

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

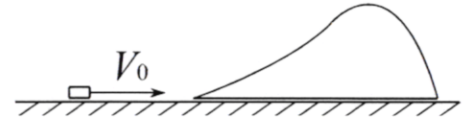
Шифр 5-016

(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 незакреплённой горке массой $4m$ (см. рис.). Монета въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.

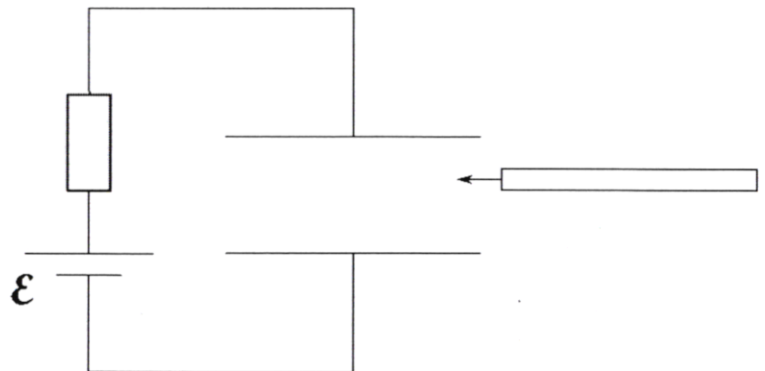


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

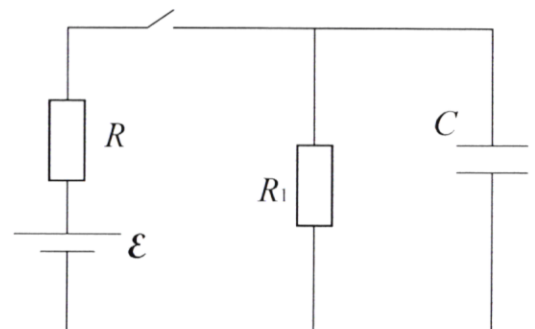
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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?

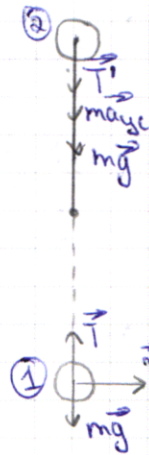
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 Дано:

$$l = 18 \text{ см} = 0,18 \text{ м}$$

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

$$v = ?$$



Решение:

① Для состояния 2:

$\frac{mv_0^2}{l} = mg + T'$; для того, чтобы
пройти полный оборот и не
качаться назад, T' должно быть

равно 0.

$$\frac{mv_0^2}{l} = mg \Rightarrow v_0^2 = gl$$

② По ЗСЭ: $\frac{mv^2}{2} = mg \cdot 2l + \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v^2 = 4gl + v_0^2 = 5gl$

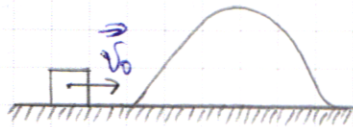
$$v = \sqrt{5gl} = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,18} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

№2 Дано:

$$m; v_0; \text{чм}$$

1) $H = ?$
2) $v_k = ?$



Решение:

① После зезда может на верку,
на максимальной высоте, тела
будут двигаться как одно целое \Rightarrow

\Rightarrow по ЗЭИ: $mv_0 = (m+um)v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{v_0}{5}$

② По ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = mgH + \frac{(m+um)v_2^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = 2gH + \frac{5v_0^2}{25} \Rightarrow 5v_0^2 = 10gH + v_0^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 10gH = 4v_0^2 \Rightarrow H = \frac{4v_0^2}{10g} = \frac{2v_0^2}{5g}$

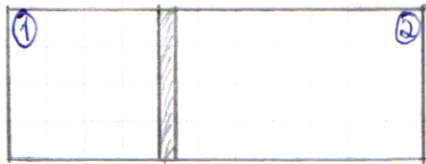
③ По ЗСЭ: $mgH = \frac{mv_k^2}{2} \Rightarrow v_k = \sqrt{2gH} = \sqrt{2g \cdot \frac{2v_0^2}{5g}} = \frac{2v_0}{\sqrt{5}} = \frac{2v_0\sqrt{5}}{5}$

Ответ: 1) $\frac{2v_0^2}{5g}$; 2) $\frac{2v_0\sqrt{5}}{5}$

№3 Дано:
 $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $t_1 = 127^\circ\text{C}$
 $\nu_1 = 0,1 \text{ моль}$
 $t_2 = 7^\circ\text{C}$
 $\nu_2 = 0,4 \text{ моль}$

- 1) t ?
- 2) p ?

Решение:



① После прорыва перегородки начнется охлаждение первой части и нагревание второй части сосуда:

$$c_2 m_1 (t - t_1) + c_2 m_2 (t - t_2) = 0; m_2 = \nu_2 M_2; m_1 = \nu_1 M_2$$

$$\nu_1 M_2 t - \nu_1 M_2 t_1 + \nu_2 M_2 t - \nu_2 M_2 t_2 = 0$$

$$t(\nu_1 + \nu_2) = \nu_1 t_1 + \nu_2 t_2 \Rightarrow t = \frac{\nu_1 t_1 + \nu_2 t_2}{\nu_1 + \nu_2} =$$

$$= \frac{0,1 \cdot 127 + 0,4 \cdot 7}{0,5} \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{12,7 + 2,8}{0,5} \text{ } ^\circ\text{C} = 31^\circ\text{C}$$

② По уравнению Клапейрона-Менделеева:

$$pV = (\nu_1 + \nu_2) RT; T = (t + 273) \text{ К} \Rightarrow p = \frac{(\nu_1 + \nu_2) RT}{V} =$$

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

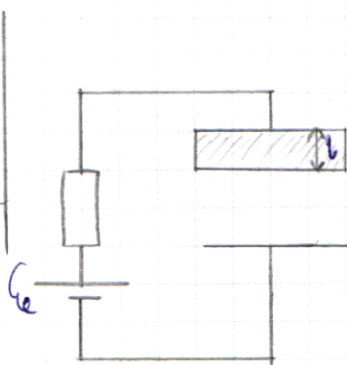
Ответ: 1) 31°C ; 2) 152 кПа

№4 Дано:

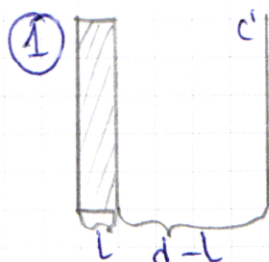
$$C_e; C_0;$$

$$l = \frac{d}{3}$$

- 1) C' ?
- 2) Δq ?



Решение:



$$C' = \frac{C_0 S}{d-l} = \frac{C_0 S}{d - \frac{d}{3}} = \frac{3}{2} \frac{C_0 S}{d};$$

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

$$\Rightarrow C' = \frac{3}{2} C_0$$

② $W_2 - W_1 = \Delta q C_e; W_2 = \frac{C' C_e^2}{2}; W_1 = \frac{C_0 C_e^2}{2} \Rightarrow \frac{3 C_0 C_e^2}{4} - \frac{C_0 C_e^2}{2} = \Delta q C_e$

$$\Delta q C_e = \frac{C_0 C_e^2}{4} \Rightarrow \Delta q = \frac{C_0 C_e}{4}$$

Ответ: 1) $\frac{3}{2} C_0$; 2) $\frac{C_0 C_e}{4}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ Дано:

$$R_1 = 4R$$

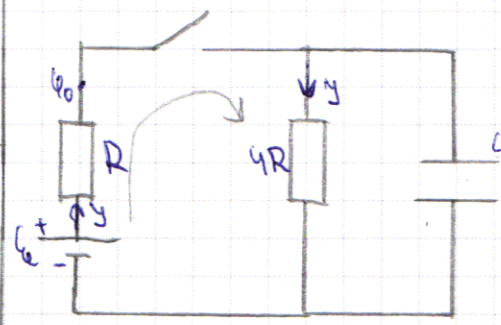
$$C; C_0; R$$

1) I_{4R} ?

2) V_C ?

3) Q ?

Решение:



① Ток, после замыкания
ключа, течь через конденса-
тор не будет. Тогда:

$$\mathcal{E}_0 - 4IR + \mathcal{E}_0 - IR = \mathcal{E}_0$$

$$\mathcal{E}_0 = 5IR \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}_0}{5R}$$

② $V_{4R} = I \cdot 4R = 4IR = 4R \cdot \frac{\mathcal{E}_0}{5R} = \frac{4}{5}\mathcal{E}_0$; $V_{4R} = V_C = \frac{4}{5}\mathcal{E}_0$

③ По ЗСЭ: $W_2 - W_1 = A - Q$; $W_2 = \frac{C\mathcal{E}_0^2}{2}$; $W_1 = \frac{C V_C^2}{2} = \frac{16C\mathcal{E}_0^2}{50}$; $A = \Delta q \mathcal{E}_0 =$

$$= (q_2 - q_1)\mathcal{E}_0; q_2 = C\mathcal{E}_0; q_1 = C V_C = \frac{4}{5}C\mathcal{E}_0 \Rightarrow A = \frac{C\mathcal{E}_0^2}{5};$$

$$Q = \frac{C\mathcal{E}_0^2}{5} - \frac{C\mathcal{E}_0^2}{2} + \frac{16C\mathcal{E}_0^2}{50} = \frac{16C\mathcal{E}_0^2 - 25C\mathcal{E}_0^2 + 10C\mathcal{E}_0^2}{50} = \frac{C\mathcal{E}_0^2}{50}$$

Ответ: 1) $\frac{\mathcal{E}_0}{5R}$; 2) $\frac{4}{5}\mathcal{E}_0$; 3) $\frac{C\mathcal{E}_0^2}{50}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-016

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

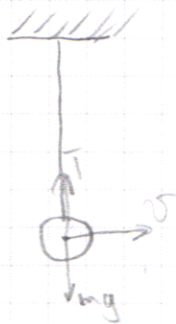
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 Дано:

$$l = 0,18 \text{ м}$$

$$v = ?$$



Решение:



$$\frac{m\delta v^2}{2} = 2mgl$$

$$v^2 = 2\delta gl$$

$$\frac{m\delta v^2}{2} = mg + T = 0$$

$$v^2 = gl$$

$$\frac{m\delta v^2}{2} = 2mgl + \frac{m\delta v^2}{2}$$

$$v^2 = 4gl + gl = 5gl$$

$$v = \sqrt{5gl} = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,18} = \sqrt{5 \cdot 1,8} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

(+)

Ответ: $3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

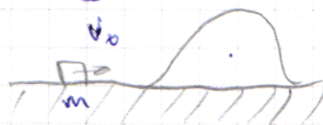
Решение:

№2 Дано:

$$m; v_0; 4 \text{ м}$$

$$1) H = ?$$

$$2) v = ?$$



$$m\delta v_0 = 5m\delta v$$

$$v = \frac{\delta v_0}{5}$$

$$\frac{m\delta v_0^2}{2} = mgH + \frac{m\delta v^2}{2}$$

$$\frac{m\delta v_0^2}{2} = m\delta v_0 + \frac{m\delta v^2}{2}$$

$$\frac{m\delta v_0^2}{2} = \frac{m\delta v_0^2}{2} + \frac{m\delta v^2}{2}$$

$$\delta v_0 - \delta v = \frac{m\delta v}{m}$$

$$(\delta v_0 + \delta v) = v_2$$

$$2\delta v_0 = 5\delta v$$

$$\delta v_0 = \frac{5}{2}\delta v = \frac{2}{5}\delta v_0$$

$$\delta v = \frac{2}{5}\delta v_0$$

$$= \frac{3}{5}\delta v_0$$

$$m\delta v_0 = 5m\delta v \Rightarrow \delta v = \frac{\delta v_0}{5}$$

$$\frac{m\delta v_0^2}{2} = mgH + \frac{5m\delta v_0^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = 2gH + \frac{4}{5}v_0^2 \Rightarrow 5v_0^2 = 10gH + 4v_0^2$$

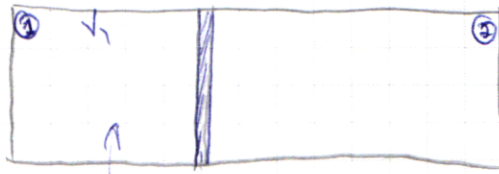
$$10gH = v_0^2$$

$$H = \frac{v_0^2}{10g}$$

№3 Дано:
 $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $t_1 = 127^\circ\text{C}$
 $V_1 = 0,1 \text{ моль}$
 $t_2 = 27^\circ\text{C}$
 $V_2 = 0,4 \text{ моль}$

 $t = ?$
 $P = ?$

Решение:



① $P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$
 $P_2 (V - V_1) = \nu_2 R T_2$
 $\frac{P_2 (V - V_1)}{P_1 V_1} = \frac{\nu_2 T_2}{\nu_1 T_1}$
 $\frac{P_2 (V - V_1)}{P_1 (V - V_1)}$
 $127 + 273 =$
 $=$

② $Q_1 = \Delta V_1 + A_1$
 $Q_2 = \Delta V_2 + A_2$

$Q_1 + Q_2 = 0$

$\frac{3}{2} \nu_1 R (T - T_1) + \nu_1 R (T - T_1) + \frac{3}{2} \nu_2 R (T - T_2) + \nu_2 R (T - T_2) = 0$

$\frac{5}{2} \nu_1 R T - \frac{5}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{5}{2} \nu_2 R T - \frac{5}{2} \nu_2 R T_2 = 0$

$\frac{5}{2} T (\nu_1 + \nu_2) = \frac{5}{2} (\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)$

$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,5} \text{ K} = \frac{100 + 112}{0,5} \text{ K}$

$= 132 \cdot 2 = 264 \text{ K} =$

② ~~$Q = \frac{5}{2} (\nu_1 + \nu_2) R$~~

$\frac{V}{V_1} - 1 = \frac{0,4 \cdot 280}{0,1 \cdot 400}$

$\frac{V}{V_1} = \frac{92}{4} + 1 = \frac{132}{4} = \frac{61}{2} = 3,05$

$V_1 = \frac{8,31 \cdot 10^{-3}}{3,05} \text{ м}^3 = \frac{831 \cdot 10^{-3}}{305} \text{ м}^3$

① $C_1 m_1 (t - t_1) + C_2 m_2 (t - t_2) = 0$

$\nu_1 M t - \nu_1 M t_1 + \nu_2 M t - \nu_2 M t_2 = 0$

$t (\nu_1 + \nu_2) = \nu_1 t_1 + \nu_2 t_2$

$t = \frac{\nu_1 t_1 + \nu_2 t_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{127 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,4}{0,5} = \frac{12,7 + 1,6}{0,5} = \frac{14,3}{0,5} = 28,6^\circ\text{C}$

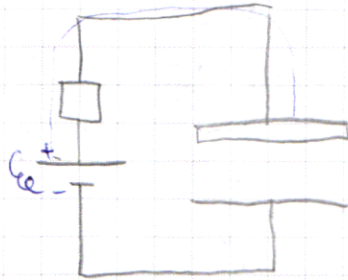
② $PV = (\nu_1 + \nu_2) R T \Rightarrow P = \frac{0,5 \cdot 831 \cdot 304}{831 \cdot 10^{-3}} \text{ Па} = 152 \text{ кПа}$

Ответ: 31°C ; 152 кПа

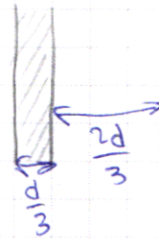
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 Дано:
 $C_0, C_1,$
 $l = \frac{d}{3}$
1) $C = ?$
2) $\Delta q = ?$

Решение:



① $C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$

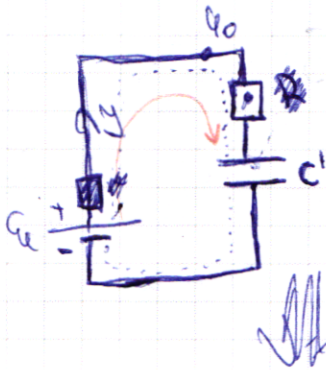


$C' = \frac{3\epsilon_0 l}{2d} = \frac{3}{2} C_0$

⑤ ~~Дано:~~
 ~~$U_1 = U_2 = U$~~
 ~~C_1, C_2~~
 ~~$Q = ?$~~

~~$W_1 = W_2 = A$~~
 ~~$\frac{C_1 U^2}{2} = \frac{C_2 U^2}{2} = \Delta q \mathcal{E}$~~

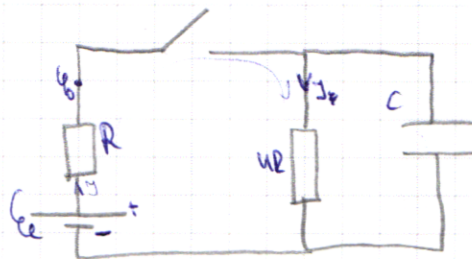
$q_1 = C_1 U$
 $q_2 = C_2 U$



~~$U_C = U_R = U$~~
 ~~$U_C = \frac{q}{C_0}; U_C' = \frac{q}{C'}$~~
 ~~$\frac{C U^2}{2} - \frac{C_0 U^2}{2} = \Delta q \mathcal{E}$~~
 ~~$\frac{U^2}{2} (\frac{3}{2} C_0 - C_0) = \Delta q \mathcal{E}$~~
 ~~$\Delta q = \frac{U^2 C_0}{4 \mathcal{E}} = \frac{C_0 U^2}{4 \mathcal{E}} = \frac{C_0 \mathcal{E}}{4}$~~

№5 Дано:
 $R_1 = U R$
 C, \mathcal{E}, R
1) $I = ?$
2) $U_C = ?$
3) $Q = ?$

Решение:



① $\mathcal{E}_0 - I R + \mathcal{E} - I R = \mathcal{E}_0$
 $\mathcal{E} = I R + I R = 2 I R$

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

② $U_R = I \cdot U R = \frac{4}{5} \mathcal{E}; U_C = U_R = \frac{4}{5} \mathcal{E}$

③ ~~$W_1 = W_2 = A$~~

$$\textcircled{3} q_c = V_c - c = \frac{4}{5} c l_e; \quad \cancel{y = \frac{c l_e}{5 R}} \quad \cancel{R = \frac{c l_e}{5 R}}$$

$$W_2 - W_1 = A - Q$$

$$W_2 = \frac{c l_e^2}{2}; \quad W_1 = \frac{c \cdot 16 c l_e^2}{50}; \quad A = 4 g l_e =$$

$$= \frac{c l_e^2}{5}$$

$$\frac{c l_e^2}{2} - \frac{8 c l_e^2}{25} = \frac{c l_e^2}{5} - Q$$

$$Q = \frac{c l_e^2}{5} - \frac{c l_e^2}{2} + \frac{8 c l_e^2}{25} = \frac{10 c l_e^2 + 16 c l_e^2 - 25 c l_e^2}{50} =$$

Ответ: $\left[\frac{c l_e}{5 R}; \frac{4}{5} c l_e; \frac{c l_e^2}{50} \right] = \frac{c l_e^2}{50}$

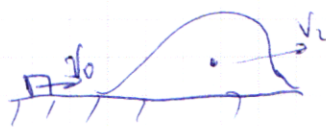
- 13) Дано:
 $V = 2,31 \cdot 10^3 \text{ м}^3$
 $T_1 = 400 \text{ К}$
 $\rho_1 = 0,1 \text{ ммоль}$
 $T_2 = 280 \text{ К}$
 $\rho_2 = 0,4 \text{ ммоль}$

- ① $t = ?$
 ② $P = ?$

Решение:

①

②



$$m v_0 = 5 m v_2 + m$$

$$m g h = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow v_x = \sqrt{2 g h}$$

$$= \sqrt{\frac{2 g \cdot v_0^2}{5 g}} = \frac{2 v_0 \sqrt{5}}{5}$$