

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

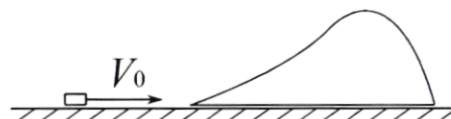
Шифр 15-021

(заполняется секретарём)

Вариант 11-03

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

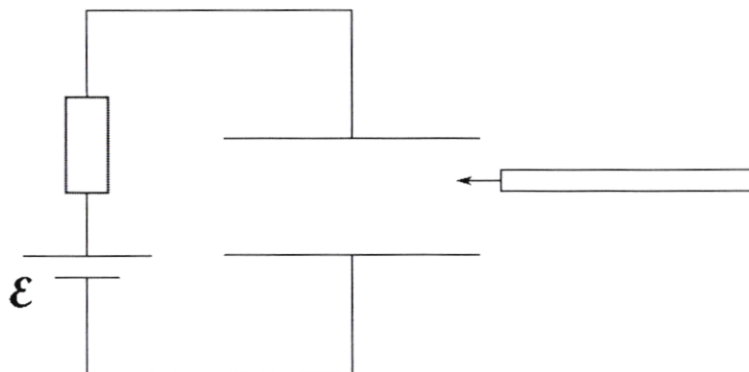


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

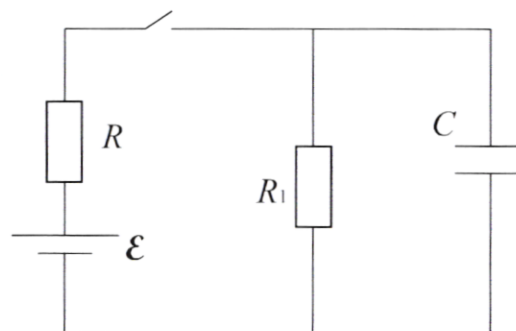
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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?

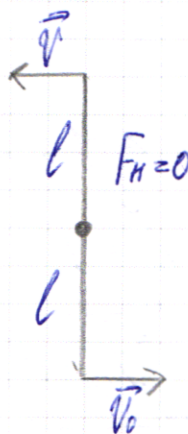
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$l = 0,5 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

v_0 - ?



Р-с

Минимальная начальная скорость определяется силой натяжения равной нулю в верхней точке, тогда

$$a_n = g \frac{v^2}{r}$$

$$a_n = \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{gr} \quad (r = l)$$

$$\text{ЗСД: } \frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv^2}{2} \quad | \cdot \frac{2}{m} \neq 0$$

$$v_0^2 = 2gh + v^2 \quad (h = 2l)$$

$$v_0^2 = 2g \cdot 2l + gl$$

$$v_0^2 = 5gl$$

$$v_0 = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

ответ: $v_0 = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

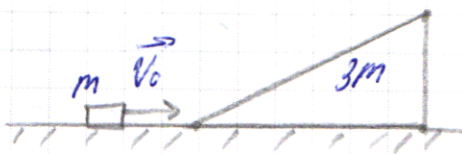
№2

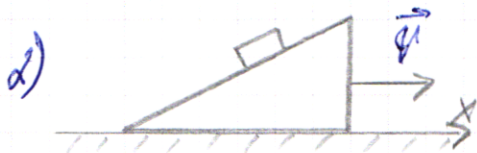
Дано:

$$m; 3m; v_0$$

$$h - ?; v - ?$$

1)





$$\text{ЗКП: } mv_0 = (m+3m)v$$

$$mv_0 = 4mv$$

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

$$\text{ЗКЭ: } \frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv^2}{2} \quad | \cdot \frac{2}{m} \neq 0$$

$$v_0^2 = 2gh + v^2$$

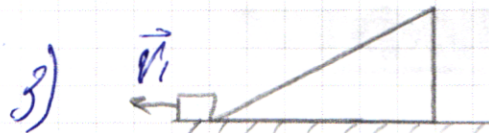
$$h = \frac{v_0^2 - v^2}{2g}$$

$$h = \frac{v_0^2 - \frac{v_0^2}{16}}{2g}$$

$$h = \frac{15v_0^2}{32g} = \frac{15v_0^2}{32 \cdot 10} = \frac{3v_0^2}{64}$$

Ответ: ~~$h = \frac{15v_0^2}{32g}$~~ ; $v_1 = \frac{v_0}{4}(\sqrt{15}-1)$; $h = \frac{3v_0^2}{64}$

№3



ЗКЭ: в ЦО - верха:

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

$$v^2 = \sqrt{2gh} = \frac{\sqrt{15}v_0}{4}$$

Вниз juntos: $v_1^2 - v^2 = v_1^2$

$$v_1 = \frac{\sqrt{15}v_0}{4} - \frac{v_0}{4} =$$

$$= \frac{v_0}{4}(\sqrt{15}-1)$$

Дано:

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

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

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$V_1 = 0, \text{ джоуль}$$

$$t_2 = 4^\circ\text{C}$$

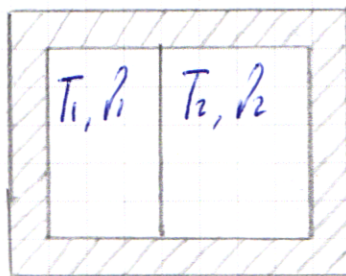
$$T_2 = 280 \text{ К}$$

$$V_2 = 0, \text{ джоуль}$$

$$b - ?$$

$$P_1 - ?$$

P-c



Решим для системы газов:

1. Термодинамика: $d = \Delta U + A$

$d = 0$ т.к. термодинамика

$A = 0$ т.к. объем всего сосуда не меняется.

\Downarrow
 $\Delta U = 0 \Rightarrow U = \text{const.}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{3}{2} p_1 R T_1 + \frac{3}{2} p_2 R T_2 = \frac{3}{2} p R T + \frac{3}{2} p R T$$

$$p_1 T_1 + p_2 T_2 = p T + p T$$

$$T = \frac{p_1 T_1 + p_2 T_2}{p_1 + p_2} = \frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,2 + 0,3} = \frac{\frac{300 \cdot 2}{10} + \frac{280 \cdot 3}{10}}{\frac{5}{10}} =$$

$$= 2(60 + 84) = 288 \text{ (K)} \quad t = 15^\circ \text{C}$$

$$p_1 V = p R T \quad (V = V_1 + V_2)$$

$$p_1 = \frac{p R T}{V} = \frac{0,5 \cdot 2,31 \cdot 288}{2,31 \cdot 10^{-3}} = 144 \cdot 10^3 = 1,44 \cdot 10^5 \text{ (Pa)}$$

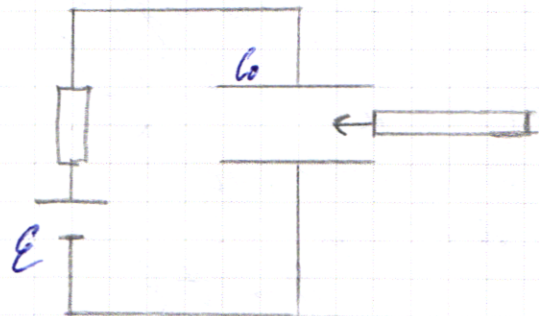
Ответ: $t = 15^\circ \text{C}$

$$p_1 = 1,44 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

№ 4

S - площадь обкладки конден-фра.

d - расстояние между обкладками конден-фра.



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

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d - \frac{1}{4}d} = \frac{\epsilon_0 S \cdot 4}{3d} = \frac{4}{3} \frac{\epsilon_0 S}{d} = \frac{4}{3} C_0$$

$$q_0 = C_0 U \quad q_1 = C_1 U \quad (U = E)$$

$$\Delta q = q_1 - q_0 = C_1 U - C_0 U = \frac{4}{3} C_0 E - C_0 E = \frac{1}{3} C_0 E$$

Ответ: $C_1 = \frac{4}{3} C_0$
 $\Delta q = \frac{7}{3} C_0 E$

Дано:

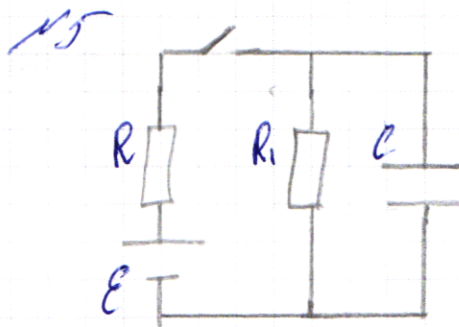
$R_1 = 3R$

C, E, R

$y_0 - ?$

$U - ?$

$Q - ?$



Р-с
 1) $y_0 = \frac{E}{R}$

2) Найдем общий ток цепи: $y = \frac{E}{R + R_1} = \frac{E}{4R}$

$U_{R_1} = y \cdot R_1 = \frac{E}{4R} \cdot 3R = \frac{3}{4} E$, на конденсаторе

будет то же самое напряжение в силу параллельного соединения.

3) После размыкания ключа вся энергия заряженного конденсатора перейдет в теплоту на R_1

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

Ответ: $y_0 = \frac{E}{R}$

$U = \frac{3}{4} E$

$Q = \frac{9CE^2}{32}$

$$p = \frac{p_0 V_0}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-5}} = 144 \cdot 10^3 = 1,44 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

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

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d - \frac{d}{4}} = \frac{4\epsilon_0 S}{3d} \Rightarrow C = \frac{4}{3} C_0$$

$$q_0 = CU$$

$$q_1 = CU = \frac{4}{3} CU$$

$$q_0 - q_1 = \frac{1}{3} CU$$

$$\frac{16U^2 - U^2}{16} = \frac{15U^2}{16}$$

$$\frac{15U^2}{32 \cdot 10^{-2}} = \frac{3U^2}{64}$$

$$y_0 = \frac{E}{R}$$

$$E = y_0 R$$

$$U = \frac{q}{C} \quad E = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

$$y_R + y_{R_1} = E$$

$$y_{R_1} = U$$

$$U = E - y_R = E - \frac{E}{4R} \cdot R = E - \frac{1}{4} E = \frac{3}{4} E \text{ на } R_1, \text{ на}$$

конденсаторе по все самое м.к. пер. соед.

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

Теплота выделится на конденсаторе R_1 , т.е. вся энергия конденсатора преобразована в тепло

$$E = \frac{C \cdot \frac{9}{16} E^2}{2} = \frac{9CE^2}{32}$$

$$243 + 15 = 288$$

$$\begin{array}{r} \times 144 \\ 2 \\ \hline 288 \end{array}$$

$$\frac{4d - d}{4} = \frac{3d}{4}$$

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

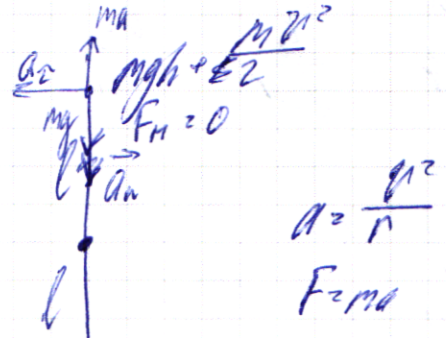
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

всего

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

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

$$v_0^2 = 2gh + v^2$$



$$a = \frac{v^2}{r}$$

$$F = ma$$

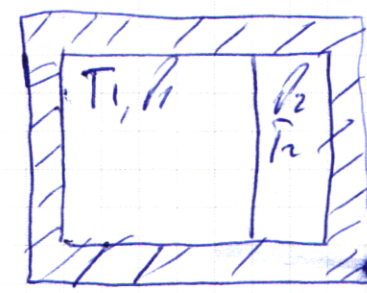
$$g = \frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{gr} = \sqrt{10 \cdot 0,5} = \sqrt{5}$$

⑨ ~~...~~

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1 + 5} = \sqrt{25} = 5$$

~~...~~



$T_1 = 300\text{K}$ ($t_1 = 27^\circ\text{C}$)
 $V_1 = 0,3 \text{ м}^3$
 $T_2 = 280\text{K}$ ($t_2 = 7^\circ\text{C}$)
 $V_2 = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

Решение найти самостоятельно.
 $Q = \Delta U + A$

$Q = 0$ $A = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$, значит $U = \text{const.}$

$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} \nu_1 R T + \frac{3}{2} \nu_2 R T$$

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = (\nu_1 + \nu_2) T$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,2 \cdot 300 + 280 \cdot 0,3}{0,5} = \frac{300}{5} + \frac{280 \cdot 3}{10} = 60 + 84 = 144$$

$$t = 144 - 273 = -129^\circ\text{C}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{mV_0^2}{2} = mgh + \frac{mV^2}{2} \quad mV_0 = (m + 3m)V$$

$$\frac{mV_0^2}{2} - \frac{mV_0^2}{32} = mgh \quad V_0 = 4V$$

$$V_0^2 - V_0^2 = 32gh$$

$$h = \frac{15V_0^2}{32g}$$

$$mgh = \frac{mV_0^2}{2}$$

$$V_1 = \sqrt{2gh}$$

$$V_1 = \frac{\sqrt{2 \cdot 15V_0^2}}{\sqrt{32g \cdot 16}} = \frac{\sqrt{15}V_0}{4}$$

$$\left(1 + \frac{\varepsilon}{\sqrt{15}}\right) \frac{h}{4} + \left(1 - \frac{\varepsilon}{\sqrt{15}}\right) \frac{h}{4} = 2gh \quad \left(\frac{h}{4}\right)^2 = \frac{2gh}{\varepsilon^2}$$

$$\left(1 - \frac{\varepsilon}{\sqrt{15}}\right) \frac{h}{4} = \frac{h}{4} - \frac{h}{4} = \frac{h}{4} = \frac{2gh}{\varepsilon^2}$$

$$\frac{h}{4} = \frac{2gh}{\varepsilon^2} \Rightarrow h = \frac{8gh}{\varepsilon^2} \Rightarrow \varepsilon^2 = 8g$$

$$\varepsilon = \sqrt{8g}$$

$$\frac{2}{\varepsilon^2} = \frac{2}{8g} = \frac{1}{4g}$$

$$\frac{2}{\varepsilon^2} + \frac{2}{\varepsilon^2} = \frac{4}{\varepsilon^2} = \frac{1}{g}$$

$$K_R = \frac{g}{4R} \cdot R^2 = \frac{g}{4R} \cdot R^2 = \frac{gR}{4}$$

$$\frac{9CE^2}{16 \cdot 2} = \frac{9}{32} CE^2$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-021

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)