

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

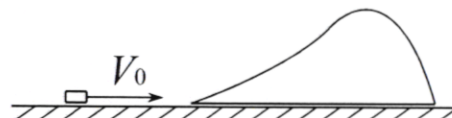
Шифр 15-004

(заполняется секретарём)

Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 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 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?

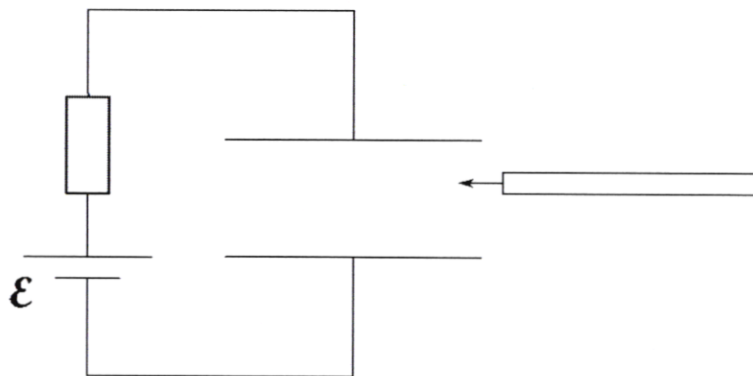
2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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 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 3 раза меньше расстояния между обкладками.



1) Найти емкость конденсатора с пластиной.

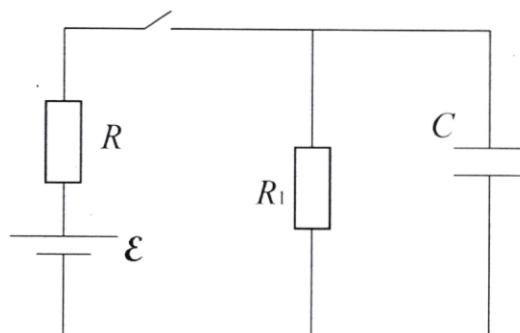
2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

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 , 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

№1. Дано:
 $l = 0,18 \text{ м}$
 $v = ?$



Реш-е:

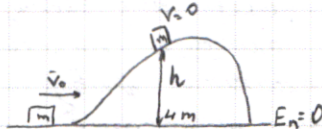
Если v' - скорость в верхн. точке окружности. Будет минимальна (т.е. $v' = 0$), то и v - скорость в нижней точке, к-ю надо сообщить будет минимальна. По закону сохр. энергии:

$$\frac{mv^2}{2} = mgh \Leftrightarrow v^2 = 2gh; \text{ т.к. } h = 2l, \text{ то } v = 2\sqrt{gl}$$

$$v = 2\sqrt{1,8} = \frac{6}{5}\sqrt{5} \approx \frac{12}{5} = 2,4 \text{ м/с}$$

Отв.: 2,4 м/с

№2. Дано:
 $m, v_0,$
 4 м
1. $h = ?$
2. $v = ?$



Реш-е:

1. Рассм. момент, когда монета у горки со скоростью v_0 и когда монета остановилась на горке; по закону сохр. энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh, \text{ где } h - \text{иск. величина; } h = \frac{v_0^2}{2g}$$



2. Рассм. момент, когда монета будет скатываться с горки со скоростью v , т.к. горка неподвижна, то горка движется в обратном напр. со скоростью u .

Направим Ox вдоль движ-ия горки.

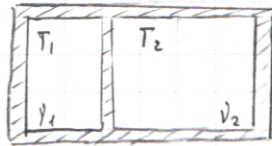
по закону сохр. импульса и зак. сохр. энергии:

$$\begin{cases} mv_0 = -mv + 4mu \\ m v_0^2 = m v^2 + 4m u^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_0 = -v + 4u \\ v_0^2 = v^2 + 4u^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_0^2 = v^2 - 8vu + 16u^2 \\ v_0^2 = v^2 + 4u^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_0 = -v + 4u \\ -8vu + 12u^2 = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_0 = -v + 4u \\ v = 1,5u \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_0 = 2,5u \\ v = 1,5u \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} u = \frac{2}{5}v_0 \\ v = \frac{3}{5}v_0 \end{cases}$$

\Rightarrow монета будет скатываться со скоростью $0,6v_0$

Отв.: 1. $\frac{v_0^2}{2g}$
2. $0,6v_0$

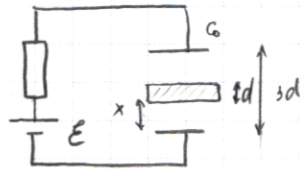
№3. Дано:
 $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $t_1 = 127^\circ \text{C}$
 $(T_1 = 400 \text{ K})$
 $t_2 = 7^\circ \text{C}$
 $(T_2 = 280 \text{ K})$
 $\nu_1 = 0,1 \text{ моль}$
 $\nu_2 = 0,4 \text{ моль}$
 1. T -?
 2. P -?



Реш-е:
 1. Б.к. система теплоизолирована, то $Q = 0$; по II закону ТА:
 $Q = \Delta U + A = 0$,
 2. к. работа совершена, то $A = 0$,
 $\Rightarrow \Delta U = 0$; $\Delta U_1 = -\Delta U_2 \Rightarrow \frac{3}{2} \nu_1 R \Delta T_1 = -\frac{3}{2} \nu_2 R \Delta T_2$
 $\nu_1 \Delta T_1 = \nu_2 \Delta T_2 \Leftrightarrow T - T_1 = -4(T - T_2)$, где T - конеч. т.
 $T - 400 = -4T + 4 \cdot 280 \Rightarrow 5T = 1520 \Rightarrow T = 304 \text{ K}$
 $t_2 = 31^\circ \text{C}$
 2. по закону Менделеева-Клапейрона: $PV = \nu R T$
 $P = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T}{V}$; $P = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}$

Отв.: 1. 31°C
 2. $1,52 \cdot 10^5 \text{ Па}$

№4. Дано:
 $C_0; \epsilon; d$
 $3d; d$
 1. C -?
 2. q -?

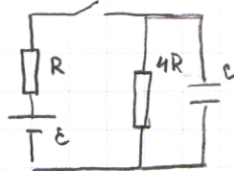


Реш-е:
 1. Пусть пласт. м.у. обкладками $C - 3d$, тогда толщина пластины d .
 2. к. пластина превращает. конденсатор; можно преобразов. конденсатор; где x - расст. от пластины до обкладки C ;
 $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{3d - x} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x}$; $C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{3d}$; ϵ - конек. емкость.
 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$;
 $\frac{1}{C} = \frac{x}{\epsilon \epsilon_0 S} + \frac{3d - x}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{3d}{\epsilon \epsilon_0 S} \Rightarrow C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{3d} = \frac{3}{2} C_0$

2. $q = C \cdot U = \frac{3}{2} C_0 \cdot E = 1,5 C_0 \cdot E$

Отв.: 1. $1,5 C_0$
 2. $1,5 C_0 \cdot E$

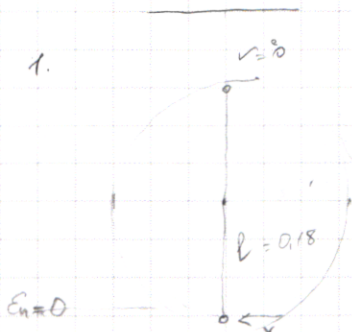
№5. Дано:
 $R, 4R, C, E$
 1. I -?
 2. U -?
 3. W -?



Реш-е:
 1. по закону Ома: $I = \frac{E}{R}$ - ток ч/з источник.
 2. $U_R = E$
 $U_{4R} = 4E \Rightarrow U_C = 3E$
 3. $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{9CE^2}{2}$

Отв.: 1. $\frac{E}{R}$
 2. $3E$
 3. $\frac{9}{2} CE^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{mv^2}{2} = mg \cdot 2R$$

$$v^2 = 4gR$$

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

$$v = 2\sqrt{9.8 \cdot 0.18} = 2\sqrt{1.764} = 2 \cdot 1.33 = 2.66$$

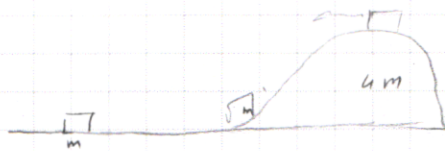
$$v^2 = 3.6$$

$$v = 1.8$$

$$2\sqrt{0.18 \cdot 10} = 2\sqrt{1.8} = 2 \cdot 1.34 = 2.68$$

$$= \frac{6}{\sqrt{5}} = \frac{6\sqrt{5}}{5} = \frac{12\sqrt{5}}{5} = 2.4$$

2.



$$mv_0 = mv_1 + 4mU$$

$$v = 8.31 \cdot 10^3 \text{ м/с}$$

1) $\frac{mv_0^2}{2} = mgh$

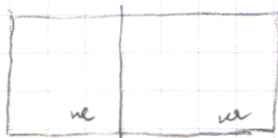
$$h = \frac{v_0^2}{2g}$$

2) по относ. скор.

$$mv_0 = mv_1$$

$$v_0 = v_1 + v$$

3.



$$T_1 = 127 + 273 = 400 \text{ К}$$

$$\nu_1 = 0.1 \text{ моль}$$

$$T_2 = 273 \text{ К} = 300 \text{ К}$$

$$\nu_2 = 0.4 \text{ моль}$$

$$\frac{273}{400} = \frac{273}{280}$$

$$Q = \nu U + A$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \nu_1 R \Delta T_1 = \frac{5}{2} \nu_2 R \Delta T_2$$

$$T - T_1 = -4(T - T_2)$$

$$T - 400 = -4T + 4 \cdot 273$$

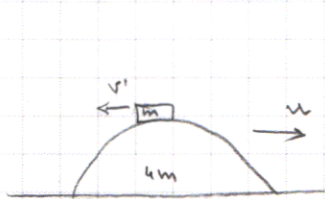
$$5T = 1520$$

$$T = 304$$

$$\frac{273}{31} = 152 \cdot 10^2$$

$$PV = \nu_0 R T_0$$

$$P = \frac{0.5 \cdot 8.31 \cdot 800}{8.31 \cdot 10^{-3} \cdot 9} = \frac{400}{9 \cdot 10^{-3}} = \frac{400000}{9} = \frac{4}{9} \cdot 10^5 \text{ Па}$$



$$mv_0 = m(v' + u) + 4mU$$

$$v_0 = v' + 5u$$

$$v_0 = 5u$$

$$v_0 = -v' + 4u$$

$$v_0^2 = v'^2 = 80u^2 + 16u^2$$

$$v_0^2 = v'^2 + 16u^2$$

$$-2v'4 + 4u^2 - 16u^2 = 0$$

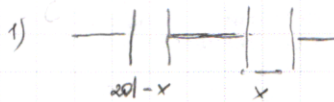
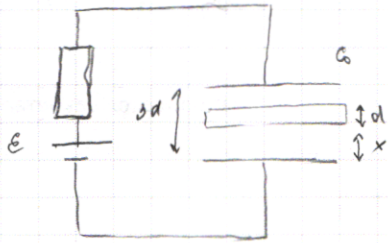
$$2v' = 3u$$

$$v' = 1.5u$$

$$v_0 = -1.5u + 4u = 2.5u \rightarrow u = \frac{2v_0}{5}$$

$$v' = \frac{3}{5} \cdot \frac{2}{5} v_0 = 0.6 v_0$$

4.



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

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

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

$$\frac{(\epsilon \epsilon_0 S)^2}{(2d-x)x}$$

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

$$\frac{1}{C} = \frac{2d-x+x}{\epsilon \epsilon_0 S} = \frac{2d}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

2). $q = ?$

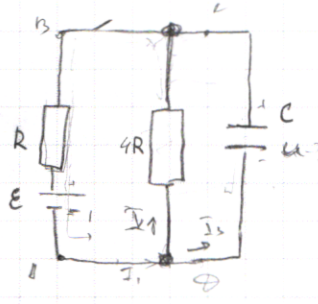
$$U = E \cdot d$$

$$q = CU = \frac{C_0 \cdot 3}{2} \cdot E = 1.5 C_0 E_0$$

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

$$C^2 U^2 = q^2$$

5.



1. $I = ?$

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

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

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

$$U = U_a - U_b$$

$$E = IR + U$$

$$I_1 = I_C + I_2$$

$$I_2 = \frac{U}{4R}$$

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

$$U_{4R} = I4R = 4E$$

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

$R_0 = 5R$ (if $t \rightarrow \infty$)

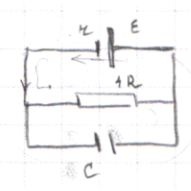
$$U_{C_0} = U_C - U_D = U$$

3. $q = C \cdot U$ (charge) $C = \frac{q}{U}$

$$E = IR + U_a - U_b$$

2. $U = IR = I4R = 4E$
 $U_R = IR = E$

$$U = 3E$$



3. $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C9E^2}{2}$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-004

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)»

15-004

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)»

15-004

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)