

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

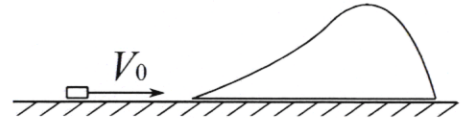
Шифр 06-023

(заполняется секретарём)

Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 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 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.

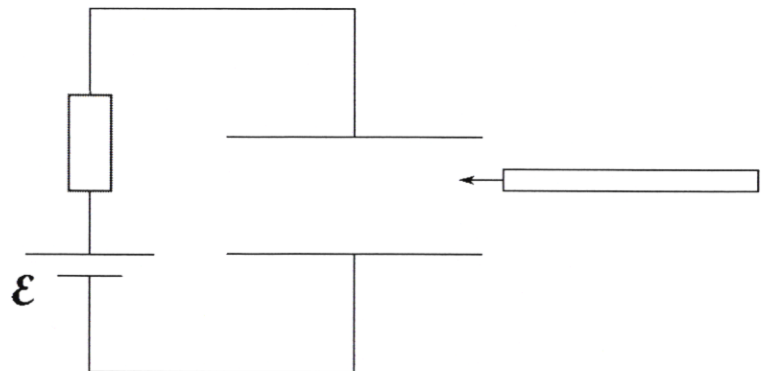


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

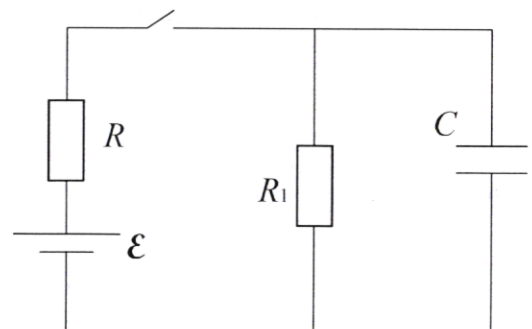
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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?

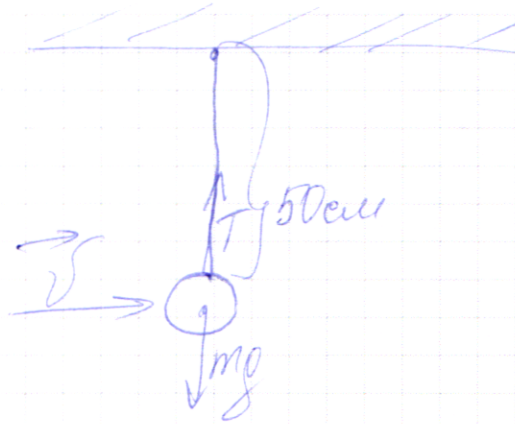
5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в R , $R_1=3R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , ε , R .



- 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

Дано:
 $l = 0,5 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $v_{\text{min}} = ?$



Решение:

1) Т.к. шарик должен совершить полный оборот по окружности, то он должен обладать
 $v_{\text{крит}} = \frac{v^2}{R}$, в данном случае $\vec{a} = \vec{g}$

$$2) \vec{R}_y = \vec{T} + \vec{m}g = \vec{m}a$$

$$R_y = -r \cdot mg + mg = \frac{mv^2}{R}$$

$$mg(1 - r) = \frac{mv^2}{R}$$

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

$$3) v^2 = gR \rightarrow v = \sqrt{gR}$$

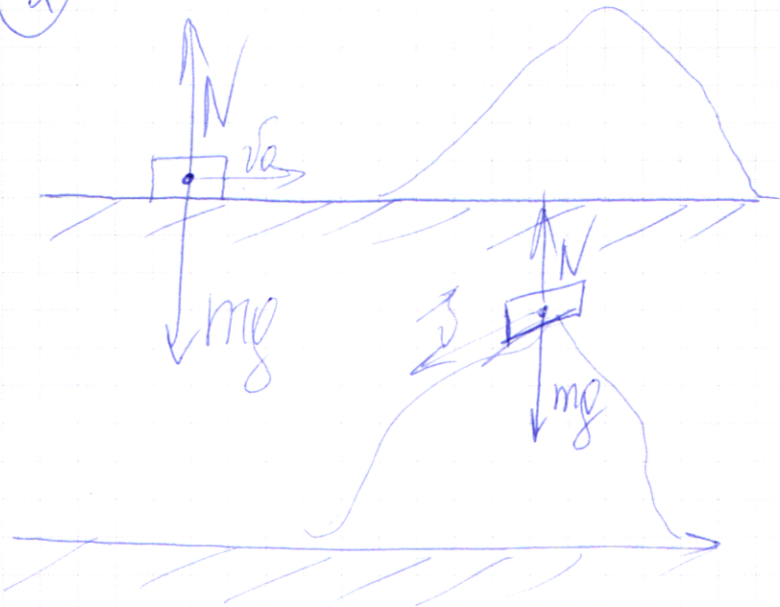
4) Размерность:

$$\left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot \text{м} = \frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$$

$$5) v = \sqrt{10 \cdot 0,5} = \sqrt{5} \approx 2,2 \text{ м/с}$$

Ответ: 2,2 м/с.

2



Дано:
 $m_1 = m$
 v_0
 $m_2 = 3m$
 $h_{\max} = ?$
 $v = ?$

1) Шайба обладает $W_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}$ в момент, когда шайба поднимается на горку, $W_{\text{кин}} = W_{\text{пот}}$.

$$\frac{mv^2}{2} = 3mgh \Rightarrow h = \frac{v^2}{6g} - \text{максим. высота}$$

2) $h = \frac{v^2}{6g} \Rightarrow v = \sqrt{6gh}$ - скорость съезда.

3) Проверим размерность:

a) $[h] = \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}}{\text{с}^2 \cdot \text{с}^{-2}} \right] = [\text{м}]$

b) $[v] = \left[\sqrt{\frac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}} \right] = \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$

Ответ: $\frac{v^2}{6g}$; $\sqrt{6gh}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)

A	T_1	T_2 B
V_1		V_2
ν_1		ν_2

Дано:

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

идеальной одноатомной газ-мши.

$$T_1 = 24^\circ\text{C} = 300^\circ\text{K}$$

$$\nu_1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$T_2 = 4^\circ\text{C} = 280^\circ\text{K}$$

$$\nu_2 = 0,3 \text{ моль}$$

1) $T^\circ\text{C} = ?$

2) $P = ?$

Решение:

1) Согласно ур. Менделеева-Клапейрона

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

2) Давление одинаково \Rightarrow

$$PV_1 = \nu_1 RT_1$$

$$PV_2 = \nu_2 RT_2 \Rightarrow$$

$$P(V_1 + V_2) = R(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)$$

$$P = \frac{(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2) R}{V_c}$$

$$P = \frac{8,31 \cdot (0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280) \cdot 10^3}{8,31} = (60 + 84) \cdot 10^3 = 144 \text{ кПа.}$$

3) Размерность:

$$[P] = \left[\frac{\text{моль} \cdot \text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К} \cdot \text{м}^3} \right] = [\text{Па}]$$

4) $PV = \nu RT \Rightarrow$

$$T = \frac{PV}{\nu R} = \frac{144 \cdot 10^3 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 8,31} = 288 \text{ K} = (288 - 243)^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C}$$

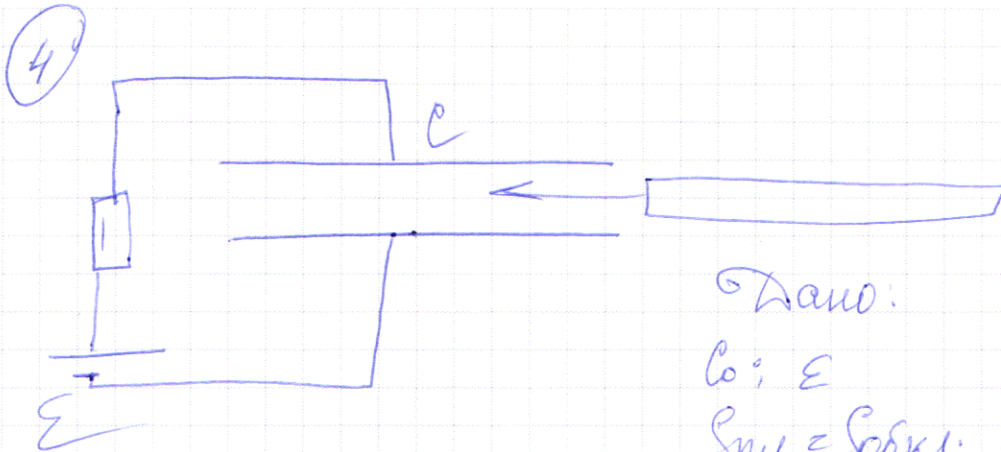
Размерность

$$[T] = \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{м}^3 \cdot \text{моль} \cdot \text{К}}{\text{моль} \cdot \text{Н} \cdot \text{м}^2} = [K] \cdot \text{м}^4$$

Ответ: 144 кПа; 15°C

~~144~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано:

\mathcal{E} ; ϵ

$S_{\text{пл}} = S_{\text{обкл.}}$; $b = \frac{d}{4}$

1) $C = ?$

2) $q = ?$

1) Знаю, что $\epsilon_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$, а площ. пластин $S = ab$, где b - ширина, $b = \frac{d}{4}$, а $a = l$, т.к. $S_{\text{пл.}} = S_{\text{обкл.}}$, запишем:

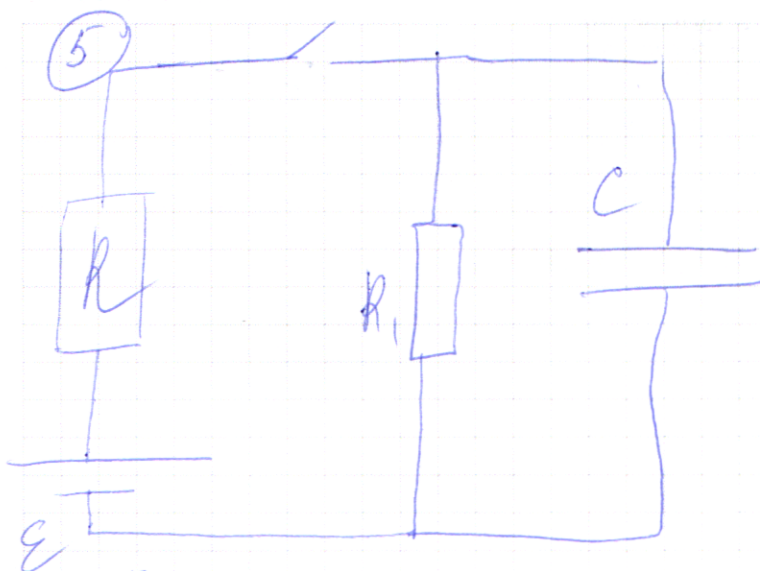
$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} + \frac{\epsilon d}{4} = \frac{4 \epsilon \epsilon_0 l d + \epsilon d^2}{4d} = \frac{\epsilon d (4 \epsilon \epsilon_0 + d)}{4d}$$

2) Т.к. $C = \frac{q}{U}$, $q = CU$:

$q = CU = \gamma R C$, где $\gamma = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ (из зак. Ома), r - внутр. сопр.

$$q = \frac{\epsilon d (4 \epsilon \epsilon_0 + d) \cdot \mathcal{E} \cdot R}{4 (R+r)}$$

Ответ: $\frac{\epsilon d (4 \epsilon \epsilon_0 + d)}{4}$; $\frac{\epsilon R l (4 \epsilon \epsilon_0 + d)}{4 (R+r)}$.



Дано:
 $R_1 = R = r$
 $R_1 = 3R$
 C, ε, R - изв. велич.
 1) $y = ?$ (после зам.)
 2) $U = ?$ (при замк. ключе)
 $Q = ?$ (после размык.

Решение:

Зная з. Ома для замк. цепи:

$$y = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow y = \frac{\varepsilon}{4R}$$

$$[y] = \left[\frac{В}{ом} \right] = [А]$$

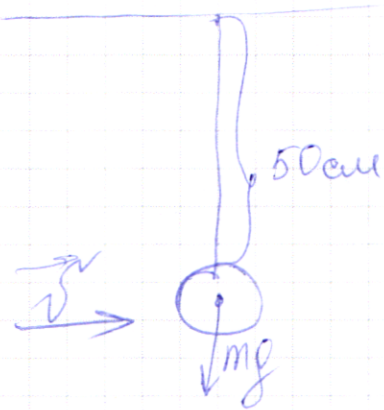
$$2) q = \frac{C \cdot U}{\varepsilon}; U = \frac{q}{C} \Rightarrow U = \frac{y \cdot t}{C} = \frac{\varepsilon \cdot t}{4R \cdot C} [В]$$

$$3) Q = \frac{C U^2}{2} = \frac{C \cdot \varepsilon^2 t^2}{2 \cdot 16 R^2} = \frac{\varepsilon^2 t^2 C}{32 R^2} [Дж]$$

Ответ: $\frac{\varepsilon}{4R}$; $\frac{\varepsilon t}{4RC}$; $\frac{\varepsilon^2 t^2 C}{32 R^2}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.



Дано:

$$l = 0,5 \text{ м.}$$

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

$$v \rightarrow \min = ?$$

Решение:

- 1) Так как шарик должен совершить полный оборот по в. вертикал. плоскости, то он должен обладать $v_{\text{циркл}} = \frac{v^2}{R}$
- 2) в данном случае $a = g \Rightarrow g = \frac{v^2}{R}, v \rightarrow \min \Rightarrow$
- 3) $v^2 = gR \Rightarrow v = \sqrt{gR}$, т.к. $v \rightarrow \min$, возьмем произвольную.

$$v = \frac{1}{2\sqrt{gR}}$$

- 4) Проверим размерность. $U = \frac{a}{c} = \frac{m}{ct} = \frac{E}{4Rc \cdot t}$

$$[v] = \left[\frac{1}{\sqrt{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \cdot \text{м}}} \right]$$

$$U = \frac{E}{4R + R}$$

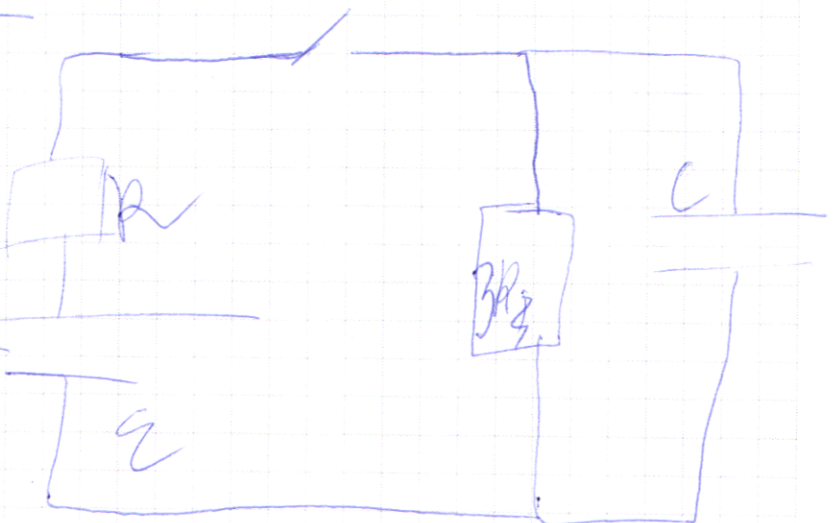
$$U = \frac{E}{R + 3R} = \frac{E}{4R}$$

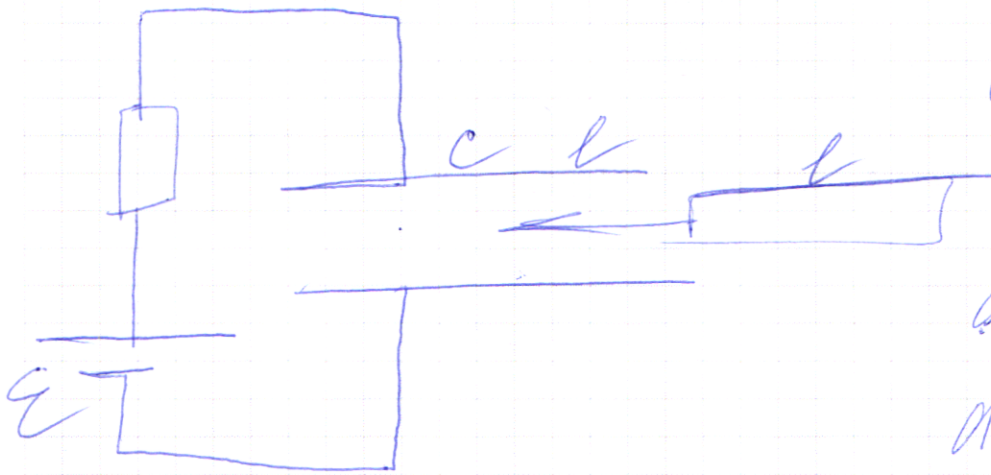
$$\frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

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

$$U^2 = \frac{q^2}{R^2} = \frac{E^2}{4R^3}$$

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{CE^4}{16R^6}$$





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

$$d \cdot l = S \quad l = \frac{S}{d}$$

$$d = \frac{d}{4} \quad \frac{d \cdot l}{4} = \frac{ld}{4}$$

$$U = \frac{E}{R+W}$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad \epsilon \quad \frac{\epsilon \epsilon_0 l \cdot d}{d} \quad a = l$$

$$\frac{4 \epsilon \epsilon_0 S}{d} + \frac{ld}{4}$$

$$S_{\text{ин.}} = d \cdot l \cdot b \cdot a$$

инт. сума.

$$b = \frac{d}{4} \Rightarrow S = \frac{ld}{4}$$

$$= \frac{4 \epsilon \epsilon_0 S + Sd}{4d}$$

$$C = \frac{4 \epsilon \epsilon_0 S}{d} + \frac{ld}{4} = \frac{4 \epsilon \epsilon_0 S + ld^2}{4d} = \frac{S(4 \epsilon \epsilon_0 + d)}{4d}$$

$$= \frac{ld(4 \epsilon \epsilon_0 + d)}{4d}$$

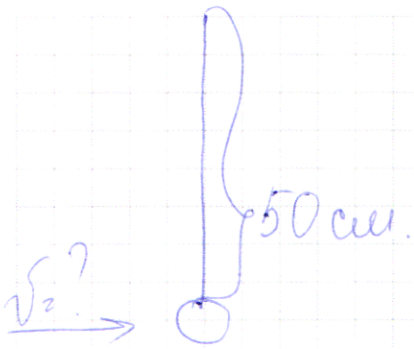
$$W = \frac{q^2}{2C}; \quad q^2 = W \cdot 2 \cdot C$$

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

$$\frac{q^2}{2C} = \frac{C U^2}{2} \quad q = CU = C \cdot \frac{E}{R+W} \Rightarrow C = \frac{q}{U} = \frac{C \cdot U}{U} = \frac{C}{1} = C$$

$$q = CU = C \cdot \frac{E}{R+W} \Rightarrow C = \frac{q}{U} = \frac{C \cdot U}{U} = \frac{C}{1} = C$$

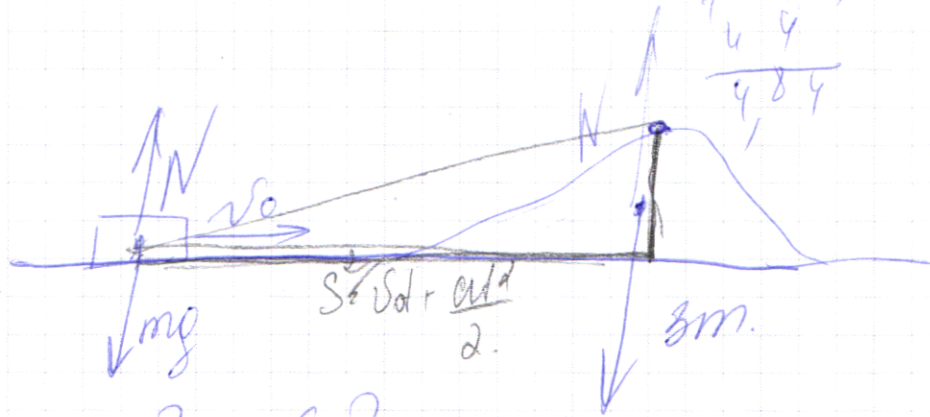
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$g = 10 \frac{\text{см}}{\text{с}^2}$
 $v_{\text{min}} = ?$
 $l = r = 0,5 \text{ м.}$
 $v = \sqrt{5}$

$a = \frac{v^2}{R}$
 $v = \sqrt{g \cdot R}$ $v \rightarrow \text{min.}$
 $v = \frac{1}{2 \sqrt{gR}} = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{5}} = \frac{\sqrt{5}}{2 \cdot 5} = \frac{\sqrt{5}}{10} \approx 0,48$

② $mg - T = \frac{mv^2}{R}$
 $mg -$



$\begin{array}{r} \times 22 \\ 22 \\ \hline 44 \\ + 44 \\ \hline 484 \end{array}$

$\begin{array}{r} \times 23 \\ 23 \\ \hline 69 \\ + 46 \\ \hline 529 \end{array}$

$\begin{array}{r} \times 24 \\ 24 \\ \hline 48 \\ + 96 \\ \hline 576 \end{array}$

$h = \text{max.}$ $v = ?$

1) $mg - N = 0$ $N_1 = mg$
 $x: v_0 t + \frac{at^2}{2} = S$
 $v = v_0 + at$

2) $3mg = N_2$
 $4mg = N$

3) $h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g}$
 $h = \frac{v_0^2}{2g}$
 $v_0 = \sqrt{2gh}$

A	B
V_1	V_2

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

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

$$V_1 = 0,2 \text{ моль}$$

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

$$V_2 = 0,3 \text{ моль}$$

$$\frac{+273}{27}$$

$$300$$

$$\frac{+273}{7}$$

$$280$$

$$\frac{300 \cdot 2}{10}$$

$$\frac{280 \cdot 3}{10} = 84$$

$$\frac{+60}{144}$$

$$T_2 = ?$$

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

$$q = \mu t$$

$$P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu_2 R T_2$$

$$P(V_1 + V_2) = (\nu_1 + \nu_2) \cdot R \cdot (T_1 + T_2)$$

$$PV = \frac{3}{2} \nu R T$$

$$PV = \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{cU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

моль · К.

мВ

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

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

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

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

$$P_1 V_1 = \frac{m}{M} R T_1$$

$$+ P_2 V_2 = \frac{m}{M} R T_2$$

$$P(V_1 + V_2) = \nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2$$

$$PV = R(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)$$

$$P \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} = 8,31(0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280)$$

$$P = \frac{8,31(60 + 84) \cdot 10^3}{8,31}$$

$$= 144 \text{ кПа}$$

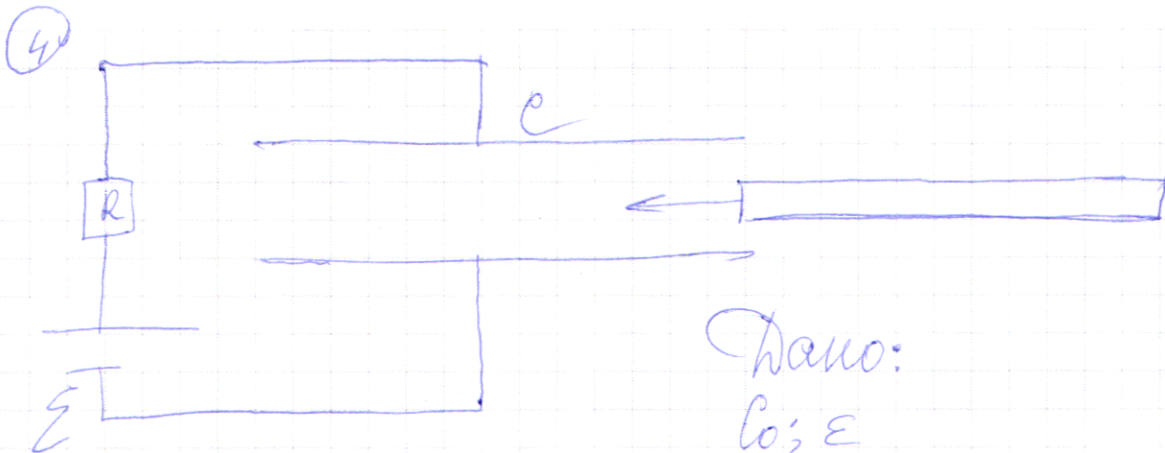
$$PV = \nu R T$$

$$T = \frac{PV}{\nu R} = \frac{144 \cdot 10^3 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 8,31}$$

$$= \frac{144 \cdot 2}{1} = 288 \text{ K}$$

$$\frac{280}{273} = 15^\circ \text{C}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано:
 $\epsilon_0; \epsilon$

$S_{пл.} = S_{обкл.}$
 $\epsilon_{(полус.)} = \frac{d}{4}$ (расст. меж. обкл.)

1) $C = ?$
2) $q = ?$

1) Знаем, что $C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$, а площадь пластин $S = a \cdot b$, где $b = \frac{d}{4}$, а $a = l$, найдем:

$$C = \frac{4 \epsilon \epsilon_0 S}{d} + \frac{l \cdot d}{4} = \frac{4 \epsilon \epsilon_0 l \cdot d + l \cdot d^2}{4d} = \frac{ld(4\epsilon\epsilon_0 + d)}{4d}$$

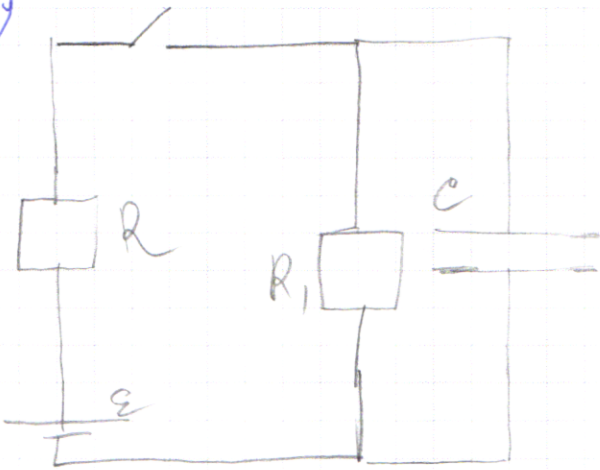
2) Так как $C = \frac{q}{U}$, найдем q :

$$q = CU = C \cdot UR, \text{ где } U = \frac{\epsilon}{R+r}, r - \text{внут. сопротивление.}$$

$$q = C \cdot \frac{\epsilon R}{(R+r)} = \frac{l(4\epsilon\epsilon_0 + d)}{4} \cdot \frac{\epsilon R}{(R+r)}$$

Ответ: $\frac{l(4\epsilon\epsilon_0 + d)}{4d} \cdot \frac{\epsilon l(4\epsilon\epsilon_0 + d) \cdot R}{4(R+r)}$

5



Дано:

R (внутр. сопр.) $R = r$

$R_1 = 3R$

C ; ε ; R - извест. величины.

1) $U = ?$ (после замык.)

2) $U = ?$ (при замык. ключе)

$Q = ?$ (после размык.)

Решение:

1) Зная закон Ома для замк. цепи:

$$U = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow U = \frac{\varepsilon}{3R+R} = \frac{\varepsilon}{4R}$$

2) $[U] = [\frac{\Phi}{C}] = [A]$

$$U = UR = \frac{\varepsilon}{4R} \cdot R = \frac{\varepsilon}{4} - \text{в цепи.}$$

3) $Q = \frac{CU^2}{2} = \frac{C \cdot \varepsilon^2}{16 \cdot 2} = \frac{\varepsilon^2 C}{32}$

4) $Q = CU$; $U = \frac{Q}{C} = \frac{U t}{C} = \frac{\varepsilon t}{4R \cdot C}$ - на конденсаторе

~~$U = \frac{\varepsilon}{4}$~~ ~~$\frac{U}{R} = UR$~~

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

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

$$UR = \frac{U t}{C}$$

$$UR = \frac{Q}{C}$$