

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

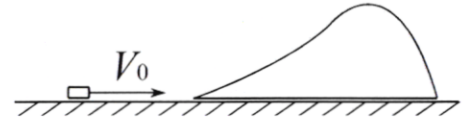
Шифр 06-035

(заполняется секретарём)

Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарика, чтобы он, двигаясь по окружности, совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Принять $g=10 \text{ м/с}^2$.

2. Небольшая монета массой m скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью v_0 к неподвижной незакрепленной горке массой $4m$ (см. рис.). Монета въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.

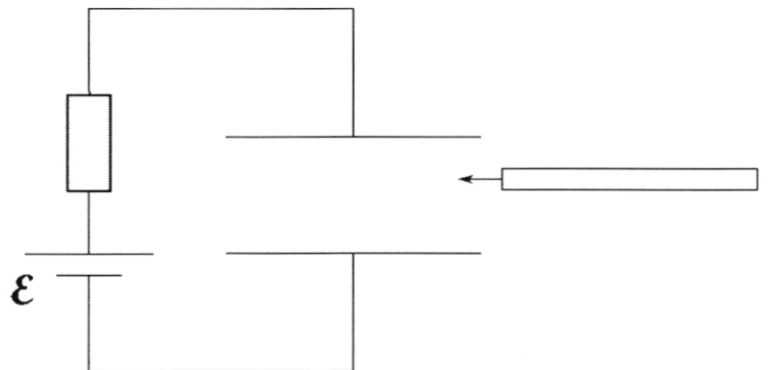


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

3. Теплоизолированный сосуд объемом $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ разделен перегородкой на две части с различными объемами. В первой части находится гелий при температуре 127°C в количестве $\nu_1 = 0,1$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°C в количестве $\nu_2 = 0,4$ моль. Перегородка прорывается.

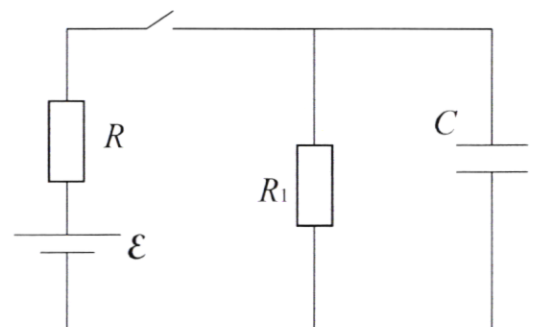
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС \mathcal{E} (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины в 3 раза меньше расстояния между обкладками.



- 1) Найти емкость конденсатора с пластиной.
- 2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в R , $R_1=4R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , \mathcal{E} , R .



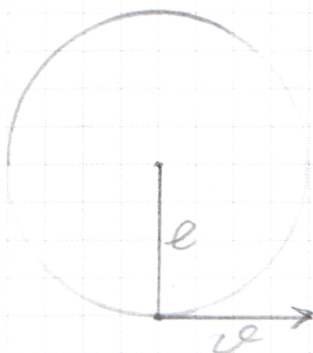
- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано: M :
 $l = 18 \text{ см} = 0,18 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Найти:
 v - ?



Решение:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

$$S = 2\pi l$$

$$v = \frac{S}{T} = \frac{2\pi l}{2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}} =$$

$$\frac{l\sqrt{g}}{\sqrt{l}} = \sqrt{lg} = \sqrt{10 \cdot 10^2}$$

$$\approx 1,34 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $v \approx 1,34 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

№2

Дано:

$$m_1 = m_0$$

$$m_2 = 4m_0$$

$$v_1 = v_0$$

$$v_2 = 0$$

Решение:

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_3$$

$$v_3 = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{v_0}{5}$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v_3^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$

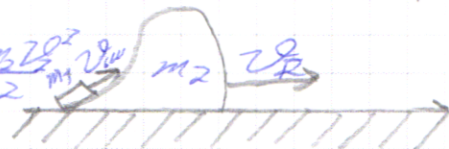
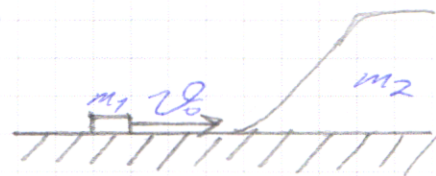
Найти: $m_1 v_1^2 - m_2 v_2^2 = (m_1 + m_2) v_3^2$

$$h = ? \quad -4m_0 v_0^2 = \frac{1}{5} m_0 v_0^2 - m_0 v_0^2$$

$$v_1' = ? \quad 4m_0 v_0^2 = \frac{4}{5} m_0 v_0^2$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{4m_0 v_0^2}{4 \cdot 5 m_0}} = \frac{v_0 \sqrt{5}}{5}$$

$$E_{k1} = E_{k2} + E_{k2} \Rightarrow \frac{m_1 v_1^2}{2} = m_2 g h + \frac{m_1 v_1'^2}{2}$$



$$mgh = \frac{m_1}{2} (v_1^2 - v_1'^2)$$

$$k = \frac{m_1}{2m_1 g} (v_1^2 - v_1'^2)$$

$$v_1 = v_1 - v_2 = v_0 - \frac{v_0 \sqrt{5}}{5}$$

$$v_1 = \frac{5 - \sqrt{5}}{5} v_0$$

$$k = \frac{25 v_0^2 - v_0^2 (30 - 10\sqrt{5})}{2 \cdot 9 \cdot 25} = \frac{v_0^2 (25 - 30 + 10\sqrt{5})}{50g} = \frac{v_0^2 (10\sqrt{5} - 5)}{50g}$$

Объемы: $v_1' = v_0 \left(\frac{5 - \sqrt{5}}{5} \right)$; $k = \frac{v_0^2 (10\sqrt{5} - 5)}{50g}$

у3.

Дано: m_1

$$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T_1 = 127^\circ \text{C} = 400 \text{K}$$

$$T_2 = 7^\circ \text{C} = 280 \text{K}$$

$$V_1 = 0,1 \text{ моль}$$

$$V_2 = 0,4 \text{ моль}$$

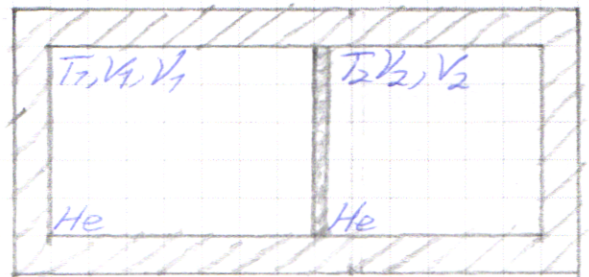
Найти:

$$T_3 = ?$$

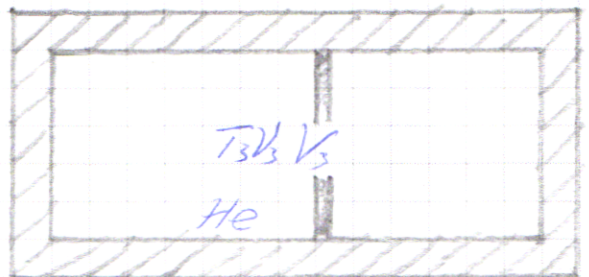
$$P_3 = ?$$

Решение:

1)



2)



$$P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu_2 R T_2$$

$$P_3 V_3 = \nu_3 R T_3$$

$$P_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{V_1} = \frac{\nu_1 R T_1}{V - V_2}$$

$$P_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{V_2}$$

$$V_1 = V - V_2$$

$$V_2 = V - \frac{\nu_1 R T_1}{P_1} \quad V_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{P_2}$$

$$V - \frac{\nu_1 R T_1}{P_1} = \frac{\nu_2 R T_2}{P_2}$$

$$P_1 = P_2 = P_3$$

$$P = \frac{\nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2}{V} = \frac{R(0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280)}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{851,752}{8,31 \cdot 10^{-3}} =$$

$$102,5 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\frac{\nu_1 R T_1}{P_1} + \frac{\nu_2 R T_2}{P_1} = \frac{\nu_3 R T_3}{P_1}$$

$$T_3 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_3 = V_1 + V_2$$

$$T_3 = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2} = \frac{40 + 12}{0,5} = 304 \text{ K} \approx 31^\circ \text{C}$$

Ответ: $p_3 = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}$; $T_3 = 31^\circ \text{C}$

✓ ч.

Дано:

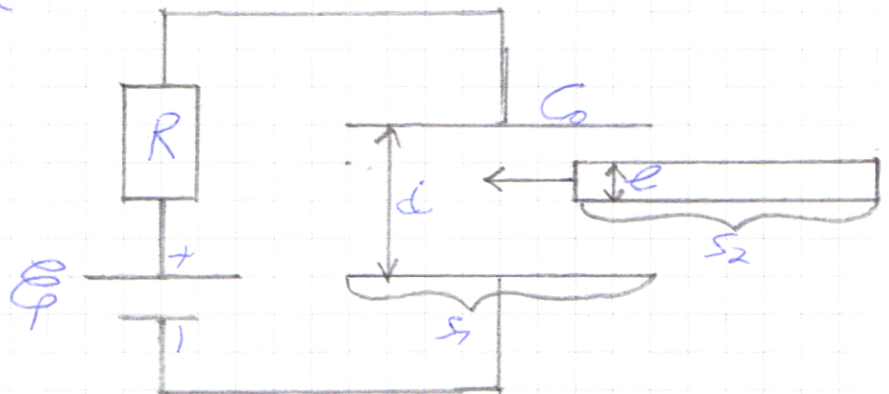
$$E; \epsilon; \frac{d}{3}; d; C_0; R$$

Найти:

$$C - ?$$

$$q - ?$$

Решение:



$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$d_{\text{общ}} = d_1 + \epsilon d_2 = \frac{d}{3} + 2d$$

$$S_1 = S_2$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{2}{3}d}$$

$$C_0 = \frac{3 \epsilon \epsilon_0 S}{2d}$$

$$\frac{C}{C_0} = \frac{3 \epsilon \epsilon_0 S}{2d} \cdot \frac{d}{3 \epsilon \epsilon_0 S}$$

$$C = 1,5 C_0$$

Ответ: $C = 1,5 C_0$

№5.

Дано:

C, \mathcal{E}, R

$R_1 = 4R$

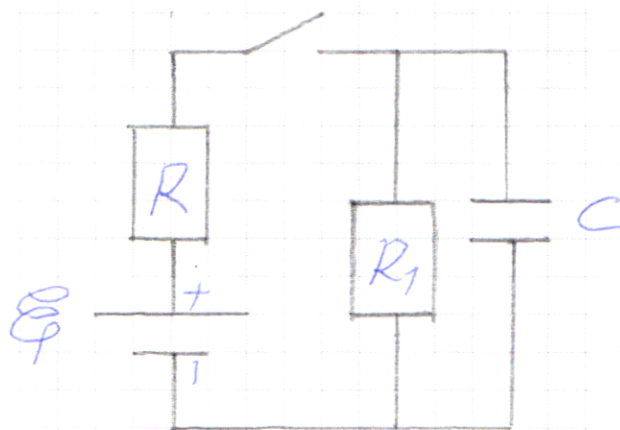
Найти:

I - ?

U_C - ?

Q - ?

Решение:



$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1}$$

$$\frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{R + R_1}{RR_1}$$

$$R_{\text{общ}} = \frac{4R^2}{5R}$$

$$R_{\text{общ}} = \frac{4}{5}R$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{общ}}} = \frac{5\mathcal{E}}{4R}$$

$$Q = I^2 R t = \frac{25\mathcal{E}^2 t}{16R^2}$$

$$Q = \frac{25\mathcal{E}^2 t}{16R}$$

$$\text{Ответ: } I = \frac{5\mathcal{E}}{4R}; Q = \frac{25\mathcal{E}^2 t}{16R}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано: U_1

$$L = 18 \text{ см} = 0,18 \text{ м}$$

$$\vec{g} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Найти:

$$\vec{v} = ?$$

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

$$6,28 \sqrt{\frac{0,18}{10}}$$

$$6,28 \cdot \sqrt{180 \cdot 10^{-4}}$$

$$6,28 \cdot 13,3 \cdot 10^2 = 0,8579 \text{ с}$$

$$S = 2\pi L = 6,28 \cdot 0,18 =$$

$$v = \frac{S}{T} = \frac{2,25}{0,8579} = 2,62 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$v/2$

Дано:

$$m_1 = m$$

$$m_2 = 4m$$

$$v_1 = v_0$$

$$v_2 = 0$$

Найти:

$$h = ?$$

$$v_1 = ?$$

Решение:

$$(m_1 v_1 + m_2 v_2)$$

$$E_{k1} \rightarrow E_k \rightarrow E_{k2}$$

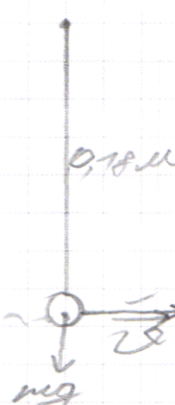
$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = mgh + \frac{m_1 v_1'^2}{2}$$

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_3 \quad v_3 - \text{общая скорость}$$

$$v_3 = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{m v_0}{5m} = \frac{v_0}{5}$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v_3^2}{2}$$

$$m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = \frac{(m_1 + m_2) v_0^2}{25}$$



14
x 14
56
14
736

13,3
x 6,3
399
798
83,79 \cdot 10^{-2}

6,28
x 78 \cdot 10^{-4}
5024
628
77304 = 7,73 \text{ м}

77384
897,34
- 250
252
380

$$v = \frac{2\pi L}{T} = \frac{2\pi \cdot 0,18}{0,8579} = \sqrt{g} = \sqrt{10} = 3,16 \text{ м/с}$$

$$-4m\frac{v_2^2}{2} \approx \frac{(m_0 + 4m_0)v_0^2}{25} - m_0v_0^2$$

$$-4m\frac{v_2^2}{2} \approx \frac{5m_0v_0^2}{5} - m_0v_0^2$$

$$4m\frac{v_2^2}{2} \approx \frac{4m_0v_0^2}{5}$$

$$v_2 \approx \sqrt{\frac{m_0v_0^2}{5}} \approx \frac{v_0}{\sqrt{5}} \approx \frac{v_0\sqrt{5}}{5} \quad \textcircled{1} \quad v_1' \approx v_1 - v_2 \approx v_0 - \frac{v_0\sqrt{5}}{5} = \frac{5v_0 - v_0\sqrt{5}}{5} \approx \frac{v_0(5-\sqrt{5})}{5}$$

$$E_{k1} \approx E_{k1} + E_{k2}$$

$$\frac{m_1v_1^2}{2} \approx mgh + \frac{m_1v_1'^2}{2}$$

$$mgh \approx \frac{m_0v_0^2}{2} - \frac{m_0(5v_0 - v_0\sqrt{5})^2}{50} \Rightarrow (25v_0^2 - 55v_0^2)$$

$$h \approx \frac{m_0v_0^2}{2} - \frac{m_0v_0^2(25 - 10\sqrt{5} + 5)}{50}$$

$$h \approx m_0v_0^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{20 + 10\sqrt{5}}{50} \right) \Rightarrow h \approx m_0v_0^2 \left(\frac{25 - 20 + 10\sqrt{5}}{50} \right)$$

$$h \approx m_0v_0^2 \left(\frac{5 + 10\sqrt{5}}{50} \right) \Rightarrow h \approx m_0v_0^2 \left(\frac{1 + 2\sqrt{5}}{10} \right) \approx \frac{m_0v_0^2 + 2\sqrt{5}m_0v_0^2}{10}$$

№3.

Дано:

$$V_1 = 0,57 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

$$V_1 = 0,1 \text{ моль}$$

$$T_2 = 7^\circ\text{C} = 280\text{K}$$

$$V_2 = 0,4 \text{ моль}$$

Найти:

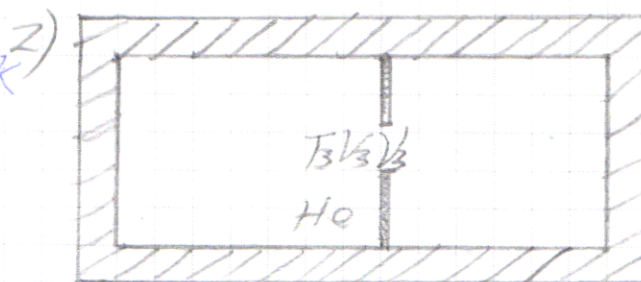
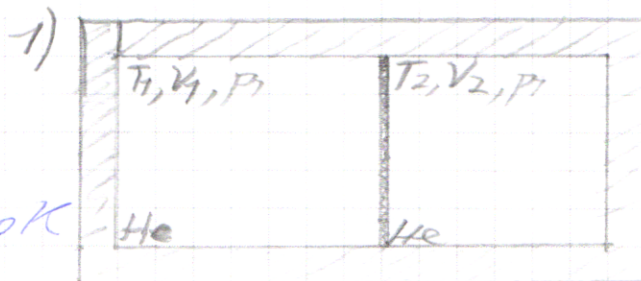
$$T_3 = ?$$

$$P_3 = ?$$

$$M = 0,004 \text{ кг}$$

$$m_1 \approx MV_1 \approx 4 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$$

$$m_2 \approx MV_2 \approx 16 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2$$

$$p_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{V_1} = \frac{0,1 \cdot 8,31 \cdot 400}{V - V_2}$$

$$p_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{V_2} = \frac{0,4 \cdot 8,31 \cdot 280}{V_2}$$

$$V_1 = V - V_2$$

$$-V_2 = \frac{0,1 \cdot 8,31 \cdot 400}{p_1} - V$$

$$V_2 = V - \frac{0,1 \cdot 8,31 \cdot 400}{p_1}$$

$$V_2 = \frac{0,4 \cdot 8,31 \cdot 280}{p_2}$$

$$V - \frac{0,1 \cdot 8,31 \cdot 400}{p_1} = \frac{0,4 \cdot 8,31 \cdot 280}{p_2}$$

$$p_1 = p_2$$

$$V = \frac{0,4 \cdot 8,31 \cdot 280}{p_2} + \frac{0,1 \cdot 8,31 \cdot 400}{p_1}$$

$$V = \frac{0,4 \cdot 8,31 \cdot 280 + 0,1 \cdot 8,31 \cdot 400}{p_1}$$

$$p_1 = p_2 = p_3$$

$$p = \frac{0,4 \cdot 8,31 \cdot 280 + 0,1 \cdot 8,31 \cdot 400}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{8,31(712 + 40)}{8,31 \cdot 10^{-3}} =$$

$$752 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\begin{array}{r} \times 8,31 \\ \times 332 \\ \hline 2656 \\ 668 \\ \hline 9296 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 0,37 \\ \times 4 \\ \hline 112 \\ 40 \end{array}$$

$$\frac{p_1 V_1}{\nu_1 R T_1} + \frac{p_2 V_2}{\nu_2 R T_2} = \frac{p_3 V_3}{\nu_3 R T_3}$$

$$\frac{V_1}{\nu_1 T_1} + \frac{V_2}{\nu_2 T_2} = \frac{V_3}{\nu_3 T_3}$$

$$\frac{V_1(\nu_2 T_2) + V_2(\nu_1 T_1)}{\nu_1 T_1 \nu_2 T_2} = \frac{V_3}{\nu_3 T_3}$$

$$T_3 = \frac{V_1(\nu_2 T_2) + V_2(\nu_1 T_1)}{\nu_3 (\frac{V_1}{\nu_1 T_1} + \frac{V_2}{\nu_2 T_2})} = \frac{V_3 \nu_1 T_1 \nu_2 T_2}{\nu_3 (\nu_1 \nu_2 T_1 T_2 (\frac{V_1}{\nu_1 T_1} + \frac{V_2}{\nu_2 T_2}))} =$$

$$V_1 = \frac{0,1 \cdot 8,31 \cdot 400}{752 \cdot 10^3} = \frac{332 \cdot 10^{-3}}{752} = 37 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$M V_1 + M V_2 = M V_3 =$$

$$V_2 = \frac{0,4 \cdot 8,31 \cdot 280}{752 \cdot 10^3} = \frac{9296 \cdot 10^{-3}}{752} = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$V_3 = V_1 + V_2 = 0,5 \text{ м}^3$$

$$V_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{p_1}$$

$$V_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{p_1}$$

$$V_3 = \frac{\nu_3 R T_3}{p_1}$$

$$\begin{array}{r} 304 \\ - 271 \\ \hline 37 \end{array}$$

31°C

$$\frac{\nu_1 R T_1}{p_1} + \frac{\nu_2 R T_2}{p_1} = \frac{\nu_3 R T_3}{p_1}$$

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = \nu_3 T_3$$

$$T_3 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_3} = \frac{40 + 112}{0,5} = 304 \text{ К} =$$

№4

Дано:

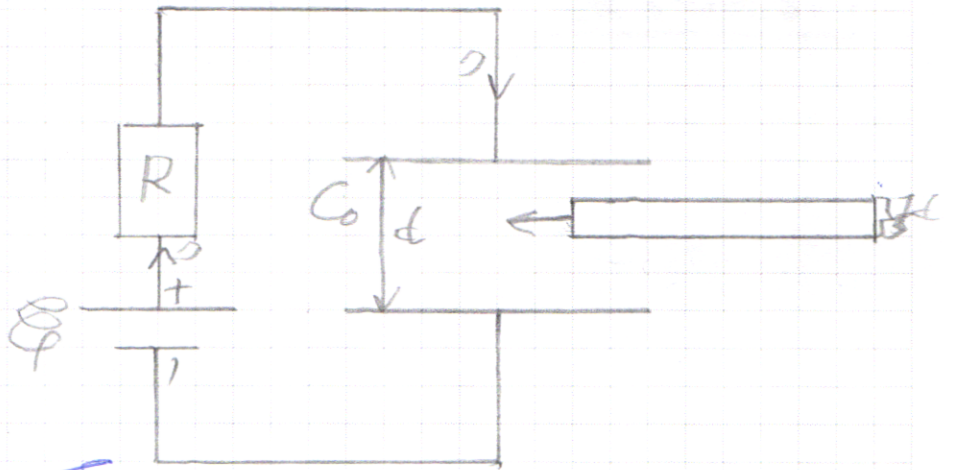
$\epsilon, l, d = 3l, C_0$

Найти

$C = ?$

$q = ?$

Решение:



~~$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$~~

~~$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d}$~~

$C = q U = \frac{q \mathcal{E}}{q}$

~~$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d-l}$~~

$S = S_2$

~~$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d}$~~

$q = U C$

~~$C = C_0$~~

$C = \frac{3 \epsilon \epsilon_0 S}{2d}$

$U = \frac{\mathcal{E}}{R + C}$

$U = \frac{1}{WC}$

$C = \frac{3}{2} C_0$

$q = \frac{\mathcal{E}}{R}$

$C = 1,5 C_0$

$q = U C = \frac{\mathcal{E} C}{R} = \frac{\mathcal{E} \cdot 1,5 C_0}{R}$

$U = \frac{\mathcal{E}}{R}$

$q = \frac{\mathcal{E}}{R}$

$q = U C$

$q = \frac{\mathcal{E}}{R} C \Rightarrow q = \frac{\mathcal{E}}{R} C$

$q = \frac{\mathcal{E}}{R} C$

№5

Дано:

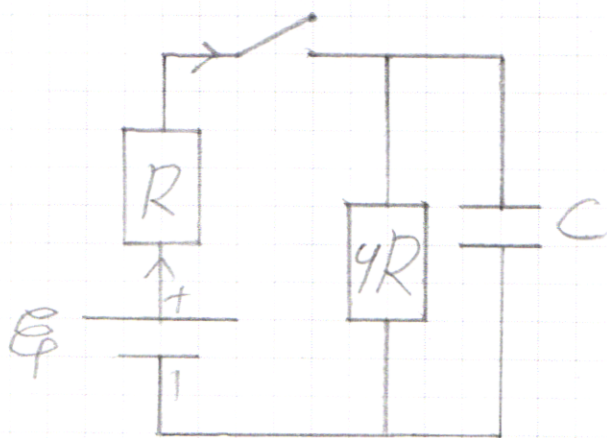
C, \mathcal{E}, R

$R_1 = 4R$

Найти

$U = ?$

$Q = ?$



Решение:

$\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_1}$

$\frac{1}{R_{12}} = \frac{R_1 + R_0}{R_0 R_1} = \frac{5R}{4R^2} \Rightarrow R_{12} = \frac{4}{5} R$

$U = \frac{\mathcal{E}}{R + R_{12}} = \frac{\mathcal{E}}{R + \frac{4}{5}R} = \frac{5\mathcal{E}}{9R}$



06-035

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q = I_1 + I_2 R$$

$$Q = I_2 R$$

$$Q = I_2 R + I_2 U + I_2 R$$

$$Q = I_2 U$$

$$Q = I_2 U$$

$$U = \frac{Q}{I_2} - \frac{5Q}{4R}$$

$$Q = I_2^2 R t = \frac{25Q^2}{16R^2} R t = \frac{25Q^2}{16R}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)