

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

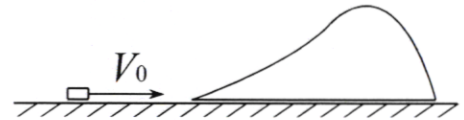
Шифр 5-015

(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.

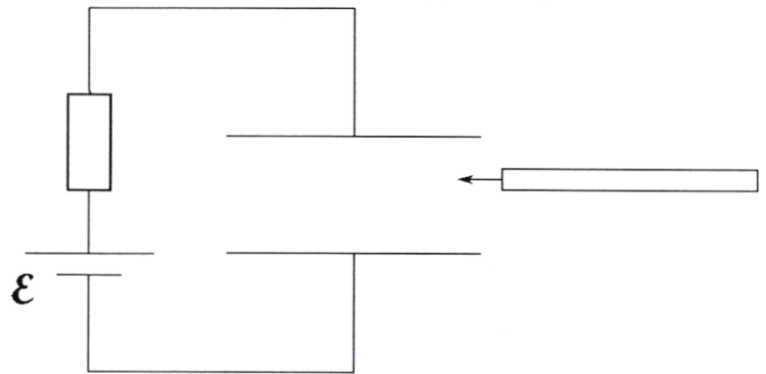


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

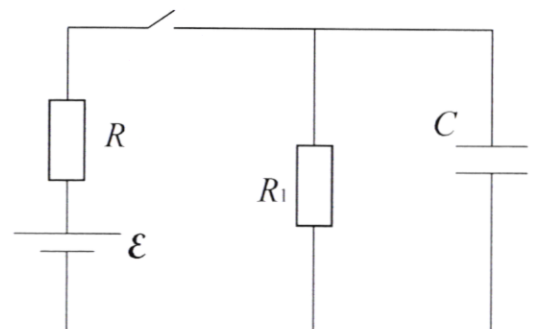
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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?

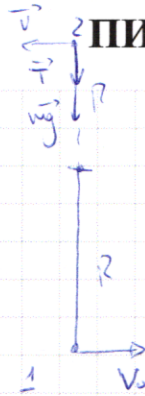
5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в R , $R_1=4R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , \mathcal{E} , R .



- 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

1. $l = 1.8 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $v_0 = ?$



3C): $\frac{mv_0^2}{2} = 2mgr + \frac{mv^2}{2}$

$v_0 = 2\sqrt{gr}$

2^{ая} закон Ньютона в точке 2:

$\frac{mv^2}{R} = mg + T$

v_0 - минимальная при $T=0$ в точке 2. Т.е. $\frac{mv^2}{R} = mg \Rightarrow v^2 = gR$

подставим это в 3C): $\frac{mv_0^2}{2} = 2gR + \frac{gR}{2}$

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

$v_0 = \sqrt{5gR}$, $R = l$

$v_0 = \sqrt{5gl} = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 1.8 \cdot 10^{-2}} = \sqrt{5 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 9 \cdot 10^{-2}} =$
 $= \frac{5 \cdot 2 \cdot 3}{10} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2. $v_0 = ?$
 $h = 4 \text{ м}$



1) $h = ?$
 2) $v_2 = ?$

Максимальная высота достигается тогда, когда скорость центра масс в системе отсчета Земли равна нулю, тогда в исходной (земной) системе отсчета скорость центра масс будет равна скорости ~~центра~~ ^{центра масс} ~~координат~~

ЗСЦ: $mv_0 = 4mv + mv \Rightarrow v = \frac{v_0}{5}$

ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{5m v^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = 2gh + 5v^2$

$h = \frac{v_0^2 - 5v^2}{2g} = \frac{v_0^2 - \frac{v_0^2}{5}}{2g} = \frac{4v_0^2}{2 \cdot 5g} = \frac{2v_0^2}{5g}$

2) ЗСЦ: $mv_0 = 4m v_1 + m v_2 \Rightarrow v_0 = 4v_1 + v_2$

ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = 4m \frac{v_1^2}{2} + m \frac{v_2^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = 4v_1^2 + v_2^2$

Решим систему двух уравнений:

$$\begin{cases} V_0 + V_2 = 4V_1 \\ V_0^2 - V_2^2 = 4V_1^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (V_0 + V_2)^2 = 16V_1^2 \\ V_0^2 - V_2^2 = 4V_1^2 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \frac{(V_0 + V_2)^2}{V_0^2 - V_2^2} = 4 \Leftrightarrow V_0^2 + V_2^2 + 2V_0V_2 = 4V_0^2 - 4V_2^2$$

$$\Leftrightarrow 5V_2^2 + 2V_0V_2 - 3V_0^2 = 0$$

$$V_2' \cdot V_2'' = -\frac{3V_0^2}{5}$$

м.к. одним из решений является отрицательное значение, то $V_2'' = -V_0$

$$\text{тогда } V_2' \cdot (-V_0) = -\frac{3V_0^2}{5}$$

$$V_2' = \frac{3V_0}{5}$$

3. $V = 0,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $T_1 = 400 \text{ К}$
 $\nu_1 = 0,1 \text{ моля}$
 $T_2 = 250 \text{ К}$
 $\nu_2 = 0,4 \text{ моля}$

1) T - ?
 2) P - ?

1) $\nu_1 + \nu_2 = \nu$ - закон сохранения энергии

$$\frac{3}{2} \nu_1 RT_1 + \frac{3}{2} \nu_2 RT_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) RT$$

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

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 250}{0,5} = \frac{40 + 100}{0,5} =$$

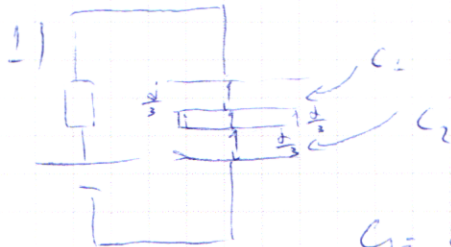
$$= \frac{140}{0,5} = 280 \text{ К}$$

2) $pV = (\nu_1 + \nu_2) RT$ - закон Менделеева - Клапейрона

$$p = \frac{(\nu_1 + \nu_2) RT}{V} = \frac{0,5 \cdot 0,31 \cdot 280}{0,31 \cdot 10^{-3}} = 152 \cdot 10^3$$

$$= 152 \text{ кПа}$$

11. ϵ_0
 ϵ
 $d_1 = d$
 $d_2 = \frac{d}{3}$
 1) C - ?
 2) Δφ - ?



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \text{ - параллельное соединение}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{\frac{d}{3}} = C_2 \Rightarrow C = \frac{C_1}{2} = \frac{3}{2} \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d} \Rightarrow C = \frac{3}{2} C_0$$

Решение этого пункта из задания 3.

2) м.к. в цепи нету электр. зарядов, то $V_{\text{конденсатор}} = \epsilon \phi \Rightarrow \phi_0 = \frac{q}{C} \Rightarrow \phi = C \phi_0$

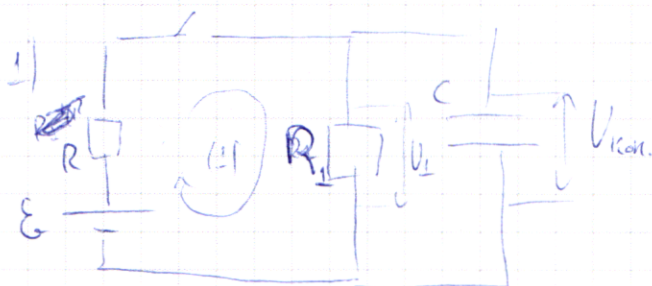
Δφ - потенциал между пластинами конденсатора

$$\Delta \phi = \phi - \phi_0 = q \left(\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} \right) = q \left(\frac{2}{3C_0} - \frac{1}{C_0} \right) = \frac{q}{3C_0}, \quad q_0 = C_0 \phi_0 \Rightarrow \Delta \phi = \frac{C_0 \phi_0}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5. R
R₁ = 11R
C
E₀

1) I - ?
2) U_{кон.} - ?
3) Q - ?



З. ток в цепи для резистора (11R):

$$E_0 = I \cdot 11R + I \cdot R \Rightarrow I = \frac{E_0}{5R}$$

2) U_{кон.} = U₁, т.к. параллельно соединены.

$$U_1 = I \cdot R_1 = 11R \cdot I = \frac{11 E_0}{5}$$

$$U_{\text{кон.}} = \frac{11}{5} E_0$$

3) Q водится в том количестве, которое находится на конденсаторе, т.е.

$$Q = \frac{C U_{\text{кон.}}^2}{2} = \frac{C \frac{16}{25} E_0^2}{2} = \frac{8}{25} C E_0^2$$

4. 2) ~~A = E \Delta q~~
A = E \Delta q

$$A = \Delta U$$

A - работа электричества

\(\Rightarrow\) U - увеличение энергии на конденсаторе

$$A = E \Delta q$$

$$\Delta U = \frac{E^2}{2} \Delta C$$

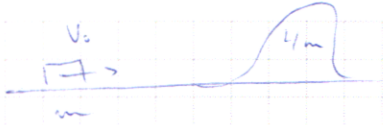
$$\Delta q = \frac{E}{2} \Delta C = \frac{E}{2} (C - C_0) = \frac{E C_0}{2} \left(\frac{3}{2} - 1 \right) = \frac{E C_0}{4}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$m v_0 = 5 m v \quad v = \frac{v_0}{5}$$

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

$$v_0^2 = 2 g h + 5 v^2$$

перемещение CO

$$v = v_0 + v_{co}$$

$$m v_0 = 5 m v$$

$$v_0^2 = g h + 5 v^2$$

$$v_0^2 = g h + 5 \left(\frac{v_0}{5}\right)^2$$

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

$$g h = \frac{4 v_0^2}{5}$$

$$h = \frac{4 v_0^2}{5 g}$$

$$m v_0 = 4 m v - m v'$$

$$v' = \frac{4 m v - m v_0}{m} = \frac{4 v_0 - v_0}{5} = \frac{3 v_0}{5}$$

$$m v_0 = 4 m v' + m v''$$

$$v'' = v_0 - 4 v'$$

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

$$v_0 = 4 v_1 - v_2$$

$$v_0^2 = 4 v_1^2 + v_2^2$$

$$\frac{(v_0 + v_2)^2}{v_0^2 + v_2^2} = \frac{4 v_1^2}{4 v_1^2} = 4$$

$$v_0^2 + v_2^2 + 2 v_0 v_2 = 4 v_0^2 - 4 v_2^2$$

$$5 v_2^2 + 2 v_0 v_2 - 3 v_0^2 = 0$$

$$D = 4 v_0^2 + 60 v_0^2 = 64 v_0^2$$

$$v_2 = \frac{-2 v_0 \pm 8 v_0}{10} = \frac{3 v_0}{5}$$

$$v_2 = -v_0$$

$$v = g \frac{v_0}{2} \left(\frac{v_0}{2} - \frac{3 v_0}{2} \right) = \frac{g v_0^2}{4}$$

$$g h = \frac{C_0 \epsilon^2}{2} - \frac{C_1 \epsilon^2}{2}$$

$$g h = \frac{\epsilon_0}{2} (C_0 - C_1) = \frac{C_0 \epsilon_0}{2} \left(\frac{3}{2} - 1 \right) = \frac{C_0 \epsilon_0}{4}$$

$$v_1 + v_2 = \frac{2 v_0}{5}$$

$$v_1' \cdot v_2' = \frac{2 v_0}{5}$$

$$v_1'' = -v_0$$

$$v_2' =$$

$$273 + 27 = 282, 28 = 40$$

$$\begin{aligned} 0,4 \cdot 250 &= \\ = \frac{4}{10} \cdot 250 &= 10 \cdot 28 \\ \frac{10}{328} & \\ \frac{11}{222} & \end{aligned}$$

$$\frac{1}{0,5} = \frac{1}{\frac{1}{2}} = \frac{2}{1} = 2$$

$$\begin{aligned} q_1 &= q_2 \\ U_1 + U_2 &= 0 \\ \frac{q_1}{c_1} + \frac{q_2}{c_2} &= \frac{q}{c} \end{aligned}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-018

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-015

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)