Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

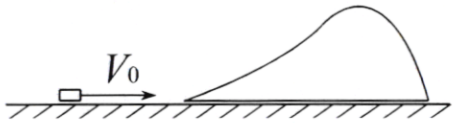
Шифр 06-013

(заполняется секретарём)

Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарику, чтобы он, двигаясь по окружности, совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Принять g=10 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?

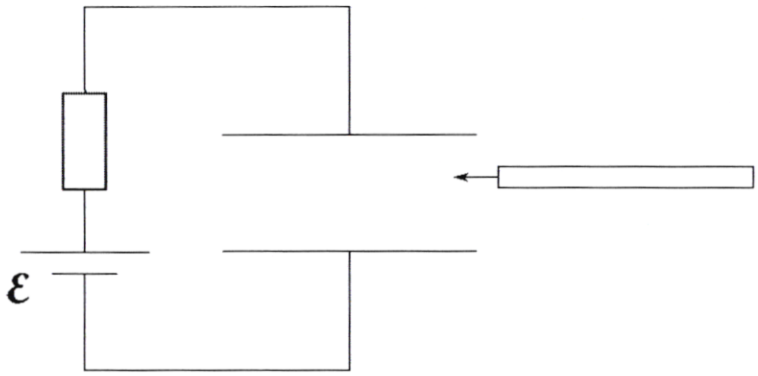
2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

3. Теплоизолированный сосуд объемом $V = 8{,}31 \cdot 10^{-3}$ м^3 разделен перегородкой на две части с различными объемами. В первой части находится гелий при температуре 127 ^{0}C в количестве $\nu_1 = 0{,}1$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7 ^{0}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.

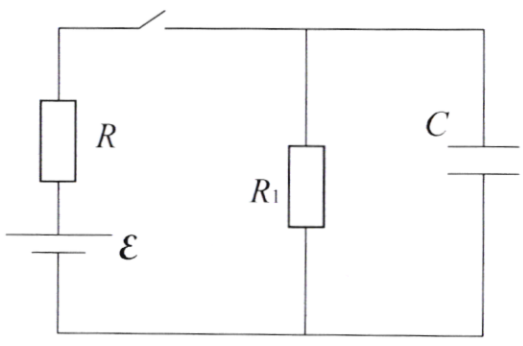
4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС ε (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-013
ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

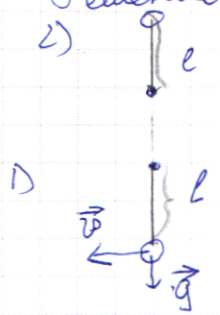
Дано:

$l = 18\,см = 0{,}18\,м$

$v = ?$

$g = 10\,м/с^2$

Решение:



2) $E_n = 2mgl$, $E_к = 0$

D) $E_n = 0$, $E_к = \frac{mv_0^2}{2}$

$\Rightarrow E_к = E_n$

$\frac{mv_0^2}{2} = 2mgl \Rightarrow v = 2\sqrt{gl}$

$\Rightarrow v = 2\cdot\sqrt{10\,м/с^2 \cdot 0{,}18\,м} \approx 2{,}7\,м/с$

Ответ: $2{,}7\,м/с$

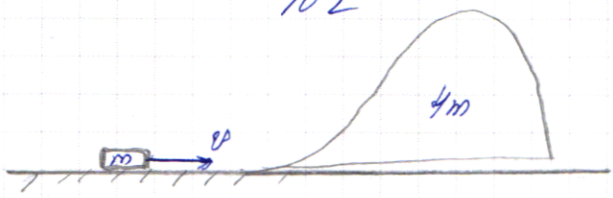
Дано:

$m, v_0, 4m$

$h_{max} = ?$

$v_h = ?$

$\sqrt{2}$



начальная энергия системы $\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2}$

$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{4mu^2}{2} \quad v_0^2 = 2gh + 4u^2$

$mgh = \frac{4mu^2}{2} + \frac{mv_h^2}{2} \Rightarrow 2gh = 4u^2 + v_h^2$

$m\vec{v}_0 = m\vec{u} + m\vec{u} + m\vec{v}_h \Rightarrow \frac{v_0 - v_h}{2} = u$

$v_0^2 = 8u^2 + v_h^2$

$v_0^2 = 2(v_0 - v_h)^2 + v_h^2 \Rightarrow v_0^2 = 2v_0^2 - 4v_0v_h + 2v_h^2 + v_h^2$

$3v_h^2 + v_0^2 - 4v_0v_h = 0$

$D = 16v_0^2 - 12v_0^2 = (2v_0)^2 \Rightarrow v_h = \frac{4v_0 \pm 2v_0}{3} = \begin{cases} 2v_0 - \text{не подход.} \\ \frac{2}{3}v_0 \end{cases}$

$v_h = \frac{1}{3} v_0 \Rightarrow u = \frac{v_0 - v_h}{2} = \frac{1}{6} v_0$

$\Rightarrow 2gh = 4u^2 + v_h^2$

$2gh = \frac{4 v_0^2}{36} + \frac{4}{9} v_0^2$

$2gh = \frac{20 v_0^2}{36}$

$gh = \frac{5}{18} v_0^2$

$h = \frac{5}{180} v_0^2$

Ответ: 1) $h = \frac{5}{180} v_0^2$, 2) $v_h = \frac{2}{3} v_0$

Дано:

$V = 8{,}31 \cdot 10^{-3}\ м^3$

$T_1 = 127^\circ C = 400^\circ K$

$T_2 = 7^\circ C = 280^\circ K$

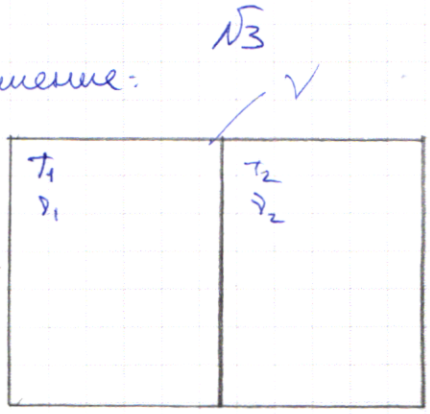
$\nu_1 = 0{,}1$ моль

$\nu_2 = 0{,}4$ моль

$T_0 = ?$

$P_0 = ?$

Решение:



1) т.к. V-const $\Rightarrow$

$Q = \Delta U + A$

$A = 0$,

т.к. система термоизолирована

$\Rightarrow Q = 0 \Rightarrow$

$\left.\begin{matrix} A=0 \\ Q=0 \end{matrix}\right\} \Delta U = 0$

2) $\Rightarrow \frac{3}{2}\nu_1 R T_1 + \frac{3}{2}\nu_2 R T_2 = \frac{3}{2}\nu_0 R T_0$

$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = \nu_0 T_0$, $\nu_0 = \nu_1 + \nu_2$

$\Rightarrow T_0 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0{,}1\text{ моль} \cdot 400^\circ K + 0{,}4\text{ моль} \cdot 280^\circ K}{0{,}1\text{ моль} + 0{,}4\text{ моль}} =$

$\Rightarrow T_0 = \frac{40 + 112}{0{,}5} = 304\ K$

$\Rightarrow$ 3) $P_0 V_0 = \frac{3}{4}\nu_0 R T_0 \Rightarrow P_0 = \frac{3\nu_0 R T_0}{2 V_0} = \frac{0{,}5\text{ моль} \cdot 8{,}31 \cdot 304\ K}{8{,}31 \cdot 10^{-3}\ м^3} = 152\ кПа$

Ответ: 1) $T_0 = 304\ K$ 2) $P_0 = 152\ кПа$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06 · 013
ШИФР
(заполняется секретарём)

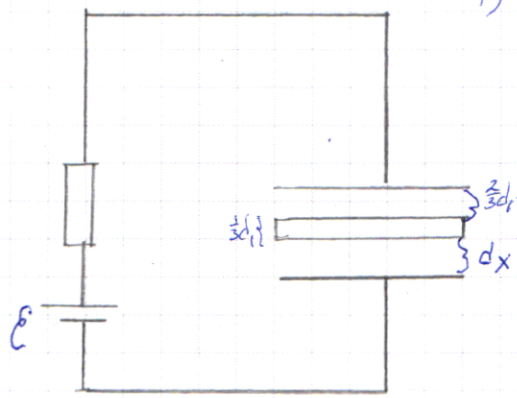
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4

Дано: C_0, ε, $d_2 = \frac{1}{3} d_1$

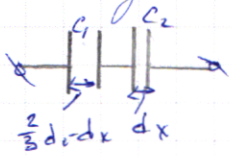
Найти: $C_0' = ?$, $\Delta q = ?$

Решение:



1) $C_0 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d_1} \Rightarrow S = \frac{C_0 d_1}{\varepsilon \varepsilon_0}$

После введения пластины в конденсатор можно представить в виде двух последовательно соединенных.



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

$C_1 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{\frac{2}{3}d_1 - dx} \Rightarrow C_1 = \frac{C_0 d_1}{\frac{2}{3}d_1 - dx}$

$C_2 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{dx} \Rightarrow C_2 = \frac{C_0 d_1}{dx}$

$\Rightarrow C_0' = \frac{\frac{C_0^2 d_1^2}{dx(\frac{2}{3}d_1 - dx)}}{\frac{C_0 d_1}{dx} + \frac{C_0 d_1}{\frac{2}{3}d_1 - dx}} \Rightarrow$

$C_0' = \frac{C_0^2 d_1^2 \cdot dx(\frac{2}{3}d_1 - dx)}{C_0 d_1 (\frac{2}{3}d_1 - dx + dx)(\frac{2}{3}d_1 - dx)\, dx} = \frac{C_0 d_1}{\frac{2}{3} d_1} = \frac{3}{2} C_0$

2)

$q_0 = C_0 V_0$, $V_0 = \mathcal{E} \Rightarrow q_0 = C_0 \mathcal{E}$

$q_0' = C_0' V_0 \Rightarrow q_0' = \frac{3}{2} C_0 \mathcal{E} \Rightarrow \Delta q = \frac{1}{2} C_0 \mathcal{E}$

Ответ: 1) $C_0' = \frac{3}{2} C_0$ 2) $\Delta q = \frac{1}{2} C_0 \mathcal{E}$

№5

Дано:

C, $\mathcal{E}$, R

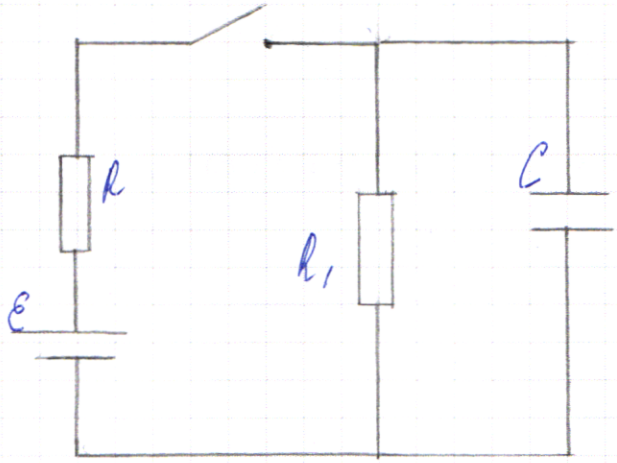
$R_1 = 4R$

$I_\mathcal{E} = ?$

$V_c = ?$

$Q = ?$

Решение:



$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r}$

$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R} = \frac{\mathcal{E}}{}$

$R_0 = \frac{RR_1}{R_1 + R} = \frac{4}{5}R$

$I_\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{R + 4R} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$

1) $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{\frac{4}{5}R} = \frac{5\mathcal{E}}{4R} = 1{,}25\frac{\mathcal{E}}{R}$

2) К $V_c = \mathcal{E}$

3) $\frac{Cu^2}{2} + Q = V_0 I_0$

$Q = \frac{1{,}25\mathcal{E}^2}{R} - \frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{\mathcal{E}^2(2{,}5 - CR)}{2R}$

Ответ: 1) $I_\mathcal{E} = 0{,}2\frac{\mathcal{E}}{R}$ 2) $V_c = \mathcal{E}$ 3) $\frac{\mathcal{E}^2(2{,}5 - CR)}{2R}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

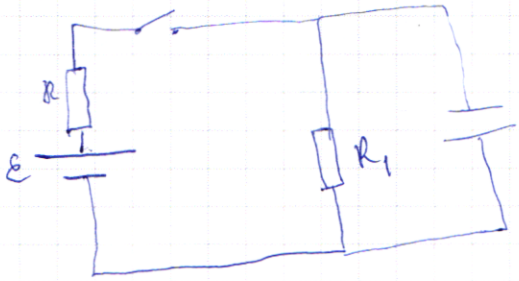
06-013
ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Дано:
R, $R_1 = 4R$.
C, $\mathcal{E}$, R.

1) $I = ?$
2) $V_0 = ?$
3) $Q = ?$



$\mathcal{E} = I_\mathcal{E}(R+r)$

$\mathcal{E} = I r$

$\mathcal{E} = I_0 \cdot r$

$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} = \frac{1}{R} + \frac{1}{4R} = \frac{4+1}{4R} = \frac{5}{4R} \Rightarrow$

$R_0 = 0{,}8R,$

$I = \frac{\mathcal{E}}{R_0} = \frac{\mathcal{E}}{0{,}8R} = 1{,}25\frac{\mathcal{E}}{R}$

$C = qV_0$

$V_1 = V_2 = V_3$

$\frac{I_1}{R_1} = \frac{I_2}{R_2} = V_3$

$I_1 + I_2 + I_3 = I_0$

$I_3 = I_0 - I_1 - I_2 = 1{,}25\frac{\mathcal{E}}{R} - \frac{\mathcal{E}}{R} -$

$I_2 = I_1 = I = \frac{\mathcal{E}}{R} =$

$I_3 = I_0 - I_1 - I = \frac{5\mathcal{E}}{R} - \frac{\mathcal{E}}{R} - \frac{\mathcal{E}}{4R} =$

$= \frac{4\mathcal{E}}{R} - \frac{\mathcal{E}}{4R} = \frac{15\mathcal{E}}{4R}$

$V = \frac{15\mathcal{E}}{4} \cdot \frac{4}{5}R = 3\mathcal{E}$

$Q = \frac{5\mathcal{E}^2}{R} - \frac{9\mathcal{E}^2}{2}$

$Q = \frac{10\mathcal{E}^2 - 9\mathcal{E}^2}{2} = \frac{\mathcal{E}^2(10-9)}{2}$

$Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \mathcal{E}I^2$

$\mathcal{E}I^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + Q$

$Q = \mathcal{E} \cdot \frac{25\mathcal{E}^2}{R^2} - \frac{C \cdot 9\mathcal{E}^2}{2}$

$\mathcal{E} = \frac{I}{(R+r)}$

$r = R$

$\mathcal{E} = \frac{I}{4R+R} = \frac{I}{5R}$

$I = \frac{5\mathcal{E}R}{R}$

$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$

$V_C = \mathcal{E}$

$I_1 = \frac{\mathcal{E}R}{R}$

$\frac{\mathcal{E}}{4R}$ $\quad \frac{4\mathcal{E}+\mathcal{E}}{4R} = \frac{5\mathcal{E}}{R}$

$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} + VI$

№1

$C_1 = \frac{C_0 d_1}{d_x}$ $\quad C_2 = \frac{C_0 d_1}{\frac{2}{3}d_1 - d_x}$

$C_1 \cdot C_2 = \frac{C_0^2 d_1^2}{d_x(\frac{2}{3}d_1 - d_x)}$

$C_1 + C_2 = \frac{C_0 d_1}{d_x} + \frac{C_0 d_1}{\frac{2}{3}d_1 - d_x} = \frac{\frac{2}{3}C_0 d_1^2 - C_0 d_1 d_x + C_0 d_1 d_x}{d_x(\frac{2}{3}d_1 - d_x)} =$

$= \frac{\frac{2}{3}C_0 d_1^2}{d_x(\frac{2}{3}d_1 - d_x)}$

$\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{C_0^2 d_1^2 \cdot d_x(\frac{2}{3}d_1 - d_x)}{\frac{2}{3}C_0 d_1^2 d_x(\frac{2}{3}d_1 - d_x)} = \frac{3}{2}C_0$

№2

Дано:

m, v_0

$\frac{\Delta m}{m_{max}}$

$mgh = \frac{mv_0^2}{2}$ $\quad mv_0 = mv_0' + mv$

$\frac{mv_0^2}{2} = mgh \quad \frac{v_0^2}{2} = gh + \frac{4v_x^2}{2}$

$v_x = \frac{\frac{1}{3}v_0}{2} = \frac{1}{6}v_0$

$gh = \frac{4v_x^2}{2} + \frac{v_0'^2}{2}$

$\frac{mv_0'^2}{2} = mgh + \frac{4mv_x^2}{2}$

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

$\frac{v_0^2}{2} = 4v_x^2 + \frac{v_0'^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = 8v_x^2 + v_0'^2$

$2gh = v_0^2 - 4 \cdot \frac{1}{36}v_0^2$

$gh = v_0^2 - \frac{1}{9}v_0^2$

$h = \frac{\frac{8}{9}v_0^2}{g}$

$h = \frac{4v_0^2}{9}$

$mv_0 = v_x + v_x + v_0'$

$v_x = \frac{v_0 - v_0'}{2} \Rightarrow v_0^2 = 2(v_0 - v_0')^2 + v_0^2$

$v_0^2 = 2v_0^2 - 4v_0 v_0' + 2v_0'^2 + v_0'^2$

$v_0^2 = 4v_0 v_0' - 3v_0'^2$

Пусть $v_0' = a$

$3a^2 - 4v_0 a + v_0^2 = 0$

$D = 16v_0^2 - 12v_0^2 = 2v_0 \Rightarrow a_{1,2} = \frac{4v_0 \pm 2v_0}{3} = \begin{bmatrix} 2v_0 \\ \frac{2}{3}v_0 \end{bmatrix}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-013

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

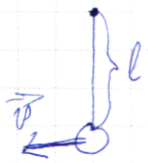
№1

Дано:

$l = 18\,см = 0{,}18\,м$

$g = 10\,м/с^2$

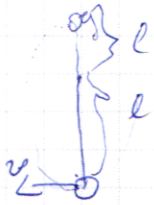
$\omega = ?$



$v = \omega l$

$v = 2\pi n l$

$vt = \omega l$



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

$mv^2 = 4mgl$

$v^2 = 4gl$

$v = 2\sqrt{gl} = 2\sqrt{10\,м/с^2 \cdot 0{,}18} = \sqrt{1{,}8} \cdot 2 = 1{,}3 \cdot 2$

$\sqrt{1\frac{8}{5}} \cdot 2 = 6\sqrt{\frac{1}{5}} = \frac{6}{\sqrt{5}} \approx \frac{6}{2{,}2} \approx 2{,}7\,м/с$

Ответ: 2,7 м/с

№2

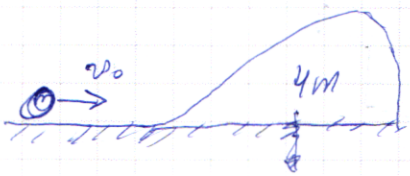
Дано:

m, v_0

$4m$.

1) $h = ?$

2) $v_0' = ?$



$mgh = \frac{mv_0^2}{2}$

$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + Q$

$mgh = \frac{mv_0^2}{2} - Q$

$mgh = \frac{mv_0^{2\prime}}{2} + Q$

$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^{2\prime}}{2} + 2Q$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

№3

Дано:

$V = 8,31 \cdot 10^{-3}\ м^3$

$T_1\ ^\circ C = 127\ ^\circ C$

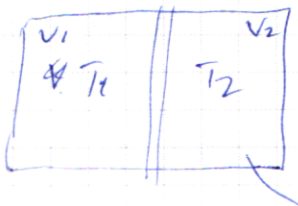
$\nu_1 = 0,1$ моль

$T_2 = 7\ ^\circ C$

$\nu_2 = 0,4$ моль

1) $T_0 = ?$

2) $P_0 = ?$



$Q = \Delta V + A$

$A = 0$, $Q = 0$ $\Big\}$ $\Delta V = 0 \Rightarrow$

$\nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2 = \nu_0 R T$

$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = (\nu_1 + \nu_2) T_0$

$$T_0 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,1\text{ моль} \cdot 400\text{ K} + 0,4 \cdot 280\text{ K}}{0,4 + 0,1\text{ моль}} =$$

$$= \frac{40 + 112}{0,5} = \frac{152}{0,5} = 304\text{ K}$$

$$\Rightarrow P_0 V_0 = \nu_0 R T_0 \Rightarrow P_0 = \frac{\nu_0 R T_0}{V_0} = \frac{0,5\text{ моль} \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 152 \cdot 10^3 = 152\text{ кПа}$$

№4.

Дано:

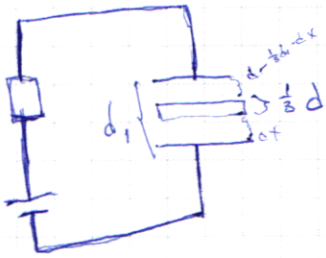
$\mathcal{E}$

C_0

$d_2 = \frac{1}{3} d_1$

1) $C_0' = ?$

2) $q = ?$



$$\frac{1}{C_0'} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} = \frac{2}{C_1} \Rightarrow C_0' = \frac{C_1}{2}$$

$$C_1 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{\frac{1}{3} d_1} = \frac{3 \varepsilon \varepsilon_0 S}{d_1}$$

$$C_0 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d_1} \Rightarrow S = \frac{C_0 d_1}{\varepsilon \varepsilon_0}$$

$$C_1 = \frac{3 \varepsilon \varepsilon_0 \cdot C_0 d_1}{\varepsilon \varepsilon_0 \cdot d_1} = 3 C_0$$

$$C_0' = \frac{3}{2} C_0$$

$q_0 = C V_0$ $\quad$ т.к. $V_0 = \mathcal{E} \Rightarrow$ $\quad q_0 = \mathcal{E} C$

$q_0' = C_0' V_0'$ $\quad q_0' = \frac{3}{2} C_0 \mathcal{E}$

$S = \frac{C_0 d_1}{\varepsilon \varepsilon_0}$ $\quad \Rightarrow \Delta q = q_0' - q_0 = \frac{1}{2} C_0 \mathcal{E}$

$S = \frac{C_0 d_1}{\varepsilon \varepsilon_0}$

$C_1 = C_0 \frac{d_1}{dx}$

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

$C_1 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{dx}$

$C_2 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{\frac{2}{3} d_1 - dx}$

$C_2 = C_0 \frac{d_1}{\frac{2}{3} d_1 - dx}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-013
ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

☐ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)