

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

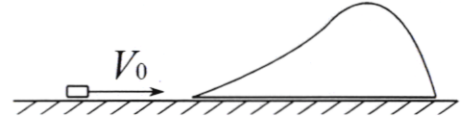
Шифр 5-029

(заполняется секретарём)

Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 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 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.

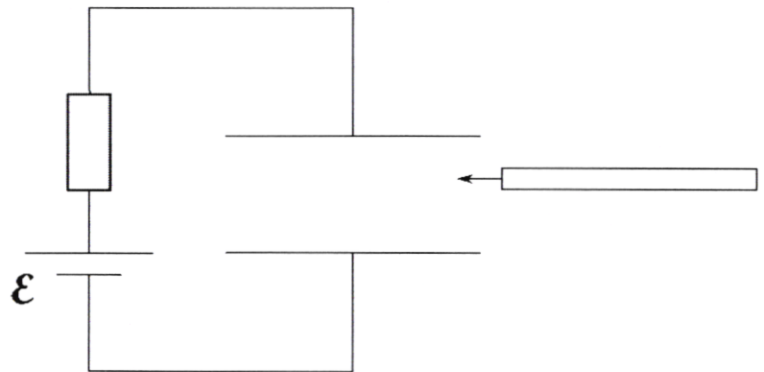


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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°C в количестве $\nu_1 = 0,1$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°C в количестве $\nu_2 = 0,4$ моль. Перегородка прорывается.

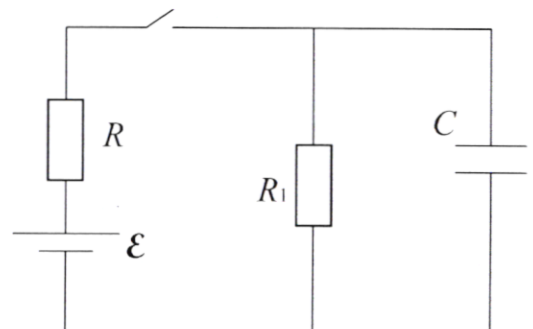
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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?

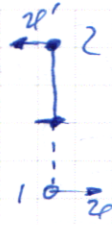
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~1 Дано

$$L = 0,18 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$u = ?$



Решение

В точке 2 u' должно быть таким, чтобы компенсировать $\vec{F}_T = m\vec{g}$.

$$\text{т.е. } mg = ma ; a = \frac{u'^2}{L}$$

$$\Rightarrow u'^2 = Lg, \text{ } W_{k'} - \text{энергия со скор. } u'$$

В.т.т. $W_{пот} = mg \cdot 2L$; ЗСИ: $W_k = W_{пот} + W_{k'}$

$$\frac{mu^2}{2} = 2mgL + \frac{mLg}{2} \Leftrightarrow u^2 = 4Lg + Lg \Rightarrow \boxed{u = \sqrt{5Lg}}$$

$$u = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,18} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 3 м/с.

~2 Дано

$$m; u_0; M_p = 4m$$

$h_{max} = ?$

$u = ?$

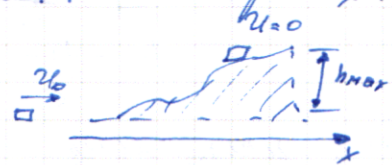
Решение

ЗСИ и ЗСЭ действуют, т.к. нет сил трения.

$$1) -\Delta p_1 = \Delta p_2$$

$$\text{по } \Delta p: -m u_0 = (M_p - 4m) u$$

$$m u_0 = 4m - 4m u \quad \frac{1}{4} u_0 = u$$



$$\text{ЗСЭ: } \frac{m u_0^2}{2} = mgh_{max} + \frac{4m u^2}{2} \Leftrightarrow u_0^2 = 2gh + \frac{1}{4} u_0^2$$

$$h = \frac{\frac{3}{4} u_0^2}{2g} = \boxed{\frac{3}{8} \frac{u_0^2}{g}}$$

$$2) \text{ ЗСИ: } -\Delta p = \Delta p$$

$$-(-m u - m u_0) = 4m u'$$

$$m u + m u_0 = 4m u'$$

ЗСЭ:

$$\frac{m u_0^2}{2} = \frac{m u^2}{2} + \frac{m u'^2}{2}$$

$$\begin{cases} u + u_0 = 4u' \\ u_0^2 = u^2 + u'^2 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$u_0^2 = u^2 + 4 \frac{u^2 + u_0^2 + 2u u_0}{16}$$

$$4u_0^2 = 4u^2 + u^2 + u_0^2 + 2u u_0$$

$$5u^2 + 2u u_0 - 3u_0^2 = 0 \quad D = \sqrt{64u_0^2} = 8u_0$$

$$u_{1,2} = \frac{-2u_0 \pm 8u_0}{10} \Leftrightarrow \boxed{\frac{3}{5} u_0}, \text{ корни } u_2 = -u_0 \text{ не подходит, т.к. она не имеет значения на верш.}$$

$$\text{Ответ: } h = \frac{3}{8} \frac{u_0^2}{g}; \quad u = \frac{3}{5} u_0$$

~3 Дано

Решение

$V = 8,31 \cdot 10^{-3}$
 $T_1 = 127^\circ\text{C}; \nu_1 = 0,1 \text{ моль}$
 $T_2 = 7^\circ\text{C}; \nu_2 = 0,4 \text{ моль}$
 $T = ?$
 $p = ?$

$\nu_1 + \nu_2 = \nu_0$, где $\nu_1; \nu_2; \nu_0$ - в. эквив.

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

$$40 + 4 \cdot 28 = 0,5 T$$

$$T = 4(20 + 56) = 304 \text{ K} \Rightarrow \boxed{T = 304 \text{ K}}$$

$$pV = \nu R T \Rightarrow \boxed{p = \frac{\nu_0 R \cdot T}{V}} \quad R = 8,31$$

$$p = \frac{0,5 \cdot 304 \cdot R}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 152 \text{ кПа}$$

Ответ: $T = 304 \text{ K}; p = 152 \text{ кПа}$

~5 Дано

Решение

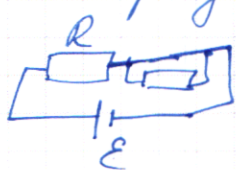
$R; R_1 = 4R; E;$

1) В начальный момент времени ток через R_1 не идет т.к. в конденсатор поступает перемещенный ток, а он проходит через ноль $\Rightarrow R_c = 0$

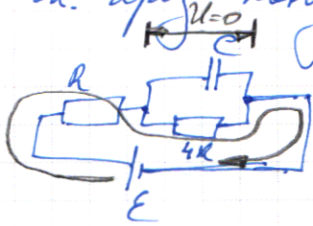
C

$J = ? U_k = ?$

$Q = ?$

 $\Rightarrow \boxed{J = \frac{E}{R}}$, по 3-ю Ом.

2) ток через конд. не идет $\Rightarrow -U = E_k$



\Rightarrow ток идет через резистора $R_0 = 5R$

$J = \frac{E}{5R}; \Rightarrow U_k$ - падение напр. на резисторе $R \quad U_k = J \cdot R = \frac{E}{5}$

$$\Rightarrow U_k = E - \frac{E}{5} = \boxed{\frac{4}{5} E}$$

3) $Q = W_k = \frac{U_k^2 C}{2}$

$$Q = \frac{16}{25} \frac{E^2 C}{2} = \frac{16}{50} E^2 C$$

$$\boxed{Q = \frac{8}{25} E^2 C}$$

Ответ: $J = \frac{E}{R}; U_k = \frac{4}{5} E; Q = \frac{8}{25} E^2 C$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~~4 дано~~  
 ~~$C_0; \epsilon$~~   
 ~~$d$~~   
 ~~$C-?$~~   
 ~~$q-?$~~

~~Решение~~

~~$U_1 = U_2$  т.к.  $C_1 = C_2$  и~~  
~~они симметричны~~  
 ~~$\Rightarrow U_2 = \frac{q}{2\epsilon}$~~

~~$d_1 = \frac{1}{3} d_0 \Rightarrow C_1 = \frac{\epsilon S}{d_1} = 3 \frac{\epsilon S}{d_0}$~~   
 ~~$C_0 = \frac{2}{3} C$~~   ~~$C_0 = \frac{3}{2} C_0$~~

~~$q = \frac{A}{\epsilon}$ ,  $A = \Delta W \Rightarrow W_1 = \frac{q^2}{2}$  работа удельная на~~

~~т.к.  $E = \text{const}$~~   
~~т.к.  $E = \frac{\phi}{\epsilon_0} \Rightarrow$~~   
~~то заряд на пластине~~  
~~будет  $-q$  на заряд  $q_1$~~   
~~и  $q$  на заряд  $-q$ .~~

~4 дано  
 $C_0; \epsilon; d_0$   
 $C-?$   
 $q-?$

Решение.

$q; C_0; \epsilon$  т.к.  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

1)  $C_1 = \frac{\epsilon S}{d_1}$  ( $d_1 = \frac{1}{3} d_0$  т.к.  $\frac{1}{3}$  на обеих пластине и по  $\frac{1}{3}$  на промежутке между ними)

$C_1 = 3 \frac{\epsilon S}{d_0} = 3C_0$   $\frac{1}{C_0} = \frac{1}{3\epsilon S} \Rightarrow C_0 = \frac{3}{2} C_1$

т.к. конденсатор тандем. ( $\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$ )

2)  $U_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{1}{3} \epsilon$   ~~$W_1 = \frac{\epsilon^2 C_0}{2}$~~ ,  ~~$W_2 = 2 \cdot \frac{\epsilon^2 C_0 \cdot 3}{9 \cdot 2} = \frac{1}{6} \cdot \frac{\epsilon^2 C_0}{2}$~~

так будет идти до тех пор как  $U_k = \epsilon$

$\Rightarrow U_1 = \frac{1}{2} \epsilon$ , для 1-го канд.

$\Delta W = A = \frac{\epsilon^2 C}{2} \cdot \left(\frac{9}{6} - \frac{1}{6}\right) = \frac{5}{6} \frac{\epsilon^2 C_0}{2}$

$C = \frac{A}{q} \Rightarrow q = \frac{5}{6} \frac{\epsilon C_0}{2} = \frac{5}{12} \epsilon C_0$

Ответ:  $C = \frac{3}{2} C_0; q = \frac{5}{12} \epsilon C_0$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



5-029

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$C = 2C; q$$
$$2C; q$$

$$U = \frac{1}{2} \frac{q}{C}$$

$$\frac{1}{2} \varepsilon$$

$$W = 2 \cdot \frac{1}{2}$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2 ✓  $F_{dE} = + \nu_0 m$   
 $F_{dt} = 4 \nu_0 m - 0$   
 $\nu_0 = \frac{1}{4} \nu_0$

$W_p = \frac{4m \cdot \nu_0^2}{4 \cdot 16 \cdot 2}$   
 $W_{kin} = \frac{m \nu_0^2}{2}$   
 $\Delta W = \frac{3}{4} \frac{m \nu_0^2}{2} = \nu_0 g h$   
 $h = \frac{3}{8} \frac{\nu_0^2}{g}$

$F_2 dt = m(\nu_2 - \nu_0)$

$F_2 dt = 4m \nu_3$

$\nu_2 - \nu_0 = 4 \nu_3$

$\frac{m \nu_0^2}{2} = \frac{4m \nu_3^2}{2} + \frac{m \nu_2^2}{2}$

$\nu_0^2 = 4 \nu_3^2 + \nu_2^2$

$\nu_0 = 4 \nu_3 + \nu_2 = 4 \nu_3 - \nu_0$

$\nu_0^2 = 4 \nu_3^2 + 16 \nu_3^2 + \nu_0^2 - 8 \nu_3 \nu_0$

$20 \nu_3^2 - 8 \nu_3 \nu_0 = 0$

$\nu_3 = \frac{8 \nu_0}{20}$

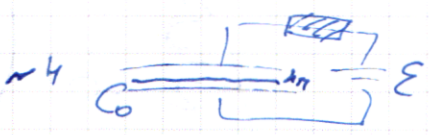
$\begin{array}{r} \times 76 \\ 4 \\ \hline 304 \end{array}$

$\begin{array}{r} \times 831 \\ 2508 \\ \hline 2508 \\ \hline 168 \\ \hline 228 \end{array}$

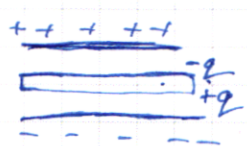
3 ✓  $\nu_0 = \nu_1 \nu_2$ ;  $\nu_1 = \frac{3}{2} \sqrt{RT} = \frac{3}{2} \cdot 0,5 \cdot 8,31 \cdot 400 = 60 \cdot 8,31 = 258,6 \text{ м/с}$   
 $\nu_2 = \frac{3}{2} \cdot 0,4 \cdot 8,31 \cdot 200 = 8,31 \cdot 6 \cdot 20 = 168 \text{ м/с}$

$\rho = \frac{\sqrt{RT}}{V} = \frac{0,5 \cdot R \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 152000 \text{ Па}$   
 $\nu_0 = 228 \text{ м/с}$   
 $228 \text{ м/с} = \frac{3}{2} \cdot 0,5 \cdot R \cdot T$   
 $76 = \frac{1}{4} \cdot T$   $T = 304 \text{ К}$

$\begin{array}{r} \times 304 \\ 5 \\ \hline 1520 \end{array}$



$\nu_n = \frac{1}{3} \phi$



$U = \mathcal{E} l$

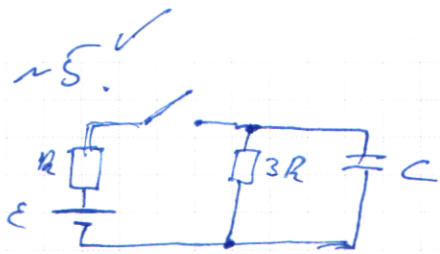
$Q = \mathcal{E} \epsilon = \mathcal{E} C$

$E = \frac{d}{\epsilon_0} = \frac{Q \epsilon C}{\mathcal{E} \epsilon_0}$

$\mathcal{E} = E d$   
 $E = \frac{Q}{\mathcal{E}} = \frac{Q}{\mathcal{E} \epsilon_0}$

$\begin{array}{r} 76 \\ \times 4 \\ \hline 304 \end{array}$

$\frac{Q}{\epsilon_0} = 2 \mathcal{E} S$   
 $\frac{Q}{\epsilon_0} = 2 \mathcal{E} S$   
 $E = \frac{\mathcal{E}}{2 \epsilon_0}$



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

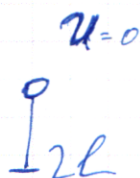
$$I_3 = \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

$$U_{11} = \frac{\mathcal{E}}{5R} \cdot R = \frac{\mathcal{E}}{5}$$

$$U_2 = \mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}}{5} = \frac{4}{5}\mathcal{E} \quad (2)$$

$$W = \frac{U^2 C}{2} = \frac{16}{50} \mathcal{E}^2 C \quad (3)$$

→ ✓



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

$$v = \sqrt{4gl} = 2 \cdot \sqrt{1,8}$$

$$\frac{v^2}{2} = gl$$

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

$$\frac{mv^2}{2} = mgl + \frac{mgl}{2}$$

$$v_1 = \sqrt{4gl + gl} = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 9,8} = \sqrt{49} = 7 \text{ м/с}$$

$$E = \frac{q}{d}$$

$$E = \frac{d}{\epsilon_0} = \frac{q}{S\epsilon_0}$$

$$q = \frac{ES \cdot \epsilon_0}{d}$$

q

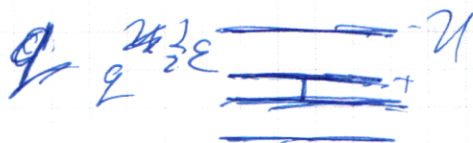
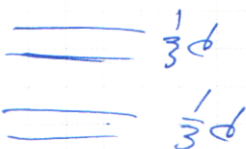
$C_2$

$$\frac{E}{d} = \frac{q}{S\epsilon_0}$$

$$E = \frac{q_1}{S\epsilon_0} = \frac{q}{S\epsilon_0}$$

$$q_1 = q_2$$

$\frac{2}{3} W$



$$C_1 = 3 \frac{q}{\mathcal{E}}$$

$$C_2 = \frac{q}{\mathcal{E}}$$

$\frac{2}{3}$

$\frac{3}{2}$

$$\frac{3}{2} C_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~1

$$g = \frac{u_n^2}{l}$$

$$u_n^2 = gl$$

$$\frac{m u_n^2}{2} = 2mgL + \frac{mgL}{2}$$

$$W_n = mg2L$$

$$W_k = \frac{m u^2}{2}$$

$$u = \sqrt{4gl + gl} = \sqrt{5 \cdot 9.8} = \boxed{3 \text{ м/с}}$$

$\frac{1}{5} \cdot \frac{1}{9.8}$

~2

$$F_1 dz = 4U_n m$$

$$-F_2 dt = 4U_n m$$

$$4U_n = 2U_0$$

$$U_n = \frac{1}{2} U_0$$

$$mgh = \frac{m U_0^2}{2} - \frac{4m \cdot U_0^2}{16 \cdot 2} = \frac{3}{4} \cdot \frac{m U_0^2}{2}$$

$$h = \frac{3}{8} \frac{U_0^2}{g}$$

$$h = \sqrt{U_0^2}$$

$$\frac{2}{3} W \quad \frac{1}{3} \frac{U^2}{2}$$

$$+mU - mU_0 = 4mU_n$$

$$U - U_0 = 4U_n$$

$$mU + mU_0 = 4mU_n$$

$$U + U_0 = 4U_n$$

$$\frac{m U_0^2}{2} = \frac{m U^2}{2} + \frac{4m U_n^2}{2}$$

$$U_0^2 = U^2 + 4U_n^2$$

$$U + U_0 = 4U_n$$

$$U_0^2 = U^2 + 4 \cdot \frac{U^2 + U_0^2 + 2UU_0}{4}$$

$$U_0^2 = U^2 + \frac{U^2}{4} + \frac{U_0^2}{4} + \frac{1}{2} UU_0$$

$$5U + 2UU_0 + U_0^2 - 4U_0^2 = 0$$

$$5U + 2UU_0 - 3U_0^2 = 0$$

$$D = 4U_0^2 + 60U_0^2 = 8U_0$$

$$U = \frac{-2U_0 \pm 8U_0}{10} = \boxed{\frac{3}{5} U_0}$$

$$U_1 = \frac{3}{2} R \cdot \alpha \cdot \dots$$

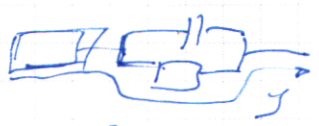
$$\frac{123}{360} \times 1P = \frac{1P}{6} = 16P$$

$$U_2 = \frac{3}{2} \cdot \dots = 16PR$$

$$U_0 = 22PR = \frac{3}{2} R \cdot 0.5T$$

$$T = 304K$$

$$p = \frac{\sqrt{2} kT}{V} = \frac{0.5R \cdot 304}{8.31 \cdot 10^{-3}} = 152 \cdot 1000 = 152 \text{ kPa}$$

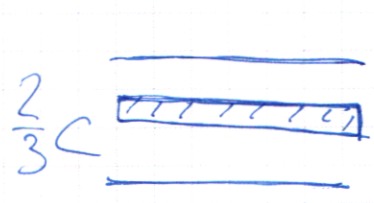


$$I = \frac{\mathcal{E}}{5R} \quad U = \frac{\mathcal{E}}{5} \Rightarrow \left[ \frac{4}{5} \mathcal{E} \right]$$

$$Q = W = \frac{16}{25} \cdot \frac{\mathcal{E}^2 C}{2} = \frac{16}{50} \mathcal{E}^2 C = \left[ \frac{8}{25} \mathcal{E}^2 C \right]$$

$$U = Ed \quad C = \frac{q}{U} \quad C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \quad E = \frac{q}{S \epsilon_0} \quad C = \frac{S \epsilon_0}{d}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \quad \frac{\epsilon_0 S}{d} = \frac{q}{U}$$



$$U = \frac{Qd}{\epsilon_0 S} = Ed$$

$$C_1 = \frac{q}{U} = C$$

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

$$\frac{1}{C} = \frac{C}{2q} + \frac{C}{2q}$$

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