

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

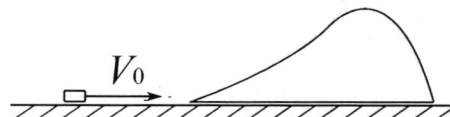
Шифр 14-017

(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.

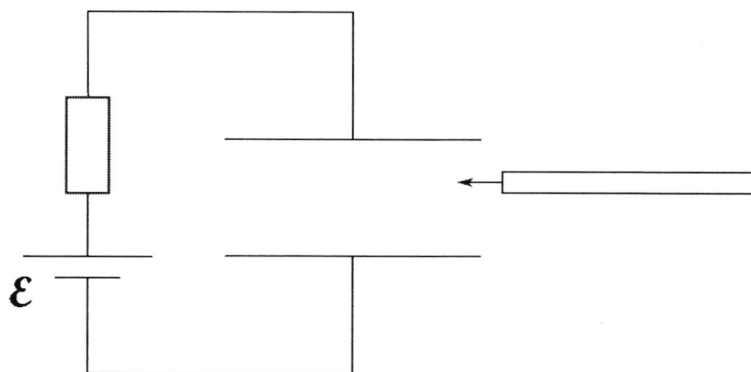


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

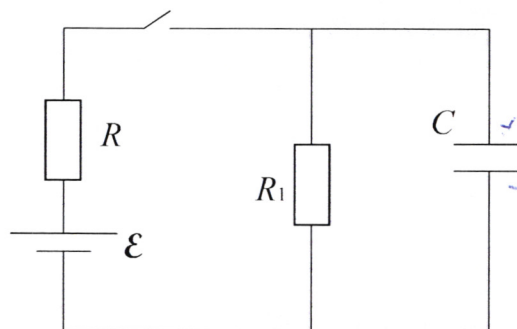
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС \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 4 раза меньше расстояния между обкладками.



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

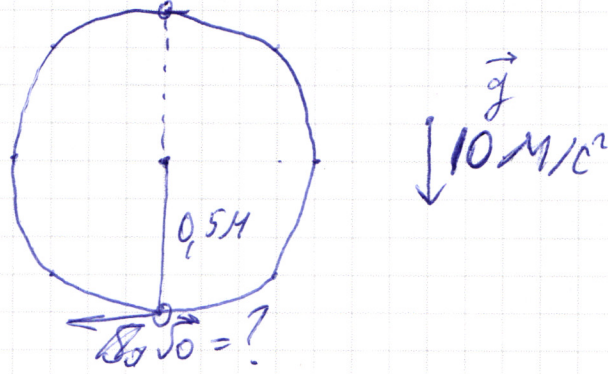
5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в R , $R_1=3R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , \mathcal{E} , R .



- 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

№1



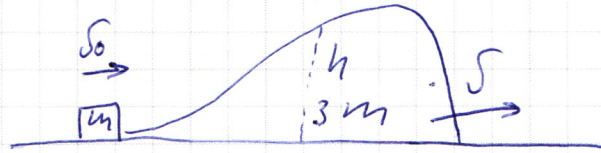
По закону сохранения энергии получаем, что нам нужно преодолеть $\frac{1}{2}$ круга и ещё какую-то часть, то есть $\frac{m v_0^2}{2}$ нам надо преодолеть $\frac{m v_0^2}{2} = mg \cdot 2R + \frac{m v^2}{2}$; $mg \cdot 2R$ - энергия, которую преодолеть половину круга. $\frac{m v^2}{2}$ - энергия, которая нужна для завершения круга.

$v_0^2 = 4Rg + v^2$; откуда $\frac{m v^2}{2} = mgR$, т.к. нам достаточно преодолеть $\frac{1}{4}$ круга, чтобы сила тяжести закончила его.

Получаем $v_0^2 = 4Rg + 2gR \Rightarrow v = \sqrt{30} \text{ м/с}$

Ответ: $\sqrt{30} \approx 5,4 \text{ м/с}$.

№ 2



1) По закону сохранения энергии получаем $mv_0^2 = mgh + \frac{3mv^2}{2}$, м.к., решив получим, что значение v тоже зависит от энергии.

Закон сохранения импульса $50m = 4mv$,

откуда $v = \frac{50}{4}$

$$\begin{cases} \frac{v_0^2}{2} = gh + \frac{3v^2}{2} \\ v = \frac{50}{4} \end{cases} \Rightarrow h = \frac{13v_0^2}{32g}$$

2) У маятника всё ещё будет скорость, когда маятник начнет двигаться вниз, но на её энергию это никак не повлияет, м.к. $F_{тр} = 0$. Значит $mgh = \frac{mv_1^2}{2}$, откуда

$$v_1 = \frac{v_0 \sqrt{13}}{4}$$

Ответ: 1) $\frac{13v_0^2}{32g}$ 2) $\frac{v_0 \sqrt{13}}{4}$

№ 3.

1) С помощью уравнения Менделеева-Клапейрона получаем равновесие для каждого сосуда, то есть $(V_1 + V_2) R T = V_1 R T_1 + V_2 R T_2$

$$T = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2} \Rightarrow T = 15^\circ C$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Также, пользуясь уравнением Менделеева-Клапейрона получаем $PV = (J_1 + J_2) R T^\circ$, откуда

$$P = \frac{(J_1 + J_2) R T^\circ}{V} \Rightarrow P = 2,5 \cdot 10^3 \text{ Па.}$$

Ответ: 1) 15°C 2) $2,5 \cdot 10^3 \text{ Па}$

~ 4

1) $C_0 = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$, т.к. пластины в чрезу Т.О.выше,

потому что С - емкость более близкая пластины

$$C = C_0 + \frac{4\epsilon_0 \epsilon S}{d} \Leftrightarrow C = \frac{5\epsilon_0 \epsilon S}{d} \Rightarrow C = 5C_0.$$

2) Ответ: 1) $5C_0$

~ 5.

1) $I = \frac{\epsilon}{R+r}$, где $R+r$ - параллельно соединен-

ны, а значит $R+r = \frac{2R}{4}$, откуда $I = \frac{4\epsilon}{2R}$.

Ответ: 1) $\frac{4\epsilon}{2R}$.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

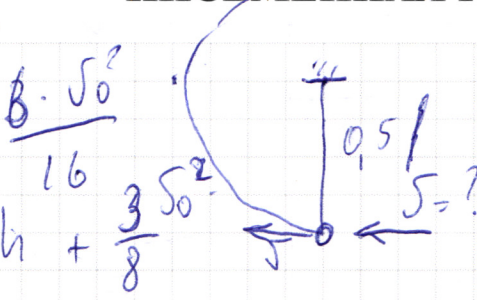
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$gh = \frac{4v_0^2}{2} - \frac{3v_0^2}{8}$$

$$gh = 4v_0^2 - \frac{3v_0^2}{8}$$

$$\frac{v_0^2}{8}$$



$$R = 0.5 \text{ m}$$

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

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

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

$$13 \frac{v_0^2}{16} = \frac{3v_0^2}{8}$$

$$\frac{13v_0^2}{32} = \frac{3v_0^2}{32}$$

$$13 \frac{v_0^2}{16} = 3 \frac{v_0^2}{8}$$

$$v = \frac{\sqrt{13}}{4} v_0$$

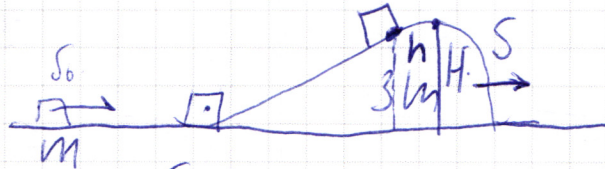
$$mv_0 = 5 \text{ m/s}$$

$$mv_0 = 4 \text{ m/s}$$

$$\frac{v_0}{4} = 5$$

$$v_0 = 20$$

$$13 \cdot \frac{v_0^2}{16} = 9$$



$$\frac{v^2}{2} = \frac{13v_0^2}{16}$$

$$\frac{13v_0^2}{32 \cdot 16} = \frac{13v_0^2}{512}$$

$$v^2 = \frac{13v_0^2}{16}$$

$$\frac{mv_0}{mv_0^2} = \frac{3mv^2}{2} + mgh$$

$$\frac{16v^2}{2} - \frac{3v^2}{2} = 4$$

$$\frac{13v^2}{2} = 4$$

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{3v^2}{2} + gh = gh$$

$$\frac{13v_0^2}{32 \cdot 9}$$

$$\frac{13v_0^2}{32 \cdot 9}$$

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{3v^2}{2} + gh$$

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{3v^2}{2} + gh$$

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

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

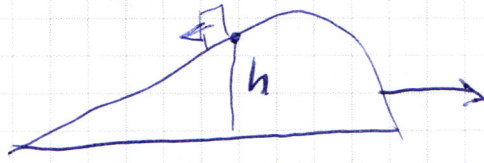
$$H = \frac{v_0^2}{2g}$$

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

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

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

2)



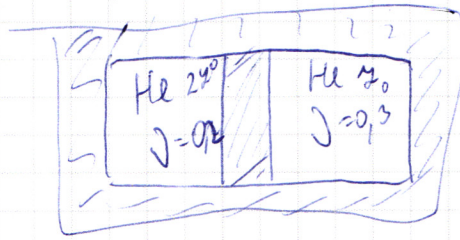
$$mgh = \frac{mv^2}{2}$$

$$\sqrt{2gh} = v$$

$$PV = J R t$$

~ 3

$$V = 0,31 \cdot 10^{-3}$$



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

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

$$\frac{J R t}{PV} = \frac{J_1 t_1}{V_x} + \frac{J_2 t_2}{V - V_x}$$

$$\frac{(J_1 + J_2) t}{V} = \frac{J_1 t_1}{V_x} + \frac{J_2 t_2}{V - V_x}$$

$$\frac{(V - V_x) J_1 + V_x J_2 t_2}{V_x V - V_x^2} = \frac{(J_1 + J_2) t}{V}$$

$$(V_x V - V_x^2) \cdot 0,5 = V(V - V_x) J_1 + V_x J_2 t_2 = \frac{(J_1 + J_2) t}{V} \cdot (V_x V - V_x^2)$$

$$\cancel{V_x V J_1} + \cancel{V_x V J_2}$$

$$V_x V \cdot 0,5 t - V_x^2 \cdot 0,5 t = \checkmark$$

$$V_x V \cdot 0,5 t - V V_x \cdot 0,3 \cdot 2$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

14-017

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

$$\begin{array}{l} C \\ I \\ U = \frac{q}{C} \\ \frac{q}{R} = \\ \frac{q}{U} \end{array} \quad \begin{array}{l} R \\ \cancel{R} \\ \cancel{R} \\ \cancel{U} \\ \cancel{U} \end{array} \quad \frac{q}{U} =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

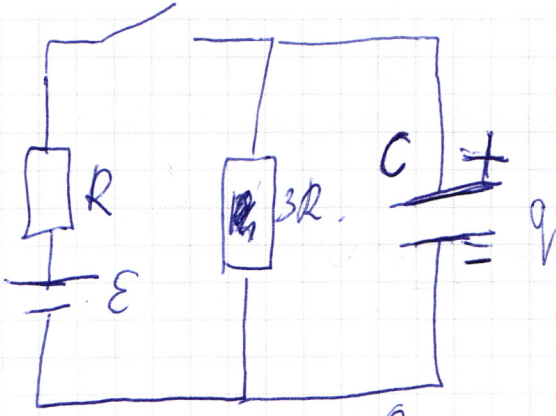
$10 = \frac{v^2}{0,5}$
 $v = \frac{2\pi R}{T}$
 $10 = \frac{v}{R}$
 $a = \frac{v^2}{R}$
 $a = \frac{2gh}{0,5} = 40$
 $\frac{a}{10} = 1$
 $\frac{10}{a} = 10$
 $m v^2 = mgR$
 $\frac{1}{2} v^2 = 10 \cdot 0,5 = 10$
 $40 = \frac{v^2}{0,5}$
 $80 = v^2$
 $80 \cdot 20 \cdot 4$
 $4\sqrt{5}$
 $\frac{m v^2}{2} = mgh + \frac{m v^2}{2}$
 $\frac{v_0^2}{2} = \left(\frac{v_0^2}{R} + g\right) h + 10$
 $v_0^2 = \frac{2v_0^2}{R} + g \cdot 20R + 40$
 $v_0^2 - \frac{v_0^2}{R} = 20$

$mgR = \frac{mv^2}{2}$ 20 · 10.
 $R \cdot m v^2 = mgh$
 $v = \sqrt{20}$
 $\frac{1}{2\sqrt{5}}$
 $\frac{t}{h}$
 $\frac{v^2}{2} = mgh$
 $\frac{m v^2}{2} = mgh$
 $\frac{v^2}{2} = 2 \cdot 10$
 20
 $\frac{v}{2} = \frac{10}{a}$
 $a = \frac{20}{\frac{v}{2}}$
 $\frac{10\sqrt{2}}{20\sqrt{2}}$
 $\frac{10\sqrt{2}}{20\sqrt{2}}$

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

$$q = \epsilon C_0$$

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



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

8,31.

$$\frac{R}{3R} + \frac{1}{3R} = \frac{4}{3R}$$

$$\frac{3R}{4} + \frac{4R}{4} = \frac{7R}{4}$$

$$R + 3 \cdot \frac{3R}{4}$$

$$I = 1$$

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

JRT

~~0,5~~

$$t = 0,2 \cdot 22 + 0,3 \cdot 22 = \frac{4\epsilon}{2R} \quad \epsilon = \frac{3}{4} R$$

$$\boxed{\frac{4\epsilon}{3R} = I}$$

$$t = 0,4 \cdot 22 + 0,6 \cdot 22$$

$$8 \quad \epsilon = \frac{4}{5}$$

$$\frac{6 \cdot 4}{10} \quad C = \frac{2}{4}$$

$$\boxed{\frac{4R}{4}} + \frac{4R}{4} = \frac{8R}{4} = 2R$$

$$\frac{4\epsilon}{11R} = I$$

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

$$PV = \frac{10 \cdot 5 \cdot 15 \cdot 8 \cdot 10^6}{8,31 \cdot 10^3}$$

$$\boxed{2,5 \cdot 10^9}$$

$$3,2 \cdot 6$$

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

$$= \frac{5\epsilon}{d}$$

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

$$C = C_0 + \frac{4\epsilon_0 \epsilon \cdot S}{d} = 5C_0$$