

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

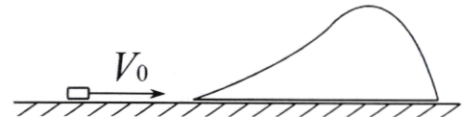
9-11

(заполняется секретарём)

Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарiku, 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.

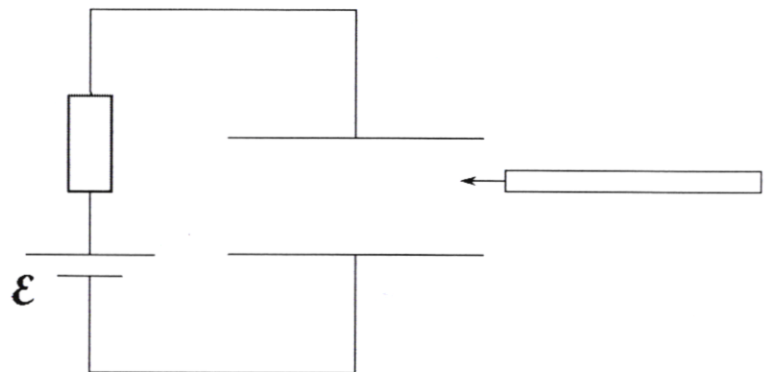


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

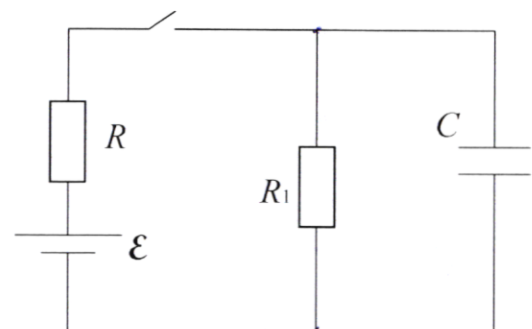
4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС ε (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины в 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 , ε , R .

- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.

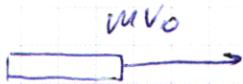


- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m\vec{v}_0 = 4m\vec{u} + m\vec{u} + mV_0\vec{e}_x$$

$$mV_0 = 5m\vec{u} + mV_0\vec{e}_x$$



$$\vec{v}_0 = s\vec{u} + V_0\vec{e}_x$$

$$p_1 = mv_0$$

$$s u = V_0$$

$$u = \frac{V_0}{5}$$

$$p_2 = 4m\vec{u} + m(\vec{u} + \vec{v})$$

$$= 4m\vec{u} + m\vec{u} + m\vec{v} = 5m\vec{u} + m\vec{v}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{4m\vec{u}^2}{2} + \frac{m\vec{u}^2}{2} + 2m\vec{u}\vec{v}$$

$$mV_0 = 5m\vec{u} + mV_0\vec{e}_x$$

$$V_0^2 = 5u^2 + 2uV_0$$

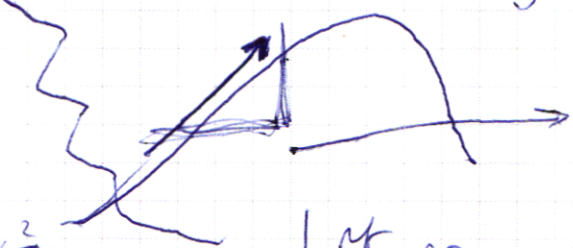
$$V_0^2 - \frac{4V_0^2}{5} = 2uV_0$$

$$\frac{1}{5}V_0^2 = 2uV_0$$

$$u = \frac{1}{5} \frac{V_0^2}{2V_0}$$

$$\vec{v}_0 = s\vec{u} + V_0\vec{e}_x$$

$$V_0 = s u + V_x$$



~~$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{4m\vec{u}^2}{2} + \frac{m\vec{u}^2}{2} + 2m\vec{u}\vec{v}$~~

~~$V_0^2 = 5u^2 + 2uV_0$~~

Когда монета поднялась
или обанкет.

$$V_0 = 5u$$

$$u = \frac{V_0}{5}$$

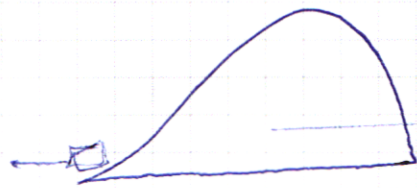
$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{(m+4m)u^2}{2} + 2m\vec{u}\vec{v}$$

$$V_0^2 = 5u^2 + 2uV_0$$

$$u = \frac{V_0^2 - 5u^2}{2V_0} = \frac{V_0^2 - 5 \left(\frac{V_0}{5}\right)^2}{2V_0} = \frac{V_0^2 - V_0^2}{2V_0} = 0$$

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

$$V_0 = 5u + V_x$$



$$V_0 = 5u - V_x$$

$$V = 5u - V_0 \quad V_0 \sin \alpha = 5u - V_0$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mku^2}{2} + \frac{(5u - V_0)^2 m}{2}$$

$$V_0^2 = 4u^2 + 26u^2 - 12uV_0 + V_0^2$$

$$30u = 12V_0$$

$$u = \frac{12V_0}{30}$$

$$= \frac{9 + 11}{5033} \approx 0.4$$

$$\frac{5033}{9 + 11} = \frac{5033}{9} + \frac{5033}{11} \approx 0.9$$

$$\frac{9}{5033} = 0.00178$$

$$\frac{11}{5033} = 0.00218$$

$$E_{\text{ср}} = Q_1$$

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

$$I_k = \frac{E}{R + R_1} = \frac{E}{5R}$$

$$u = \frac{E}{5R} = uR = \frac{4}{5} E$$

$$\frac{Cu^2}{2} = Q$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_0^2 = su^2 - 2u(su - v_0) + 2su^2 - 10uV_0 + u_0^2$$

$$su - 2(su - v_0) + 2su - 10v_0 = 0$$

$$su - 10u + 2v_0 + 2su - 10v_0 = 0$$

$$20u = 8v_0$$

~~$$su = 2v_0$$~~

~~$$su = 2v_0$$~~

$$u = \frac{2}{5}v_0$$

v_0 и u (скор. маюгаи отрицательна горца) -

$$= su - v_0 = \frac{2}{5}v_0 - v_0 = -\frac{3}{5}v_0$$

v_0 и u (скор. маюгаи отрицательна) = $u - v_0$

$$= u - v_0 = \frac{2}{5}v_0 - v_0 = v_0 \left(\frac{2}{5} - 1 \right) = -\frac{3}{5}v_0$$

одна и та же для всех

$$U_0 = U_1 + U_2 = (\mu_1 + \mu_2) \frac{3}{2} R T_0$$

~~all paths~~

~~all paths~~

$$\frac{3}{2} \mu_1 R (T - t_1) + \frac{3}{2} \mu_2 R (T - t_2) = \frac{3}{2} (\mu_1 + \mu_2) R T_0 = \frac{3}{2} \mu_1 R t_1 + \frac{3}{2} \mu_2 R t_2$$

$$T_0 = \frac{\mu_1 t_1 + \mu_2 t_2}{\mu_1 + \mu_2}$$

$$t_1 = 127^\circ \text{C} = 127 + 273 \text{ K} =$$

$$\begin{array}{r} 127 \\ + 273 \\ \hline 400 \end{array}$$

$$\frac{\mu_1 + \mu_2}{R T_0}$$

$$0.02 = 0.1 \text{C} + 0.8 \text{C} \rightarrow 0.1 \text{C}$$

$$\frac{0.02 \cdot \frac{10}{4} + \frac{10}{4} \cdot 300}{0.1 + 0.8} = \frac{0.02 \cdot 2.5 + 2.5 \cdot 300}{0.9} = \frac{0.05 + 750}{0.9} = \frac{750.05}{0.9} = 833.39$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m\vec{v}_0 = m(\vec{u} + v_0\vec{e}_y) + \cancel{m\vec{u}}$$

$$\vec{v}_0 = s\vec{u} + v_0\vec{e}_y$$

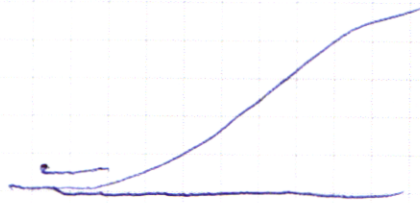
$$u = \frac{v_0}{5}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{4m u^2}{2} + \frac{m u^2}{2} + \rho_2 g h$$

$$v_0^2 = 5u^2 + 2gh$$

$$2gh = v_0^2 - \frac{v_0^2}{5} = \frac{4}{5} v_0^2$$

$$h = \frac{2}{5} \frac{v_0^2}{g}$$



$$v_0 = su - v_0 e_y$$

$$v_0 e_y = su - v_0$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{4m u^2}{2} + \frac{m (u - v_0 e_y)^2}{2}$$

$$v_0^2 = 4u^2 + u^2 - 2u v_0 e_y + v_0^2 e_y^2$$

$$v_0^2 = 5u^2 - 2u(su - v_0) + 2su^2 - 10uv_0 + v_0^2$$

$$5u - 10u + 2v_0 + 2su - 10v_0$$

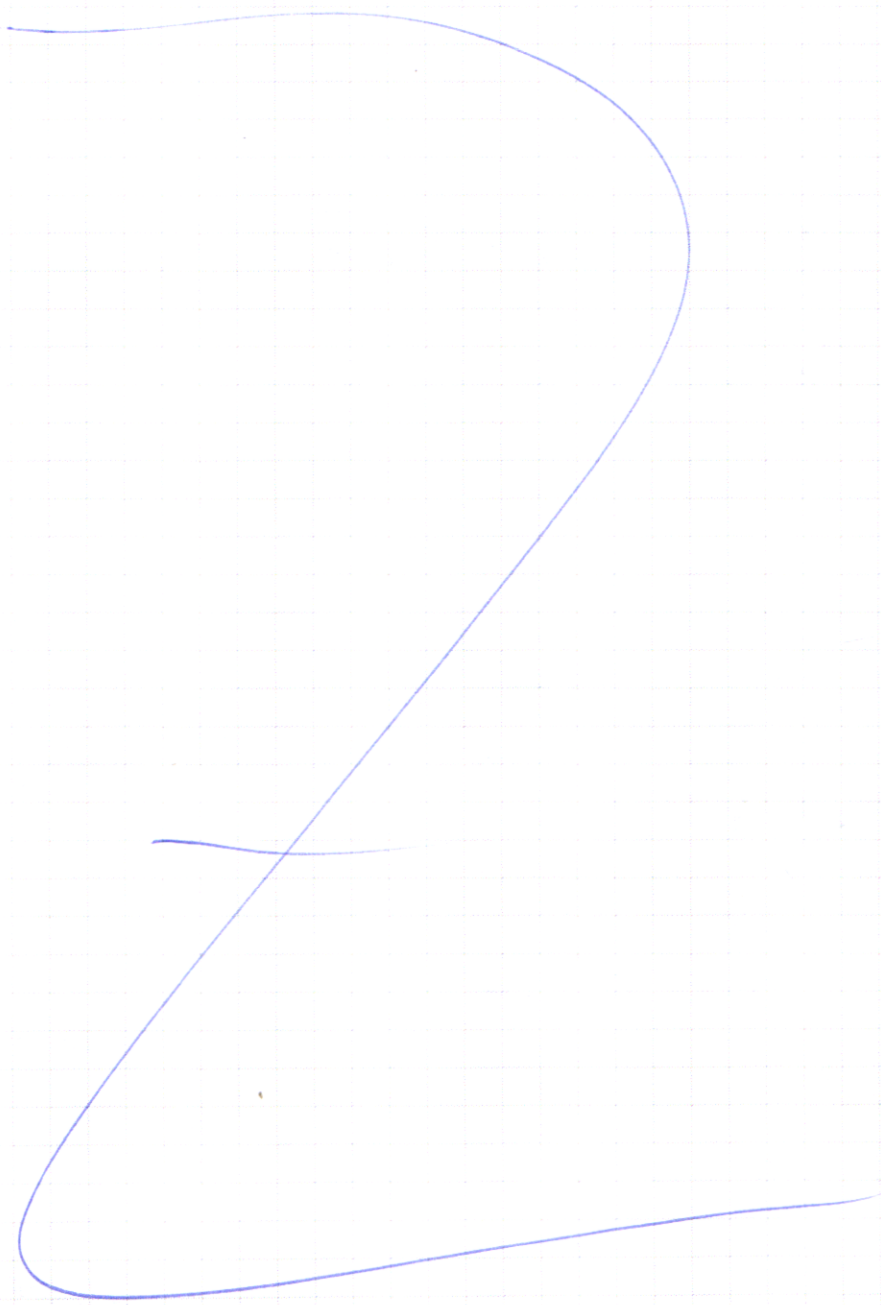
$$20u = 18v_0$$

$$5u = 2v_0$$

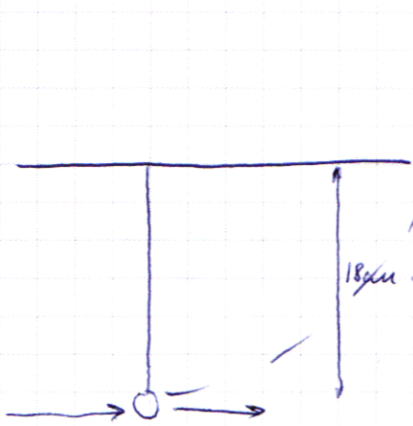
$$u = \frac{2}{5} v_0$$

$$v_0 e_y = 2v_0 \cdot v_0 = 2v_0^2$$

$$v_0 e_y = v - \frac{2}{5}v = \frac{3}{5}v$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано:
 $R = 18 \text{ см}$

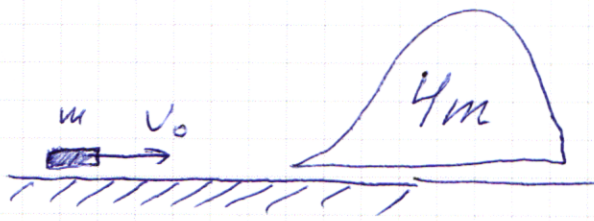
Чтобы он совершил полный оборот, нужно дать ему энергию $2mgR = m \frac{v^2}{2}$

$$v^2 = 4gR$$

$$v = 2\sqrt{gR} = 2\sqrt{10 \cdot 18} = 2\sqrt{180} = 2\sqrt{36 \cdot 5} = 2 \cdot 6\sqrt{5} = 12\sqrt{5}$$

$$= 6\sqrt{\frac{1}{5}} \approx 3 \text{ м/с}$$

Ответ: $v = 3 \text{ м/с}$



$$p_0 = mv_0$$

$$p' = p_m + p_2$$

$$v_m = v_{обс} + v_{огн}$$

$$v_m = v + v_{огн}$$

монетка заледит на горку и горка упадет в ледяное море, монетка будет двигаться дальше.

Заменим закон сохранения импульса

пусть скорость горки и

$$m\vec{V}_0 = 4m\vec{u} + m(\vec{u} + \vec{V}_{0га})$$

$$m\vec{V}_0 = 4m\vec{u} + m\vec{u} + m\vec{V}_{0га}$$

$$m\vec{V}_0 = 5m\vec{u} + m\vec{V}_{0га}$$

$$\vec{V}_0 = 5\vec{u} + \vec{V}_{0га}$$

Однако горюха может двигаться только вдоль стола значит Закон сохранения импульса можно записать только в проекции на Ox :

$$V_0 = 5u + V_{0га}, \text{ — проекция скорости } Ox.$$

Когда шарик поднимется на максимальную высоту, $V_{0га} = 0$, затем оно пойдет назад.

$$V_0 = 5u + V_{0га} = 5u$$

$$u = \frac{V_0}{5}. \text{ — скорость шарика в этот момент } = u.$$

Запишем Закон сохранения Энергии.

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{4mu^2}{2} + \frac{mu^2}{2} + mgh$$

$$V_0^2 = 5u^2 + 2gh$$

$$V_0^2 = 5 \frac{V_0^2}{25} + 2gh$$

$$V_0^2 = \frac{V_0^2}{5} + 2gh$$

$$5V_0^2 = V_0^2 + 10gh$$

$$4V_0^2 = 10gh$$

$$h = \frac{4}{5} \frac{V_0^2}{2g} = \frac{2}{5} \frac{V_0^2}{g}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Вопрос~~ докажите, что, когда шарик скатывается назад:

будем считать, что горка гладкая (шарик ^{гладкий} не имеет трения) и скатываясь с горки, шарик будет иметь только горизонтальную скорость.

$$V_0 = 5u + \overline{V_{\text{горки}}} = 5u + \overline{V_{\text{отн}}}$$

$$V_0 = 5u - V_{\text{отн}} \Rightarrow V_{\text{отн}} = 5u - V_0$$

Но, при этом еще:

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{4mu^2}{2} + \frac{m(u - V_{\text{отн}})^2}{2}$$

$$V_0^2 = 4u^2 + (u - V_{\text{отн}})^2$$

~~$$V_0^2 = 4u^2 + u^2 - 2uV_{\text{отн}} + V_{\text{отн}}^2$$~~

~~$$5u^2 = V_0^2$$~~

~~$$u^2 = \frac{V_0^2}{5}$$~~

$$V_0^2 = 4u^2 + u^2 - 2uV_{\text{отн}} + V_{\text{отн}}^2$$

$$V_0^2 = 5u^2 - 2uV_{\text{отн}} + V_{\text{отн}}^2$$

$$V_0^2 = 5u^2 - 2u(5u - V_0) + (5u - V_0)^2$$

$$V_0^2 = 5u^2 - 2u(5u - V_0) + 2(5u)^2 - 10uV_0 + V_0^2$$

$$30u^2 - 2u(5u - V_0) - 10uV_0 = 0$$

$$30u - 10u + 2V_0 - 10V_0 = 0$$

$$20u = 8V_0$$

$$5u = 2V_0$$

$$u = \frac{2}{5}V_0$$

$V_{0га}$ (скорость молекулы, движущейся по оси x)

$$V \quad 5u - V_0 = 5 \cdot \frac{2}{5}V_0 - V_0 = V_0$$

$$\overline{V_{0га}} \text{ (средняя скорость газа. молекулы)} = \overline{V_{0га}} + \overline{V_{0га}} =$$

$$= \frac{2}{5}V_0 - V_0 = -\frac{3}{5}V_0$$

$\sqrt{3}$

Дано:

$$V = 8,31 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

температура - внутренняя энергия

$$\Delta Q = \Delta U + A - \text{работа}$$

соединены теплоизолирующей

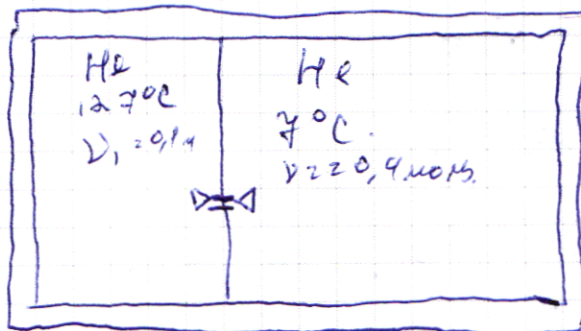
$$\Rightarrow \Delta Q = 0, \text{ работа нет} \Rightarrow$$

$$A = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$$

$$U = \frac{f}{2} \mu R T$$

He - одноатомный газ $\Rightarrow f = 3$

$$U = \frac{3}{2} \mu R T$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$u_{01} = u_1 + u_2 = \frac{3}{2} R (\mu_1 t_1 + \mu_2 t_2)$$

молы и температура одинаковы

$$u_{02} = \frac{3}{2} (\mu_1 + \mu_2) R T$$

$$u_{01} - u_{02} = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{3}{2} (\mu_1 + \mu_2) R T = \frac{3}{2} R (\mu_1 t_1 + \mu_2 t_2)$$

$$T = \frac{\mu_1 t_1 + \mu_2 t_2}{\mu_1 + \mu_2}$$

$$t_1 = 127 + 273^\circ \text{K} = 400^\circ \text{K}$$

$$t_2 = 7 + 273 = 300^\circ \text{K}$$

$$T = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 300}{0,1 + 0,4} = \frac{40 + 300 \cdot \frac{4}{10}}{0,5}$$

$$= \frac{120 + 40}{0,5} = \frac{160}{0,5} = 320^\circ \text{K} = 320 - 273 = 47^\circ \text{C}$$

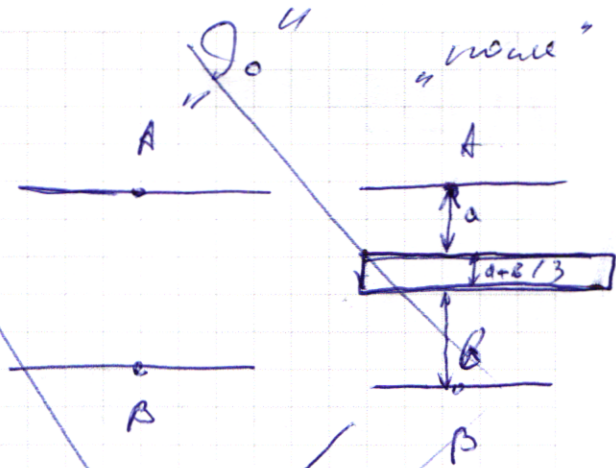
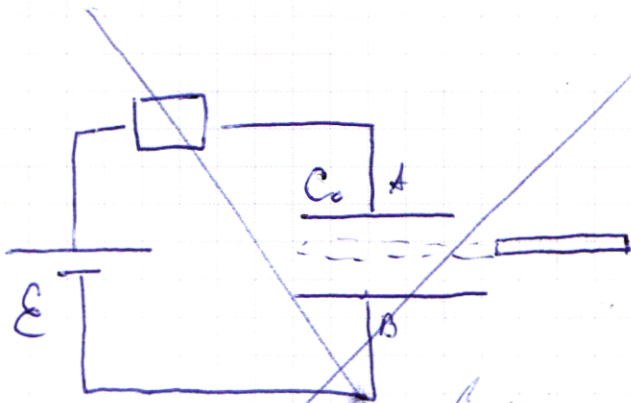
$$pV_0 = \mu_0 R T = (\mu_1 + \mu_2) R T$$

$$p = \frac{(\mu_1 + \mu_2) R T}{V_0} = \frac{(0,4 + 0,1) \cdot 8,31 \cdot 320}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 0,5 \cdot 320 \cdot 10^3$$

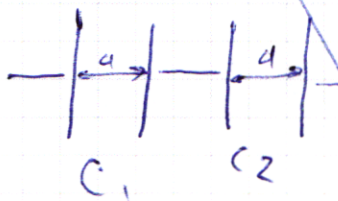
$$= 160 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$= 1,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

№4



Система пластин ~~то~~ равномерно заряжена
 двумя конденсаторами 2 мед. пластины фольго.



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

~~$$C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{3a+b}$$~~

~~$$C_1 \epsilon C_2 = 3 \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{3a} = 3 C_0$$~~

при паралл. соедин

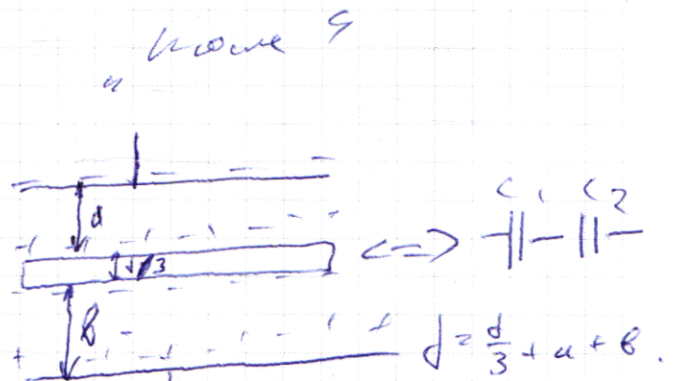
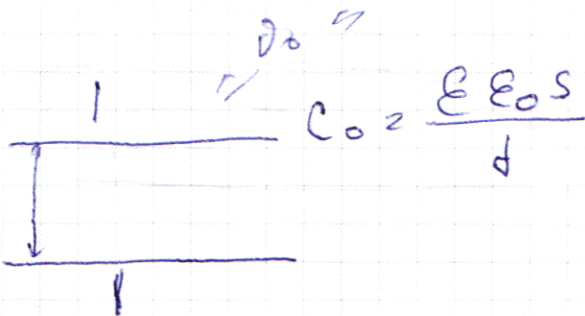
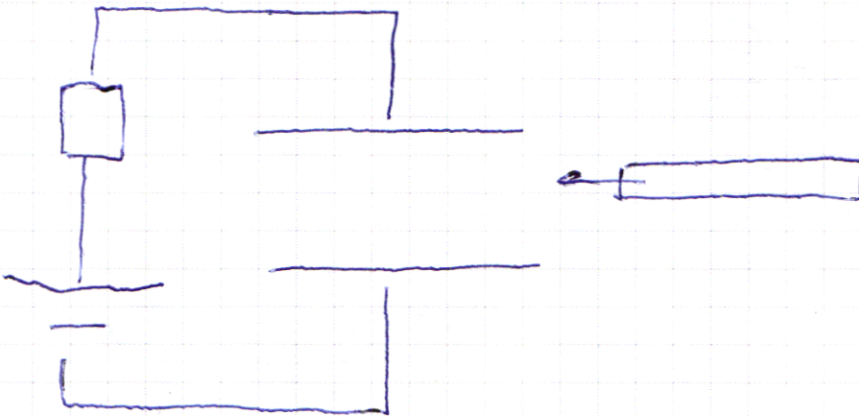
~~$$\frac{1}{C_{об}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{3C} + \frac{1}{3C} = \frac{2}{3C}$$~~

~~$$C_{об} = \frac{3}{2} C$$~~

~~$$C_{об} = \frac{3}{2} C$$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

БЧ.



Вновь мысленно, мы "разрезаем" конденсатор на два других, соединенных последовательно.

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{a}{\epsilon \epsilon_0 S} + \frac{b}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{a+b}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

$$C_0' = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{a+b}, \quad a+b = \frac{2}{3}d$$

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

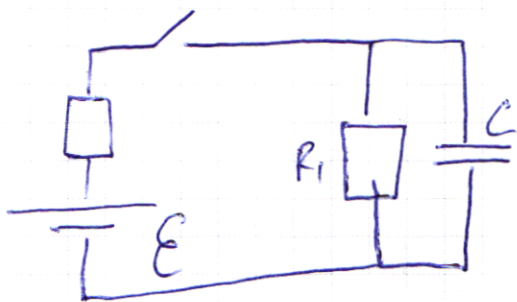
$Q = CU$ В конце зарядки конденсатора ток иди нулю

$$U = E = \text{const}$$

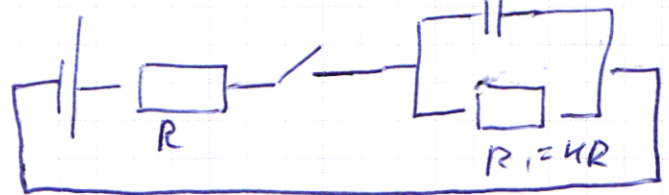
$$Q = EC$$

$$\Delta Q = |EC_0 - EC_0| = E|C_0 - C_0| = E(C_0 - \frac{3}{2}C_0) = \frac{C_0 E}{2} = \boxed{\frac{1}{2} C_0 E}$$

NS



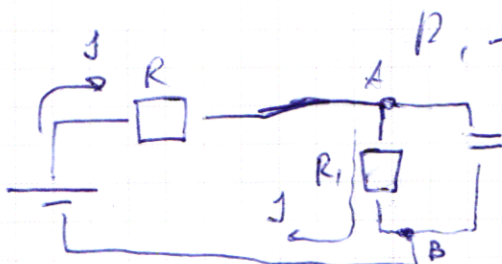
Дано:
 $R_1 = 4R, C, E, R$
 $I_0 = ?$
 $U_C = ?$



Когда ключ замыкается, конденсатор начинает заряжаться и, пока в него нет заряда, значит ток через R_1 не пойдет.

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

Когда конденсатор зарядится, ток через него идти не будет, но через R_1 пойдет.

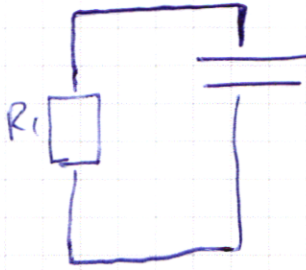


$$\varphi_A - \varphi_B = IR_1 = U$$

$$I = \frac{E}{R + R_1} \Rightarrow U = E \frac{R_1}{R + R_1} = \frac{1}{5} E$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

После размыкания ключа - источник ЭДС -
перестанет работать, а конденсатор будет
разряжаться, работа как ЭДС.

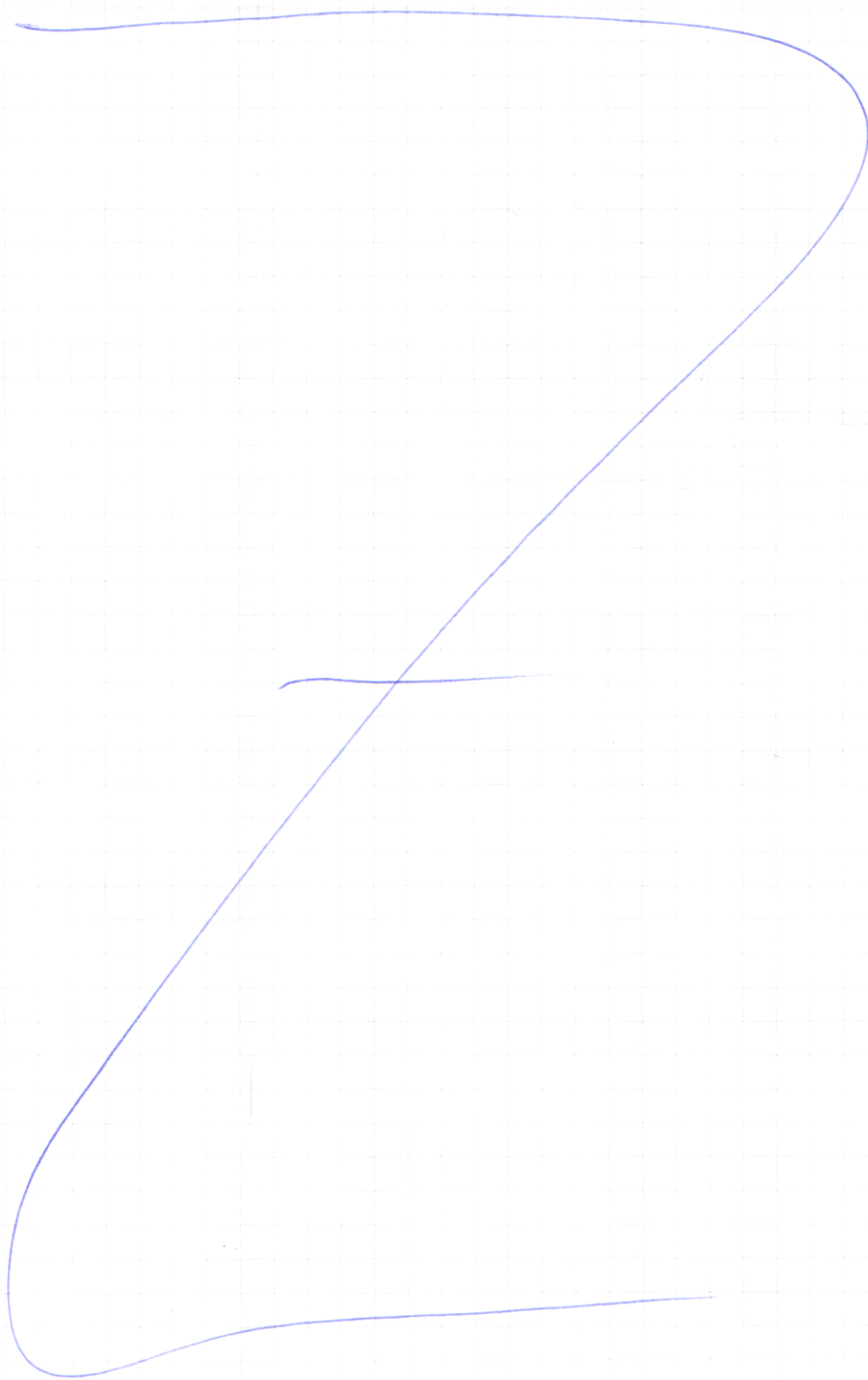


Энергия конденсатора $= \frac{C U^2}{2}$

$$\frac{C U^2}{2} = Q$$

$$U = \frac{1}{3} \mathcal{E}$$

$$Q = \frac{C}{2} U^2 = \frac{C}{2} \left(\frac{1}{3} \mathcal{E} \right)^2 = \frac{C \mathcal{E}^2}{50}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)