

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

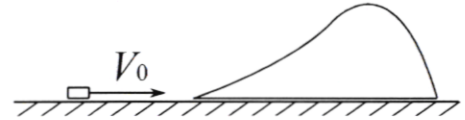
Шифр 5-021

(заполняется секретарём)

Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарик, 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.

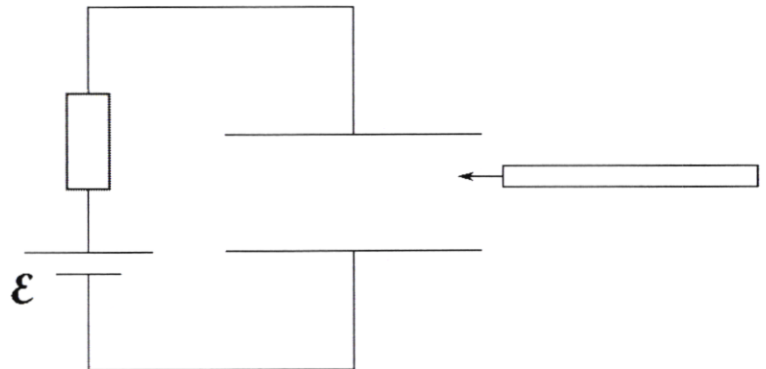


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

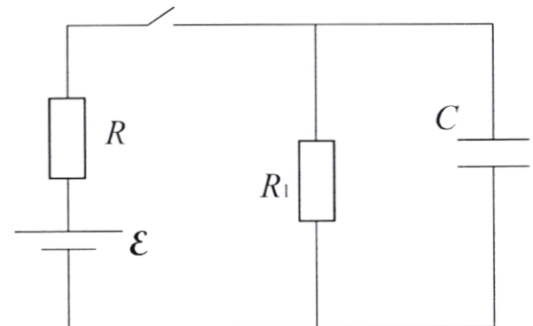
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС ε (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 , ε , 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

Черновик.

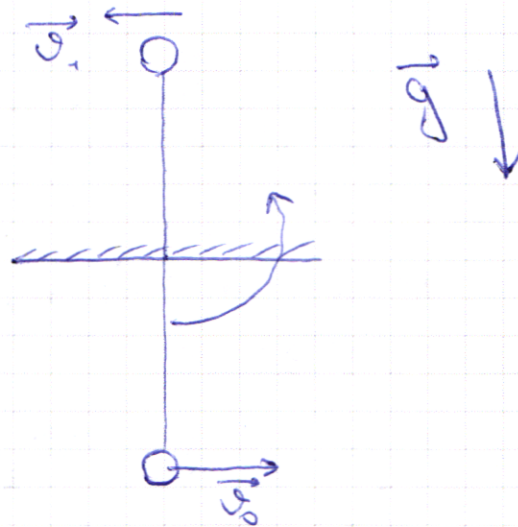
Задача № 1.

$$l = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_0 = ?$$

Решение.



- 1) Заметим, что шарик пою, что шарик движется по окружности радиуса $h = 2l$, в верхней точке он движется влево перпендикулярно скорости \vec{v}_1 :

$$v_1^2 = Rg; \text{ из } \frac{v^2}{R} = a \quad (a = g \text{ т.к шарик движется по окружности}),$$

- 2) Очевидной нам, запишем ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + mgh; \text{ из } h = 2l; v_1^2 = Rg.$$

Подставим и решим относительно v_0 :

$$mv_0^2 = mv_1^2 + 4mgl$$

$$v_0^2 = \sqrt{5lg} = \sqrt{5 \cdot 0,5 \cdot 10} = \sqrt{25} = 5 \text{ м/с}$$

Ответ: 5 м/с.

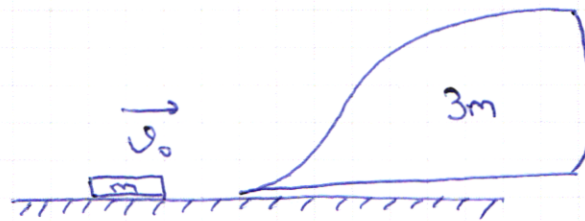
Задача №2.

m, g_0

1) h_m - ?

2) v_k - ?

Решение.



1) М.к. шайба после соударения h_m обвзтает с тары в обратном направлении \Rightarrow в момент соударения этой тары скорости тары и шайбы равны:

Заншем ЗСМ:

$$m v_0 = (m + 3m) v_2; \quad v_2 = \frac{v_0}{4} \quad (1)$$

Заншем ЗСЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g h + \frac{4m \cdot v_2^2}{2}$$

$$v_0^2 = 2gh + 4v_2^2; \quad \text{подставим (1)}$$

$$v_0^2 - \frac{v_0^2}{4} = 2gh$$

$$\frac{3 \cdot v_0^2}{8g} = h$$

2) Средняя скорость шайбы после разлета ее, при этом энергии и импульсы системы шайбы тары сохранены. Обозначим, что n каждого тары тары n $n=3$

$$m v_0 = m 3 v_k + 3m v_k$$

$$v_k = \frac{v_0}{6}$$

Ответ:

$$1) h = \frac{3 v_0^2}{8g}$$

$$2) v_k = \frac{v_0}{6}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3.

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

$$t_1 = 27^\circ\text{C}$$

$$\nu_1 = 0,2 \text{ моль}$$

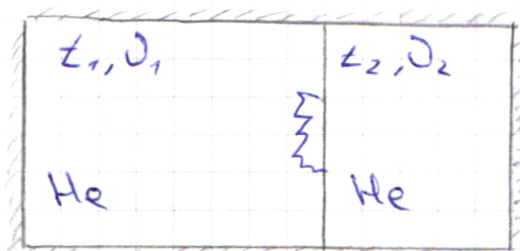
$$t_2 = 7^\circ\text{C}$$

$$\nu_2 = 0,3 \text{ моль}$$

Решение.

для удобства $T_1 = t_1 + 273 = 300 \text{ K}$

$T_2 = t_2 + 273 = 280 \text{ K}$



1) T_0 - ?

2) P_k - ?

1) Заметим, что система является

замкнутой (герметизированный сосуд), \Rightarrow

\Rightarrow энергия системы является константой. Так как равновесный вид энергии в данной системе это - внутренняя энергия. Заметим,

$U = \text{const}$; тогда: $U_1 + U_2 = U_1^* + U_2^* \quad (1)$

$$U_1^* + U_2^* \Rightarrow U_0 \quad (\text{так как температура тоже постоянна!})$$

адиабатная. Зная, что $U = \frac{3}{2} \nu RT$ решим уравнение (1):

$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T_0$$

$$T_0 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,2 + 0,3} = \frac{60 + 84}{0,5} = 288 \text{ K или}$$

$$\text{или } 15^\circ\text{C}$$

2) У-е Клапейрона-Менделеева $PV = \nu RT$

$$P_k V = (\nu_1 + \nu_2) R \cdot T_0; \quad P_k = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T_0}{V} =$$

$$= \frac{(0,2 + 0,3) \cdot 8,31 \cdot 288 \text{ K}}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 144 \text{ кПа}$$

Задача №4.

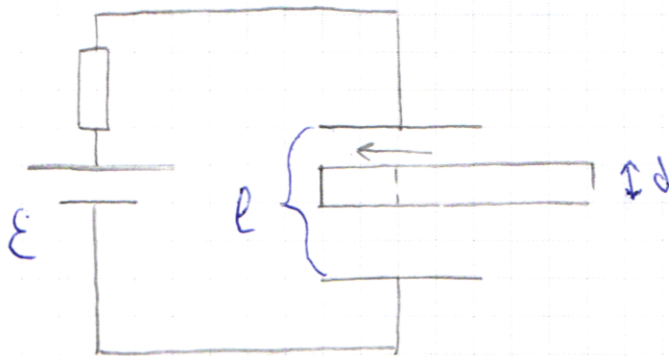
C_0, ϵ

$$d = \frac{l}{4}$$

1) $C_k - ?$

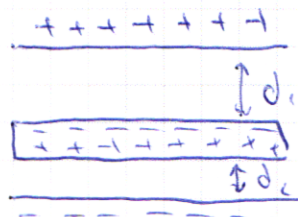
2) $\Delta q - ?$

Решение.



1) Очевидно, что можно представить систему "новое" конденсатором, как "суперконденсатор" двух групп, размещенных как это можно сделать:

Заряды перенесены так, чтобы увеличить поле внутри конденсатора, следовательно



$$d_1 + d_2 + \frac{l}{4} = l$$

$$d_1 + d_2 = \frac{3}{4}l \quad (1)$$

систему можно рассматривать как два последовательно соединенных конденсатора:

Затем эту же систему конденсаторов в общем случае. $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$; Известно, что систему "новое" можно выч. по ф-ле $C_k = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$; применим ф-лу:

$$C_k = \frac{\frac{\epsilon \epsilon S}{d_1 d_2} \cdot \epsilon_0 \epsilon S}{\epsilon \epsilon S \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d_1 + d_2} \left. \vphantom{\frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d_1 + d_2}} \right\} \text{ из п. (1)}$$

заменим, что $\frac{\epsilon_0 \epsilon S}{l} = C_0 \Rightarrow C_k = \underline{\underline{\frac{4}{3} C_0}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №4 (податемне).

2) После замыкания введена катушка в кон-ор
иногда прене етими сома не кон-ра не комментия,
отваре свержет, что для показание заряде катушке виев
будет пишеть ЗСЭ:

$$q = U; \quad qU = C_0 U^2 - C_1 U^2$$

$$q = U(C_0 - C_1) \rightarrow \text{эти заряде } \approx \text{ повороние}$$

$$q = U \cdot \frac{1}{3} C_0 = \frac{C_0 U}{3} \quad \text{мне.}$$

$$U \rightarrow \varepsilon; \quad \text{ок } R_c \rightarrow \infty$$

$$q = \frac{C_0 \varepsilon}{3}$$

Ответ: ~~1) $U_0 = \frac{\varepsilon}{4R}$~~

$$C_k = \frac{4}{3} C_0$$

~~2) $U_0 = \frac{3}{4} \varepsilon$~~

$$q = \frac{C_0 \varepsilon}{3}$$

~~3) $Q = \frac{9}{32} C_0 \varepsilon^2$~~

Задача №5.

$$R_1 = 3R, R,$$

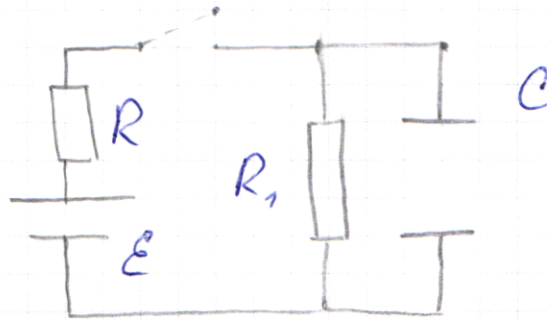
$$C, \mathcal{E}, R$$

Решение.

1) $I_0 = ?$

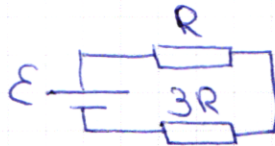
2) $U_y = ?$

3) $Q = ?$



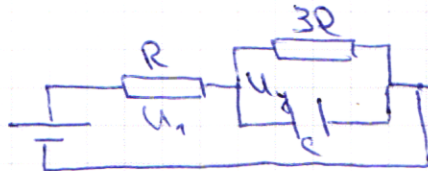
1) сразу после замыкания ключа у нас можно рассмотреть, как.

пода ток через источник равен:



$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R+3R} = \frac{\mathcal{E}}{4R}$$

2) напряжение на кон-ре будет равно напряжению на резисторе R_1 :



$$\mathcal{E} = U_1 + U_y;$$

$$U_1 = I_0 \cdot R = \frac{\mathcal{E}}{4};$$

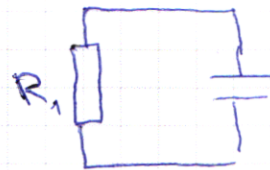
$$U_y = \frac{3}{4} \mathcal{E}$$

3) после замыкания ключа, конденсатор заряжается

через резистор R_1 ; $\Rightarrow Q$ будет равно всей начальной

энергии конденсатора $E = \frac{CU_y^2}{2}$;

$$Q = \frac{CU_y^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{32} \cdot 9 = \frac{9}{32} C\mathcal{E}^2$$



Ответ:

1) $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{4R}$

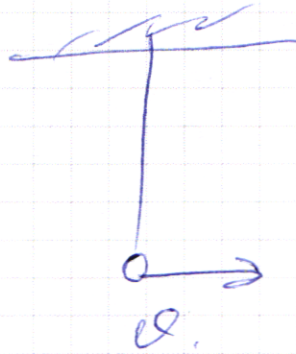
2) $U_y = \frac{3}{4} \mathcal{E}$

3) $Q = \frac{9}{32} C\mathcal{E}^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

М.

1.



$$R = 50 \text{ см}$$

ВСЭ.

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + mgh$$

$$2v^2 - 2v_1^2 = 2gh \quad h = R$$

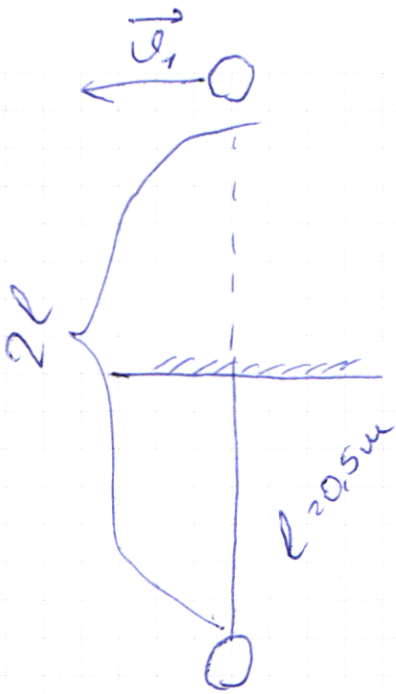
$$2(v^2 - v_1^2) = 2lg$$

$$\frac{v_1^2}{R} = g; \quad v_1^2 = Rg$$

$$v^2 = lg + Rg$$

$$v = \frac{g(l+R)}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}gl$$

$$= \sqrt{0,5 \cdot 2 \cdot 10} = \sqrt{10} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$v_1^2 = lg$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + mgl$$

$$mv^2 = mlg + 4mgl$$

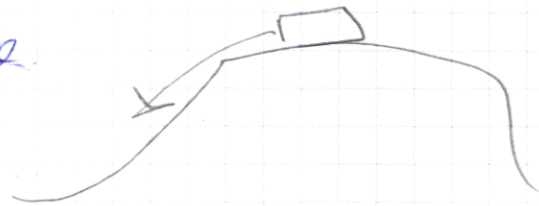
$$mv^2 = 5mgl$$

$$v^2 = \sqrt{5lg} = \underline{\underline{5mlg}}$$

~~$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + mgl$~~

4mv
mv_0^2 =

~~$4mv_0^2 = 3mv_1^2$~~



$$\frac{3.25g}{10} = 60 + 24c$$

84

60 +

$$4mv_0^2 + mgh = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{3mv_2^2}{2}$$

$$4v_0^2 + 2gh = v_1^2 + 3v_2^2$$

$$4mv_0 = 3mv_1 + mv_2$$

$$4v_0 = 3v_1 + v_2$$

$$v_2 = 3v_1 - 4v_0$$

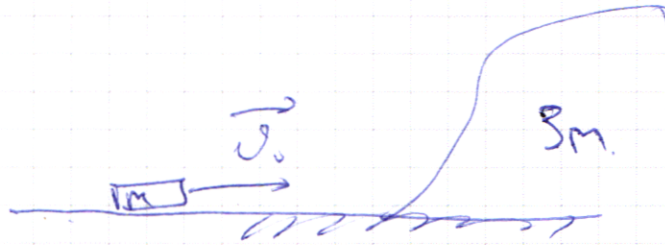
$$4v_0^2 + 2gh = v_1^2 + 27v_1^2 - 24v_1v_0 + 48v_0^2$$

$$4v_0^2 + v_0^2 - \frac{v_0^2}{4} = 28v_1^2 + 24v_1v_0 + 48v_0^2$$

$$4\frac{3}{4}v_0^2 - 24v_1v_0 - 48v_0^2 = 28v_1^2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.



11

ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mv_2^2}{2} + mgh$

$$v_0^2 = 4v_2^2 + 2gh$$

ЗСИ: $mv_0 = 4mv_2$

$$\frac{v_0}{4} = v_2$$

$$2gh = v_0^2 - 4v_2^2 = \cancel{2gh}$$

$$2gh = \frac{3}{4}v_0^2$$

$$h = \frac{3}{4} \frac{v_0^2}{2g} = \underline{\underline{\frac{3v_0^2}{8g}}}$$

2). ?

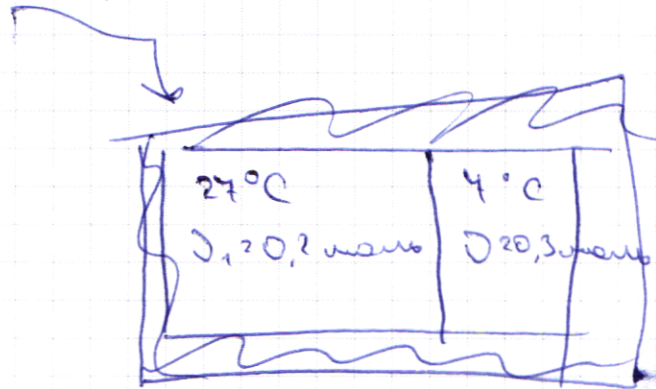


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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



C_{0U}

$U = TR$

C_{0IR}

м.к.

ЗСД

\Rightarrow

$U_0 = \text{const}$

мандр.

$U_1 + U_2 = \text{const} \Rightarrow$

$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T_0$$

$$T_0 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$$

2)

$$P = \frac{\nu R T_0}{V}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$u, \quad C_0, \quad \epsilon$$

$$d = \frac{d}{4}$$

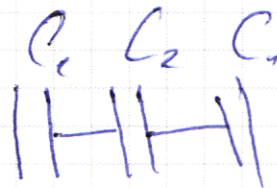
$$C - ?$$

$$q - ?$$



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

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



$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_1}$$

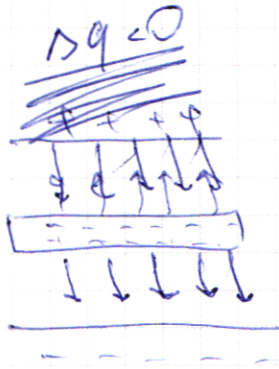
$$= \frac{2}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{2C_1 + C_2}{C_1 C_2}$$

$$q_1 = C_1 u ;$$

$$q_2 = C_2 u$$

$$\Delta q = q_1 - q_2 = \underline{\underline{u(C_2 - C_1)}}$$

$$E_0 = \frac{U}{d}$$



$$I = \frac{dq}{dt}$$

$$dU(t) = dq \quad ; \quad U(t) = \int \frac{q}{C}$$

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 S}$$

$$C_0 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d_1} \cdot \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S}{d_2}}{\frac{\epsilon_0 \epsilon_1 S}{d_1} + \frac{\epsilon_0 \epsilon_2 S}{d_2}} =$$

$$= \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2 S^2}{d_1 d_2 (\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2})} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2 S^2}{d_1 + d_2}$$

$$d_1 + d_2 = \frac{3}{2} d$$

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

q

$$C = \frac{4}{3} \frac{\epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2 S^2}{d} \rightarrow C_0 = \frac{4}{3} C_0$$

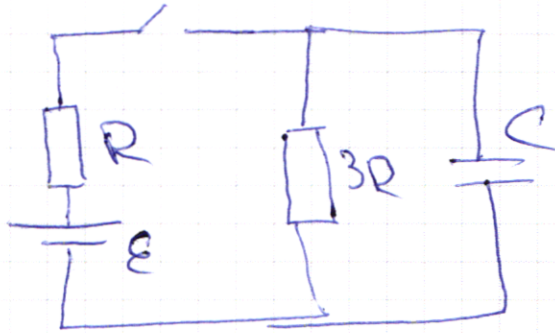
or

$$CU = q$$

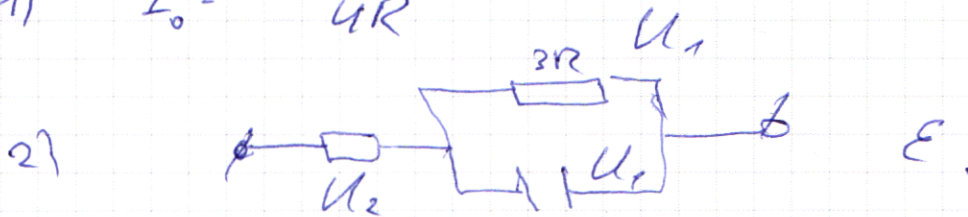
$$\frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5.



1) $I_0 = \frac{\varepsilon}{4R}$



$$\varepsilon = U_2 + U_1 = U_2 = \frac{\varepsilon}{4R} \cdot R = \frac{\varepsilon}{4}$$

$$U_1 = \frac{3}{4}\varepsilon$$

3) $Q = \frac{CU^2}{2} = \frac{C9\varepsilon^2}{32} = \frac{9}{32} C\varepsilon^2$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)