

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

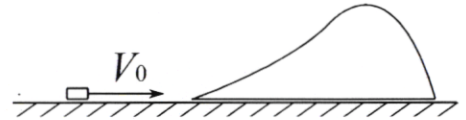
Шифр 06-029

(заполняется секретарём)

Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарика, 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.

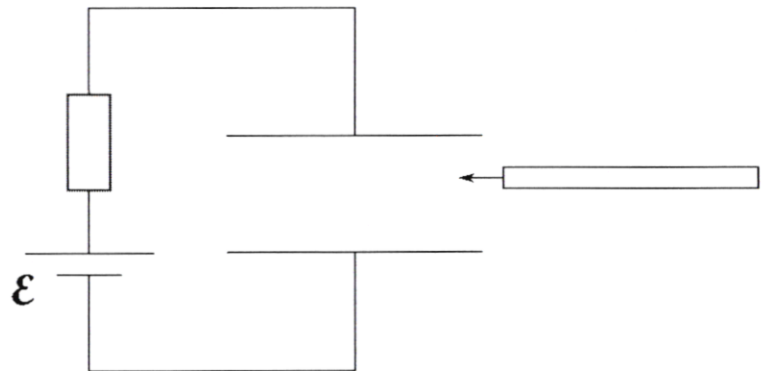


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

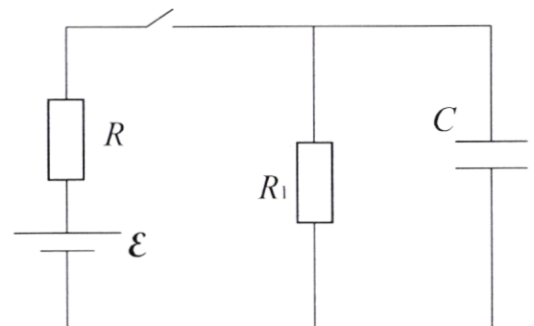
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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.



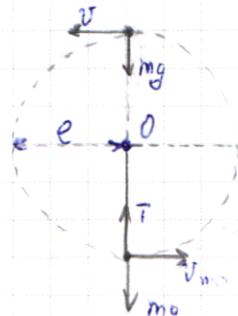
- 1) Найти емкость конденсатора с пластиной.
- 2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

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 .

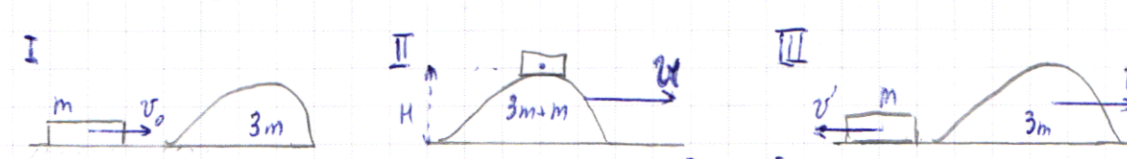


- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

<p>№1 $v_{\min} = ?$</p>	<p>Решение:</p>
<p>$l = 50 \text{ см}$ $g = 10 \text{ м/с}^2$</p>	 <p>$v - \min$, если $F_{\text{центрострем}} = mg$ (м.е при $T=0$) Тогда $mg = ma_y$, $g = \frac{v^2}{R}$ $v_{\min} = \sqrt{gR} = \sqrt{ge} = \sqrt{5 \cdot 10} \text{ м/с} = \sqrt{50} \text{ м/с} \approx 2,25 \text{ м/с}$</p>

Ответ: $v_{\min} \approx 2,25 \text{ м/с}$

<p>№2 $H = ?$ $v' = ?$</p>	<p>Решение</p>
<p>$m; v_0$ $3m; g$</p>	 <p>1) По ЗСУ, $mv_0 = (3m+m)u$, $u = \frac{mv_0}{4m} = \frac{v_0}{4}$ (1)</p>
	<p>2) По ЗСЭ, $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{(3m+m)u^2}{2} + mgH$, $gH = \frac{v_0^2}{2} - \frac{4u^2}{2}$</p>
	<p>3) $H = \frac{v_0^2 - 4u^2}{2g} = \frac{v_0^2 - \frac{v_0^2}{4}}{2g} = \frac{3v_0^2}{8g}$ (2)</p>
	<p>4) По ЗСЭ: $mgH + \frac{4mu^2}{2} = \frac{mv'^2}{2} + \frac{3mu'^2}{2}$ (3)</p>
	<p>5) По ЗСУ, $4mu = 3mu' - mv'$, $u' = \frac{v' + 4u}{3}$ (4)</p>
	<p>(4) \rightarrow (3): $2gH + 4u^2 = v'^2 + \frac{3(v' + 4u)^2}{9} \cdot 3$</p>
	<p>$6gH + 2 \cdot 6u^2 = 3v'^2 + v'^2 + 8uv' + 16u^2$ (5)</p>
	<p>(1), (2) \rightarrow (5): $6g \cdot \frac{3v_0^2}{8g} + 2 \cdot 6 \frac{v_0^2}{16} = 3v'^2 + v'^2 + 2v_0v' + v_0^2$</p>

(1), (2) → (3):

$$\frac{18}{8}v_0^2 + 1 \cdot \frac{6v_0^2}{16} = 4v'^2 + 2v'v_0 + v_0^2$$

$$4v'^2 + 2v'v_0 + \left(\frac{16-18-36}{16}\right)v_0^2 = 0$$

$$4v'^2 + 2v'v_0 - \frac{38}{16}v_0^2 = 0$$

$$4v'^2 + 2v'v_0 - 2v_0^2 = 0$$

$$D = 4v_0^2 + \frac{16 \cdot 38}{16}v_0^2 = 38v_0^2$$

$$2v' + v'v_0 - v_0^2 = 0$$

$$v' = \frac{-v_0 \pm 3v_0}{4} = \left[\frac{v_0}{2} \right. \\ \left. -v_0 \right]$$

$$v' = \frac{-2v_0 \pm 3\sqrt{3}v_0}{8} = \left[-\frac{v_0}{4} \pm \frac{3\sqrt{3}}{8}v_0 \right]$$

П.к. считая иначе, то

$$v' = -\frac{v_0}{4} + \frac{3 \cdot 1,73}{8}v_0 = \frac{3 \cdot 1,73 - 2}{8}v_0 = \frac{3,19}{8}v_0 = 0,39875v_0 \approx 0,4v_0$$

Ответ: $H = \frac{3v_0^2}{8g}$; $v' = 0,5v_0$

$$v' = \frac{v_0}{2}$$

n^3	$T_3 = ?$ $p = ?$	Решение
-------	----------------------	---------

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

$$t_1 = 27^\circ\text{C}$$

$$v_1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$t_2 = 7^\circ\text{C}$$

$$v_2 = 0,3 \text{ моль}$$

v_1	v_2
t_1	t_2

$V; p'$

$v_1 + v_2$	T_3
-------------	-------

$V; p$

По 3СГ: $v_1 + v_2 = v_3$. Тогда

$$\frac{3}{2}v_1 R T_1 + \frac{3}{2}v_2 R T_2 = \frac{3}{2}(v_1 + v_2) R T_3, T_3 = \frac{v_1 T_1 + v_2 T_2}{v_1 + v_2}$$

$$T_3 = \frac{0,2 \cdot 300^\circ\text{K} + 0,3 \cdot 280^\circ\text{K}}{0,5} = (60 + 84) \cdot 2^\circ\text{K} = 288^\circ\text{K} = 15^\circ\text{C}$$

$$pV = \nu RT, \text{ тогда } pV = (v_1 + v_2) R T_3, p = \frac{(v_1 + v_2) R T_3}{V}$$

$$p = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}} \text{ Па} = 144 \cdot 10^3 \text{ Па} = 144 \text{ кПа}$$

Ответ: $T_3 = 288^\circ\text{K} = 15^\circ\text{C}$; $p = 144 \text{ кПа} = 144000 \text{ Па}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

<p>№ 4</p> <p>$C = ?$ $q = ?$</p>	<p>Решение</p>
<p>C_0</p> <p>ϵ</p> <p>$\frac{d}{4}$</p>	<p>Данный конденсатор можно представить как систему из последовательно соединенных конденсаторов, расстояние между обкладками которых (x) и $(\frac{3}{4}d - x)$. Тогда, $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$</p> $\frac{1}{C} = \frac{1}{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x}} + \frac{1}{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{3}{4}d - x}}, \quad \frac{1}{C} = \frac{\frac{3}{4}d}{\epsilon \epsilon_0 S}, \quad \text{а} \quad C = \frac{4 \epsilon \epsilon_0 S}{3d} = \frac{4}{3} C_0 \quad (1)$ <p>$q = C \epsilon, \quad q = \frac{4}{3} C_0 \epsilon$</p> <p>Ответ: $C = \frac{4}{3} C_0, \quad q = \frac{4}{3} C_0 \epsilon$</p>

<p>№ 5</p> <p>$I_0 = ?$ $U = ?$ $Q = ?$</p>	<p>Решение</p>
<p>$C; \epsilon; R$</p> <p>$R_1 = 3R$</p>	<p>1) Сразу после замыкания ключа ток свободно проходит через C, а через R_1 не проходит. Тогда по 3. Ома $I_0 = \frac{\epsilon}{R} \quad (1)$</p> <p>2) При уст. U_2 на конденсаторе, $U_{R_1} = U_2$ (парал. соединение). Тогда $\epsilon = U_1 + U_2 = I_1 R + U_2$. Также, после уст. U_2 на C ток через C не идет и $\frac{\epsilon}{R + 3R} = I_1$, т.е. $\epsilon - \frac{\epsilon R}{3R + R_1} = U_2, \quad U_2 = \epsilon - \frac{1}{4} \epsilon = \frac{3}{4} \epsilon$</p> <p>$Q = \frac{C U_2^2}{2} = \frac{C \cdot 9 \epsilon^2}{2 \cdot 16} = \frac{9}{32} C \epsilon^2$</p>

Ответ:

1) $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}$

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

3) $Q = \frac{9}{32} C \mathcal{E}^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3) $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$t_1 = 27^\circ\text{C}$
 $\nu_1 = 0,2 \text{ моль}$
 $t_2 = 7^\circ\text{C}$
 $\nu_2 = 0,3 \text{ моль}$

$T_k = ?$
 $p_k = ?$

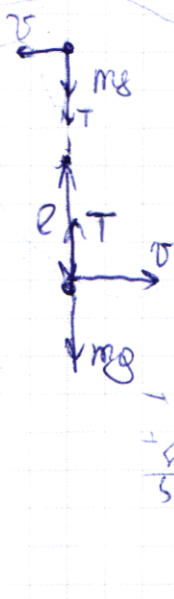
$\frac{3}{2} \nu_1 R t_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R t_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R t_3$

$t_3 = \frac{\nu_1 t_1 + \nu_2 t_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,2 \cdot (273 + 27) + 0,3 \cdot (273 + 7)}{0,5} =$
 $= \frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,5} = (60 + 84) \cdot 2 = 288^\circ\text{K} = 15^\circ\text{C}$

$(\nu_1 + \nu_2) R T_3 = p_k V, p_k = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{144 \cdot 10^3}{1} = 144 \text{ кПа}$

№4)

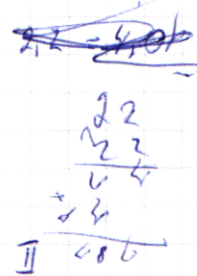
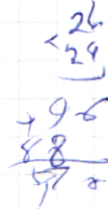
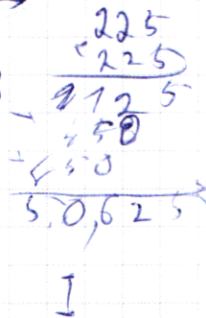
$\rho = 5000$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$



~~mg = ma_y~~ $mg = ma_y$

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

$v = \sqrt{gR} = \sqrt{10 \cdot 0,15} = \sqrt{1,5} \text{ м/с}$



$2^2 = 4$

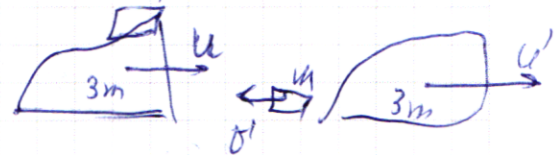
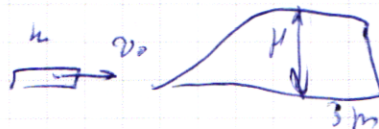
$2,5^2 = 6,25$

$3^2 = 9$

$2,7^2 = 5,76$

$3,2^2 = 4,84$

№2) $m; v_0$
 $3m$

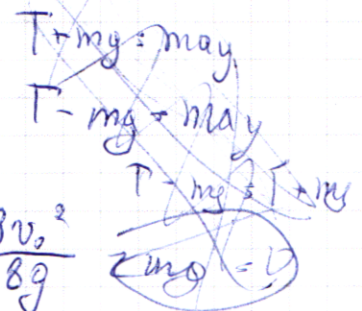


$H = ?$
 $v' = ?$

$m v_0 = (3m + m) u, u = \frac{m v_0}{4m} = \frac{v_0}{4}$

$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{(3m + m) u^2}{2} + mgH$

$H = \frac{\frac{v_0^2}{2} - \frac{4u^2}{2}}{g} = \frac{v_0^2 - 4u^2}{2g} = \frac{v_0^2 - \frac{4 \cdot v_0^2}{16}}{2g} = \frac{3v_0^2}{8g}$



$$mgH = \frac{mv'^2}{2} + \frac{3mu'^2}{2}$$

$$4mu = 3mu' - mv'$$

$$u' = \frac{v' + 4u}{3}$$

$$2gH = v'^2 + \frac{3 \cdot (v' + 4u)^2}{2}$$

$$6gH = 3v'^2 + v'^2 + 8v'u + 16u^2$$

$$4v'^2 + 8v'u + (16u^2 - 6gH) = 0$$

$$-\frac{42}{26}$$

$$v'^2 + 2v'u + (4u^2 - 1.5gH) = 0$$

$$v'^2 + \frac{2v'v_0}{4} - \left(\frac{4v_0^2}{16} - \frac{1.5g \cdot 3v_0^2}{8g} \right) = 0$$

$$-\frac{16}{12} \cdot \frac{1}{4} = -32$$

$$2v'^2 + v'v_0 - \frac{v_0^2}{2} - \frac{4.5}{4}v_0^2 = 0, \quad 2v'^2 + v'v_0 - \frac{15v_0^2}{4} = 0$$

$$D = 1 + 4 \cdot \frac{15}{4} = 16, \quad v' = \frac{-v_0 \pm 2v_0}{4} = \left[-\frac{3v_0}{4} \right]$$

$$\frac{v_0 + \frac{4v_0}{4}}{3} = \frac{5}{12}v_0$$

$$30 = 3 \cdot 10$$

$$u = \frac{v' + 4u}{3} = \frac{3\sqrt{3} - 2}{8} \frac{v_0 + v_0}{3}$$

$$mv_0^2 = \frac{mv_0^2}{16} + \frac{25 \cdot 3mv_0^2}{48}$$

$$\frac{1.73}{3} - 2 = 3.19$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{8} - \frac{2}{12}v_0 = \frac{3\sqrt{3} - 2}{12}v_0$$

$$4mu = 3mu' - mv'$$

$$\frac{5}{4}mv_0 = 3mv'$$

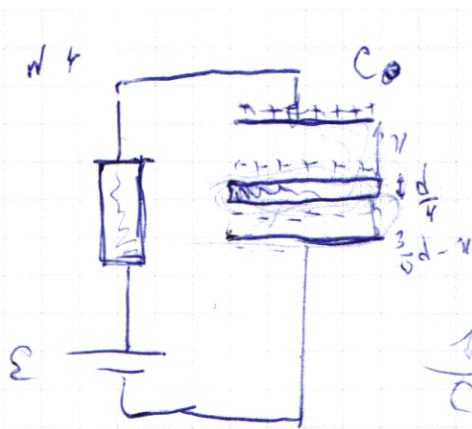
$$\frac{5}{12}v_0 = v'$$

$$gH + \frac{4mu^2}{2} = \frac{mv'^2}{2} + \frac{3mu'^2}{2}$$

$$2gH = 4u^2$$

$$\begin{array}{r} 319 \ 8 \\ -24 \ 8 \\ \hline 79 \ 8 \\ -72 \ 8 \\ \hline 70 \ 8 \\ -64 \ 8 \\ \hline 60 \ 8 \\ -56 \ 8 \\ \hline 40 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{3}{4}d} = \frac{4}{3} C_0$$

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

$$C \epsilon = q, q = \frac{4}{3} C_0 \epsilon$$

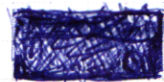
$$\frac{1}{C} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{3}{4}d}$$

$T - mg = ma_y$
 $mg = ma_y$
 $\frac{2\sqrt{1}R}{2} = \frac{2mg}{2}$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{3}{4}d}$$

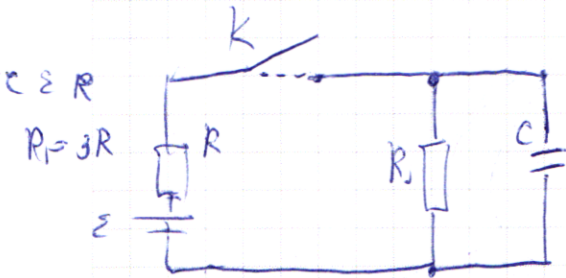
$$I_1 R + I_2 3R = \epsilon$$

$$4I_1 R = \epsilon, I_1 = \frac{\epsilon}{4R}$$

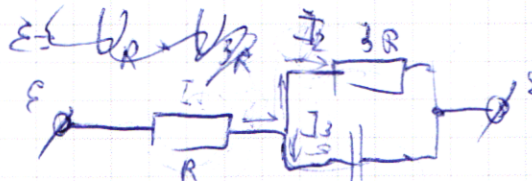


$$\frac{C \epsilon^2}{2} = \frac{U^2}{R} t$$

№ 5



$$I_0 = \frac{\epsilon}{R} \text{ (по закону сохранения энергии)}$$



$$q = C \epsilon$$

$$I = \frac{\epsilon}{4R}$$

$$I_1 R + I_2 3R = \epsilon$$

$$I^2 R t + 3 I^2 R t = \frac{C \epsilon^2}{2}$$

$$4 I^2 R t = \frac{C \epsilon^2}{2}$$

$$I_1 R + I_2 3R = \epsilon$$

$$I_1 R + I_2 3R = \epsilon$$

$$I_1 + 3I_2 = \frac{\epsilon}{R}$$

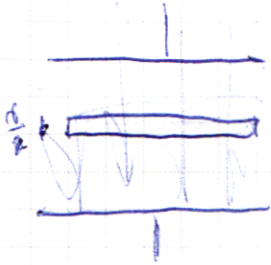
$$U_1 = I_1 R$$

$$U_2 = 3 I_2 R$$

$$\epsilon = U_1 + U_2$$

$$I_2 = \frac{\epsilon - I_1 R}{3}, 3R = \epsilon - 3I_1 R$$

$$U_2 = \frac{3\epsilon}{4} \cdot \frac{C \epsilon^2}{2} = \frac{3C \epsilon^3}{8}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-029

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)