

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

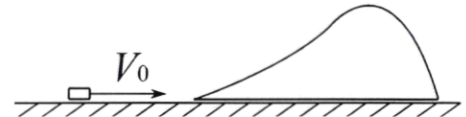
Шифр 7-012

(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.

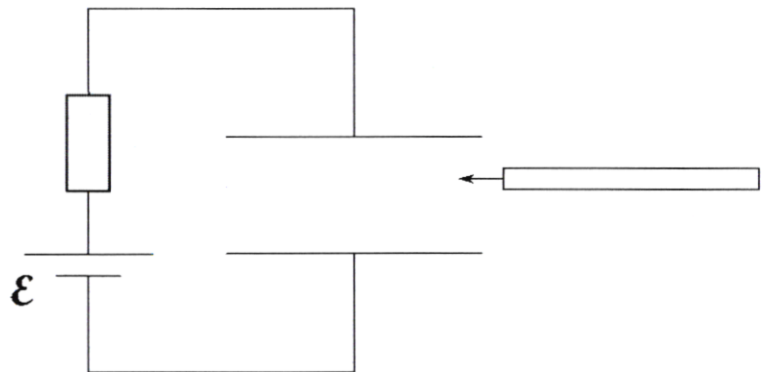


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

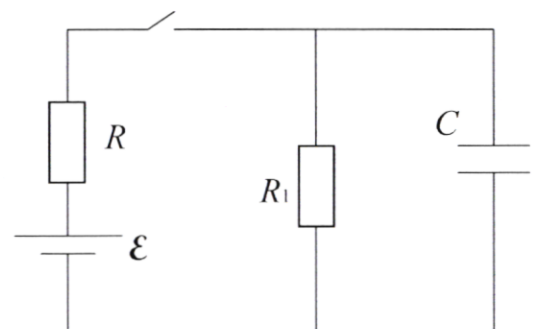
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС \mathcal{E} (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?

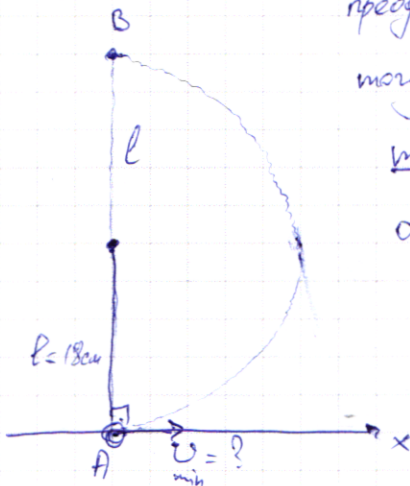
5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в R , $R_1=4R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , \mathcal{E} , R .



- 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

Задача 1



(1) Для совершения полного оборота шарик должен преодолеть наибольшую точку траектории в B.

тогда! з.с.з.

$$\frac{mv^2}{2} = mg(2l)$$

откуда $v^2 = 4gl$

$$v = 2\sqrt{gl} = 2 \cdot \sqrt{10 \cdot 0,18} = 2 \cdot \sqrt{1,8}$$

Ответ: $v = 2\sqrt{1,8}$ м/с

Задача 2



з.с.з.

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{5mu^2}{2}$$

↑
в момент
въезда на горку

↑
в момент
нахождения на горке
на макс. высоте.

з.с.и.

$$(2) \quad mv_0 = (4m + m)u$$

Решая (1) и (2)

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

$$v_0^2 = 2gh + \frac{10}{2}u^2$$

$$v_0^2 = 2gh + \frac{10}{25}v_0^2$$

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

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

Ответ: $h = \frac{2v_0^2}{5g}$ (1)

2-ой пункт

v_1 → скорость шайбы
 v_2 → скорость горки

з.с.з.

$$(1) \quad mgh + \frac{5}{2}mu^2 = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

з.с.и.

$$(2) \quad 5mu = 4mv_2 - mv_1$$

$$u_2(2) \rightarrow v_2 = \frac{5u + v_1}{4}$$

$$\text{в (1)} \quad gh + \frac{5}{2} \cdot \frac{v_0^2}{25} = \frac{1}{2} \left(v_1^2 + \left(\frac{5u + v_1}{4} \right)^2 \right)$$

Получилось два ответа:

$$\frac{3}{5}v_0 \text{ и } v_0$$

Второй ответ отпадает
Пыга!

Ответ: $v_1 = \frac{3}{5}v_0$ (2)

$$2 \cdot \left(\frac{2v_0^2}{5} + \frac{v_0^2}{10} \right) = v_1^2 + \frac{25u^2 + 10uv_1 + v_1^2}{16}$$

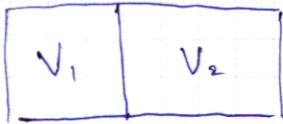
$$2,5v_1^2 + 4v_0v_1 + 1,5v_0^2 = 0$$

$$\Delta = 16v_0^2 - 4 \cdot 2,5 \cdot 1,5v_0^2 = v_0^2$$

$$\frac{2v_0^2}{5} + \frac{v_0^2}{10} = 2v_0^2 + 4v_0v_1 + \frac{5}{2}v_1^2$$

$$v_1 = \frac{4v_0 + \sqrt{v_0^2}}{5} = \frac{3}{5}v_0 ; v_0$$

Задача 3



(1) $V_1 + V_2 = V$

Так как, в начале процесса перегородки не было, то давление в обеих объемах равно

- (2) $p_1 = p_2 = p_0$ (5) $p \cdot V = (\nu_1 + \nu_2)RT$
 (3) $p_1 V_1 = \nu_1 RT_1$ (6) $p = p_1 + p_2 = 2p_0$
 (4) $p_2 V_2 = \nu_2 RT_2$

① пункт

$$\frac{\nu_1 RT_1}{p_0} + \frac{\nu_2 RT_2}{p_0} = \frac{(\nu_1 + \nu_2)RT}{2p_0}$$

$$0,3 \cdot 400 + 0,4 \cdot 200 = \frac{0,5 \cdot T}{2}$$

$$\frac{160}{0,5} = T = 320^\circ\text{K}$$

Ответ: $T = 44^\circ\text{C}$

$104^\circ\text{C} = 320\text{K}$
 ~~$104^\circ\text{C} = 320\text{K}$~~
 $\nu_1 = 0,3$ моль
 $\nu_2 = 0,4$ моль

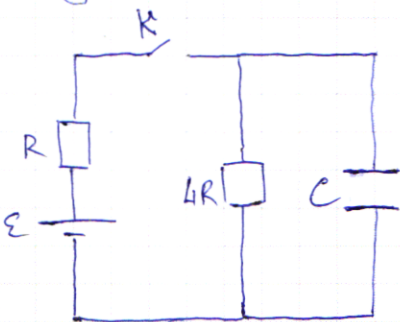
② пункт

$$p \cdot V = (\nu_1 + \nu_2)RT$$

$$p = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 320}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 160000 \text{ Pa} = 160 \text{ kPa}$$

Ответ: $p = 160 \text{ kPa}$

Задача 5



① пункт

(1) $\varepsilon = I_0 (R + 4R)$

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{5R} \text{ Ответ}$$

② пункт

Мы считаем долгое время, на обкладках конденсатора не будут накапливаться заряды, до тех пор, пока напряжение конденсатора не достигнет значения ε .

$$U_C = \varepsilon \text{ Ответ}$$

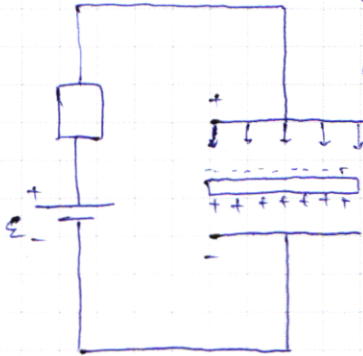
③ пункт

После размыкания ключа, энергия конденсатора начнет уходить в цепь, так как, уходить из цепи ей некуда, то она просто превратится в тепло

$$Q = \Delta E_C = E_{\text{сн}} - E_{\text{ск}} = \frac{C\varepsilon^2}{2} - 0 = \frac{C\varepsilon^2}{2} = Q \text{ Ответ.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4



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

$$(2) b \cdot b = d$$

$S \rightarrow$ площадь обкладки
 $d \rightarrow$ расстояние между обкл.
 $b \rightarrow$ толщина пластины

Итого же то же как пластину вынет в пространство между пластинками конденсатора, ёмкость поменяется.

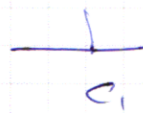
Так как на пластине появится новая зарядка как показано на рисунке, то расчёт ёмкости будет проводиться след образом:

$$(3) C = C_1 + C_2$$

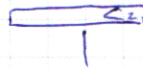
C_1 = ёмкость конденсатора без пластины
 C_2 = с пластиной

или

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d-b} \quad C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{b}$$



$$C = \frac{3\epsilon_0 S}{2d} + \frac{3\epsilon_0 S}{d} = \frac{9\epsilon_0 S}{2d}$$



~~$C = \frac{3}{2} C_0$~~ $C = \frac{9}{2} C_0$ Ответ 1 пункт

2 пункт.

$$(1) \Delta q = q_k - q_{нн}$$

$$q_{нн} = C_0 \epsilon$$

$$q_k = C \cdot \epsilon = \frac{9}{2} C_0 \epsilon$$

Формула! $\Delta q = \frac{9}{2} C_0 \epsilon - C_0 \epsilon = \frac{7}{2} C_0 \epsilon$ Ответ 2



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1

(3) $\frac{mv_0^2}{7} = \frac{4}{7} mgl \cdot 4$

$v_0 = \sqrt{4gl} = 2\sqrt{gl} = 2 \cdot \sqrt{10 \cdot 18}$

$v_0 = 2 \cdot \sqrt{10 \cdot 0,18} = 2\sqrt{1,8} = v_0$

2

(1) $\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{5m \cdot u^2}{2}$

(2) $mv_0 = 5m \cdot u$

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

(3) $mgh + \frac{5mu^2}{2} = \frac{4mv_0^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$

(4) $5mv_0 = 4mv_0 + mv_1$

$v_1 = 5u + v_0$

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

$25u^2 + 10uv_0 + v_0^2$

$mgh + \frac{5mu^2}{2} = \frac{24m}{7} (5u + v_0)^2 + \frac{mv_1^2}{2}$

$mgh + \frac{5mu^2}{2} = 50mu^2 + 20mv_0u + \frac{5mv_0^2}{2}$

$\frac{2v_0^2}{5} + \frac{v_0^2}{10} = 2v_0^2 + 4v_0v_0 + \frac{5v_0^2}{2}$

$\frac{2}{5} + \frac{1}{10} - 2 = \frac{-15}{10} = -\frac{3}{2} v_0^2$

$25v_0^2 + 40v_0v_0 + 1,5v_0^2 = 0$

$\Delta = 16 - 4 \cdot 1,5 \cdot 2,5 = 1$

$v_1 = \frac{4 \pm 1}{5} = \frac{5}{5} v_0 = v_0$

$17v_1^2 + 26v_0v_1 - 15v_0^2 = 0$

$16v_0^2 = 16v_1^2 + 25u^2 + 10uv_1 + v_1^2$

$16v_0^2 = 16v_1^2 + v_0^2 + 26v_0v_1 + v_1^2$

$17v_1^2 + 26v_0v_1 - 15v_0^2 = 0$

3 $p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow p_1 (V - V_0) = \nu R T_1$
 $p_2 V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow p_2 (V_0) = \nu R T_2$

$p_1 + p_2 = p$
 $V = V_1 + V_2$

$pV = \nu R T_k$

$\frac{(V_1 + V_2) R T_k}{V} = \frac{\nu R T_1}{V - V_0} + \frac{\nu R T_2}{V_0}$

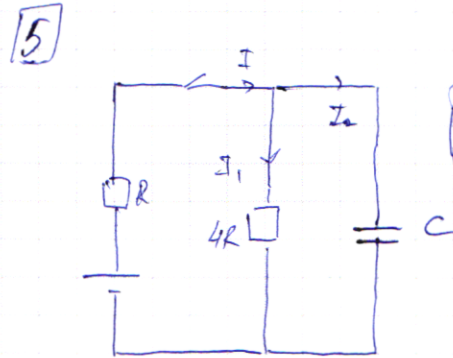
$320 - 273 = 47^\circ$
 $U = 2 \cdot \sqrt{1000 \cdot 10}$
 $U = 2 \cdot 30 \sqrt{20}$
 $1,8 = \frac{180}{1000}$
 $v = 60 \sqrt{20}$

$2 \cdot \sqrt{\frac{180}{1000}} = \sqrt{\frac{36 \cdot 5}{10 \cdot 10}}$

4 $V_1 + V_2 = V$

$\frac{p_1 \nu R T_1}{p} + \frac{\nu R T_2}{p} = \frac{(V_1 + V_2) \nu R T}{p}$
 $g = 10 \text{ m/e}^2$
 $g = 10000 \text{ m/e}^2$

$\frac{2 \cdot 6}{10} = \sqrt{\frac{5}{10}} = 1,2 \sqrt{0,5}$

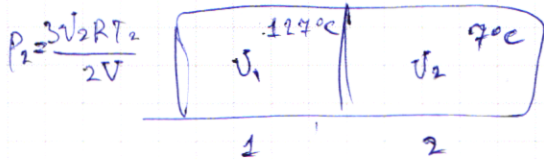


$I = \frac{\Sigma}{5R}$ (1)

(2) $U_C = \frac{q}{C} \Rightarrow q = \epsilon C$

(3) $Q = \Delta E_C = \frac{q^2}{2C} - 0 = \frac{q^2}{2C}$

$40 \cdot 80$
 $\frac{120}{95}$
 $T = 240 - 273$
 $\frac{480}{200}$
 240000
 $p \cdot \frac{1}{3} V = \nu R T$
 $127 + 273 = 400$



$p(V - V_0) = \nu R T_1$

$\Delta E_i = Q = \epsilon R \Delta T$

$p(V_0) = \nu R T_2$

$p = \frac{50 \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot 240}{3,8 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 20}$
 $\frac{9,5 \cdot 400}{2}$
 $\frac{200}{4 \cdot 20}$
 $\frac{2}{3}$
 $\frac{1}{2} + 1 = \frac{3}{2}$
 $\epsilon \Delta T = dq$

$(\frac{V}{V_0} - 1) = \frac{V_1}{V_2} \frac{T_1}{T_2}$

$1 - \frac{2}{3}$
 $\frac{1}{2} + 1 = \frac{3}{2}$

$p_1 + p_2 = p$
 $180 - 273 = 93$

$p_1 = p_2$

$\frac{V}{V_0} = \frac{V_1 T_1}{V_2 T_2} + 1$

$V_0 = \frac{V}{\frac{V_1 T_1}{V_2 T_2} + 1}$

$dq = R \cdot Q$

$Q_1 = Q_2$

$p = \frac{3}{2} \cdot \frac{80 \cdot R}{V} = \frac{240}{2} \cdot \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 1000}{8 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 20}$

$V_0 = \frac{2V}{3}$

$\Delta q \cdot R = Q$
 $\Delta U_1 = -\Delta U_2$

$\Delta q = (\epsilon C - 0) R$

$\frac{3 \nu R T_2}{V} = \frac{(V_1 + V_2) \nu R T}{V}$

$p = 120 \cdot 1000 = 120 \text{ kPa} = p$

$U_{1k} = \frac{3}{2} \nu R T_1$

$2p_1 = p$

$3 \cdot 80$
 $V_1 + V_2 = V$

$U_{2k} = \frac{3}{2} (V_1 + V_2) R T_0$

$2 \cdot \frac{3}{2} \nu R T_1 = 3 \nu R T_1$

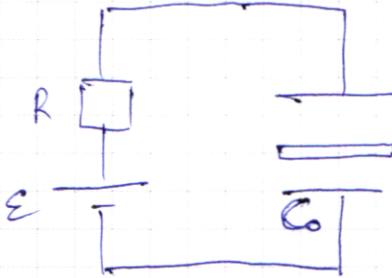
$\frac{240}{80} = T = 480 \text{ K}$
 $T = 217^\circ \text{C}$

$T = 217^\circ \text{C}$

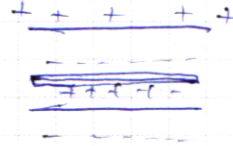
$276 \cdot T_1 + T_2$

$\frac{C U^2}{2} = \frac{C U^2}{2} - 0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~$3\epsilon_m = \epsilon b$~~
(1) $3\epsilon = d$



~~$d = \frac{d}{3}$~~ $= \frac{2d}{3}$

~~$C = \epsilon_0 S$~~

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

~~$C = \epsilon_0 S$~~

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{b} + \frac{\epsilon_0 S}{d+b} = \frac{3\epsilon_0 S}{d} + \frac{3\epsilon_0 S}{2d} = \frac{9\epsilon_0 S}{2d} = \frac{9}{2} C_0 = C$$

~~$C = \epsilon_0 S$~~

$$\Delta q = q_k - q_k = C\epsilon - \frac{9}{2} C\epsilon =$$

$$\frac{9}{2} - 1 = \frac{7}{2} C\epsilon$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

7-012

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)