

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

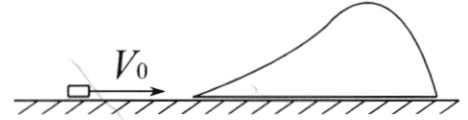
9-15

(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.

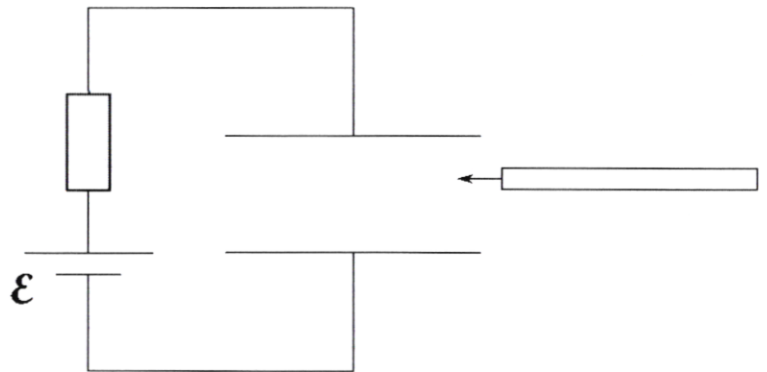


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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 $127 \text{ }^\circ\text{C}$ в количестве $\nu_1 = 0,1$ моль. Во второй части находится гелий при температуре $7 \text{ }^\circ\text{C}$ в количестве $\nu_2 = 0,4$ моль. Перегородка прорывается.

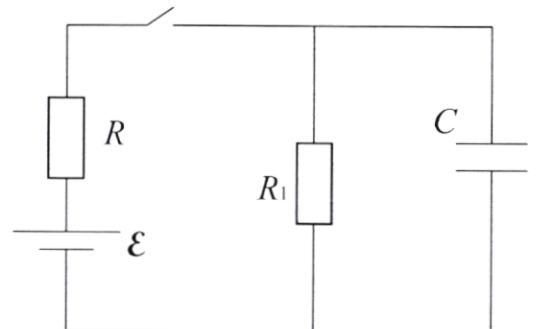
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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.



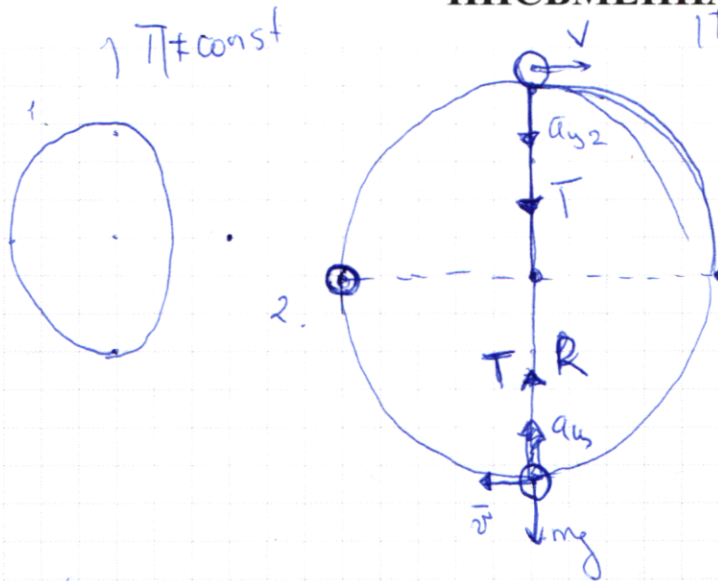
- 1) Найти емкость конденсатора с пластиной.
- 2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

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



$$\frac{mv^2}{2} - mgr = E_{\text{цп}} \cdot 2$$

$$m\left(\frac{v^2}{2} - gr\right) = \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{v^2}{2} = \frac{v^2}{2} - gr$$

$$2v^2 = v^2 - 2gr$$

$$v_2 = \sqrt{v^2 - 2gr}$$

~~$v_2 = \sqrt{gr}$~~

$$m a_{\text{ц}} = T - mg$$

$$m(a_{\text{ц}} + g) = T$$

$$m\left(\frac{v^2}{R} + g\right) = T$$

$$m\left(\frac{v^2(t)}{R} + g\right) = \text{const}$$

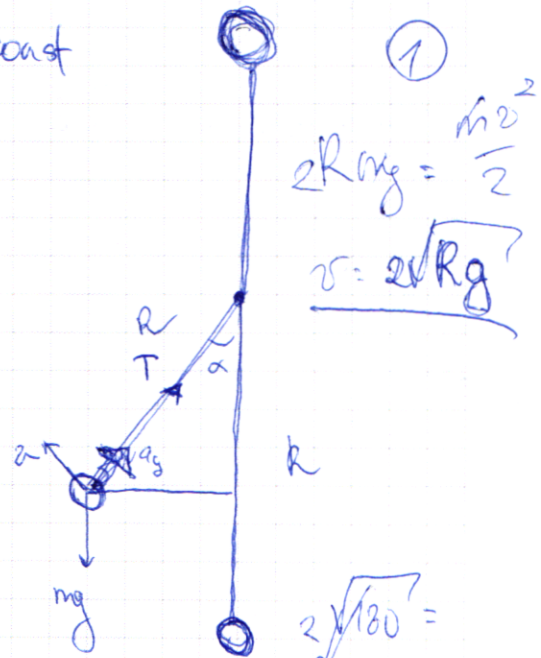
$$\frac{v^2(t)}{R} + g = \text{const}$$

$$v = \sqrt{gr}$$

Полный оборот $\Rightarrow T = \text{const}$

$$T = m\left(\frac{v(t)}{R} + g\right)$$

~~$$\frac{mv^2}{2} = mgr$$~~



$$2Rmg = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = 2\sqrt{Rg}$$

$$2\sqrt{0,18 \cdot 10} = 2\sqrt{1,8} = 2\sqrt{\frac{18}{10}} = 2 \cdot 3\sqrt{\frac{2}{10}} =$$

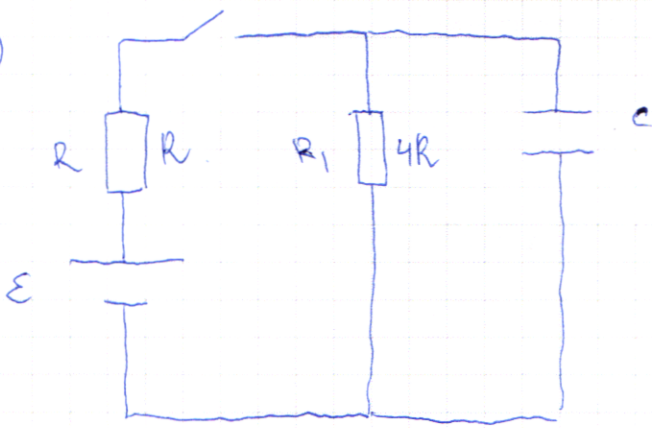
~~$$= \sqrt{1,8}$$~~

$$2\sqrt{0,18 \cdot 10} = 2\sqrt{1,8} = 2\sqrt{\frac{180}{100}} = 0,2\sqrt{18} =$$

$$= \sqrt{1,8}$$

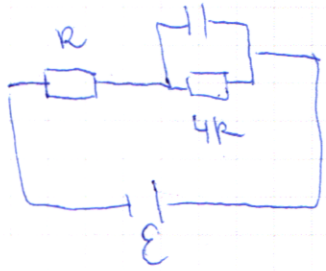
~~$$2\sqrt{180} =$$~~
~~$$= \sqrt{180}$$~~
~~$$= \sqrt{180}$$~~

5



Известно:
C, ε, R

2 Кнопка замкнута.



$U_{одн} = U_{одн} \cdot R_{одн}$

$R_{одн} = 5R$

$\epsilon = I(R+r)$

$\frac{\epsilon}{5R} = I$

$I \cdot R = U_1$

$\epsilon - U_1 = U_{конденсатора}$

$\epsilon - \frac{\epsilon R}{5R} = \frac{4}{5}\epsilon \quad (2)$

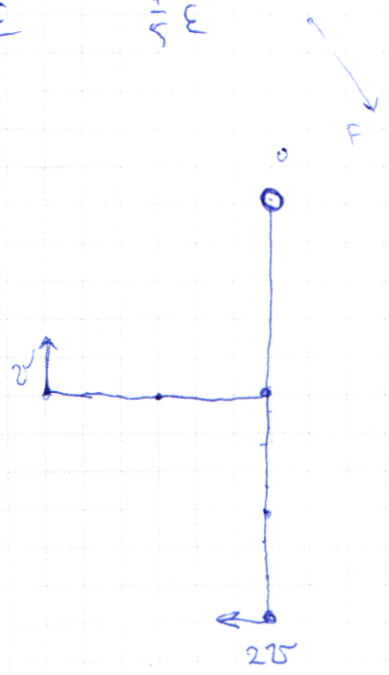
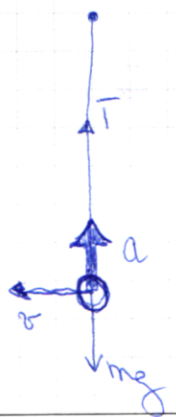
$\frac{R}{4} = \frac{q}{C}$

(1) $R = 5R$

$U_{конденсатора} = \frac{4}{5}\epsilon$

$y = q$

1



$2Rmg = \frac{mv^2}{2}$

$4Rg = v^2$
 $v = \sqrt{4Rg}$

$m\vec{a} = \vec{T} - m\vec{g}$

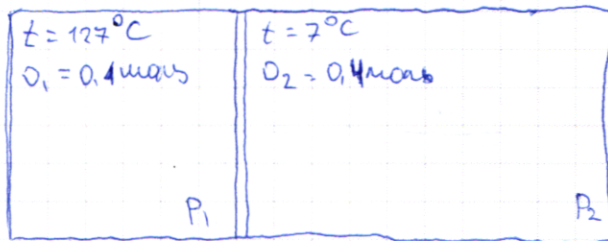
$m(\vec{a} + \vec{g}) = \vec{T}$

$m\vec{a}_y +$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)

+273 = K



$pV = \nu RT$ Перегородка $\rightarrow P_1 = P_2$

$$\frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{\nu V_1 + \nu V_2} = P_{\text{общее}}$$

$$V_1 = V_0 - V_2$$

$$\frac{P_1 (V_0 - V_2) + P_2 V_2}{V_0} = P_{\text{общее}}$$

$$\frac{V_2 (P_2 - P_1) + P_1 V_0}{V_0} = P_{\text{общее}}$$

$$\frac{V_2 \left(\frac{\nu_2 R T_2}{V_2} - \frac{\nu_2 R T_1}{V_0 - V_2} \right) + \frac{\nu_1 R T_1}{V_0 - V_2} \cdot V_0}{V_0} = P_{\text{общее}}$$

$$\frac{\nu_2 R T_2 - \frac{V_2 \nu_1 R T_1}{V_0 - V_2} + \frac{\nu_1 R T_1 V_0}{V_0 - V_2}}{V_0}$$

$$\frac{P_{\text{общее}} \cdot V_{\text{общее}}}{\nu R} = T_K$$

$$\frac{\nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2}{V_{\text{общее}}} = P_{\text{общее}}$$

2

$$m v_0 = (m+M) u$$

$$u = \frac{m v_0}{m+M}$$

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

$$\frac{m u^2}{2} = mgh \quad \frac{v_0^2}{m^2} \quad u^2 = 2gh \quad \left(\frac{v_0}{m}\right)^2 = 2gh$$

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

$$\frac{m u^2}{2} = \frac{m v_0^2}{50m^2} = \frac{v_0^2}{50m}$$

$$\frac{m \left(\frac{v_0}{50m}\right)^2}{2} = mgh$$

$$\frac{m u^2}{2} = mgh$$

$$u^2 = 2gh$$

$$h = \frac{u^2}{2g}$$

$$h = \frac{v_0^2}{50m^2 g}$$

$$u \quad \frac{v^2}{2} = gh$$

$$h = \frac{v^2}{2g}$$

$$m v_0 = (m+M) u$$

$v_0 - u$ = скорость уменьшения по горке.

$$h = \frac{(v_0 - u)^2}{2g}$$

$$u = \frac{m}{m+M} v_0$$

$$h = \frac{\left(v_0 - v_0 \frac{m}{m+M}\right)^2}{2g}$$

$$h = \frac{v_0^2 \left(1 - \frac{m}{m+M}\right)^2}{2g}$$

$$h = \frac{v_0^2 \left(1 - \frac{m}{5m}\right)^2}{2g} = \frac{4v_0^2}{10g} = \frac{2v_0^2}{5g}$$

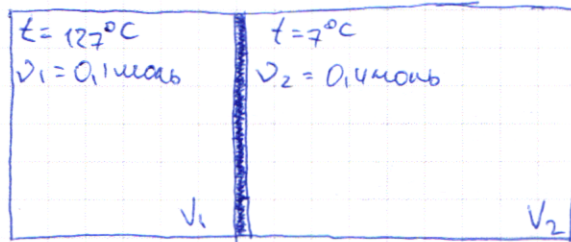
$\frac{m v_0^2}{2}$ / отбрасываем 2 горки, $\sqrt{\frac{4}{5} \frac{v_0^2}{g} \cdot g} = v$

$$\frac{m v^2}{2} = mgh$$

$$v = \sqrt{2gh} \quad 2\sqrt{\frac{v_0^2}{5}} = v \text{ с горки.} = \frac{2v_0}{\sqrt{5}} = \frac{2\sqrt{5}v_0}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 3



$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$$

$$V_{\text{общ}} = V_1 + V_2$$

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

$$127 + 273 = 400$$

$$7 + 273 = 280$$

$$400 - 280 = 120$$

$PV = \nu RT$ (1) 3-4 Менделеева-Клапейрона

$$P = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2} \quad (2) \text{ 3-4 Мейера-Бариуса}$$

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1 \quad (3)$$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2 \quad (4)$$

$$P_{\text{общ}} = \frac{R(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)}{V_{\text{общ}}}$$

$$P_{\text{общ}} = \frac{8,31 (0,1 \cdot 400 + 280 \cdot 0,4)}{8,31 \cdot 10^{-3}}$$

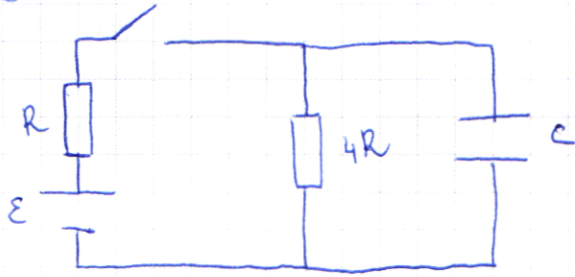
$$\frac{P_{\text{общ}} \cdot V_{\text{общ}}}{(\nu_1 + \nu_2) R} = T_{\text{эквив}} - \text{Температура}$$

$$P_{\text{общ}} = 152000 \text{ Па}$$

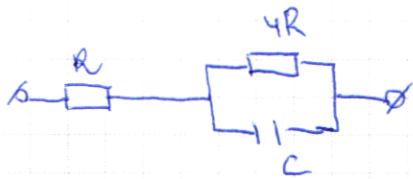
$$\frac{152 \cdot 10^5 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 8,31} = \frac{1,52}{0,5} \cdot 10^2 \approx \frac{15,2}{5} \cdot 10^2 \approx 300 \text{ К} \approx 27^{\circ}\text{C}$$

Ответ: 1) 27°C , 2) $1,52 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Задача 5



1) Ключ замкнут.



$$U_{одн} = U_{одн} \cdot R_{одн}$$

$$R_{одн} = 5R$$

$$\frac{\varepsilon}{5R} = I_{одн} \quad Y_k = Y_{одн}$$

$$U_k = \frac{\varepsilon}{5R} \cdot R = \frac{\varepsilon}{5}$$

$$U_c = \frac{4}{5} \varepsilon$$

2) Ключ разомкнут

$$E_{конденсатора} = \frac{CU^2}{2}$$

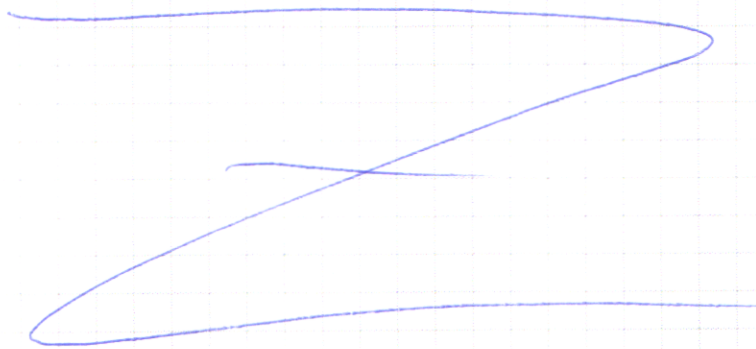
$$E_k \text{ (поше уці. резистора)} = \frac{16\varepsilon^2 C}{50}$$

$$U_{поше резистора уці} = 0$$

$$E_k \text{ (поше резистора)} = 0$$

$$E_k - E_{k2} = \frac{8\varepsilon^2 C}{25}$$

$$\text{Answer) } I = \frac{\varepsilon}{5R}; U = \frac{4}{5} \varepsilon; Q = \frac{8\varepsilon^2 C}{25}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2.

$$m v_0 = (m + M) u \quad (1) \quad M = 4m \quad u = \frac{v_0}{5} \quad u = \frac{3v_0}{5}$$

$$\frac{mv^2}{2} = mgh \quad h = \frac{v^2}{2g}$$

$$h = \frac{(v_0 - u)^2}{2g} \quad h = \frac{v_0^2 (1 - \frac{m}{m+M})}{2g}$$

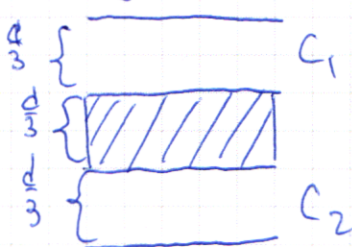
$$h = \frac{v_0^2 (1 - \frac{1}{5})}{2g} = \frac{4v_0^2}{10g} = \frac{2v_0^2}{5g} = \frac{v_0^2}{2.5}$$

Ответ: $h = \frac{v_0^2}{2.5}$

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

$$v = \frac{2\sqrt{5}}{5} v_0$$

Задача 4.



$$1) C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$2) C_1 = \frac{3\epsilon \epsilon_0 S}{d} = 3C_0$$

$$3) C_2 = \frac{3\epsilon \epsilon_0 S}{d} = 3C_0$$

$$C_{\text{общ}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3\epsilon^2 \epsilon_0^2 S^2 \cdot d}{d^2 \cdot 6\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{3}{6} \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = 1.5 C_0$$

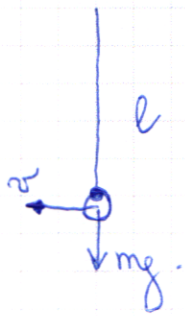
$$\Delta q = C_{\text{общ}} \cdot U - C_0 \cdot U$$

т.к. $q = \rho E$, т.к. $U = E \cdot d$

$$\Delta q = 1.5 C_0 \cdot E - C_0 \cdot E = \frac{1}{2} C_0 \cdot E$$

Ответ: 1) $1.5 C_0$; 2) $\frac{C_0 \cdot E}{2}$

Задача 1.



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

$$\frac{mv_0^2}{2} = 2mgl + \frac{mv^2}{2} \quad v^2 = g \cdot l$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = 2mgl + \frac{mgl}{2} \quad | \cdot 2$$

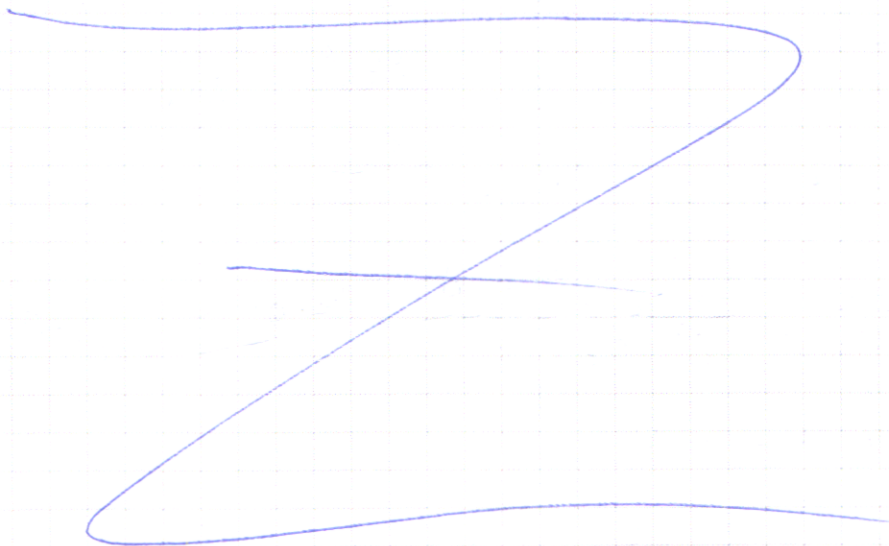
$$mv_0^2 = 4mgl + mgl$$

$$v_0^2 = 5gl$$

$$5gl = 0,18 \cdot 5 \cdot 10 = 1,8 \cdot 5 = 9$$

$$v_0 = 3 \text{ м/с}$$

Ответ: $v_0 = 3 \text{ м/с}$



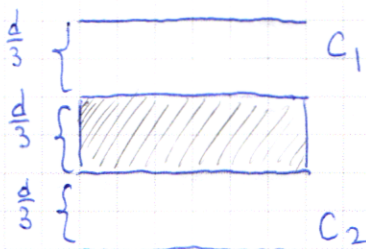
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5) $E_k = \frac{q^2}{2C} = \frac{Uq}{2} = \frac{CU^2}{2} \quad \frac{q}{U} = C \quad \frac{\varepsilon}{5R} \quad (1)$

$\frac{(\frac{4}{5}\varepsilon)^2 \cdot C}{2} = \frac{16\varepsilon^2 \cdot C}{50} = \frac{8\varepsilon^2 C}{25} \quad (3) \quad \frac{4}{5\varepsilon} \quad (2)$

4) $C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 d}{S}$

4.1

4)  $C_1 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$

$C_1 = \frac{3\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$

$C_2 = \frac{3\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$

$C_{\text{общ}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{9\varepsilon^2 \varepsilon_0^2 S^2 \cdot d}{d^2 \cdot 6\varepsilon \varepsilon_0 S} = \frac{3}{2} \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d} = 1.5 C_0$

2) $\Delta q = C_{\text{общ}} \cdot U - C_0 \cdot U = \frac{3}{2} C_0 \cdot \varepsilon - C_0 \cdot \varepsilon = \frac{1}{2} C_0 \cdot \varepsilon$

q

Ответ: 1) $1.5 C_0$

2) $\Delta q = \frac{1}{2} C_0 \cdot \varepsilon$

$1.5 C_0 (\varepsilon - U_k) - C_0 (\varepsilon - U_k) = 0.5 C_0 \varepsilon = 0.5$

$$\textcircled{1} \quad mgl + \frac{mv^2}{2} = 2mgl$$

$$R = l$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = 2mgl + \frac{mv^2}{2}$$

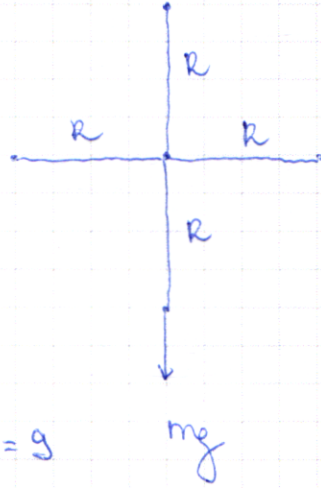
$$v^2 = g \cdot l$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = 2mgl + \frac{mgl}{2} \quad | \cdot 2$$

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

$$v_0^2 = 5gl \quad v_0^2 = 0,18 \cdot 5 \cdot 10 = 1,8 \cdot 5 = 9$$

$$v_0 = 3 \text{ м/с}$$



$$\frac{410^2}{10^2} = 4$$

