

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

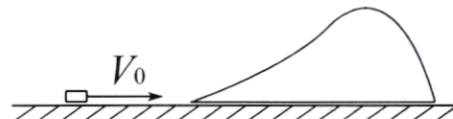
Шифр 5-010

(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.

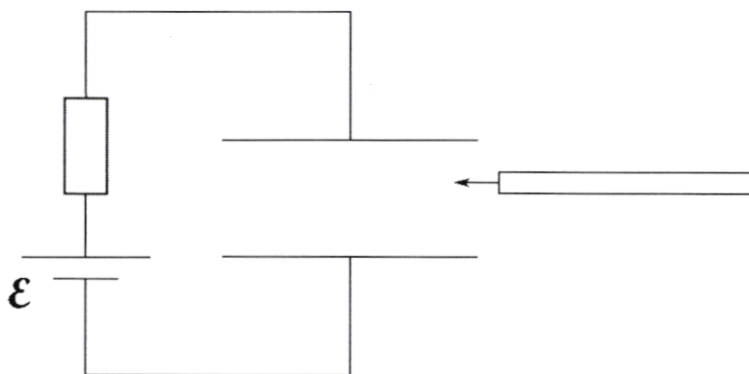


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

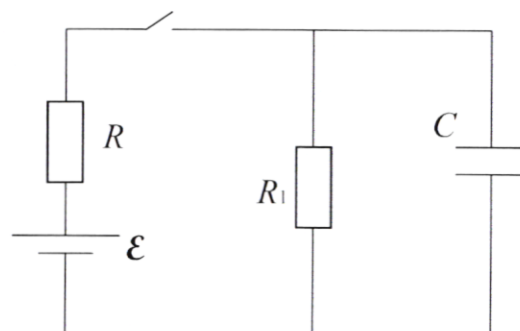
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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.



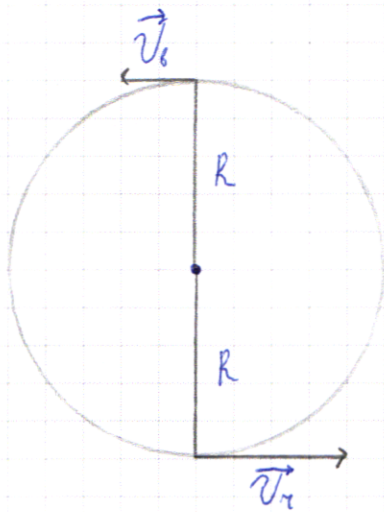
- 1) Найти емкость конденсатора с пластиной.
- 2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

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



$N=1$

$$R = 0,5 \text{ м}; \quad g = 10 \text{ м/с}^2$$

$v_1 - ?$

Что для шарика при движении по кругу в верхней точке ускорение (g) должно равно центростремительному ускорению

(а)

$$a = \frac{v_0^2}{R}$$

$$m a = g m \quad a = g$$

$$\frac{m v_1^2}{2} - 2 m g R = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$\frac{v_1^2 - 4 g R}{R} = g$$

$$v_1^2 - 4 g R = v_0^2$$

$$v_1^2 = 5 g R$$

$$v_1 = \sqrt{5 g R}$$

Ответ: $\sqrt{5 g R}$

$N=2$

$v_0, m, 3m$

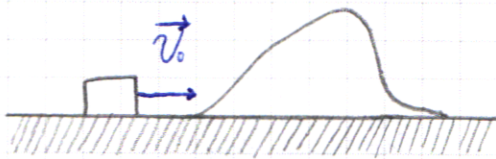
$h_{\text{max}}, v_1 - ?$

$$1) \begin{cases} \frac{m v_0^2}{2} = \frac{4 m v_1^2}{2} + m g h \\ m v_0 = 4 m v_1 \end{cases}$$

$$v_1 = \frac{v_0}{4}$$

$$m v_0^2 = \frac{m v_0^2}{4} + 2 m g h$$

$$4 m v_0^2 - m v_0^2 = 8 m g h$$



$$h = \frac{3v_0^2}{8g}$$

№2)

$$\begin{cases} m v_0 = 3m v_2 - m v_1 \\ \frac{m v_0^2}{2} = \frac{3m v_2^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} \end{cases}$$

после него как они
развернутся

$$v_2 = \frac{v_0 + v_1}{3}$$

$$v_0^2 = 3v_2^2 + v_1^2$$

$$3v_0^2 = v_0^2 + v_1^2 + 2v_0 v_1 + 3v_1^2$$

$$4v_1 + 2v_0 v_1 - 2v_0^2 = 0$$

$$2v_1 + v_0 v_1 - v_0^2 = 0$$

$$\Delta = v_0^2 + 8v_0^2 = 9v_0^2$$

$$v_1 = \frac{-v_0 + 3v_0}{4} = \frac{1}{2} v_0$$

Ответ: $h = \frac{3v_0^2}{8g}$; $v_1 = \frac{1}{2} v_0$

№3) $V_x = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ · T_0, P_0 ?

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

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

$$V_1 = 0,2 \text{ м}^3$$

$$V_2 = 0,3 \text{ м}^3$$

$$1) c m_1 (T_1 - T_0) = c m_2 (T_0 - T_2) \quad m = \nu \mu$$

$$V_1 T_1 - V_1 T_0 = V_2 T_0 - V_2 T_2$$

$$T_0 = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_2 + V_1} = 288 \text{ K}$$

$$T_0 = 15^\circ\text{C}$$

2) Определить давление воздуха смеси молекулярной

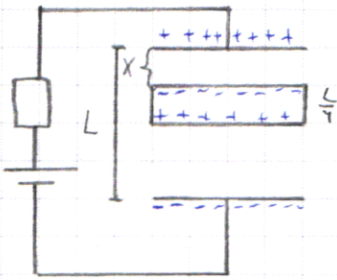
$$P_0 = P_1 + P_2 = \frac{RT_0}{V} (V_1 + V_2) = 1,49 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$P_1 = \frac{V_1 R T_0}{V}$$

$$P_2 = \frac{V_2 R T_0}{V}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $T_0 = 15^\circ\text{C}$; $P_0 = 1,44 \cdot 10^5 \text{ Дж}$
 $N = 4$



$\epsilon; C$

C_x, q - ?

1) Заряд содержится у стержня проводника, значит эту емкость можно считать 2 последовательного соединенными конденсаторами

$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{L}$$

$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{X}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{L - X - \frac{L}{4}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{3}{4}L - X}$$

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

$$\frac{1}{C_x} = \frac{X}{\epsilon \epsilon_0 S} + \frac{\frac{3}{4}L - X}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{\frac{3}{4}L}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

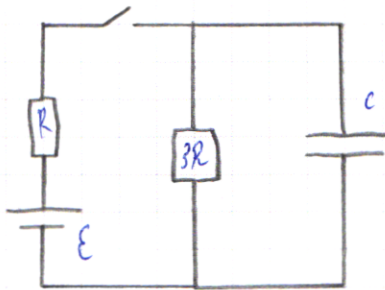
$$C_x = \frac{4}{3} \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{L} = \frac{4}{3} C_0$$

2) Емкость конденсатора увеличилась при постоянной напряженности, значит:

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

$$q = U \Delta C = \frac{\epsilon C_0}{3}$$

Ответ: $C_x = \frac{4}{3} C_0$; $q = \frac{\epsilon C_0}{3}$



$$N=5$$

$$C, \varepsilon, R, R_1=3R$$

$$I, U_2, Q=?$$

1) $I = \frac{\varepsilon}{R}$ (так как в начальный момент времени ток все пойдет через конденсатор R_1)

$$2) U = IR$$

$$\varepsilon = \frac{1}{3}U_2 + U_2 \Rightarrow U_2 = \frac{3\varepsilon}{4}$$

3) После размыкания ключа энергия конденсатора перейдет в тепло по резистору

$$W_k = \frac{CU^2}{2} = \frac{C \cdot 9\varepsilon^2}{2 \cdot 16} = \frac{9CE}{32} = Q$$

$$\text{Ответ: } I = \frac{\varepsilon}{R}; U_2 = \frac{3\varepsilon}{4}; Q = \frac{9CE}{32}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-010

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

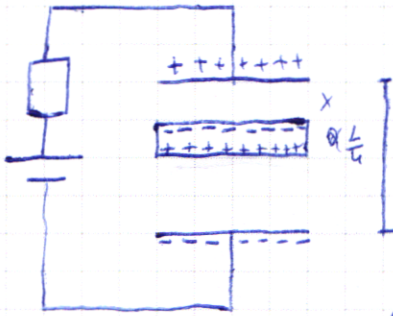


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4)



$C_0, \epsilon,$

d

κ

$C_x, q, -?$

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{L}$$

$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{L - x - \frac{L}{4}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{3}{4}L - x}$$

$$\frac{1}{C_x} = \frac{x}{\epsilon \epsilon_0 S} + \frac{\frac{3}{4}L - x}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{\frac{3}{4}L}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

$$C_x = \frac{4\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{3}{4}L}$$

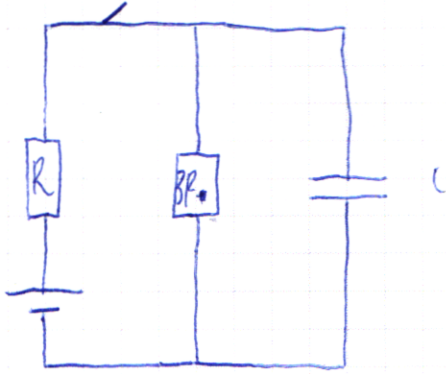
$$C_x = \frac{4}{3} C_0$$

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

$$q = \kappa \Delta C$$

$$q = \frac{\epsilon C_0}{3}$$

7) ~~R_1, R_2, R_3~~ , $R, R_1=3R, C, \mathcal{E}$



1. $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$

2. $U = IR$

~~$4R \mathcal{E} = IR + 3IR$~~

$\mathcal{E} = \frac{1}{3}U_2 + U_2$

$\mathcal{E} = \frac{4}{3}U_2$

$U_2 = \frac{3\mathcal{E}}{4}$

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

$q = CU$

~~$q = \frac{q^2 R^2}{2C} = \frac{q^2 R}{+}$~~ $\frac{q^2}{2C}$

~~$R = \frac{q^2}{2C}$~~

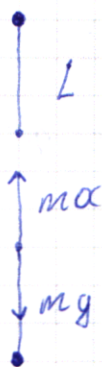
$\frac{CU^2}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)

$v = ?$

R, g



$$mg = m\alpha$$

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

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

$$g = \frac{v_{\downarrow}^2 - 4gR}{R}$$

$$\frac{mv_{\downarrow}^2}{2} - 2mgR = \frac{mv_{\uparrow}^2}{2}$$

$$v_{\downarrow}^2 - 4gR = v_{\uparrow}^2$$

$$gR = v_{\downarrow}^2 - 4gR$$

$$v_{\downarrow}^2 = \sqrt{5gR}$$

$$v_{\downarrow} = \sqrt{25} = 5 \text{ м/с}$$

2) $m, v_0, 3m$

$h_{\max}, v_2 = ?$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{mv_0^2}{2} &= \frac{4mv_2^2}{2} + mgh \\ mv_0 &= 4mv_2 \end{aligned} \right.$$

$$v_2 = \frac{v_0}{4}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mv_0^2}{32} + mgh$$

$$\frac{4mv_0^2}{8} - \frac{mv_0^2}{8} = mgh$$

$$h = \frac{3v_0^2}{8g}$$

$$\begin{cases} m v_0 = 3m v_2 - m v_1 \\ m v_0^2 = 3m v_2^2 + m v_1^2 \end{cases}$$

$$v_2 = \frac{v_0 + v_1}{3}$$

$$v_1^2 = v_0^2 - 3v_2^2$$

$$2v_1^2 = 3v_0^2 - v_0^2 + v_1^2 + 2v_0v_1$$

$$v_1^2 - 2v_0v_1 - v_0^2 = 0$$

$$D = v_0^2 + 4v_0^2 = 5v_0^2$$

$$v_1 =$$

$$D = v_0^2 + 4v_0^2 = 5v_0^2$$

$$v_1 = \frac{v_0 \pm \sqrt{5} v_0}{2} = \frac{v_0(1 + \sqrt{5})}{2}$$

3) V_1, T_1, T_2, V_1, V_2
 T_0, p



$$m = \nu M$$

$$c m_1 (T_1 - T_0) = c m_2 (T_0 - T_2)$$

$$V_1 T_1 - V_1 T_0 = V_2 T_0 - V_2 T_2$$

$$V_2 T_0 + V_1 T_0 = V_1 T_1 + V_2 T_2$$

$$T_0 = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_2 + V_1} = \frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 288}{0,5} =$$

$$= \frac{60 + 84}{0,5} = \frac{144}{0,5} = 288^\circ \text{K}$$

$$T_0 = 15^\circ \text{C}$$

$$P_0 = P_1 + P_2 = \frac{V_1 R T_0}{V} + \frac{V_2 R T_0}{V} = \frac{R T_0}{V} (V_1 + V_2) \cdot 10^3 = 288 \cdot 500 =$$

$$P_1 V = V_1 R T_0$$

$$P_2 V = V_2 R T_0$$

$$= 1,44 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$