

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

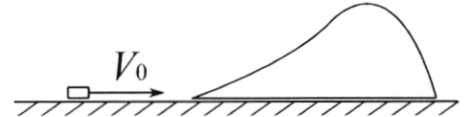
Шифр 7-078

(заполняется секретарём)

Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 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 шайба массой m скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью v_0 к неподвижной незакрепленной горке массой $3m$ (см. рис.). Шайба въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.

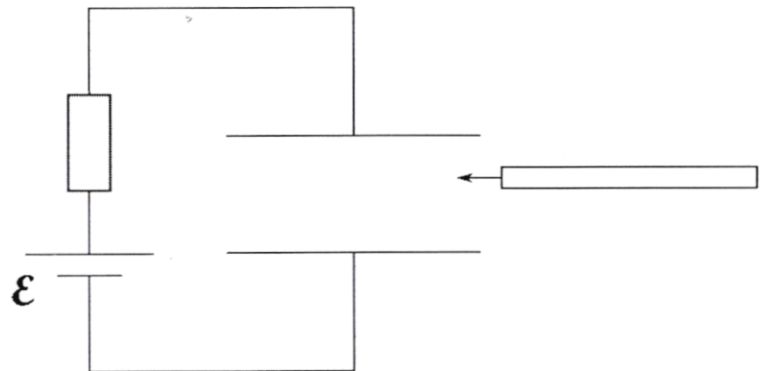


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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 27°C в количестве $\nu_1 = 0,2$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°C в количестве $\nu_2 = 0,3$ моль. Перегородка прорывается.

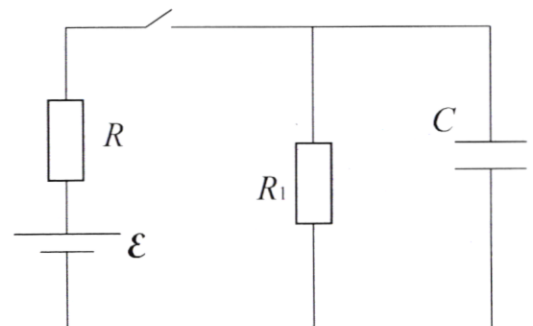
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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 4 раза меньше расстояния между обкладками.



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

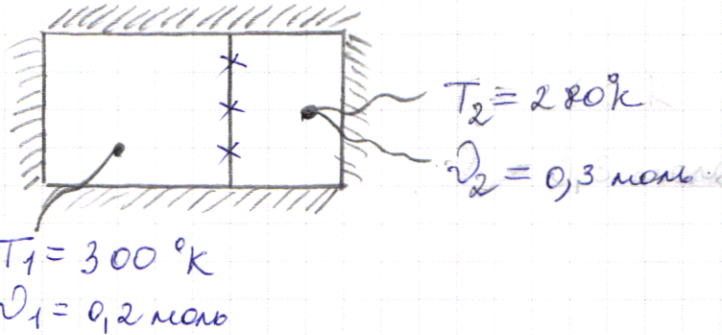
5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в R , $R_1=3R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , \mathcal{E} , R .



- 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

Задача №3



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

В обеих частях смеси —
He (гелий).

Перегородка прорывается.

Найти:

$T_{\text{общ}}$ (температура после
термодинамического
равновесия)

$p_{\text{общ}}$ (конечное
давление)

Решение:

1) $T_{\text{общ}} = \frac{T_1 \cdot V_1 + V_2 \cdot T_2}{V_{\text{общ}}}$ — изобщих
соображений.

2) $\nu = \frac{V \text{ (при н.у.)}}{V_m}$ — ^{формула} из определения количества вещества,
где $V_m = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$

3) 2) $\Rightarrow V = \nu V_m$

4) 1), 2), 3) $\Rightarrow T_{\text{общ}} = \frac{V_m (T_1 \cdot \nu_1 + T_2 \cdot \nu_2)}{V_{\text{общ}}} = \frac{22,4 \cdot 10^{-3} \cdot$

$$\cdot (300 \cdot 0,2 + 280 \cdot 0,3) = \frac{(60 + 84) \cdot 22,4 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{144 \cdot 2240}{831} \text{ К} =$$

$$= \frac{144 \cdot 2240}{831} = 273 \text{ } ^\circ\text{C}$$

5) $pV = \nu RT$ — уравнение Менделеева-Клапейрона.

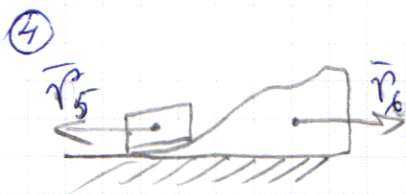
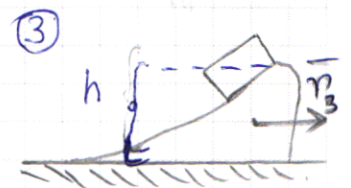
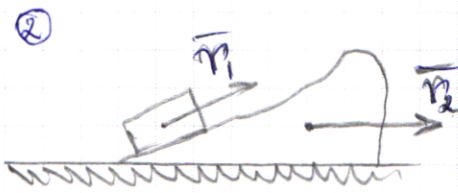
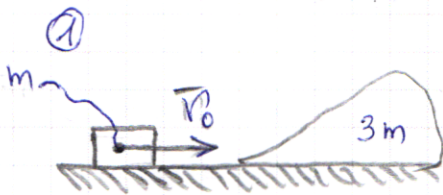
6) 5) $\Rightarrow p = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T_{\text{общ}}}{V_{\text{общ}}}$ — можно рассматривать
как следствие
закона Дальтона

$$p = \frac{0,5 \cdot 1,68 \cdot 144 \cdot 2240}{8,31 \cdot 10^{-3} \cdot 831}$$

Отлет: $T = \frac{V_m}{V} (T_1 v_1 + T_2 v_2);$

$$p = \frac{(v_1 + v_2) RT}{V}$$

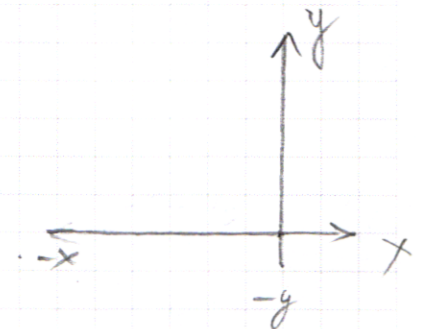
Задача №2:



Найти:

h - ?

v_5 - ?



Решение:

~~Запишем закон сохранения энергии, исполь-~~
~~зуем формулу~~

Воспользуемся законами сохранения импульса и энергии, запишем уравнение для всех ситуаций:

$$I) m v_0 = m v_1 + 3m v_2 = (m + 3m) v_3 = -m v_5 + 3m v_6$$

$$II) \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{3m v_2^2}{2} = mgh + \frac{3m v_3^2}{2} = \frac{m v_5^2}{2} + \frac{3m v_6^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

III) Возьмем уравнение для ситуации (1) и (3):

$$\begin{cases} m v_0 = 4m v_3 \\ \frac{m v_0^2}{2} = mgh + \frac{3m v_3^2}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_3 = \frac{m v_0}{4m} = \frac{v_0}{4} \\ h = \frac{1}{2} (m v_0^2 - 3m v_3^2) \cdot \frac{1}{mg} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = \frac{1}{2mg} \left(m v_0^2 - 3m \frac{v_0^2}{16} \right) = \frac{v_0^2}{2g} \left(1 - \frac{3}{16} \right) = \frac{13 v_0^2}{2g}$$

IV) Возьмем уравнение для ситуации (1) и (4):

$$\begin{cases} m v_0 = 3m v_6 - m v_5 \\ \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_5^2}{2} + \frac{3m v_6^2}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_0 = 3v_6 - v_5 \\ v_0^2 = v_5^2 + 3v_6^2 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} v_5 = 3v_6 - v_0 \\ v_0^2 = v_5^2 + 3v_6^2 \end{cases} \Rightarrow v_0^2 = (3v_6 - v_0)^2 + 3v_6^2 =$$

$$= v_0^2 = 9v_6^2 + v_0^2 - 6v_6 v_0 + 3v_6^2$$

$$9v_6^2 - 6v_6 v_0 + 3v_6^2 = 0$$

Решим как ~~квадратное~~ уравнение относительно v_6 :

$$3v_6(3v_6 - 2v_0 + 1) = 0$$

$$v_{6,1} = 0$$

$$3v_6 - 2v_0 + 1 = 0$$

$$3v_6 = \frac{2v_0 + 1}{3}$$

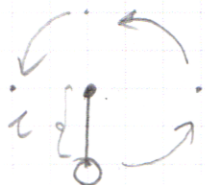
Ответ: Максимальная высота подметки шайбы равна $\frac{13v_0^2}{2g}$.

Скорость шайбы съезжающей с горки равна

либо нулю, либо $\frac{2V_0 + 1}{3}$.

Задача - 1:

★



$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$l = 0,5 \text{ м}$$

Найти:

v^0 , достаточную для совершения минимума одного полного оборота в вертикальной плоскости?

Решение:

1) $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ - формула математического маятника.

2) ~~$\omega = \frac{2\pi}{T}$~~

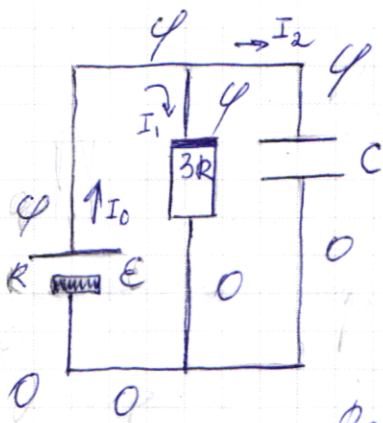
3) $v = \omega R = \omega l$

4) 1), 2), 3) $\Rightarrow v = \omega l = \frac{2\pi l}{T} = \frac{2\pi l}{2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}} = \frac{l}{1} \cdot \sqrt{\frac{g}{l}} =$
 $= \sqrt{g l} =$
 $= \sqrt{10 \cdot 0,5} = \sqrt{5} \text{ (м/с)}$

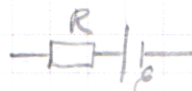
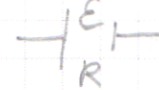
Ответ: $v = \sqrt{g l} = \sqrt{5} \text{ (м/с)}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5



Решение

Сразу замечаю, что  я заменил на равнозначное , а также что сопротивлении коно.

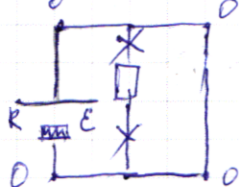
1) Воспользуемся методом потенциалов.

Допустим, $\phi > 0$. Тогда, токи будут течь так, как расположено на чертеже.

2) Согласно закону сохранения заряда:

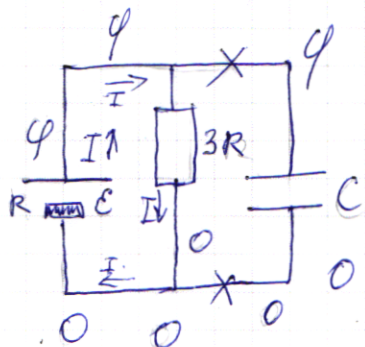
$$I_0 = I_1 + I_2, \text{ где } I_0 = \frac{-\phi + E}{R}, I_1 = \frac{\phi - 0}{3R}.$$

Но т.к. сразу после замкнувшего ключа конденсатор не обладает сопротивлением, на схеме мы можем его проигнорировать. Получается, что $\phi = 0$, а через резистор $3R$ ток не течёт. Получается:



$$\Rightarrow I_0 = \frac{E}{R}.$$

3) При установившемся напряжении конденсатор заряжен, поэтому ток через него не течет. Получается:



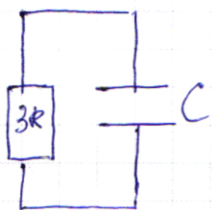
$$U_C = \varphi - 0.$$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{\varphi - 0}{3R} \Rightarrow 3RE = \varphi R \Rightarrow \varphi = 3E \quad (\text{по предположению,}$$

что $E > \varphi > 0$, но $\varphi = 3E$ означает, что все верно, но направление тока при заряженном конденсаторе поменятьось.)

$$\text{Поэтому } U_C = \varphi - 0 = 3E.$$

4) После размыкания ключа у нас будет следующая картина:



$$Q = I^2 R T$$

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

$$Q = W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C \cdot 9E^2}{2} = 4,5CE^2.$$

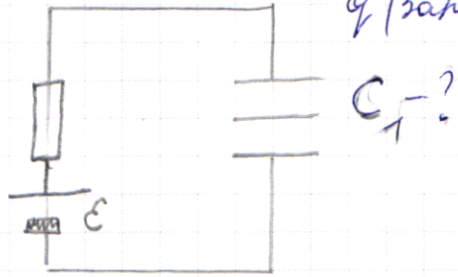
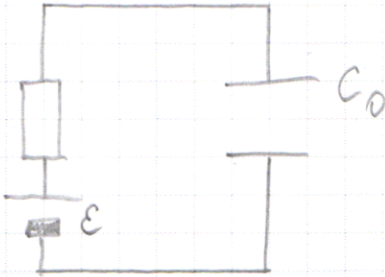
Ответ: 1) $I = \frac{E}{R}$

2) $U_C = 3E$

3) $Q = 4,5CE^2.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4.

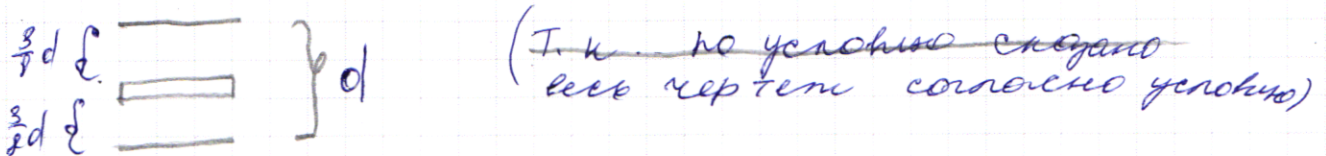


Найти:
 q (заряд через резистор)

Решение:

1) $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S (n-1)}{d/2}$, где n - количество пластин, а d - расстояние между ними, S - их площадь.

2) Рассмотрим образовавшийся конденсатор:



3) 2) $\Rightarrow C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S \cdot 2}{(\frac{3}{8}d)^2} = \frac{2\epsilon \epsilon_0 S \cdot 64}{9d^2}$

4) $\frac{C_1}{C_0} = \frac{2 \cdot 64 \epsilon \epsilon_0 S}{9 d^2} \cdot \frac{d^2}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{128}{9} \Rightarrow C_1 = \frac{128 C_0}{9}$

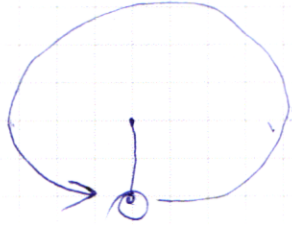
5) контур замкнутый, без ветки.

В момент ведения пластина конденсатор не заряжен, поэтому не имеет сопротивления.
 $C = \frac{q}{U} \Rightarrow q = CU = C\epsilon$

Отвот: $C_1 = \frac{128}{9} \text{с}^0,$

$q = cE.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$v \in \mathbb{R}$ $v = \omega R$
 $a_n = \omega R^2$

MM

$v = \frac{q}{t}$

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

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{l}{g}}}$
 $v = \frac{1}{T}$
 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
 $v = \omega R$
 $a_n = \omega R^2$
 ~~$v = 2\pi R \omega = 2\pi R \frac{1}{\sqrt{\frac{l}{g}}}$~~

$v = \frac{2\pi}{\omega}$

$v = \frac{1}{T} =$

$\omega = \frac{2\pi}{v}$

$v = \frac{2\pi R}{v} =$

$= 2\pi R T =$

$= 4\pi^2 R \sqrt{\frac{l}{g}}$

$v = 2\pi R$

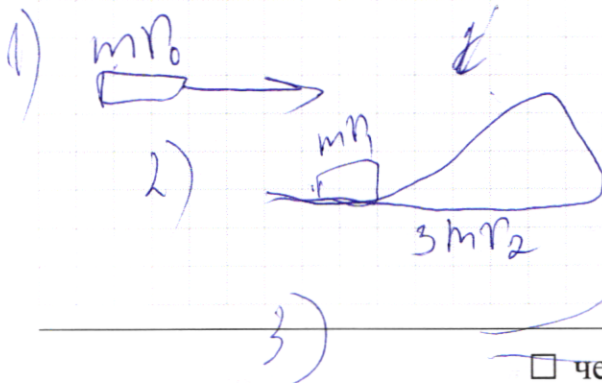
$2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = \pi$

$\omega =$

$m v_0 + 0 = (3m + m) v_1$

$m v_0 + 0 = m v_1 + 3m v_2$

$R = \frac{g}{\omega}$



$$\frac{(\mathcal{E} - \varphi)}{R} = \frac{q}{3R} + \frac{q}{2\mathcal{E} - 3I_1 R}$$

$$I_2 = I_1 + I_2$$

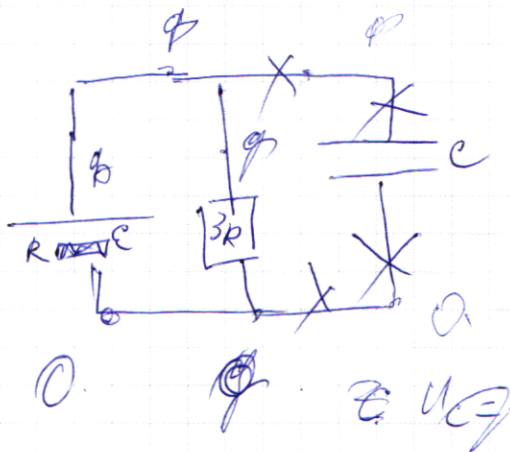
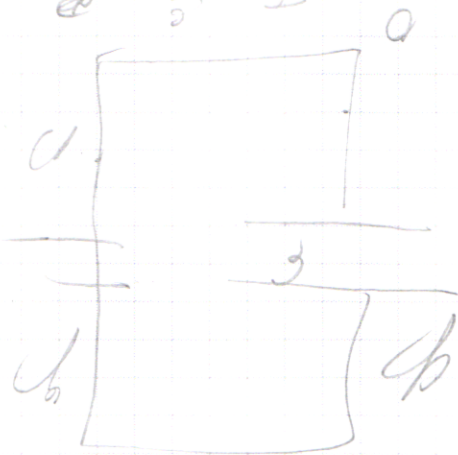
ВАЗП

$$\mathcal{E} > \varphi > 0$$

$$3(2\mathcal{E} - 3I_1 R)(\mathcal{E} - \varphi) = (2\mathcal{E} - 3I_1 R) \varphi + q \cdot 3R$$

$$\frac{q}{3R} = \frac{q}{3R} = 0 \quad (6\mathcal{E} - 9I)$$

$$- \frac{q}{3R} = \frac{2I}{3} = I$$



$$C = \frac{q}{U} \Rightarrow U = \frac{q}{C} =$$

$$U = \frac{q}{C} = \frac{I}{\frac{1}{\mathcal{E}C}}$$

$$U_c = \mathcal{E} - 4IR$$

$$\mathcal{E} = IR + 3IR + U_c$$

$$\mathcal{E} = IR + 3IR + U_c$$

$$\mathcal{E} = IR + 3IR + U_c =$$

$$\boxed{\mathcal{E} = 4IR + U_c}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3\pi_0 / (3\pi_0 - 2\pi_0 + 1) = 0$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$v = \omega R$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_z^2}$$

$$a_n = \omega^2 R$$

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

$$\omega = \frac{2\pi}{2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}} = \sqrt{\frac{g}{R}} = \sqrt{\frac{9.8}{R}}$$

$$v = \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{R}} \sqrt{R} = \sqrt{gk} = \sqrt{10 \cdot 0.15} =$$

$$= \sqrt{1.5}$$

0.01

0.01

0.01

$$g = \frac{8}{2.2}$$

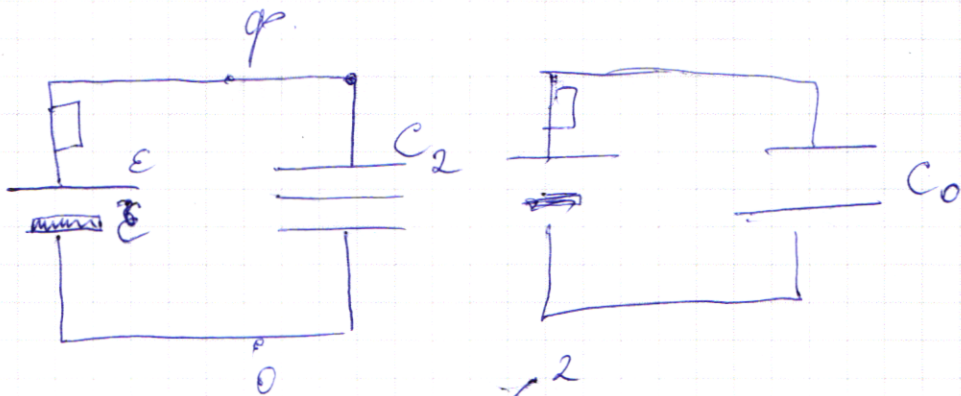
$$\frac{v^2 + v_0^2}{2} = T_{\text{ср}} = 0.01$$

$$v = \omega R$$

$$v = \omega R$$

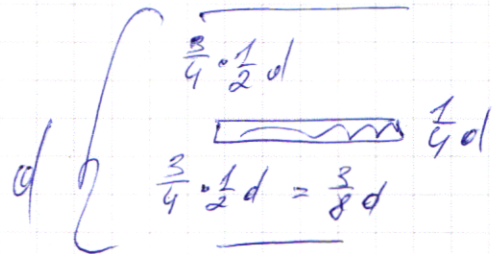
$$\frac{v}{\omega} = R$$

$$\frac{q}{t} = \frac{\epsilon - q}{R} = \epsilon - q$$



$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S (n-1)}{d^2}$$

$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S (n-1)}{\frac{9}{16} d^2}$$



$$\frac{C_1}{C_0} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S \cdot 2 \cdot 16}{9 d^2} \cdot \frac{d^2}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{32}{9}$$

$$C_1 = \frac{32 C_0}{9}$$

$$C_1 = \frac{q}{U}$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$IR = U$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U}{q/t}$$

$$\epsilon = IR + U_C$$

$$\epsilon = IR + \frac{q}{C}$$

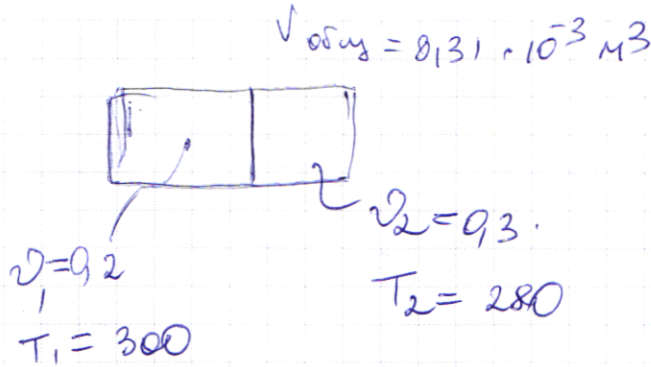
$$\epsilon = \frac{q}{t} R + \frac{q}{C}$$

$$\epsilon = q \left(\frac{R}{t} + \frac{1}{C} \right) \Rightarrow q = \frac{\epsilon}{\frac{R}{t} + \frac{1}{C}}$$

$$C = \frac{q}{U} \Rightarrow U = \frac{q}{C}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3



$$\mu = \frac{V \text{ (при н.у.)}}{V_m (= 22,4) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{мол}}$$

$$V = \mu V_m$$

$$pV = \mu RT$$

$$T_{общ} = \frac{v_1 T_1 + v_2 T_2}{v_{общ}}$$

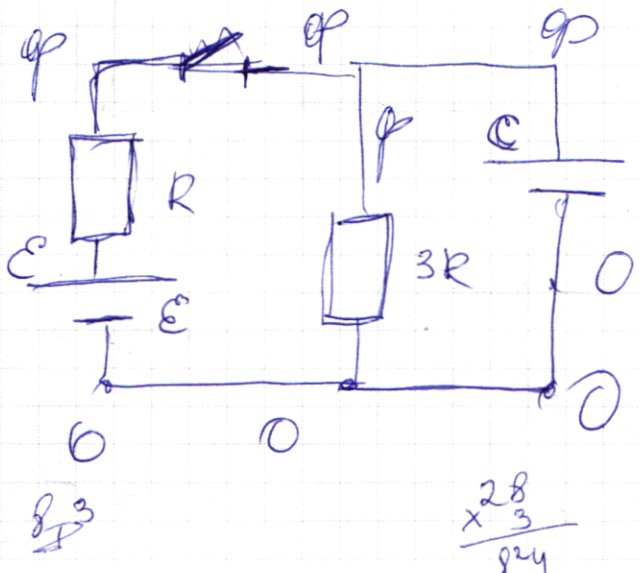
$$p = \frac{\mu}{V}$$

$$\uparrow T_{общ} = \frac{\mu V_m (v_1 T_1 + v_2 T_2)}{v_{общ}}$$

$$\frac{2240}{831}$$

$$pV = \mu RT \Rightarrow p = \frac{(v_1 + v_2) R T_{общ}}{V_{общ}}$$

$$144 \cdot 22,4$$

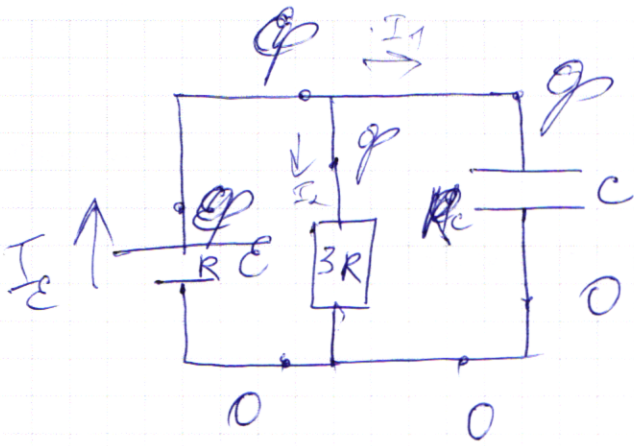


$$\epsilon > \varphi > 0$$

$$I = \frac{300}{1} \cdot \frac{2}{10} = 60$$

$$V = 2$$

$$\frac{280}{1} \cdot \frac{3}{10}$$



$$\boxed{\mathcal{E} > \varphi > 0}$$

$$I_E = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{R}$$

$$I_2 = \frac{\varphi - 0}{3R}$$

$$I_1 = \frac{\varphi - 0}{R_C}$$

~~ИЭА~~

$$I = \frac{U}{R}$$

$$U = IR$$

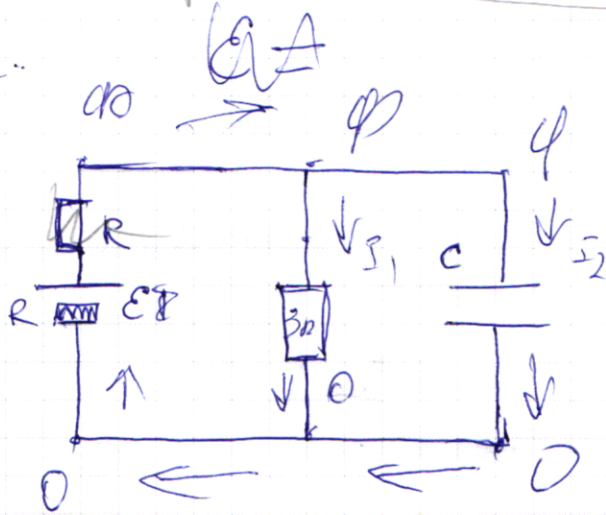
$$\mathcal{E} = I_3 R$$

$$\boxed{I_E = I_1 + I_2}$$

$$\boxed{\frac{\mathcal{E} - \varphi}{R} = \frac{\varphi}{R_C} + \frac{\varphi}{3R}}$$

$$\mathcal{E} = I_2 3R + \dots$$

$$I_1 R_C = \mathcal{E} - I_2 3R$$



$$R_C = \mathcal{E} - I_2 3R$$

$$\mathcal{E} = I_1 3R + R_C I_2$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$\mathcal{E} = 3IR + I_2 R_C$$

~~ИЭА~~

$$\frac{\mathcal{E} - \varphi}{R} = \frac{\varphi}{3R} + \frac{\varphi}{\mathcal{E} - R_C}$$

$$= \frac{\varphi}{3R} + \frac{\varphi}{\mathcal{E} - 3IR}$$

$$I_{\text{общ}} = I$$

$$I = \frac{\mathcal{E} - \varphi}{R}$$

$$\mathcal{E} = 3R I_1 + R_C I_2$$

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2$$

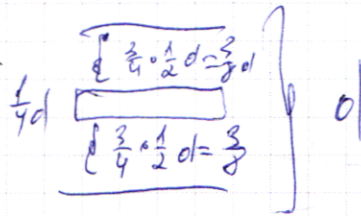
$$I_1 = \frac{\varphi - 0}{3R}$$

$$I_2 = \frac{\varphi - 0}{R_C} = \frac{\varphi}{\mathcal{E} - R_C}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$C = \frac{S \epsilon \epsilon_0 (n-1)}{d} =$$

$$= \frac{S \epsilon \epsilon_0 \left(\frac{0.2}{\frac{3}{8}d} \right)}{\frac{3}{8}d}$$

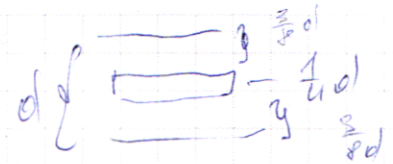


$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{S \epsilon \epsilon_0 \left(\frac{0.2}{\frac{3}{8}d} \right)}{d} \cdot \frac{\frac{3}{8}d}{S \epsilon \epsilon_0 2} =$$

$$= \frac{3}{8} \cdot \frac{1}{2} = \frac{3}{16}$$

$$16 C_1 = 3 C_2$$

$$\epsilon = \frac{I}{R} + R_e$$



$$2. C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{3}{8}d}$$

$$C_1 = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 S}{d}$$

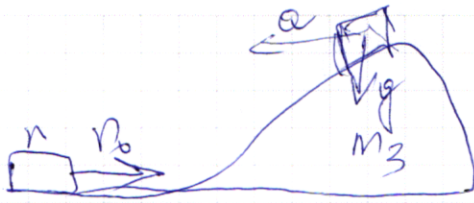
$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{3}{8}d} \cdot \frac{d}{\epsilon \epsilon_0 S} =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{1} = \frac{1}{3}$$

$$C_2 =$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{3} \Rightarrow 3C_1 = C_2$$

$$2C_2 = \frac{16}{8} C_1$$



$$v_0 m + 3m_3 \cdot 0 = v m + 3m v_2 =$$

$$= \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{3m v_2^2}{2} = \frac{mgh}{2} + \frac{3m v_3^2}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{mgh}{2} + \frac{3m v_3^2}{2}$$

$$v_0^2 = gh + 3v_3^2$$

$$v_0 m = (3m + m) v_3$$

$$v_3 = \frac{v_0 m}{4m}$$

~~Аз~~

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m m}{2} + \frac{3 v_0^2}{2}$$



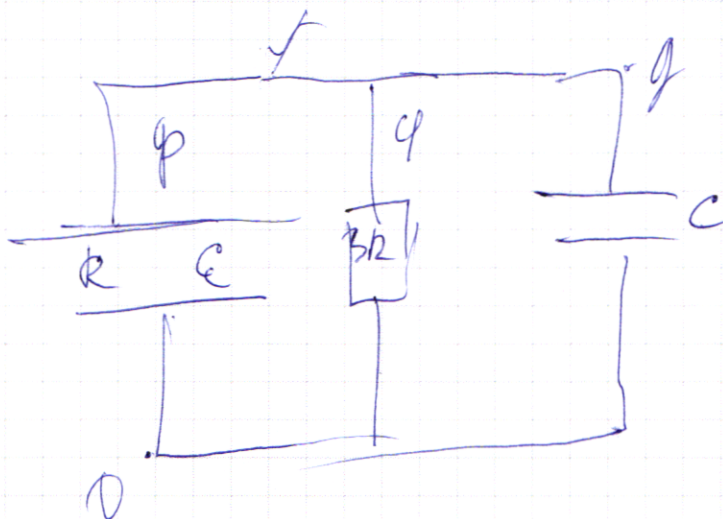
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m v_0 = m_1 v_1 + m_2 v_2 = 4m v_3 =$$

$$= -m v_5 + 3m v_6.$$

$$\frac{m_1^2}{2} + \frac{3m v_2^2}{2} = mgh + \frac{3m v_3^2}{2} =$$

$$= \frac{m v_5^2}{2} + \frac{3m v_6^2}{2}$$





черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$C = \frac{q}{U}$
 $U = \varphi - 0$
 $\varepsilon - \varphi = IR = \frac{q}{3R}$
 $q = 0$
 $\varepsilon = IR + 3IR = 4IR$
 $C = \frac{q}{U} = IR \cdot \frac{1}{R}$
 $= C \varphi$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)