Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

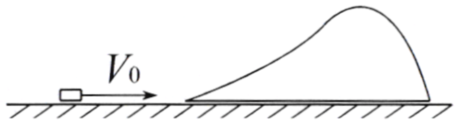
Шифр 06-032

(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?

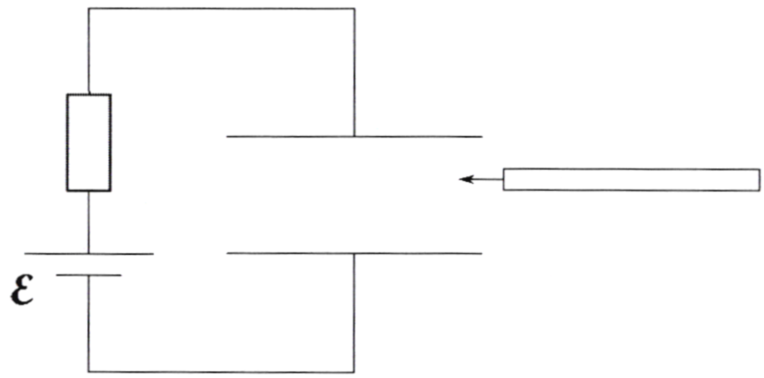
2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

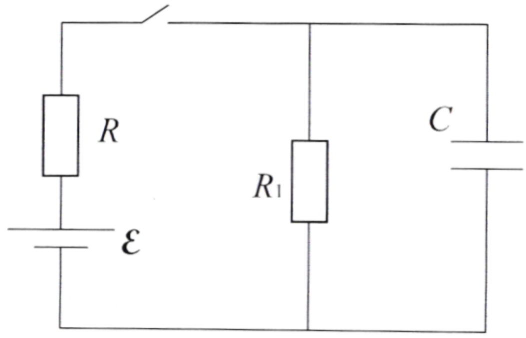
4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС ε (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины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

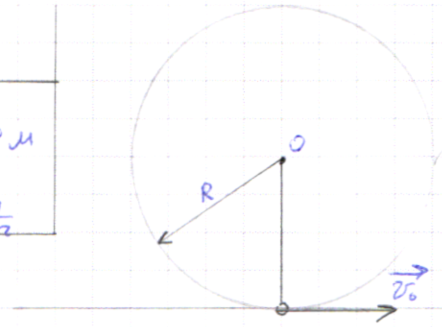
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

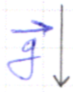
v_0 – ?

$R = 0{,}18$ м

$g = 10\ \frac{м}{с^2}$



О – место крепления 2-ого конца нити.



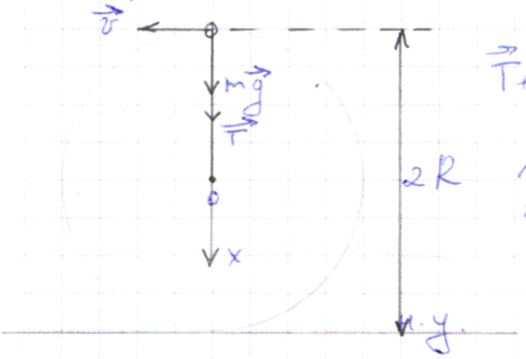
н.у. – нулевой энерг. уровень

Рассмотрим шарик в нижнем положении.

$W_0 = W_{0к} + W_{0п} = \frac{mv_0^2}{2}$; (1)

где m – масса шарика
v_0 – его ~~нач~~ заданная горизонт. скорость
W_0 – полная механ. энергия шарика в нижнем положении.
$W_{0к}$ – кин. энергия шарика (отн. Земли)
$W_{0п}$ – потенц энергия шарика (в этот момент она равна 0)

Теперь рассмотрим шарик в ~~н~~ верхнем положении.



по II з. Н. для шарика:

$\vec T + m\vec g = m\vec a$; где T – сила нат. нити
a – это уск. шарика отн. Земли
g – уск. своб. падения

по условию, надо задать минимальную гор. скорость.
Поэтому в верхнем положении сила натяжения нити $\vec T$ будет равна 0

тогда: $m\vec g = m\vec a$

Ox: $mg = ma = ma_{цс} = \frac{mv^2}{R}$

(полное ускорение в верхней точке будет равно центростремительному, т.к. тангенциальное будет равно 0, т.к. все силы, действ на шарик, будут направлены вдоль Ox)

$mg = \frac{mv^2}{R}$; v – скорость шарика в верхней точке.

$v^2 = gR \Rightarrow v = \sqrt{gR}$ (2).

Рассмотрим полную мех энергию шарика:

$W = W_к + W_п = \frac{mv^2}{2} + 2R \cdot mg$ (3),

W – полн. мех. энергия
$W_к$ – кинет. энергия
$W_п$ – потенц энергия
шарика в верх точке

~~(3) в 2~~ (2) в (3):

$W = \frac{mgR}{2} + 2mgR = \frac{5mgR}{2}$ (4).

По закону сохранения полной механической энергии (трения нет)

$W_0 = W$; т.е. (1) = (4)

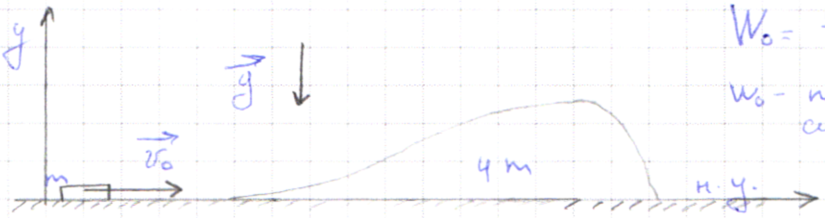
$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{5mgR}{2} \Rightarrow v_0^2 = 5gR \Rightarrow v_0 = \sqrt{5gR}$$

$$v_0 = \sqrt{5gR} = \sqrt{5 \cdot 10\frac{м}{с^2} \cdot 0{,}18 м} = 3 \frac{м}{с}$$

Ответ: $3 \frac{м}{с}$

№ 2

h_m – ?
U_1 – ?
v_0; m;
$4m$; $F_{тр} = 0$



$W_0 = \frac{mv_0^2}{2}$ (1)

W_0 – полная мех энергия системы до въезда.

В любой момент взаимодействия монеты и горки на эти тела вдоль оси Ox действуют равные по модулю, но противоположные по направлению силы (т.к. трения нет)

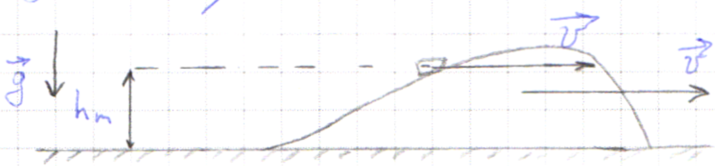
Другие силы вдоль O_x на эти тела не действуют.

Тогда рассмотрим закон сохр. импульса для данной системы тел вдоль O_x:

~~$m\vec{v_0} = m\vec{v_1} + 4m\vec{v_2}$~~ $mv_{0x} = mv_{1x} + 4mv_{2x}$; v_1 – скорость ~~тела~~ монеты в некот. момент; v_2 – скорость горки.

Когда монета поднимется на максимальную высоту h_m, скорости монеты и горки выравняются вдоль O_x, а скорость монеты вдоль O_y станет равна 0

Рассмотрим этот момент.



$\vec v$ – скорости монеты и горки в момент максимального поднятия монетки.

закон сохр имп: O_x: $mv_0 = (m + 4m)v \Rightarrow v = \frac{v_0}{5}$ (2)

$W = W_п + W_к = \frac{mv^2}{2} + \frac{4mv^2}{2} + mgh_m$ (3); W – полная мех. энергия системы в этот момент. $W_к$ – кин энергия системы, $W_п$ – потенц энерг. ~~в системе~~ системы

(2) в (3):

$$W = \frac{5m}{2} \cdot \frac{v_0^2}{25} + mgh_m = \frac{mv_0^2}{5 \cdot 2} + mgh_m = \frac{mv_0^2}{10} + mgh_m \quad (4)$$

По закону сохр. полной мех. энергии (трения нет):

$W = W_0$; т.е. (1) = (4)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-032
ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

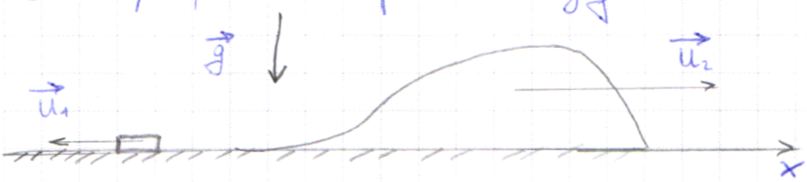
~~№3~~ №2 (продолжение)

(1) = (4)

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{10} + mgh_m \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_0^2}{10} = mgh_m$$

$$\frac{2mv_0^2}{5} = mgh_m \Rightarrow h_m = \frac{2v_0^2}{5g}$$

Теперь рассмотрим момент съезда монетки с горы.



Закон сохр. имп. Ox: $mv_0 = mu_{1x} + 4mu_{2x}$; u_1; u_2 — скорости монетки и горки после съезда с горки.

$$u_{2x} = \frac{v_0 - u_{1x}}{4} \quad (5)$$

Зак. сохр. полной мех. энергии:

$W_0 = W'$; W' — мех. энергия системы после съезда монетки.

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mu_{1x}^2}{2} + \frac{4mu_{2x}^2}{2} \quad (6)$$

(5) в (6)

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mu_{1x}^2}{2} + 2m\left(\frac{v_0 - u_{1x}}{4}\right)^2$$

$$v_0^2 = u_{1x}^2 + 4\,\frac{v_0^2 - 2v_0u_{1x} + u_{1x}^2}{16}$$

$$4v_0^2 = 4u_{1x}^2 + v_0^2 - 2v_0u_{1x} + u_{1x}^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 5u_{1x}^2 - 2v_0u_{1x} - 3v_0^2 = 0.$$

$$\frac{D}{4} = v_0^2 + 15v_0^2 = (4v_0)^2$$

$$u_{1x} = \frac{v_0 \pm 4v_0}{5} = \left[\begin{array}{l} -\frac{3}{5}v_0 \\ v_0 \end{array}\right.$$

~~корень~~ ответ $u_{1x} = v_0$ нам не подходит, т.к. в условии сказано, что монетка спускается с горки в обратном направлении. А если $u_{1x} = v_0$, то получится, что горка просто остановится $\left(u_{2x} = \frac{v_0 - u_{1x}}{4} = \frac{v_0 - v_0}{4} = 0\right)$, т.е. монетка как-бы проедется по горке (переедет её)

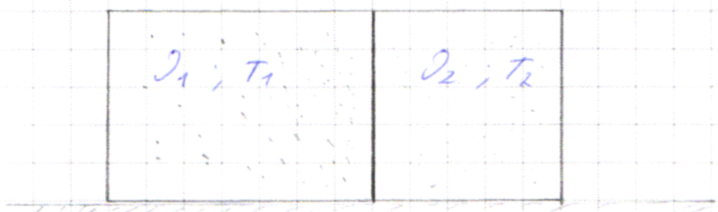
тогда $u_{1x} = -\frac{3v_0}{5}$; знак „–" нам говорит о том, что монетка будет скользить в направлении, противоположном O_x

Ответ: $h_m = \frac{2v_0^2}{5g}$; $U_1 = \frac{3v_0}{5}$

№3.

T_3 – ?
p_3 – ?

$V = 8{,}31 \cdot 10^{-3}$ м^3
$t_1 = 127°C$
$t_2 = 7°C$
$\nu_1 = 0{,}1$ моль
$\nu_2 = 0{,}4$ моль
He



Т.к. в условии ничего не оговорено про то, как располагается поршень, и ничего не сказано про влияние силы тяжести, то для удобства мы расположим сосуд горизонтально и действие силы тяжести учитывать не будем.

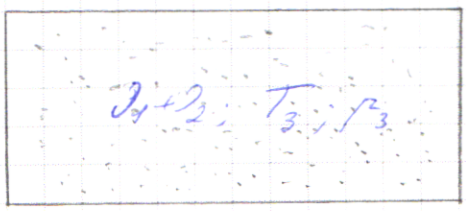
Рассмотрим внутр. энергию системы из 2-ух газов.

$$U_0 = U_{01} + U_{02} = \frac{3}{2}\nu_1 RT_1 + \frac{3}{2}\nu_2 RT_2 \quad (1)$$

U_0 – внутр. энергия системы из 2-ух газов до прорыва перегор.
U_{01} – внутр. энергия ~~газа~~ газа в 1-ой части сосуда
U_{02} – внутр. энергия газа во 2-ой части сосуда.
„$\frac{3}{2}$" – т.к. 1-атомный газ (He)

T_1, T_2 – абс. темп. газов в 1-ой и 2-ой частях сосуда соотв.

Рассмотрим конечное состояние после прорыва перегородки:



газы из 1-ой и 2-ой части теперь занимают объем V; температуры их равны и равны T_3.

вн. энергия системы из 2-ух газов станет равна.

$$U = U_1 + U_2 = \frac{3}{2}\nu_1 RT_3 + \frac{3}{2}\nu_2 RT_3 = \frac{3}{2}(\nu_1 + \nu_2) RT_3 \quad (2)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 (продолжение)

т.к. сосуд теплоизолирован $\Rightarrow W_0 = W$

(1) = (2):

$\frac{3}{2}\nu_1 RT_1 + \frac{3}{2}\nu_2 RT_2 = \frac{3}{2}(\nu_1+\nu_2)RT_3$

в расчётах мы пользовались известной ф-лой: $T = 273\text{К} + t\,\frac{\text{К}}{°\text{C}}$
T - абс. темп.;
t - темп. в °C

$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = (\nu_1+\nu_2)\,T_3 \Rightarrow$

$T_3 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1+\nu_2} = \frac{0{,}1\,\text{моль}\cdot(273+127)\text{К} + 0{,}4\,\text{моль}\,(273+7)\text{К}}{0{,}1\,\text{моль} + 0{,}4\,\text{моль}} =$ (3)

$= 304\ \text{К}$

$t_3 = (304-273)\,°C = 31\,°C.$

Давление p_3 в сосуде будет равно сумме давлений p_1 и p_2, где p_1 и p_2 – парциальные давления газов из 1-ой и 2-ой частей сосудов соответственно (з. Дальтона)

$p_3 = p_1 + p_2$

Из ур-я Менд. – Клапейрона: $\left.\begin{aligned} p_1 V &= \nu_1 RT_3 \\ p_2 V &= \nu_2 RT_3 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{aligned} p_1 &= \frac{\nu_1 RT_3}{V} \\ p_2 &= \frac{\nu_2 RT_3}{V} \end{aligned}$

$p_3 = \frac{\nu_1 RT_3}{V} + \frac{\nu_2 RT_3}{V} = \frac{(\nu_1+\nu_2)RT_3}{V}$ (4)

(3) в (4):

$p_3 = \frac{(\nu_1+\nu_2)R}{V}\cdot\frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1+\nu_2} = \frac{(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)R}{V}$

$p_3 = \frac{(0{,}1\,\text{моль}\cdot(273+127)\text{К} + 0{,}4\,\text{моль}(273+7)\text{К})\,8{,}31\,\frac{\text{Дж}}{\text{К}\cdot\text{моль}}}{8{,}31\cdot10^{-3}\,\text{м}^3} =$

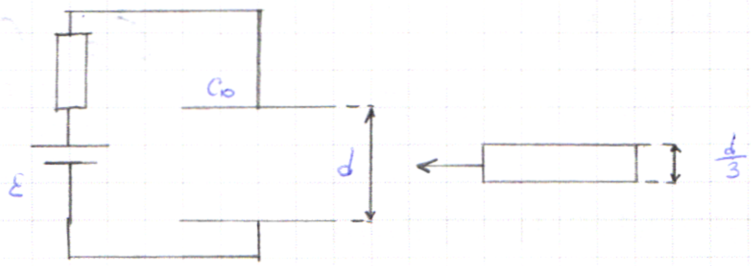
$= 152\cdot10^3\ \text{Па}$

Ответ: $t_3 = 31\,°C$; $p_3 = 152\ \text{кПа}$.

№4

C — ?
Δq — ?

$\varepsilon;\ C_0$



Пластина в начале не заряжена!

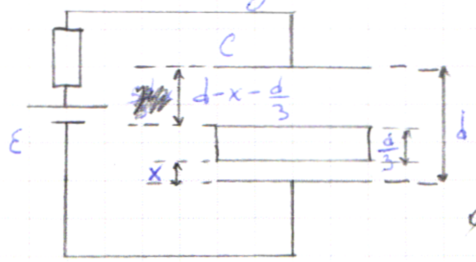
d – расст. между пластинами конд.

по условию толщина проводящей пластины равна $\frac{d}{3}$

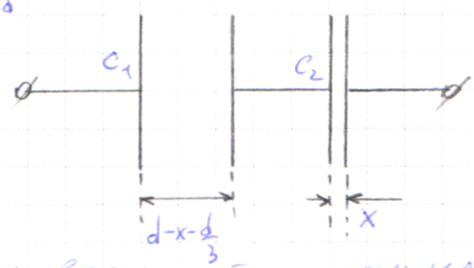
До ввода пластины $q_0 = \varepsilon C_0$ (1) – заряд на обкл. конд.

$C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$ (2); S – площадь ~~пластин~~ пов. обкл. конд.
ε_0 – эл. постоянная.

После ввода пластины:



Емкость полученного конденсатора C можно посчитать, если представить его в виде эквивалентной системы:



x – расстояние от конца проводящей пластины до одной из обкл. (смотреть рисунок)

Заменить полученной конденсатор на именно такую систему из конд. C_1 и C_2 можно, т.к. пластина проводящая по условию

Тогда $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ (послед. соед. конденсаторов)

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 S}{d - x - \frac{d}{3}} = \frac{\varepsilon_0 S}{\frac{2}{3}d - x}$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{x}$$

$$\Rightarrow C = \frac{\varepsilon_0 S}{\frac{2}{3}d - x} \cdot \frac{\varepsilon_0 S}{x} : \left(\frac{\varepsilon_0 S}{\frac{2d}{3} - x} + \frac{\varepsilon_0 S}{x}\right)$$

$$C = \frac{(\varepsilon_0 S)^2}{\cancel{(\frac{2}{3}d - x)x}} \cdot \frac{\cancel{(\frac{2d}{3} - x)x}}{\varepsilon_0 S(\frac{2d}{3} \cancel{- x + x})} = \frac{3\varepsilon_0 S}{2d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{\varepsilon_0 S}{d} = \left| \begin{matrix} \text{из (2):} \\ C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d} \end{matrix} \right| =$$

$= \frac{3}{2} C_0$ – емкость полученного конденсатора (емкость конденсатора с пластиной) (3)

конечный заряд на обкладках: $q = C\varepsilon = \left| \begin{matrix} \text{из (3)} \\ C = \frac{3}{2}C_0 \end{matrix} \right| = \frac{3C_0\varepsilon}{2}$ (4)

тогда $\Delta q = q - q_0$ (5)

(1) и (4) в (5): $\Delta q = \frac{3C_0\varepsilon}{2} - C_0\varepsilon = \frac{C_0\varepsilon}{2}$ Ответ: $\Delta q = \frac{C_0 \varepsilon}{2}$; $C = \frac{3C_0}{2}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-032

ШИФР

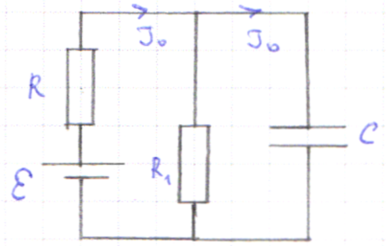
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

1) I_0 - ?
2) U_c - ?
3) Q - ?

$R_1 = 4R$;
$C; \mathcal{E}; R$



1) Сразу после замыкания ключа:

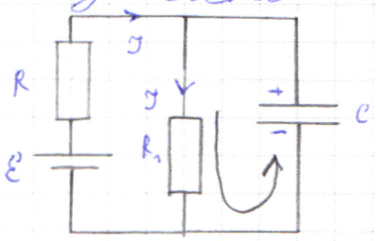
ток I_0 будет идти через конденсатор C;

через резистор R_1 ток идти не будет, т.к. конд C не заряжен ⇒ ток целиком будет идти через конд.,

т.к. сопротивление конденсатора равно 0.

тогда: $\mathcal{E} = I_0 R \Rightarrow I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}$

2) В установившемся режиме.



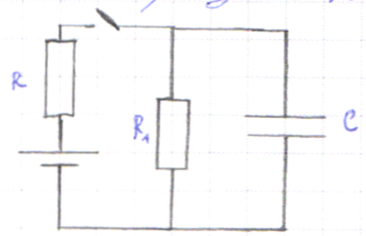
$I = \frac{\mathcal{E}}{R+R_1} = \frac{\mathcal{E}}{R+4R} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$ - ток в уст. режиме. (через конд. ток не течёт)

По пр. Кирхгофа:

$IR_1 - U_c = 0 \Rightarrow U_c = IR_1 = \left| I = \frac{\mathcal{E}}{5R} \right| = \frac{\mathcal{E}}{5R} \cdot R_1 = \frac{\mathcal{E}}{5R} \cdot 4R = \frac{4\mathcal{E}}{5}$

Энергия конд. будет равна: $W = \frac{CU_c^2}{2} = \frac{C}{2} \cdot \frac{16\mathcal{E}^2}{25} = \frac{8C\mathcal{E}^2}{25}$ (1)

3) после размыкания ключа:



будет идти разрядка конденсатора через резистор R_1.
При этом на данном резисторе будет выделяться тепло

Из закона сохранения энергии: $W = Q$ (2)

(1) в (2): $Q = \frac{8C\mathcal{E}^2}{25}$; Q - кол-во теплоты, выделившееся после размыкания ключа.

Ответ: 1) $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}$; 2) $U_c = \frac{4\mathcal{E}}{5}$; 3) $Q = \frac{8C\mathcal{E}^2}{25}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 7
(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-032

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 (продолжение)

$$V_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{p_1} = \frac{\nu_1 R T_1}{\nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2} \cdot V = V \frac{\nu_1 T_1}{\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1}$$

$$V_2 = V \frac{\nu_2 T_2}{\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1}$$

Сосуд теплоизолирован $\Rightarrow$ $Q = 0 \Rightarrow$

~~$U_1 + U_2 = const$~~. Закон сохр. энергии для системы из 2-ух газов (внешних сил нет)

~~νR~~ $\frac{pV}{T} = const.$

$$U_1 + U_2 = const$$

$$(i=3) \Rightarrow \frac{3}{2}\nu_1 R T_1 + \frac{3}{2}\nu_2 R T_2 = \frac{3}{2}(\nu_1 + \nu_2) R T_3 \Rightarrow$$

$$T_3 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$$

$$p_3 = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T_3}{V} = \frac{(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2) R}{V}$$

$$p_1' = \frac{\nu_1 R T_3}{V}$$

$$p_2' = \frac{\nu_2 R T_3}{V}$$

По з. Дальтона: $p_3 = p_1' + p_2' = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T_3}{V}$.

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-032

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2 2).

По ЗСИ: $m\vec{v_0} = m\vec{u_1} + 4m\vec{u_2}$

ЗСМЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mu_1^2}{2} + \frac{4mu_2^2}{2}$

Съезжает с горки в обратном направлении ⇒ ясен красен, что u_1 и u_2 вдоль O_x будут.

$\cancel{m}v_0 = \cancel{m}u_1 + 4\cancel{m}u_2 \Rightarrow u_2 = \frac{v_0 - u_1}{4}$ $\quad u_2 = \frac{v_0 + \frac{3v_0}{5}}{4} = \frac{8v_0}{4\cdot 4} = \frac{2v_0}{5}$

$\cancel{m}v_0^2 = \cancel{m}u_1^2 + 4\cancel{m}u_2^2$

$v_0^2 = u_1^2 + 4u_2^2 \Rightarrow v_0^2 = u_1^2 + 4\frac{v_0^2 - 2v_0u_1 + u_1^2}{16}$

$v_0^2 = u_1^2 + \frac{v_0^2 - 2v_0u_1 + u_1^2}{4}$

$4v_0^2 = 4u_1^2 + v_0^2 - 2v_0u_1 + u_1^2$

$3v_0^2 = 5u_1^2 - 2v_0u_1$

$5u_1^2 - 2v_0u_1 - 3v_0^2 = 0$

$D_1 = v_0^2 + 5\cdot 3v_0^2 = 16v_0^2$

$u_1 = \frac{v_0 \pm 4v_0}{5} = \left[\begin{array}{l} -\frac{3v_0}{5} \\ v_0 \end{array}\right.$???

$273+127 = 400$

$\frac{0,1\cdot 400 + 0,4\cdot 280}{0,5} = \frac{40+112}{0,5} = \frac{152}{0,5} = 304$ К

28 · 4 = 112

40+

304 − 273 = 31

$\frac{4v_0^2}{25}\cdot 4 + \frac{9v_0^2}{25}\cdot 1 = \frac{25v_0^2}{25}$ ✓

280 · 4 = 112, 40, 152×2 = 304

$mv_0 = 4mu_2 - \frac{3\cancel{4}v_0m}{5}$

$u_2 = \frac{2\cancel{m}v_0}{5}$

$\frac{4m\cdot 4v_0^2}{2\cdot 25} + \frac{m\,9v_0^2}{2\cdot 25} = \frac{mv_0^2}{2}$

$\frac{16}{25} + \frac{9}{25} = 1$ ✓

№3

T_3 - ?

p_3 - ?

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

$t_1 = 127°C$

$\nu_1 = 0,1$ моль

$t_2 = 7°C$

$\nu_2 = 0,4$ моль

$\nu_1; T_1$	$\nu_2; T_2$

В самом начале перегородка была в равновесии, т.е $p_1 = p_2$.

Из известного ур-я.

$\begin{cases} p_1V_1 = \nu_1RT_1 \\ p_2V_2 = \nu_2RT_2 \\ V = V_1 + V_2 \text{ (считаем } V_{перегородки} \approx 0) \end{cases}$

$p_1V_1 = \nu_1RT_1 \Rightarrow V_1 = \frac{\nu_1RT_1}{p_1}$

$p_2(V - V_1) = \nu_2RT_2$

$p_2\left(V - \frac{\nu_1RT_1}{p_1}\right) = \nu_2RT_2$

$p_2\left(\frac{p_1V - \nu_1RT_1}{p_1}\right) = \nu_2RT_2$

$p_1V = \nu_2RT_2 + \nu_1RT_1$

$p_1 = \frac{\nu_1RT_1 + \nu_2RT_2}{V} = p_2$ - в начале

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

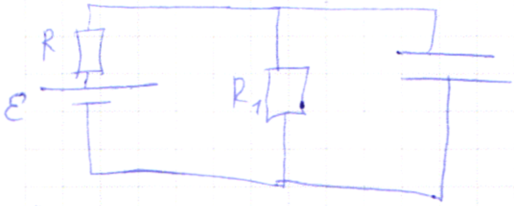
Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

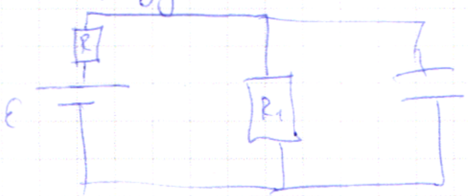
№5.

$R_1 = 4R$

$C, \mathcal{E}, R$



1) $\mathcal{I}$ – сразу после:



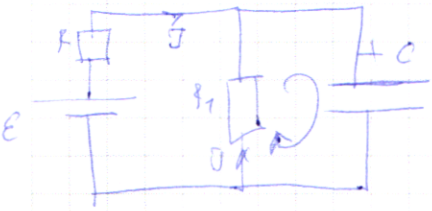
$q_{0c} = 0$. (не успел ещё начать заряжаться)

$\mathcal{E} = \mathcal{I}(R + \cancel{R_1}) \Rightarrow$

(весь заряд идёт на конденс, т.к. там $R=0$)

$\mathcal{I} = \frac{\mathcal{E}}{R+R_1} = \frac{\mathcal{E}}{\cancel{R+4R}} = \frac{\mathcal{E}}{\cancel{5}R}$

2) U_c уст.



$\mathcal{I}_{уст} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$.

По пр. Кирхг.

$U_c - \mathcal{I}R_1 = 0$.

$U_c = \mathcal{I}_{уст} R_1 = \frac{\mathcal{E}}{5R} \cdot 4R = \frac{4\mathcal{E}}{5}$

Лёгкий путь:

$\frac{CU_c^2}{2} = Q = \frac{C}{2} \cdot \frac{16\mathcal{E}^2}{25} = \frac{8C\mathcal{E}^2}{25}$

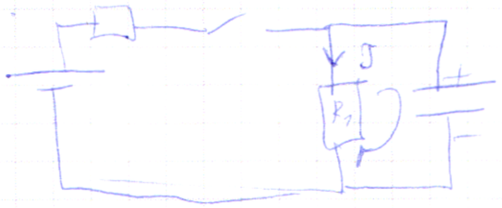
3

28

4

11 2

3)



Сложный путь

$\frac{q}{C} - \mathcal{I}R_1 = 0$.

$dq < 0$.

$\frac{q}{C} + \frac{dq}{dt}R_1 = 0$

152

$Q = \mathcal{I}^2 R t = \frac{q^2 R}{t}$

$q = -\frac{dq}{dt}R_1 C \Rightarrow \frac{dq}{q} = \frac{-dt}{RC} \Rightarrow$

28

4

11 2

$\frac{q_0^2}{2C} = \frac{16\mathcal{E}^2}{25 \cdot 2C}$

$\ln q - \ln q_0 = \frac{-t}{RC}$.

40

152 · 10^3

$= \frac{8\mathcal{E}^2}{25 \cancel{R^2} C} = \frac{8\mathcal{E}^2}{25C}$

$q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}} = q(t) \Rightarrow \mathcal{I}(t) = q'(t) = \frac{q_0 e^{-\frac{t}{R_1 C}}}{R_1 C}$

$Q = \int_0^t \mathcal{I}^2 R_1 dt = R_1 \int_0^{\infty} \left(\frac{q_0}{R_1 C}\right)^2 \cdot e^{-\frac{2t}{RC}} dt = R_1 \left(\frac{q_0}{R_1 C}\right)^2 \left(-\frac{RC}{2}\right)\left(e^{-\frac{2t}{RC}} - e^{-\frac{2t}{RC}}\right) =$

$= \frac{q_0^2}{\cancel{R_1} 2 \cancel{R_1} C} \cdot (1-0) = \frac{q_0^2}{2\cancel{R_1}C} = \frac{\left(\frac{4}{5}\frac{\mathcal{E}C}{R}\right)^2}{2\cancel{R_1}C} = \frac{16\mathcal{E}^2C^2}{25R^2 \cdot 2\cancel{R}C}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-032

ШИФР

(заполняется секретарём)

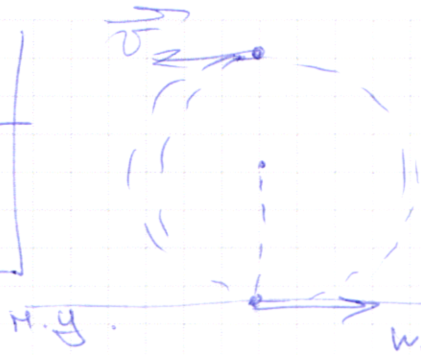
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

$v_{0\,min}$ – ?

$g = 10\frac{м}{с^2}$

$l = 18$ см



В нижней точке:

$W_0 = \frac{m v_0^2}{2}$

В верхней

$W = \frac{m v^2}{2} + 2mgl$;

~~Дл~~ по II з. Н. в высш. точке: $\frac{m v^2}{l} = mg \Rightarrow$

$v = \sqrt{gl}$

$\frac{mgl}{2} + 2mgl = W_0 = \frac{m v_0^2}{2}$

$5mgl = m v_0^2 \Rightarrow v_0 = \sqrt{5gl} = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0{,}18} = \sqrt{0{,}9 \cdot 10} = \sqrt{9} = 3$.

№2.

h_{max} – ?

u_1 – ?

$m;\ v_0;\ 4m$

максимальный въезд:

$m\vec{v_0} = (m + 4m)\vec{v} \Rightarrow v = \frac{v_0}{5}$ – скорость в момент max въезда.

~~ЗСИ~~ Трения нет $\Rightarrow$ ЗСМЭ:

$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{(m+4m)v^2}{2} + mg\,h_{max}$

$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{5m}{2} \cdot \frac{v_0^2}{\cancel{25}\ 5} + mg\,h_{max}$.

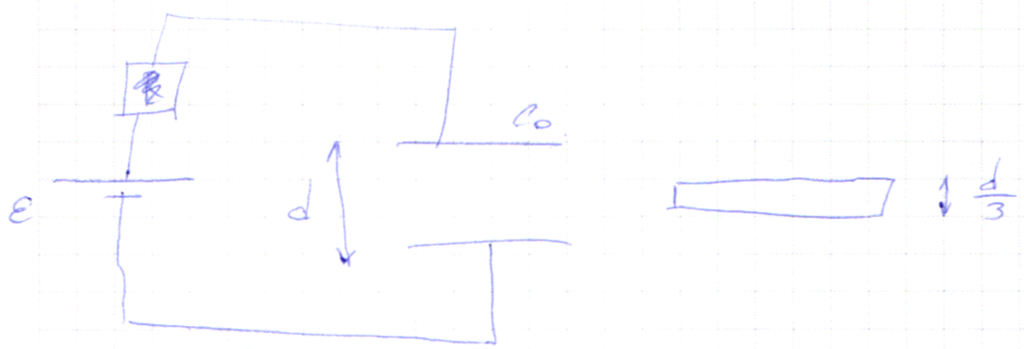
$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_0^2}{10} + mg\,h_{max} \Rightarrow$ ~~10~~ $\frac{v_0^2}{2} - \frac{v_0^2}{10} = g\,h_{max}$

$\frac{8 v_0^2}{20} = g\,h_{max} \Rightarrow$ ~~4~~ $\frac{2 v_0^2}{5} = g\,h_m \Rightarrow h_{max} = \frac{2 v_0^2}{5g}$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

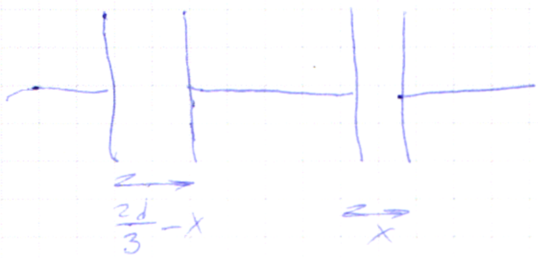
№1.



$C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$; $(\varepsilon \approx 1)$

после входа в конденсатор

Данный конд. с проводящей пластиной можно представить след. образом.



$$C' = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\frac{\varepsilon_0 S}{\frac{2d}{3} - x} \cdot \frac{\varepsilon_0 S}{x}}{\frac{\varepsilon_0 S}{\frac{2d}{3} - x} + \frac{\varepsilon_0 S}{x}} =$$

$$= \frac{(\varepsilon_0 S)^2}{\left(\frac{2d}{3} - x\right) x} : \left(\frac{\varepsilon_0 S \left(x + \frac{2d}{3} - x\right)}{\left(\frac{2d}{3} - x\right) x} \right)$$

$$= \frac{(\varepsilon_0 S)^2}{\varepsilon_0 S \frac{2d}{3}} = \frac{\varepsilon_0 S}{\frac{2d}{3}} = \frac{3 \varepsilon_0 S}{2d} = C'$$

№2. Вначале: $q_0 = \mathcal{E} C_0$ $\Rightarrow \Delta q = q - q_0 = \mathcal{E}(C - C_0)$

В конце $q = \mathcal{E} C$

$$= \mathcal{E}\left(\frac{3 \varepsilon_0 S}{2d} - \frac{\varepsilon_0 S}{d}\right) = \mathcal{E}\left(\frac{3 C_0}{2} - C_0\right) = \frac{\mathcal{E} C_0}{2}$$

$$m v_0 = m v_1 + 4 m v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{v_0 - v_1}{4}$$

$$W_{кин} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{4 m v_2^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + 2m \frac{v_0^2 - 2 v_1 v_0 + v_1^2}{16} =$$

$$= \frac{m v_1^2}{2} + m \frac{v_0^2 - 2 v_1 v_0 + v_1^2}{8} =$$

$W_{кин}(v_1) = \frac{m}{8}\left(10 v_1 - 2 v_0\right)$

$$= \frac{m}{8}\left(4 v_1^2 + v_0^2 - 2 v_1 v_0 + v_1^2\right) = W_{кин}(v_1)$$

$v_1 = \frac{v_0}{5}$ ✓ совпало.

$5 v_1^2 + v_0^2 - v_1 v_0$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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