 4mg$.

Условие равновесия стержня: $\sum M_0(F_i) = 0$

З А Д А Ч А 2. (10 баллов)

Ответ:
$$v_0 = \left| \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \right| = 5 \text{ м/с}.$$

З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ:
$$S = \sqrt{\frac{2h}{\mu_0} \frac{M}{m+M}} = 4 \text{ м}.$$

1) В соответствии с законом сохранения энергии

$$\Delta W_{\text{мех}} = A_{\text{мп}}, \text{ где } \Delta W_{\text{мех}} = -mgh \left(\frac{M}{m+M} \right), \text{ а } A_{\text{тр}} = -\frac{1}{2} \mu_0 mg S^2,$$

Из последних двух равенств находим
$$S = \sqrt{\frac{2h}{\mu_0} \frac{M}{m+M}} = 4 \text{ м}.$$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ:
$$\eta_2 = \frac{\eta_1}{1 + \frac{c_V}{R} \eta_1}.$$

Пусть за цикл 1-2-3-4 совершается работа A_0 . Тогда

$$\eta_1 = \frac{A_0}{Q_{123}} = \frac{A_0}{\Delta U_{13} + A_{23}} = \frac{A_0}{c_V(T_3 - T_1) + A_{23}} \quad \eta_2 = \frac{A_0}{Q_{435}} = \frac{A_0}{\Delta U_{45} + A_{35}}$$

$$\Delta U_{45} = c_V(T_5 - T_4).$$

$$T_5 = T_3 + \frac{P_2 \Delta V}{R}; \quad T_4 = T_1 + \frac{P_1 \Delta V}{R}; \quad T_5 - T_4 = (T_3 - T_1) + \frac{A_0}{R}$$

$$\text{Тогда } \eta_2 = \frac{A_0}{c_V(T_3 - T_1) + \frac{c_V}{R} A_0 + A_{23}} = \frac{A_0}{Q_{123} + \frac{c_V}{R} A_0}.$$

Разделив числитель и знаменатель последнего выражения на Q_{123} , получим

$$\eta_2 = \frac{\eta_1}{1 + \frac{c_V}{R} \eta_1} = \frac{0,15}{1 + \frac{3 \cdot R}{2R} 0,15} = \frac{0,15}{1 + 0,225} \approx 0,12.$$

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ: $E = \frac{3q}{16\pi\epsilon_0 \cdot R^2}$. Вектор \vec{E} направлен от центра шара.

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ: $E_i = 2BC\sqrt{2\frac{a}{k}}$.

По закону электромагнитной индукции Фарадея модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре,

$$E_i = \frac{d\phi}{dt} = 2B\sqrt{\frac{y}{k}} \cdot \frac{dy}{dt}$$

При движении с постоянным ускорением скорость переключки

$$\frac{dy}{dt} = \sqrt{2ay}, \text{ поэтому } E_i = 2By\sqrt{2\frac{a}{k}}. \text{ При } y = C \text{ } E_i = 2BC\sqrt{2\frac{a}{k}}.$$

З А Д А Ч А 7. (12 баллов)

Ответ: $t = \sqrt{\frac{2L}{g\sqrt{3}}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2\right)$.

Так как сила, приводящая в движение жидкость линейно зависит от координаты, то:

$\ddot{x} + \frac{g \sin \alpha}{L} x = 0$ И так, вытекание жидкости удовлетворяет уравнению гармонических

колебаний с периодом $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g \sin \alpha}}$.

Время вытекания жидкости из наполненной наклонной части трубки $t_1 = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{L}{g \sin \alpha}}$.

Время движения жидкости по горизонтальному участку трубки ,

$$t_2 = \frac{2L}{\sqrt{gL \sin \alpha}}$$

Вся жидкость вытекает из трубки через время

$$t = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{2L}{g\sqrt{3}}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2\right)$$

Решение варианта № 2.

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ: $T = 3\frac{3}{4}mg$.

Условие равновесия стержня: $\sum M_0(F_i) = 0$

З А Д А Ч А 2. (10 баллов)

Ответ: $v_0 = \left| \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \right| = 5 \text{ м/с}$

З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ: $S = \sqrt{\frac{2h}{\mu_0} \frac{M}{m+M}} = 3,2 \text{ м}.$

1) В соответствии с законом сохранения энергии

$$\Delta W_{\text{мех}} = A_{\text{мп}}, \text{ где } \Delta W_{\text{мех}} = -mgh \left(\frac{M}{m+M} \right), \text{ а } A_{\text{тр}} = -\frac{1}{2} \mu_0 mg S^2,$$

Из последних двух равенств находим $S = \sqrt{\frac{2h}{\mu_0} \frac{M}{m+M}} = \sqrt{10} \approx 3,2 \text{ м}.$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ: $\eta_2 = \left(\frac{\alpha - 1}{\alpha} \right) \cdot \frac{R}{c_V} = 0,125.$

Пусть за цикл 1-2-3-4 совершается работа A_0 . Тогда

$$\eta_1 = \frac{\Delta P \cdot \Delta V}{Q_{123}} = \frac{A_0}{Q_{123}} = \frac{A_0}{\Delta U_{13} + A_{23}} = \frac{A_0}{c_V(T_3 - T_1) + A_{23}} \quad \eta_2 = \frac{A_0}{Q_{435}} = \frac{A_0}{\Delta U_{45} + A_{35}}$$

$$\Delta U_{45} = c_V(T_5 - T_4). \quad T_5 - T_4 = T_3 - T_1 + \frac{(P_2 - P_1)\Delta V}{R} = (T_3 - T_1) + \frac{A_0}{R}$$

Изменение внутренней энергии на интервале 4 – 3 - 5 равно

$$\Delta U_{45} = c_V(T_3 - T_1) + \frac{c_V}{R} A_0$$

Тогда $\eta_2 = \frac{A_0}{c_V(T_3 - T_1) + \frac{c_V}{R} A_0 + A_{23}} = \frac{A_0}{Q_{123} + \frac{c_V}{R} A_0}.$

Разделив числитель и знаменатель последнего выражения на Q_{123} , получим

$$\eta_2 = \frac{\eta_1}{1 + \frac{c_V}{R} \eta_1}. \text{ Так как } \alpha = \frac{\eta_1}{\eta_2}, \text{ то } \eta_2 = \frac{\alpha \cdot \eta_2}{1 + \frac{c_V}{R} \alpha \cdot \eta_2}. \text{ Откуда } \eta_2 = \left(\frac{\alpha - 1}{\alpha} \right) \cdot \frac{R}{c_V}.$$

Подставляя $\alpha = 1,23$ и $c_V = \frac{3}{2}R$, получим $\eta_2 = \frac{(1,23 - 1) R \cdot 2}{1,23 \cdot 3 \cdot R} = 0,125.$

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ: $E = -\frac{q}{16\pi\epsilon_0 \cdot R^2}$. Вектор \vec{E} направлен к центру шара.

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ: $E_i = B\left(\sqrt{\frac{C}{k}} + \frac{C}{b}\right)\sqrt{2aC}$.

По закону электромагнитной индукции Фарадея модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре,

$$E_i = \frac{d\Phi}{dt} = B\left(\sqrt{\frac{y}{k}} + \frac{y}{b}\right)\frac{dy}{dt}.$$

При движении с постоянным ускорением ($a = \text{const}$) скорость перемычки

$$\frac{dy}{dt} = \sqrt{2ay}, \text{ поэтому } E_i = B\left(\sqrt{\frac{y}{k}} + \frac{y}{b}\right)\sqrt{2ay}. \text{ При } y = C \quad E_i = B\left(\sqrt{\frac{C}{k}} + \frac{C}{b}\right)\sqrt{2aC}.$$

З А Д А Ч А 7. (12баллов)

Ответ: $t = \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 1,5\right)$.

Так как сила, приводящая в движение жидкость, линейно зависит от координаты, то: $\ddot{x} + \frac{g}{L}x = 0$

Итак, вытекание жидкости удовлетворяет уравнению гармонических колебаний с периодом

$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$. Время вытекания жидкости из наполненной вертикальной части трубки

$$t_1 = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Время движения жидкости по горизонтальному участку трубки

$$t_2 = \frac{1,5L}{\sqrt{gL}} = 1,5\sqrt{\frac{L}{g}}.$$

Вся жидкость вытекает из трубки через время

$$t = \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 1,5\right).$$

Решение вариант № 3

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ: $T = 3,5 mg$.

Условием равновесия стержня $\sum M_0(F_i) = 0$.

З А Д А Ч А 2. (10 баллов)

Ответ:
$$v_0 = \left| \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \right| = 1 \text{ м/с}.$$

З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ:
$$S = \sqrt{\frac{2h}{\mu_0} \frac{M}{m+M}} = 4 \text{ м}.$$

1) В соответствии с законом сохранения энергии

$$\Delta W_{\text{мех}} = A_{\text{тр}}, \text{ где } \Delta W_{\text{мех}} = -mgh \left(\frac{M}{m+M} \right), \text{ а } A_{\text{тр}} = -\frac{1}{2} \mu_0 mg S^2,$$

Из последних двух равенств находим
$$S = \sqrt{\frac{2h}{\mu_0} \frac{M}{m+M}} = 4 \text{ м}.$$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ:
$$\eta_2 = \frac{\eta_1}{1+3\eta_1} \approx 0,1.$$

Пусть за цикл 1-2-3-4 совершается работа A_0 . Тогда

$$\eta_1 = \frac{\Delta P \cdot \Delta V}{Q_{123}} = \frac{A_0}{Q_{123}} = \frac{A_0}{\Delta U_{13} + A_{23}} = \frac{A_0}{c_V(T_3 - T_1) + A_{23}}$$

$$\eta_2 = \frac{A_0}{Q_{567}} = \frac{A_0}{\Delta U_{57} + A_{67}}. \quad (1)$$

$$T_7 = T_3 + \frac{P_2 \cdot 2\Delta V}{R}; \quad T_5 = T_1 + \frac{P_1 \cdot 2\Delta V}{R};$$

$$T_7 - T_5 = (T_3 - T_1) + \frac{2A_0}{R}.$$

Изменение внутренней энергии на интервале 5 – 6 - 7 равно

$$\Delta U_{57} = c_V(T_3 - T_1) + \frac{2c_V}{R} A_0$$

Тогда
$$\eta_2 = \frac{A_0}{c_V(T_3 - T_1) + \frac{2c_V}{R} A_0 + A_{23}} = \frac{A_0}{Q_{123} + \frac{2c_V}{R} A_0}.$$

Разделив числитель и знаменатель последнего выражения на Q_{123} , получим

$$\eta_2 = \frac{\eta_1}{1 + \frac{2c_V}{R}\eta_1} = \frac{0,15}{1 + 2 \frac{3 \cdot R}{2R} 0,15} = \frac{0,15}{1 + 0,45} \approx 0,1. \quad \eta_2 = \frac{\eta_1}{1 + 3\eta_1} \approx 0,1.$$

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ: $E = \frac{q}{18 \pi \epsilon_0 R^2}$. Вектор \vec{E} направлен от центра шара.

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ: $E_i = \frac{2}{3} BC \sqrt{6aC}$.

По закону электромагнитной индукции Фарадея модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре,

$$E_i = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{2}{\sqrt{3}} By \cdot \frac{dy}{dt}.$$

При движении с постоянным ускорением скорость перемычки

$$\frac{dy}{dt} = \sqrt{2ay}, \text{ поэтому } E_i = \frac{2}{\sqrt{3}} By \sqrt{2ay} = \frac{2\sqrt{3}}{3} By \sqrt{2ay}.$$

$$\text{При } y = C \quad E_i = \frac{2\sqrt{3}}{3} BC \sqrt{2aC} = \frac{2}{3} BC \sqrt{6aC}.$$

З А Д А Ч А 7. (12 баллов)

Ответ: $t = 2 \sqrt{\frac{L}{g \sqrt{3}}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 1 \right)$.

Так как сила, приводящая в движение жидкость линейно зависит от координаты, то:

$$\ddot{x} + \frac{g \sin \alpha}{2L} x = 0.$$

Итак, вытекание жидкости удовлетворяет уравнению гармонических колебаний с периодом

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2L}{g \sin \alpha}}.$$

Время вытекания жидкости из наполненной вертикальной части трубки

$$t_1 = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2L}{g \sin \alpha}}.$$

Время движения жидкости по горизонтальному участку трубки

$$t_2 = \frac{2L}{\sqrt{2gL \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{2L}{g \sin \alpha}}.$$

Вся жидкость вытекает из трубки через время

$$t = t_1 + t_2 = 2 \sqrt{\frac{L}{g \sqrt{3}}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 1 \right), \text{ Окончательно } t = 2 \sqrt{\frac{L}{g \sqrt{3}}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 1 \right).$$

Решение варианта № 4

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ: $T = 2mg$.

Условие равновесия стержня: $\sum M_0(F_i) = 0$

З А Д А Ч А 2. (10 баллов)

Ответ: $v_0 = \left| \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \right| = 1 \text{ м/с}$.

Ответ: $S = \sqrt{\frac{2h}{\mu_0} \frac{M}{m+M}} = 4 \text{ м}$

1) В соответствии с законом сохранения энергии

$$\Delta W_{\text{мех}} = A_{\text{тр}}, \text{ где } \Delta W_{\text{мех}} = -mgh \left(\frac{M}{m+M} \right), \text{ а } A_{\text{тр}} = -\frac{1}{2} \mu_0 mg S^2,$$

Из последних двух равенств находим $S = \sqrt{\frac{2h}{\mu_0} \frac{M}{m+M}} = 4 \text{ м.}$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ: $\eta_2 = \frac{\alpha - 1}{3\alpha} \approx 0,1$.

Пусть за цикл 1-2-3-4 совершается работа A_0 . Тогда

$$\eta_1 = \frac{\Delta P \cdot \Delta V}{Q_{123}} = \frac{A_0}{Q_{123}} = \frac{A_0}{\Delta U_{13} + A_{23}} = \frac{A_0}{c_V(T_3 - T_1) + A_{23}}.$$

$$\eta_2 = \frac{A_0}{Q_{567}} = \frac{A_0}{\Delta U_{57} + A_{67}}.$$

$$T_7 = T_3 + \frac{P_2 \cdot 2\Delta V}{R}; \quad T_5 = T_1 + \frac{P_1 \cdot 2\Delta V}{R};$$

$$T_7 - T_5 = T_3 - T_1 + \frac{2(P_2 - P_1)\Delta V}{R} = (T_3 - T_1) + \frac{2A_0}{R}.$$

$$\Delta U_{57} = c_V(T_3 - T_1) + \frac{2c_V}{R} A_0$$

$$\text{Тогда } \eta_2 = \frac{A_0}{c_V(T_3 - T_1) + \frac{2c_V}{R} A_0 + A_{23}} = \frac{A_0}{Q_{123} + \frac{2c_V}{R} A_0}.$$

Разделив числитель и знаменатель последнего выражения на Q_{123} , получим

$$\eta_2 = \frac{\eta_1}{1 + \frac{2c_V}{R} \eta_1}. \text{ Так как } \eta_1 = \alpha \cdot \eta_2, \text{ то } \eta_2 = \frac{\alpha \cdot \eta_2}{1 + \frac{2c_V}{R} \alpha \cdot \eta_2}, \text{ откуда}$$

$$\eta_2 = \frac{\alpha - 1}{\alpha} \cdot \frac{R}{2c_V} = \frac{\alpha - 1}{\alpha} \cdot \frac{R \cdot 2}{2 \cdot 3R} = \frac{1,46 - 1}{1,46 \cdot 3} \approx 0,1. \quad \eta_2 = \frac{\alpha - 1}{3\alpha} \approx 0,1.$$

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ: $E = -\frac{q}{18\pi\epsilon_0 R^2}$ Вектор \vec{E} направлен к центру шара.

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ: $E_i = BC\sqrt{6aC}$.

По закону электромагнитной индукции Фарадея модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре,

$$E_i = \frac{d\Phi}{dt} = \sqrt{3} \cdot Bx \cdot \frac{dx}{dt}.$$

При движении с постоянным ускорением скорость переключки

$$\frac{dx}{dt} = \sqrt{2ax}, \text{ поэтому } E_i = \sqrt{3} \cdot Bx \cdot \sqrt{2ax}. \text{ При } x = C. E_i = \sqrt{3} \cdot BC\sqrt{2aC} = BC\sqrt{6aC}.$$

З А Д А Ч А 7. (12 баллов)

Ответ: $t = \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2\right)$.

Так как сила, приводящая в движение жидкость, линейно зависит от координаты, то:

$\ddot{x} + \frac{g}{L}x = 0$ Итак, вытекание жидкости удовлетворяет уравнению гармонических колебаний с

периодом: $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$.

Время вытекания жидкости из наполненной вертикальной части трубки $t_1 = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g}}$.

Время движения жидкости по горизонтальному участку трубки

$t_2 = \frac{2L}{\sqrt{gL}}$.

Вся жидкость вытекает из трубки через время $t = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{L}{g}} \left(\frac{\pi}{2} + 2\right)$.

Окончательно $t = \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \right)$.

Решение варианта № 5

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ: $\Delta r_x = \frac{1}{4} \pi v_o t_o$.

З А Д А Ч А 2. (10 баллов)

Ответ: $t = \frac{\pi}{4\omega}$.

З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ: $p_2 = p_o + \rho g H - 4\rho\omega^2 R^2$

Давление ртути в месте изгиба трубки $p_1 = p_o + \rho g H$. Для ртути в вертикальном колене проекция ускорения на вертикальное направление равна нулю. Центр масс ртути в горизонтальном колене (точка С) находится на расстоянии $2R$ от оси вращения и имеет центростремительное ускорение $a = \omega^2 \cdot 2R$. Масса ртути в горизонтальном колене $m = 2RS\rho$, где S – площадь поперечного сечения трубки. Запишем второй закон Ньютона для этой массы ртути: $ma = p_1 S - p_2 S$ или $\rho S 2R \cdot \omega^2 2R = (p_1 - p_2) S$. Подставив в это уравнение выражения для p_1 , находим

$$p_2 = p_1 - 4\rho\omega^2 R^2 = p_o + \rho g H - 4\rho\omega^2 R^2.$$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ:
$$V_A = \frac{m_A}{\mu_A} \cdot \frac{RT}{P_0} = 31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

При температуре $t = 100^\circ\text{C}$ насыщенный пар воды имеет давление $P_0 = 10^5$ Па. Таким же будет давление и в правой части цилиндра, занимаемой азотом. Занимаемый азотом объем

$$V_A = \frac{m_A}{\mu_A} \cdot \frac{RT}{P_0} = \frac{0,028}{0,028} \cdot \frac{8,31 \cdot 373}{10^5} = 31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ:
$$A = -\frac{q\tau}{2\varepsilon_0}.$$

$$A = q\varphi_0 \quad (1),$$

где, согласно принципу суперпозиции, потенциал в точке О равен

$$\varphi_0 = \varphi + \varphi_2 = \frac{\tau 2\pi R}{4\pi\varepsilon_0 R} - \frac{2\tau \cdot 2\pi \cdot 2R}{4\pi\varepsilon_0 \cdot 2R} = \frac{\tau}{2\varepsilon_0} - \frac{\tau}{\varepsilon_0} = -\frac{\tau}{2\varepsilon_0} \quad (2)$$

Подставляя φ_0 в (1), получим $A = -\frac{q\tau}{2\varepsilon_0}.$

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ:
$$A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}.$$

$$h\frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}, \text{ откуда } A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

$$\frac{mv^2}{R} = qvB, \text{ откуда } v = \frac{qBR}{m} \quad (2). \text{ Тогда } A = \frac{hc}{\lambda} - \frac{m}{2} \cdot \frac{q^2 B^2 R^2}{m^2} = h\frac{c}{\lambda} - \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}.$$

З А Д А Ч А 7. (12 баллов)

Ответ:
$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{E_4 - E_2}{c} = 1,35 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$

Энергия атома на n -ом энергетическом уровне $E_n = \frac{E_1}{n^2}$. Тогда энергия атома на втором

энергетическом уровне $E_2 = \frac{E_1}{2^2} = \frac{E_1}{4}$, а на четвёртом $E_4 = \frac{E_1}{4^2} = \frac{E_1}{16}$.

$$h\nu = E_4 - E_2 = \frac{E_1}{16} - \frac{E_1}{4} = -\frac{3E_1}{16},$$

Импульс фотона равен $p = \frac{h\nu}{c} = \frac{E_4 - E_2}{c} = -\frac{3E_1}{16 \cdot 3 \cdot 10^8} = \frac{13,53 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{16 \cdot 10^8} = 1,35 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 7

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ: $\Delta r_x = \frac{1}{4} \pi v_o t_o$.

З А Д А Ч А 2. (8 баллов)

Ответ: $t = \frac{\pi}{3\omega}$.

З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ: $p_2 = p_o + \rho g H - \frac{3\rho\omega^2 L^2}{2}$

Пусть p_1 - давление масла в месте изгиба трубки и p_2 - у запаянного конца трубки. Рассмотрим столб масла в вертикальном колене трубки, найдем, что давление жидкости в месте изгиба трубки $p_1 = p_o + \rho g H$. Центр масс масла в горизонтальном колене трубки находится на расстоянии $L/2$ от

оси вращения и имеет ускорение $a = \omega^2 \cdot \frac{L}{2}$. Масса масла в горизонтальном колене $m = \rho 3LS$, где

S – площадь поперечного сечения трубки. Запишем второй закон Ньютона для этой массы жидкости $ma = p_1S - p_2S$. Подставив в это уравнение выражения m и a , находим

$$\rho 3LS \cdot \omega^2 \frac{L}{2} = (p_1 - p_2)S. \quad \text{Подставив в это уравнение } p_1, \quad \text{находим}$$

$$p_2 = p_1 - \rho \frac{3}{2} L^2 \omega^2 = p_o + \rho g H - \frac{3}{2} \rho L^2 \omega^2.$$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ:
$$V_K = \frac{m_K}{\mu_K} \cdot \frac{RT}{P_o} = 31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

При температуре $t = 100$ °С насыщенный пар воды имеет давление $P_o = 10^5$ Па. Таким же будет и давление в правой части цилиндра, занимаемой кислородом. Занимаемый кислородом объем

$$V_K = \frac{m_K}{\mu_K} \cdot \frac{RT}{P_o} = \frac{0,032}{0,032} \cdot \frac{8,31 \cdot 373}{10^5} = 31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ:
$$A = \frac{q\tau}{2\varepsilon_o}$$

$$A = q(-\varphi_o) \quad (1),$$

где, согласно принципу суперпозиции, потенциал в точке O равен

$$\varphi_o = \varphi + \varphi_2 = \frac{\tau 2\pi R}{4\pi\varepsilon_o R} - \frac{2\tau \cdot 2\pi \cdot 2R}{4\pi\varepsilon_o \cdot 2R} = \frac{\tau}{2\varepsilon_o} - \frac{\tau}{\varepsilon_o} = -\frac{\tau}{2\varepsilon_o} \quad (2)$$

Подставляя φ_o в (1), получим $A = \frac{q\tau}{2\varepsilon_o}$.

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ:
$$v = \frac{1}{h} \left(A + \frac{q^2 B^2 R^2}{2m} \right)$$

$$1) \frac{mv^2}{R} = qvB, \text{ откуда } v = \frac{qBR}{m}. (1)$$

$$2) h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \text{ Подставляя (1), получим } \nu = \frac{1}{h} \left(A + \frac{m q^2 B^2 R^2}{2 m^2} \right) = \frac{1}{h} \left(A + \frac{q^2 B^2 R^2}{2m} \right);$$

З А Д А Ч А 7. (12 баллов)

$$\text{Ответ: } \boxed{p = \frac{h\nu}{c} = \frac{E_4 - E_2}{c} = 1,35 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кэ} \cdot \text{м}}{c}}.$$

Энергия атома на n -ом энергетическом уровне $E_n = \frac{E_1}{n^2}$. Тогда энергия атома на втором

энергетическом уровне $E_2 = \frac{E_1}{2^2} = \frac{E_1}{4}$, а на четвёртом $E_4 = \frac{E_1}{4^2} = \frac{E_1}{16}$.

$$h\nu = E_4 - E_2 = \frac{E_1}{16} - \frac{E_1}{4} = -\frac{3E_1}{16},$$

$$\text{Импульс фотона равен } p = \frac{h\nu}{c} = \frac{E_4 - E_2}{c} = -\frac{3E_1}{16 \cdot 3 \cdot 10^8} = \frac{13,53 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{16 \cdot 10^8} = 1,35 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кэ} \cdot \text{м}}{c}.$$

Решение варианта № 6

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ: $S = \frac{1}{2} \pi v_o t_o$.

З А Д А Ч А 2. (8 баллов)

Ответ: $t = \frac{\pi}{3\omega}$.

З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ: $p_3 = p_o + \rho g (H - h) + \frac{\rho \omega^2 L^2}{2}$

Обозначим p_1 , - давление воды в месте изгиба трубки на оси вращения, p_2 - в месте изгиба трубки, расположенном на расстоянии L от оси вращения, и p_3 - у запаянного конца. Тогда

$$p_1 = p_o + \rho g H.$$

Центр масс воды в горизонтальном колене находится на расстоянии $L/2$ от оси вращения и имеет ускорение $a = \frac{\omega^2 \cdot L}{2}$. Масса воды в горизонтальном колене $m = \rho LS$, где S – площадь поперечного сечения трубки.

По второму закону Ньютона $ma = p_2 S - p_1 S$ или $\rho SL \cdot \frac{\omega^2 L}{2} = (p_2 - p_1) S$.

Отсюда $p_2 = p_1 + \rho \frac{\omega^2 L^2}{2} = p_o + \rho g H + \rho \frac{\omega^2 L^2}{2}$. Тогда

$$p_3 = p_2 - \rho g h = p_o + \rho g H + \rho \frac{\omega^2 L^2}{2} - \rho g h = p_o + \rho g (H - h) + \rho \frac{\omega^2 L^2}{2}$$

$$p_3 = p_o + \rho g (H - h) + \frac{\rho \omega^2 L^2}{2} \dots$$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ:
$$V_A = \frac{m_A}{\mu_A} \cdot \frac{RT}{P_o} = 15,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

При температуре $t = 100$ °С насыщенный пар воды имеет давление $P_o = 10^5$ Па. Таким же будет и давление в правой части цилиндра, занимаемой азотом. Занимаемый азотом объем

$$V_A = \frac{m_A}{\mu_A} \cdot \frac{RT}{P_o} = \frac{0,014}{0,028} \cdot \frac{8,31 \cdot 373}{10^5} = 15,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ:
$$A = \frac{q\tau}{2\varepsilon_o}$$

$$A = -q\varphi_o \quad (1),$$

где, согласно принципу суперпозиции, потенциал в точке O равен

$$\varphi_o = \varphi + \varphi_2 = -\frac{2\tau \cdot 2\pi \cdot R}{4\pi\varepsilon_o R} + \frac{\tau \cdot 2\pi \cdot 2R}{4\pi\varepsilon_o \cdot 2R} = -\frac{\tau}{\varepsilon_o} + \frac{\tau}{2\varepsilon_o} = -\frac{\tau}{2\varepsilon_o} \quad (2)$$

Подставляя φ_o в (1), получим $A = -q \left(-\frac{\tau}{2\varepsilon_o} \right) = \frac{q\tau}{2\varepsilon_o}$.

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ:
$$B = \frac{1}{qR} \sqrt{2m(h\nu - A)}.$$

1) $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$, откуда $v = \sqrt{\frac{2}{m}(h\nu - A)}$ (1)

2) $\frac{mv^2}{R} = qvB$, откуда $B = \frac{mv}{qR} = \frac{m}{qR} \sqrt{\frac{2}{m}(h\nu - A)} = \frac{1}{qR} \sqrt{2m(h\nu - A)}.$

З А Д А Ч А 7. (12 баллов.)

Ответ:
$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{E_3 - E_2}{c} = 1,00 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$

Энергия атома на n -ом энергетическом уровне $E_n = \frac{E_1}{n^2}$. Тогда энергия атома на втором

энергетическом уровне $E_2 = \frac{E_1}{2^2} = \frac{E_1}{4}$, а на третьем $E_3 = \frac{E_1}{3^2} = \frac{E_1}{9}$.

$$h\nu = E_3 - E_2 = \frac{E_1}{9} - \frac{E_1}{4} = -\frac{5E_1}{36},$$

Импульс фотона равен $p = \frac{h\nu}{c} = \frac{E_3 - E_2}{c} = -\frac{5E_1}{36 \cdot 3 \cdot 10^8} = \frac{5 \cdot 13,53 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{36 \cdot 3 \cdot 10^8} = 1,00 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 8

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ: $S = \frac{3}{4} \pi v_o t_o$.

З А Д А Ч А 2. (10 баллов)

Ответ: $t = \frac{\pi}{4\omega}$.

З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ: $p_2 = p_o + \rho g H + 12 \rho R^2 \omega^2$

Пусть p_1 - давление в месте изгиба трубки и p_2 - у запаянного конца трубки . Рассмотрев столб масла в вертикальном колене трубки, найдем, что давление жидкости в месте изгиба трубки $p_1 = p_o + \rho g H$. Центр масс масла в горизонтальном колене трубки находится на расстоянии $3R$ от оси вращения и имеет ускорение $a = \omega^2 \cdot 3R$. Масса масла в горизонтальном колене $m = \rho 4RS$, где S – площадь поперечного сечения трубки. Запишем второй закон Ньютона для этой массы

жидкости $ma = p_2 S - p_1 S$. Подставив в это уравнение выражения m и a , находим $\rho S 4 R \cdot 3 R \omega^2 = (p_2 - p_1) S$. Подставив в это уравнение выражения для p_1 , находим

$$p_2 = p_1 + 12 \rho R^2 \omega^2 = p_o + \rho g H + 12 \rho R^2 \omega^2.$$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ: $V_{\text{ИП}} = V - V_K = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

При температуре $t = 100^\circ\text{C}$ насыщенный пар воды имеет давление $P_o = 10^5$ Па. Таким же будет и давление в левой части цилиндра, занимаемой кислородом. Объем, занимаемый кислородом,

$$V_K = \frac{m_K}{\mu_K} \cdot \frac{RT}{P_o} = \frac{0,016}{0,032} \cdot \frac{8,31 \cdot 373}{10^5} = 15,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Объем правой части цилиндра

$$V_{\text{ИП}} = V - V_K = (20 - 15,5) \cdot 10^{-3} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ: $A = -\frac{q\tau}{2\varepsilon_o}$.

$A = -q(-\varphi_o)$ (1) где, согласно принципу суперпозиции потенциал в точке O равен,

$$\varphi_o = \varphi + \varphi_2 = -\frac{2\tau \cdot 2\pi \cdot R}{4\pi\varepsilon_o R} + \frac{\tau \cdot 2\pi \cdot 2R}{4\pi\varepsilon_o \cdot 2R} = -\frac{\tau}{\varepsilon_o} + \frac{\tau}{2\varepsilon_o} = -\frac{\tau}{2\varepsilon_o}$$

Подставляя φ_o в (1), получим $A = -q\left(-\frac{\tau}{2\varepsilon_o}\right) = -\frac{q\tau}{2\varepsilon_o}$.

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ: $R = \frac{1}{qB} \sqrt{2m\left(\frac{hc}{\lambda} - A\right)}$

1) $h\nu = A + \frac{m\nu^2}{2}$, откуда $\nu = \sqrt{\frac{2}{m}(h\nu - A)}$ (1)

$$2) \frac{m v^2}{R} = q v B, \text{ откуда } R = \frac{1}{q B} \sqrt{2 m \left(\frac{h c}{\lambda} - A \right)}.$$

З А Д А Ч А 7. (12 баллов.)

Ответ:
$$p = \frac{h \nu}{c} = \frac{E_3 - E_2}{c} = 1,00 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$

Энергия атома на n -ом энергетическом уровне $E_n = \frac{E_1}{n^2}$. Тогда энергия атома на втором

энергетическом уровне $E_2 = \frac{E_1}{2^2} = \frac{E_1}{4}$, а на третьем $E_3 = \frac{E_1}{3^2} = \frac{E_1}{9}$.

$$h \nu = E_3 - E_2 = \frac{E_1}{9} - \frac{E_1}{4} = -\frac{5 E_1}{36},$$

Импульс фотона равен

$$p = \frac{h \nu}{c} = \frac{E_3 - E_2}{c} = -\frac{5 E_1}{36 \cdot 3 \cdot 10^8} = \frac{5 \cdot 13,53 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{36 \cdot 3 \cdot 10^8} = 1,00 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 9

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ: $L = \frac{(v_1 + v_2) \sqrt{v_1 v_2}}{g} = 2,5 \text{ м}.$

З А Д А Ч А 2. (10 баллов)

Ответ: $S = \sqrt{\frac{2\ell}{\mu_0} \frac{M}{(m + M)}}.$

1) В соответствии с законом сохранения энергии

$$v = \sqrt{2gl}.$$

2) В соответствии с законом сохранения импульса

$$u = \frac{m}{m+M} \sqrt{2gl}.$$
 где u - совместная скорость движения шайбы и доски.

3) Работа силы трения $A = -mg\ell \left(\frac{M}{m+M} \right)$. С другой стороны $A = -\frac{1}{2} \mu_0 mgS^2$

Тогда $S = \sqrt{\frac{2\ell}{\mu_0} \frac{M}{m+M}}$

З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ: $A = \frac{1}{4} Q.$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ: $T = \frac{4}{3} \pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}.$

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ: $Q = q \cdot E = \frac{4}{3} CE^2.$

При переключении ключа через источник тока E протечет некоторый заряд q . Работа батареи равна Eq . Эта работа может частично пойти на увеличение энергии, запасенной в батарее конденсаторов, частично на выделение тепла в цепи. Заряд и, следовательно, энергия, запасенная в батарее конденсаторов, не изменяются при переключении ключа. Меняются лишь знаки зарядов на обкладках. Следовательно, при переключении ключа K через источник тока протекает заряд

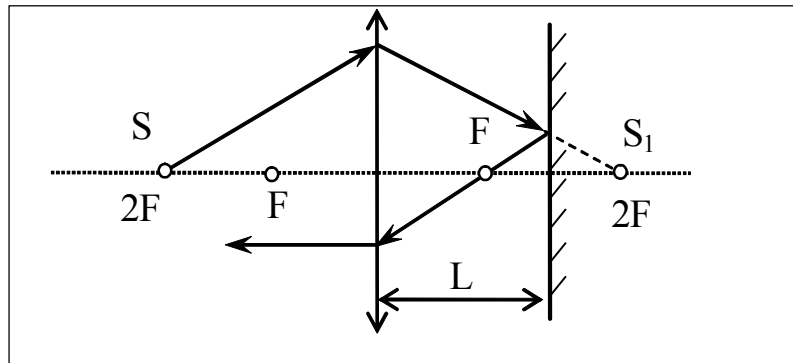
$q = 2C_{\text{БАТ}} E$, где $C_{\text{БАТ}} = \frac{2}{3} C$, то есть $q = \frac{4}{3} CE$, и в цепи выделилось количество тепла

$$Q = q \cdot E = \frac{4}{3} CE^2.$$

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ: $L = \frac{3}{2}F = 15 \text{ см}$.

Из рисунка видно, что $L = \frac{3}{2}F = 15 \text{ см}$



З А Д А Ч А 7. (12 баллов)

Ответ: $\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\varepsilon \cdot R + BL^2 \omega \cdot r}{2(R + r)}$

Решение варианта № 13

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ:
$$v = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2}{2}} = 5 \text{ м/с} . .$$

З А Д А Ч А 2. (8 баллов)

Ответ:
$$v = \sqrt{\frac{g(h-2c)}{\cos^2 \alpha + \frac{1}{2}}} \cdot \cos \alpha = 0,63 \text{ м/с} .$$

Из закона сохранения механической энергии следует, что

$$2 \frac{mv^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} = mgh - 2mgs . (1)$$

Где s и h – перемещения крайних и среднего грузов. Из рисунка видно , что

$$c = \frac{\ell}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) . \quad h = \frac{\ell}{2} \operatorname{ctg} \alpha . \quad v = v_1 \cos \alpha . \text{ Подставляя значения}$$

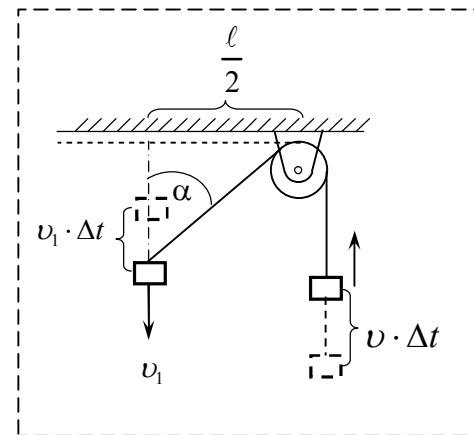
c , h и v в (1) , найдём

$$v = \sqrt{\frac{g(h-2c)}{\cos^2 \alpha + \frac{1}{2}}} \cdot \cos \alpha = 0,63 \text{ м/с} .$$

З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ:
$$M = \frac{1}{2} m .$$

Исходя из закона сохранения механической энергии



$$\frac{Mv_0^2}{2} = \frac{M}{2} \left(\frac{v_0}{2} \right)^2 + 2 \frac{m}{2} v^2 \quad (1)$$

По закону сохранения импульса, $Mv_0 = -M \frac{v_0}{2} + 2mv \cdot \cos 30^\circ$ (2)

Решая совместно уравнения (1) и (2), находим $M = \frac{1}{2} m$.

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ: $P = 8P_0 + \frac{24\sigma}{r}$.

Начальное давление в сосуде равно P_0 . При этом давление внутри пузыря за счёт сил поверхностного натяжения больше на величину $\Delta P_1 = \frac{4\sigma}{r}$, где σ - коэффициент поверхностного

натяжения мыльной плёнки. То есть давление внутри пузыря $P_1 = P_0 + \frac{4\sigma}{r}$.

Конечное давление в пузыре увеличится в 8 раз,

то есть $P_2 = 8P_1 = 8 \left(P_0 + \frac{4\sigma}{r} \right) = 8P_0 + \frac{32\sigma}{r}$. При этом давление $\Delta P_2 = \frac{4\sigma}{r/2} = \frac{8\sigma}{r}$.

Конечное давление в сосуде $P = P_2 - \Delta P_2 = 8P_0 + \frac{32\sigma}{r} - \frac{8\sigma}{r} = 8P_0 + \frac{24\sigma}{r}$.

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ: $C_\mu = -\frac{3}{2} \frac{m_2 \mu_1}{m_1 \mu_2} R = -49,8 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$.

При сжатии газа температура в левой и правой частях цилиндра будет одинаковая, поскольку перегородка теплопроводящая, а процесс медленный. К газу в правой части цилиндра подводится

количество теплоты $Q_2 = \frac{3}{2} \frac{m_2}{\mu_2} R \Delta T$, . Это тепло отводится от левой части газа массой m_1 :

$Q_1 = -Q_2 = -\frac{3}{2} \frac{m_2}{\mu_2} R \Delta T$. Поэтому теплоёмкость газа в левой части цилиндра в рассматриваемом

процессе отрицательна и равна $C = -\frac{Q_1}{\Delta T} = -\frac{3}{2} \frac{m_2}{\mu_2} R$, а его молярная теплоёмкость равна

$$C_\mu = -\frac{C}{m_1 / \mu_1} = -\frac{3}{2} \frac{m_2 \mu_1}{m_1 \mu_2} R = -49,8 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ: $\Delta W = -\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot R}$

Собственная энергия шарика $W_1 = k \frac{1}{2} \cdot \frac{(-2q)^2}{R} = k \frac{2q^2}{R}$, а собственная энергия сферы

$$W_2 = k \frac{1}{2} \cdot \frac{(q)^2}{2R} = k \frac{q^2}{4R}. \text{ Энергия взаимодействия } W_{12} = k \cdot \frac{-2q \cdot q}{2R} = -k \frac{q^2}{R}.$$

Полная электрическая энергия системы

$$W' = W_1 + W_2 + W_{12} = k \frac{q^2}{R} \left(2 + \frac{1}{4} - 1 \right) = -k \frac{5 \cdot q^2}{4 \cdot R}.$$

После соединении шарика и сферы проводником энергия системы $W'' = k \frac{(-2q + q)^2}{2 \cdot 2R} = k \frac{q^2}{4 \cdot R}$.

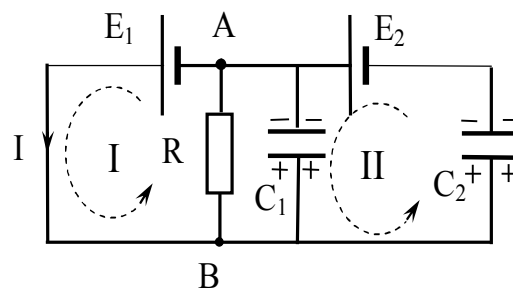
Тогда разность потенциальных энергий конечного и начального состояний системы

$$\Delta W = W'' - W' = k \left(\frac{q^2}{4R} - \frac{5 q^2}{4 R} \right) = -k \frac{q^2}{R} = -\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot R}.$$

Энергия системы уменьшилась на $\Delta W = -\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot R}$.

З А Д А Ч А 7. (10 баллов)

Ответ: $q_1 = C_1 \cdot E_1$; $q_2 = C_2 (E_1 + E_2)$. . .



З А Д А Ч А 8. (10 баллов)

Ответ: $D = 2 \text{ дптр}$.

$$D = D_1 + D_2 + D_1 = 2 \quad \text{дмтр},$$

З А Д А Ч А 9. (12 баллов).

Ответ:
$$F \cdot = \frac{B^2 \cdot L^3 \omega}{8R}.$$

При вращения стержня OD в контуре возникает ЭДС индукции

$$E = -\frac{1}{2}BL^2\omega.$$

При постоянной угловой скорости вращения стержня мощность силы F, действующей на стержень, равна электрической мощности, выделяющейся в контуре то есть $Fv = I^2 \cdot 2R$, где $v = L \cdot \omega$.

Т.е. $F \cdot \omega \cdot L = \frac{B^2 \cdot L^4 \omega^2}{16R^2} 2R$, откуда $F \cdot = \frac{B^2 \cdot L^3 \omega}{8R}$.

З А Д А Ч А 10. (12 баллов)

Ответ:
$$v_{\max} = \omega \cdot x_0 = \frac{L}{4} \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

После пережигания нитей левый грузик будет двигаться по закону $x_1(t) = -\frac{L}{2} \cos(\omega_1 t)$ а правый – по закону $x_2(t) = \frac{L}{2} \cos(\omega_2 t)$ (время t отсчитывается от момента пережигания нитей),

$$\omega_2 = \frac{1}{2} \omega_1$$

Грузики столкнутся через время t_0 , которое определяется из условия $x_1(t) = x_2(t)$, откуда получаем: $t_0 = \frac{\pi}{\omega_1 + \omega_2} = \frac{2\pi}{3\omega_1}$. При этом в момент столкновения грузики будут иметь

координату $x_0 = \frac{L}{2} \cos(\omega_2 t_0) = \frac{L}{4}$.

В соответствии с законом сохранения импульса, скорость грузиков после удара равна нулю, а удлинения пружин в этот момент отличны от нуля и равны $x_0 = \frac{L}{4}$. Следовательно, после столкновения слипшиеся грузики будут совершать гармонические колебания с амплитудой x_0 и с

частотой $\omega = \sqrt{\frac{k + 2k}{m + 2m}} = \sqrt{\frac{k}{m}}$. В процессе этих колебаний максимальная скорость

грузиков будет равна $v_{\max} = \omega \cdot x_0 = \frac{L}{4} \sqrt{\frac{k}{m}}$,

Решение варианта № 14

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ:
$$v = \sqrt{\frac{3v_1^2 + v_2^2}{4}} = 3,6 \text{ м/с} . .$$

З А Д А Ч А 2. (8 баллов)

Ответ:
$$v_1 = \sqrt{\frac{g(h-2c)}{\cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \frac{1}{2}}} = 1,26 \text{ м/с} .$$

Из закона сохранения механической энергии следует, что

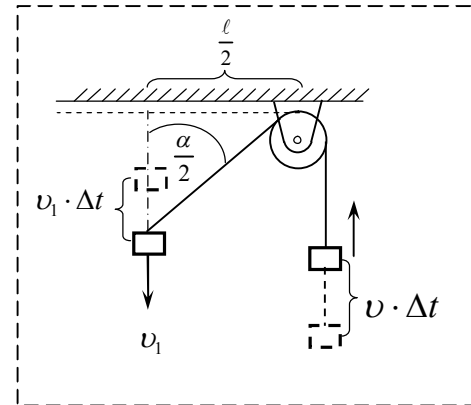
$$2 \frac{mv^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} = mgh - 2mgs . (1)$$

Где s и h – перемещения крайних и среднего грузов. Из рисунка видно, что

$$c = \frac{\ell}{2} \left(\frac{1}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - 1 \right) . \quad h = \frac{\ell}{2} \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) . \quad v = v_1 \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) .$$

Подставляя значения s , h и v в (1) найдём

$$v_1 = \sqrt{\frac{g(h-2c)}{\cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \frac{1}{2}}} = 1,26 \text{ м/с} .$$



З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ:
$$M = \frac{9}{10} m$$

Исходя из закона сохранения кинетической энергии

$$\frac{Mv_0^2}{2} = \frac{M}{2} \left(\frac{v_0}{4} \right)^2 + 2 \frac{m}{2} v^2 . (1)$$

По закону сохранения импульса,
$$Mv_0 = -M \frac{v_0}{4} + 2mv \cdot \cos 30^\circ \quad (2)$$

Решая совместно уравнения (1) и (2): находим,
$$M = \frac{9}{10} m$$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ:
$$P = 27P_0 + \frac{96\sigma}{r}$$

Начальное давление в сосуде равно P_0 . При этом давление внутри пузыря за счёт сил поверхностного натяжения больше на величину $\Delta P_1 = \frac{4\sigma}{r}$, где σ - коэффициент поверхностного

натяжения мыльной плёнки. То есть давление внутри пузыря $P_1 = P_0 + \frac{4\sigma}{r}$.

Конечное давление в пузыре увеличится в 27 раз, то есть

$P_2 = 27P_1 = 27\left(P_0 + \frac{4\sigma}{r}\right) = 27P_0 + \frac{108\sigma}{r}$ При этом давление $\Delta P_2 = \frac{4\sigma}{r/3} = \frac{12\sigma}{r}$.

Конечное давление в сосуде $P = P_2 - \Delta P_2 = 27P_0 + \frac{108\sigma}{r} - \frac{12\sigma}{r} = 27P_0 + \frac{96\sigma}{r}$. $P = 27P_0 + \frac{96\sigma}{r}$

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ:
$$C_\mu = -\frac{3 m_2 \mu_1}{2 m_1 \mu_2} R = -3,1 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

При сжатии газа температура в левой и правой частях цилиндра будет одинаковая, поскольку перегородка теплопроводящая, а процесс медленный. К газу в правой части цилиндра подводится

количество теплоты $Q_2 = \frac{3 m_2}{2 \mu_2} R \Delta T$. Это тепло отводится от левой части газа массой m_1 :

$Q_1 = -Q_2 = -\frac{3 m_2}{2 \mu_2} R \Delta T$. Поэтому теплоёмкость газа в левой части цилиндра в рассматриваемом

процессе отрицательна и равна $C = -\frac{Q_1}{\Delta T} = -\frac{3 m_2}{2 \mu_2} R$, а его молярная теплоёмкость равна

$$C_\mu = -\frac{C}{m_1 / \mu_1} = -\frac{3 m_2 \mu_1}{2 m_1 \mu_2} R = -3,1 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ: $\Delta W = -\frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 \cdot R}$.

Собственная энергия шарика $W_1 = k \cdot \frac{(-q)^2}{2R} = k \frac{q^2}{2R}$, а собственная энергия сферы

$W_2 = k \frac{1}{2} \cdot \frac{(2q)^2}{2R} = k \frac{q^2}{R}$. Энергия взаимодействия $W_{12} = k \cdot \frac{-q \cdot 2q}{2R} = -k \frac{q^2}{R}$

Полная электрическая энергия системы

$W' = W_1 + W_2 + W_{12} = k \frac{q^2}{R} \left(\frac{1}{2} + 1 - 1 \right) = k \frac{q^2}{2 \cdot R}$.

После соединения шарика и сферы потенциальная энергия системы

$W'' = k \frac{(2q - q)^2}{2 \cdot 2R} = k \frac{q^2}{4 \cdot R}$.

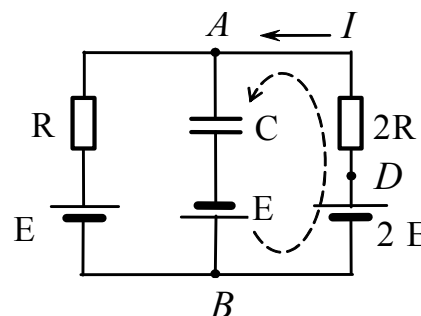
Тогда разность потенциальных энергий конечного и начального состояний системы

$\Delta W = W'' - W' = k \left(\frac{q^2}{4R} - \frac{q^2}{2R} \right) = -k \frac{q^2}{4R} = -\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot 4R} = -\frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 \cdot R}$.

Энергия системы уменьшилась на $\Delta W = -\frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 \cdot R}$.

З А Д А Ч А 7. (10 баллов)

Ответ: $q = \frac{7}{3} CE$.



З А Д А Ч А 8. (10 баллов)

Ответ: $D = 6$ дптр.

Если посеребрить сферическую поверхность, то $D = D_1 + D_2 + D_1 = 2D_1 + D_2$, где D_1 оптическая сила линзы, а D_2 - вогнутого зеркала, образованного посеребрённой поверхностью. Так как $D_1 = 1$

дптр, а $D_2 = \frac{2}{R} = \frac{2}{0,5} = 4$ дптр, то $D = 6$ дптр.

З А Д А Ч А 9. (12 баллов).

Ответ:
$$F \cdot = \frac{B^2 \cdot L^3 \omega}{4R}$$

При вращения стержня OD в контуре возникает ЭДС индукции

$$E = -\frac{1}{2}BL^2\omega.$$

При постоянной угловой скорости вращения стержня мощность силы F, действующей на стержень, равна электрической мощности, выделяющейся в контуре то есть $Fv = I^2 \cdot 2R$, где

$$v = \frac{L \cdot \omega}{2}. \text{ Т.е. } \frac{F \cdot \omega \cdot L}{2} = \frac{B^2 \cdot L^4 \omega^2}{16R^2} \cdot 2R \text{ откуда } F \cdot = \frac{B^2 \cdot L^3 \omega}{4R}.$$

З А Д А Ч А 10. (12 баллов)

Ответ:
$$P_{\max} = 3m \cdot \frac{L}{4} \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

После пережигания нитей левый грузик будет двигаться по закону $x_1(t) = -\frac{L}{2} \cos(\omega_1 t)$ а

правый – по закону $x_2(t) = \frac{L}{2} \cos(\omega_2 t)$ (время t отсчитывается от момента пережигания нитей),

$$\omega_2 = \frac{1}{2} \omega_1.$$

Грузики столкнутся через время t_0 , которое определяется из условия $x_1(t) = x_2(t)$, откуда

получаем: $t_0 = \frac{\pi}{\omega_1 + \omega_2} = \frac{2\pi}{3\omega_1}$. При этом в момент столкновения грузики будут иметь

$$\text{координату } x_0 = \frac{L}{2} \cos(\omega_2 t_0) = \frac{L}{4}.$$

В соответствии с законом сохранения импульса, скорость грузиков после удара равна нулю, а

удлинения пружин в этот момент отличны от нуля и равны $x_0 = \frac{L}{4}$. Следовательно, после

столкновения слипшиеся грузики будут совершать гармонические колебания с амплитудой x_0 и с

частотой $\omega = \sqrt{\frac{k + 2k}{m + 2m}} = \sqrt{\frac{k}{m}}$. В процессе этих колебаний максимальные скорость и

$$\text{импульс будет равна } v_{\max} = \omega \cdot x_0 = \frac{L}{4} \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad P_{\max} = 3m \cdot v_{\max} = 3m \cdot \frac{L}{4} \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Решение варианта № 15

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ:
$$v = \frac{1}{2} \sqrt{3v_1^2 + v_2^2} = 8,7 \text{ м/с}.$$

З А Д А Ч А 2. (8 баллов)

Ответ:
$$v = \frac{\sqrt{g(h-2c)}}{\sqrt{\cos^2 \alpha + \frac{1}{2}}} \cdot \cos \alpha = 0,58 \text{ м/с}.$$

Из закона сохранения механической энергии следует, что

$$2 \frac{mv^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} = mgh - 2mgs, \quad (1)$$

где s и h – перемещения крайних и среднего грузов. Из рисунка видно, что

$c = \frac{\ell}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$. $h = \frac{\ell}{2} ctg \alpha$. $v = v_1 \cos \alpha$. Подставляя значения s , h и v в (1), найдём

$$v = \frac{\sqrt{g(h-2c)}}{\sqrt{\cos^2 \alpha + \frac{1}{2}}} \cdot \cos \alpha = 0,58 \text{ м/с}.$$

З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ:
$$M = 4,5 \text{ т}$$

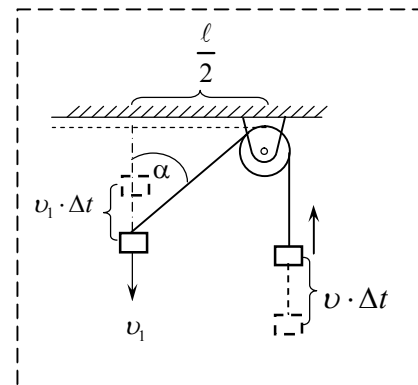
Исходя из закона сохранения кинетической энергии

$$\frac{Mv_0^2}{2} = \frac{M}{2} \left(\frac{v_0}{2} \right)^2 + 2 \frac{m}{2} v^2 \quad (1)$$

По закону сохранения импульса,
$$Mv_0 = M \frac{v_0}{2} + 2mv \cdot \cos 30^\circ \quad (2)$$

Решая совместно уравнения (1) и (2): находим,
$$M = 4,5 \text{ т}.$$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)



Ответ:
$$P = \frac{P_0}{8} - \frac{3\sigma}{2r}.$$

Начальное давление в сосуде равно P_0 . При этом давление внутри мыльного пузыря за счёт сил поверхностного натяжения больше на величину $\Delta P_1 = \frac{4\sigma}{r}$, где σ - коэффициент поверхностного натяжения мыльной плёнки. То есть давление внутри пузыря $P_1 = P_0 + \Delta P_1 = P_0 + \frac{4\sigma}{r}$.

Так как объём пузыря увеличился в 8 раз, то конечное давление в пузыре уменьшится в 8 раз, то

есть
$$P_2 = \frac{P_1}{8} = \frac{\left(P_0 + \frac{4\sigma}{r}\right)}{8} = \frac{P_0}{8} + \frac{\sigma}{2r}.$$

Но $P = P_2 - \Delta P_2$, где $\Delta P_2 = \frac{4\sigma}{2r} = \frac{2\sigma}{r}$; Тогда $P = P_2 - \Delta P_2 = P_2 - \frac{2\sigma}{r}$

Конечное давление в сосуде $P = P_2 - \Delta P_2 = \frac{P_0}{8} + \frac{\sigma}{2r} - \frac{2\sigma}{r} = \frac{P_0}{8} - \frac{3\sigma}{2r}$. $P = \frac{P_0}{8} - \frac{3\sigma}{2r}$.

ЗАДАЧА 5. (10 баллов)

Ответ:
$$C_\mu = -\frac{3 m_2 \mu_1}{2 m_1 \mu_2} R = -6,2 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}.$$

При сжатии газа температура в левой и правой частях цилиндра будет одинаковая, поскольку перегородка теплопроводящая, а процесс медленный. К газу в правой части цилиндра подводится

количество теплоты $Q_2 = \frac{3 m_2}{2 \mu_2} R \Delta T$, . Это тепло отводится от левой части газа массой m_1 :

$Q_1 = -Q_2 = -\frac{3 m_2}{2 \mu_2} R \Delta T$. Поэтому теплоёмкость газа в левой части цилиндра в рассматриваемом

процессе отрицательна и равна $C = -\frac{Q_1}{\Delta T} = -\frac{3 m_2}{2 \mu_2} R$, а его молярная теплоёмкость равна

$$C_\mu = -\frac{C}{m_1 / \mu_1} = -\frac{3 m_2 \mu_1}{2 m_1 \mu_2} R = -6,2 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

ЗАДАЧА 6. (10 баллов)

Ответ: $\Delta W = -\frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 \cdot R}$.

Собственная энергия шарика $W_1 = k \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{R} = k \frac{q^2}{2R}$, а собственная энергия сферы

$W_2 = k \frac{1}{2} \cdot \frac{(-2q)^2}{2R} = k \frac{q^2}{R}$. Энергия взаимодействия $W_{12} = k \cdot \frac{q(-2q)}{2R} = -k \frac{q^2}{R}$

Полная электрическая энергия системы

$W' = W_1 + W_2 + W_{12} = k \frac{q^2}{R} \left(\frac{1}{2} + 1 - 1 \right) = k \frac{q^2}{2R}$.

После соединении шарика и сферы проводником энергия системы $W'' = k \frac{(q-2q)^2}{2 \cdot 2R} = k \frac{q^2}{4 \cdot R}$.

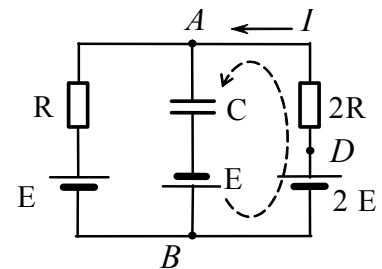
Тогда разность потенциальных энергий конечного и начального состояний системы

$\Delta W = W'' - W' = k \left(\frac{q^2}{4R} - \frac{q^2}{2R} \right) = -k \frac{q^2}{4R} = -\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot 4R} = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 \cdot R}$.

Энергия системы уменьшилась на $\Delta W = -\frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 \cdot R}$.

З А Д А Ч А 7. (10 баллов)

Ответ: $W = \frac{49}{18} CE^2$.



З А Д А Ч А 8. (10 баллов)

Ответ: $F = \frac{1}{D} = \frac{3R}{8} = 0,15m$

$D = D_1 + D_2 + D_1 = 2D_1 + D_2$, где D_1 – оптическая сила водяной линзы, а D_2 – зеркала. Но

$D_1 = (n-1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\infty} \right) = \frac{1}{3R}$; $D_2 = \frac{2}{R}$. $D = 2 \frac{1}{3R} + \frac{2}{R} = \frac{8}{3R}$ Поэтому $F = \frac{1}{D} = \frac{3R}{8} = 0,15m$

З А Д А Ч А 9. (12 баллов).

Ответ: $F = \frac{3B^2 \cdot L^3 \omega}{8R}$.

При вращения стержня OD в контуре возникает ЭДС индукции $E = -\frac{1}{2}BL^2\omega$. При постоянной угловой скорости вращения стержня мощность силы F, действующей на стержень, равна электрической мощности, выделяющейся в контуре, то есть $Fv = I^2 \cdot 2R$, (1) где $v = \frac{\omega \cdot L}{3}$ (2).

То есть $\frac{F \cdot \omega \cdot L}{3} = \frac{B^2 \cdot L^4 \omega^2}{16R^2} 2R = \frac{B^2 \cdot L^4 \omega^2}{8R}$, откуда $F = \frac{3B^2 \cdot L^3 \omega}{8R}$.

З А Д А Ч А 10. (12 баллов)

Ответ: $v_{\max} = \frac{L}{4} \sqrt{2 \frac{k}{m}}$.

После пережигания нитей левый грузик будет двигаться по закону $x_1(t) = -\frac{L}{2} \cos(\omega_1 t)$ а правый – по закону $x_2(t) = \frac{L}{2} \cos(\omega_2 t)$ (время t отсчитывается от момента пережигания нитей).

Грузики столкнутся через время t_0 , которое определяется из условия $x_1(t) = x_2(t)$, откуда получаем: $t_0 = \frac{\pi}{\omega_1 + \omega_2} = \frac{3\pi}{4\omega_1}$ либо $t_0 = \frac{\pi}{4\omega_2}$. При этом в момент столкновения грузики

будут иметь координату $x_0 = \frac{L}{2} \cos(\omega_2 t_0) = \frac{L}{4} \sqrt{2}$.

В соответствии с законом сохранения импульса скорость грузиков после удара равна нулю, а удлинения пружин в этот момент отличны от нуля и равны $x_0 = \frac{L}{4} \sqrt{2}$. Следовательно, после

столкновения слипшиеся грузики будут совершать гармонические колебания с амплитудой x_0 и с частотой $\omega = \sqrt{\frac{k + 3k}{m + 3m}} = \sqrt{\frac{k}{m}}$. В процессе этих колебаний максимальная скорость грузиков

будет равна $v_{\max} = \omega \cdot x_0 = \frac{L}{4} \sqrt{\frac{2k}{m}}$.

Решение варианта № 16

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ:
$$v = \sqrt{\frac{2v_1^2 + v_2^2}{3}} = 6 \text{ м/с} . .$$

З А Д А Ч А 2. (8 баллов)

Ответ:
$$v_1 = \frac{\sqrt{g(h-2c)}}{\sqrt{\cos^2 \alpha + \frac{1}{2}}} = 0,82 \text{ м/с} .$$

Из закона сохранения механической энергии следует, что

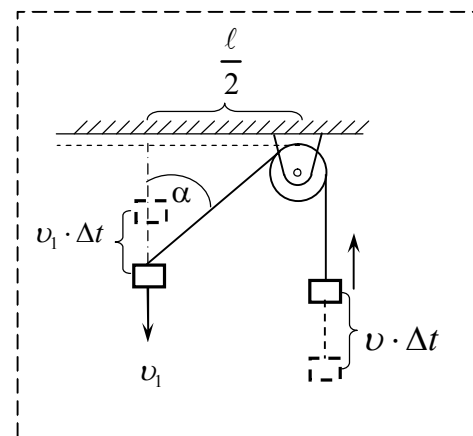
$$2 \frac{mv^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} = mgh - 2mgs \quad (1),$$

где s и h – перемещения крайних и среднего грузов. Из рисунка видно, что

$$s = \frac{\ell}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right). \quad h = \frac{\ell}{2} ctg \alpha. \quad v = v_1 \cos \alpha.$$

Подставляя значения s , h и v в (1), найдём

$$v_1 = \frac{\sqrt{g(h-2s)}}{\sqrt{\cos^2 \alpha + \frac{1}{2}}} = 0,82 \text{ м/с} .$$



З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ:
$$M = 2,5 \text{ т} .$$

Исходя из закона сохранения механической энергии
$$\frac{Mv_0^2}{2} = \frac{M}{2} \left(\frac{v_0}{4} \right)^2 + 2 \frac{m}{2} v^2 \quad (1)$$

По закону сохранения импульса,
$$Mv_0 = M \frac{v_0}{4} + 2mv \cdot \cos 30^\circ \quad (2)$$

Решая совместно уравнения (1) и (2), находим
$$M = 2,5 \text{ т} .$$

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ:
$$P = \frac{P_0}{27} - \frac{32\sigma}{27 \cdot r} .$$

Начальное давление в сосуде равно P_0 . При этом давление внутри пузыря за счёт сил поверхностного натяжения больше на величину $\Delta P_1 = \frac{4\sigma}{r}$, где σ - коэффициент поверхностного натяжения мыльной плёнки. То есть давление внутри пузыря

$$P_1 = P_0 + \Delta P_1 = P_0 + \frac{4\sigma}{r}.$$

Конечное давление в пузыре уменьшится в 8 раз, то есть $P_2 = \frac{P_1}{27} = \frac{\left(P_0 + \frac{4\sigma}{r}\right)}{27} = \frac{P_0}{27} + \frac{4\sigma}{27 \cdot r}$.

Но $P = P_2 - \Delta P_2$, где $\Delta P_2 = \frac{4\sigma}{3 \cdot r}$;

Тогда $P = P_2 - \Delta P_2 = P_2 - \frac{4\sigma}{3r}$.

Конечное давление в сосуде $P = P_2 - \Delta P_2 = \frac{P_0}{27} + \frac{4\sigma}{27 \cdot r} - \frac{4\sigma}{3r} = \frac{P_0}{27} - \frac{32\sigma}{27 \cdot r}$. $P = \frac{P_0}{27} - \frac{32\sigma}{27 \cdot r}$.

ЗАДАЧА 5. (10 баллов)

Ответ: $C_\mu = -\frac{3 m_2 \mu_1}{2 m_1 \mu_2} R = -12,5 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$.

При сжатии газа температура в левой и правой частях цилиндра будет одинаковая, поскольку перегородка теплопроводящая, а процесс медленный. К газу в правой части цилиндра подводится

количество теплоты $Q_2 = \frac{3 m_2}{2 \mu_2} R \Delta T$, . Это тепло отводится от левой части газа массой m_1 :

$Q_1 = -Q_2 = -\frac{3 m_2}{2 \mu_2} R \Delta T$. Поэтому теплоёмкость газа в левой части цилиндра в рассматриваемом

процессе отрицательна и равна $C = -\frac{Q_1}{\Delta T} = -\frac{3 m_2}{2 \mu_2} R$, а его молярная теплоёмкость равна

$$C_\mu = -\frac{C}{m_1 / \mu_1} = -\frac{3 m_2 \mu_1}{2 m_1 \mu_2} R = -12,5 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}},$$

ЗАДАЧА 6. (10 баллов)

Ответ: $\Delta W = -\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot R}$.

Собственная энергия шарика $W_1 = k \frac{1}{2} \cdot \frac{(2q)^2}{R} = k \frac{2q^2}{R}$, собственная энергия сферы

$W_2 = k \frac{1}{2} \cdot \frac{(-q)^2}{2R} = k \frac{q^2}{4R}$. Энергия взаимодействия $W_{12} = k \cdot \frac{2q \cdot (-q)}{2R} = -k \frac{q^2}{R}$.

Полная электрическая энергия системы $W' = W_1 + W_2 + W_{12} = k \frac{q^2}{R} \left(2 + \frac{1}{4} - 1 \right) = k \frac{5 \cdot q^2}{4 \cdot R}$.

После соединения шарика и сферы проводником энергия системы

$W'' = k \frac{(2q - q)^2}{2 \cdot 2R} = k \frac{q^2}{4 \cdot R}$.

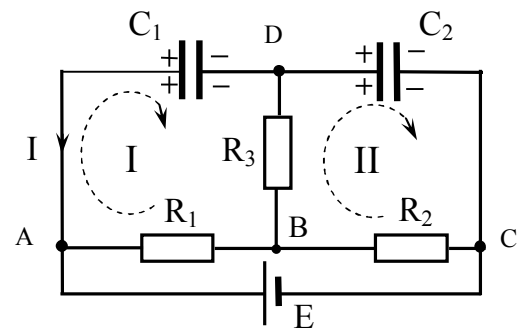
Тогда разность потенциальных энергий конечного и начального состояний системы

$\Delta W = W'' - W' = k \left(\frac{q^2}{4R} - \frac{5 q^2}{4 R} \right) = -k \frac{q^2}{R} = -\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot R}$.

Энергия системы уменьшилась на $\Delta W = -\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot R}$.

З А Д А Ч А 7. (10 баллов)

Ответ: $q_1 = C_1 U_1 = \frac{C_1 E R_1}{R_1 + R_2}$; $q_2 = C_2 U_2 = \frac{C_2 E R_2}{R_1 + R_2}$.



З А Д А Ч А 8. (10 баллов)

Ответ: $F = \frac{R}{3} = 0,13M$.

Так как свет проходит через воду, отражается от зеркала и снова проходит через воду, то

$D = D_1 + D_2 + D_1 = 2D_1 + D_2$ где $D_1 = (n-1) \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{\infty} \right) = \frac{1}{2R}$; $D_2 = \frac{2}{R}$.

Поэтому $D = 2 \frac{1}{2R} + \frac{2}{R} = \frac{3}{R}$. Тогда $F = \frac{1}{D} = \frac{R}{3} = \frac{0,4}{3} = 0,13M$.

З А Д А Ч А 9. (12 баллов).

Ответ: $F = \frac{3B^2 \cdot L^3 \omega}{16R}$.

При вращения стержня OD в контуре возникает ЭДС $E = -\frac{1}{2} BL^2 \omega$.

При постоянной угловой скорости вращения стержня мощность силы F , действующей на стержень, равна электрической мощности, выделяющейся в контуре то есть $Fv = I^2 \cdot 2R$, (1) где

$$v = \frac{2 \cdot \omega \cdot L}{3} \quad (2) \text{ Т.е. } \frac{F \cdot 2 \cdot \omega \cdot L}{3} = \frac{B^2 \cdot L^4 \omega^2}{16R^2} 2R = \frac{B^2 \cdot L^4 \omega^2}{8R}, \text{ откуда } F = \frac{3B^2 \cdot L^3 \omega}{16R}.$$

З А Д А Ч А 10. (12 баллов)

Ответ: $P_{\max} = L \sqrt{2km}$.

После пережигания нитей левый грузик будет двигаться по закону $x_1(t) = -\frac{L}{2} \cos(\omega_1 t)$ а правый

– по закону $x_2(t) = \frac{L}{2} \cos(\omega_2 t)$ (время t отсчитывается от момента пережигания нитей),

$$\omega_2 = \frac{1}{3} \omega_1$$

Грузики столкнутся через время t_0 , которое определяется из условия $x_1(t) = x_2(t)$, откуда

получаем: $t_0 = \frac{\pi}{\omega_1 + \omega_2} = \frac{3\pi}{4\omega_1}$. либо $t_0 = \frac{\pi}{4\omega_2}$. При этом в момент столкновения грузики

будут иметь координату $x_0 = \frac{L}{2} \cos(\omega_2 t_0) = \frac{L}{4} \sqrt{2}$.

В соответствии с законом сохранения импульса скорость грузиков после удара равна нулю, а

удлинения пружин в этот момент отличны от нуля и равны $x_0 = \frac{L}{4} \sqrt{2}$. Следовательно, после

столкновения слипшиеся грузики будут совершать гармонические колебания с амплитудой x_0 и с

частотой $\omega = \sqrt{\frac{k + 3k}{m + 3m}} = \sqrt{\frac{k}{m}}$. В процессе этих колебаний максимальная скорость грузиков

будет равна $v_{\max} = \omega \cdot x_0 = \frac{L}{4} \sqrt{\frac{2k}{m}}$, а максимальный импульс $P_{\max} = L \sqrt{2km}$.