

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

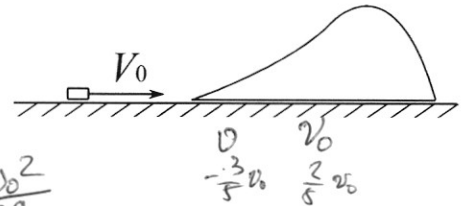
9-18

(заполняется секретарём)

Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарика, чтобы он, двигаясь по окружности, совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Принять $g=10 \text{ м/с}^2$. $15\sqrt{0,1}$

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?

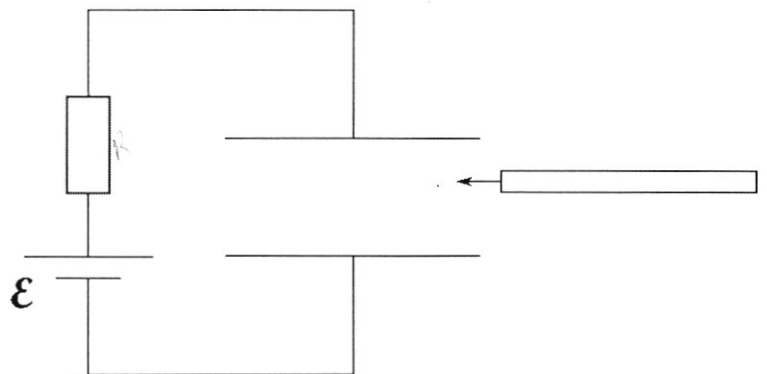
2) С какой скоростью шайба съезжает с горки? $\frac{3}{5}v_0$

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? -33°C

2) Найти конечное давление в сосуде. $12 \cdot 10^4 \text{ Па}$

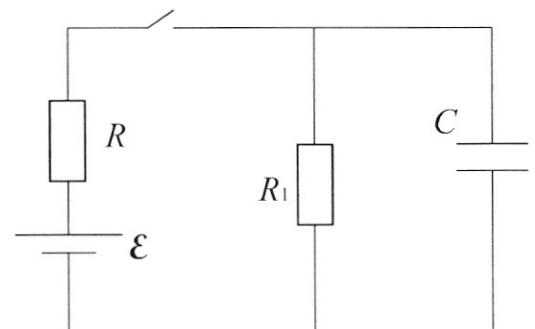
4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС \mathcal{E} (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины в 4 раза меньше расстояния между обкладками.



1) Найти емкость конденсатора с пластиной. $\frac{4}{3}C_0$

2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины? $\frac{C_0 \mathcal{E}}{3}$

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. $\frac{\mathcal{E}}{R}$

2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе. $\frac{3}{4}\mathcal{E}$

3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

$$\frac{3\mathcal{E}^2}{16R}$$

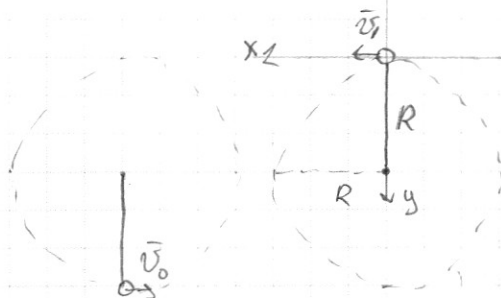
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано:

$$R = 0,5 \text{ м}$$

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

$$v_0 = ?$$



Для совершения полного оборота шарик сначала должен упасть на высоту $\Delta H = 2R$, а потом лететь как тело, движущее горизонтально и пройти только четверть круга. (последнюю четверть доплатить скорость не нужна)

Ох: $R = v_1 t$ — скорость по Ох = const
 Оу: $R = \frac{g t^2}{2}$ — начальная скорость по Оу = 0

$$\begin{cases} R = v_1 t \\ R = \frac{g t^2}{2} \end{cases} \Rightarrow v_1^2 = \frac{g R}{2}$$

За законом сохранения энергии:

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g \cdot 2R + \frac{m v_1^2}{2} = 2mgR + \frac{mgR}{4}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{9gR}{2}} = 3 \sqrt{\frac{10 \cdot 0,5}{2}} = 15 \sqrt{0,1}$$

Ответ: $15 \sqrt{0,1} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2. Дано:

$$m_1 = m$$

$$m_2 = 3m$$

$$v_0$$

Поскольку трение везде отсутствует вытекают те же законы энергии и импульса:

$$\begin{array}{l}
 u_1 - ? \\
 v_1 - ?
 \end{array}
 \left| \begin{array}{l}
 m v_0 = 4m u_1 + m u_2 \\
 \frac{m v_0^2}{2} = \frac{4m u_1^2}{2} + \frac{m u_2^2}{2}
 \end{array} \right.
 \left. \begin{array}{l}
 \text{Три выезда на горку,} \\
 \text{горка с шайбой} \\
 \text{имеют массу } 4m \\
 \text{и скорость } u_1,
 \end{array} \right.$$

$$u_1 = \frac{v_0 - u_2}{4}$$

$5u_2^2 - 2v_0 u_2 - 3v_0^2 = 0$ но при этом шайба движется

$$D = (8v_0)^2 \Rightarrow \sqrt{D} = 8v_0, \quad \text{относительно горки со скоростью } u_2$$

$$\text{но } v_0 > 0 \Rightarrow \sqrt{D} = 8v_0$$

$$u_2 = \frac{2v_0 + 8v_0}{10} = v_0$$

$$u_2 = \frac{2v_0 - 8v_0}{10} = -\frac{3}{5}v_0$$

Значит когда скорость шайбы относительно горки положительна (движ. на горку) и равна $v_0 \Rightarrow u_1 = 0$ горка на месте.

Когда скорость шайбы < 0 (движ. от горки) и равна $(-\frac{3}{5}v_0)$ скорость горки $= \frac{v_0 - u_2}{4} = \frac{2v_0}{5}$; $h_{\max} = \frac{2v_0^2}{2g}$ $u_{2\text{отск}} = \frac{3v_0}{5}$

Ответ: $h = \frac{v_0^2}{2g}$; $v_1 = \frac{3}{5}v_0$

3. Дано:

$$V = 8,31 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 280 \text{ К}$$

$$V_1 = 0,12 \text{ м}^3$$

$$V_2 = 0,3 \text{ м}^3$$

$$T_c - ?$$

$$p_c - ?$$

Поскольку сосуд жесткий и герметичный, то $\Delta V = 0 \Rightarrow A = 0$, а это значит вся энергия от одного газа уйдет ко второму.

$$Q = \Delta U_1 = \Delta U_2$$

$$V_1 R (T_c - T_1) = V_2 R (T_c - T_1)$$

$$T_c = \frac{V_1 T_1 - V_2 T_2}{V_1 - V_2} = 240 \text{ К} = -33^\circ \text{C}$$

За пр. Менг.-Класс.: $pV = DRT$

$$p_c = \frac{(V_1 + V_2) R T_c}{V} = 12 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Ответ: $T_c = -33^\circ \text{C}$; $p_c = 12 \cdot 10^4 \text{ Па}$

4. Дано:

Шокового конденсатора:

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\left. \begin{array}{l} \text{И?} \\ \text{U}_1? \\ C_1? \\ \varphi? \end{array} \right\} \begin{array}{l} \varepsilon \\ d_1 = \frac{d}{4} \\ C_1? \\ \varphi? \end{array}$$

У конденсатора с пластинами:

$$C_1 = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d-d_1} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S \cdot 4}{d \cdot 3} = \frac{4C_0}{3}$$

Когда был обычный заряженный конденсатор

$$I = 0 \Rightarrow E = U_0, \text{ где } U_0 - \text{напряжение на конденсаторе}$$

Когда станет новый конденсатор:

$$I = 0 \Rightarrow E = U_0, \text{ так же само}$$

$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = C_1 U_0 - C_0 U_0 = (C_1 - C_0) U_0 = \frac{C_0 E}{3}$$

Ответ: $C_1 = \frac{4C_0}{3}; \varphi = \frac{C_0 E}{3}$

5. Дано:

R

$$R_1 = 3R$$

C

E

$I_0?$

$U_0?$

Q?

При замыкании через конденсатор сразу начнет течь ток с убывающей, но по началу мало сопротивляется, значит R₁ - заморочка.

$$I_0 = \frac{E}{R}$$

R₁ и C - подключены параллельно, а значит их напряжения равны. При замыкании конденсаторе через него не идет ток.

$$I = \frac{E}{R+3R} \quad U_0 = I \cdot 3R = \frac{3E}{4}$$

При разомкнутом ключе образуется цепь $R_1 - C$ и все
а значит все тепло выделится на R_1 :

$$Q = \frac{U^2}{R} = \frac{U_0^2}{3R} = \frac{9E^2}{16 \cdot 3R} = \frac{3E^2}{16R}$$

Ответ: $I_0 = \frac{E}{R}$; $U_0 = \frac{3E}{4}$; $Q = \frac{3E^2}{16R}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.

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

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

$$q = C U = C(\mathcal{E} - IR)$$

$$U = \frac{\mathcal{E}}{6}$$

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

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

$$q = C U = C_1 U_1$$

$$\Delta q = C_1 U_1 - C_0 U_0 = (C_1 - C_0) U_0 = \left(\frac{C_0}{3}\right) U_0$$

IR

$$\mathcal{E} = U_{\text{полюс}}$$

$$\mathcal{E} = IR + U$$

5.

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

$$U = IR = I \cdot 3R = 3R \frac{\mathcal{E}}{4R} = \frac{3}{4} \mathcal{E}$$

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

$$UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} = \frac{3 \cdot 3 \mathcal{E}}{44 R} = \frac{9 \mathcal{E}}{16 R}$$

$$v_0 = 2u_1 + 2u_2 + 3u_1 = 4u_1 + 2u_2$$

$$v_0^2 = 8(u_1 + u_2)^2 + 3 \cdot 4u_1^2$$

$$v_0^2 = \frac{(2v_0 - 2u_2)^2}{4} + \frac{(2v_0 - 2u_2)u_2}{4} + 2u_2^2 + 3u_1^2$$

$$16u_1^2 + 8u_1u_2 + 2u_2^2 = u_1^2 + 4u_1u_2 + 4u_2^2$$

$$16u_1^2 + 8u_1u_2 + 2u_2^2 = u_1^2 + 4u_1u_2 + 4u_2^2$$

$$16u_1^2 + 8u_1u_2 + 2u_2^2 = u_1^2 + 4u_1u_2 + 4u_2^2$$

$$u_2 = \frac{12u_1}{6} = 2u_1$$

2.

$$mv_0^2 = 4m u_1^2 + m u_2^2$$

$$\frac{mv_0^2}{m} = \frac{4m u_1^2}{m} + \frac{m u_2^2}{m}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{4m u_1^2}{2} + \frac{m u_2^2}{2}$$

$$h = \frac{mv_0^2}{2g}$$

$$u_1 = \frac{v_0 - u_2}{4}$$

$$v_0^2 = \frac{v_0^2 - 2v_0 u_2 + u_2^2}{4} + u_2^2$$

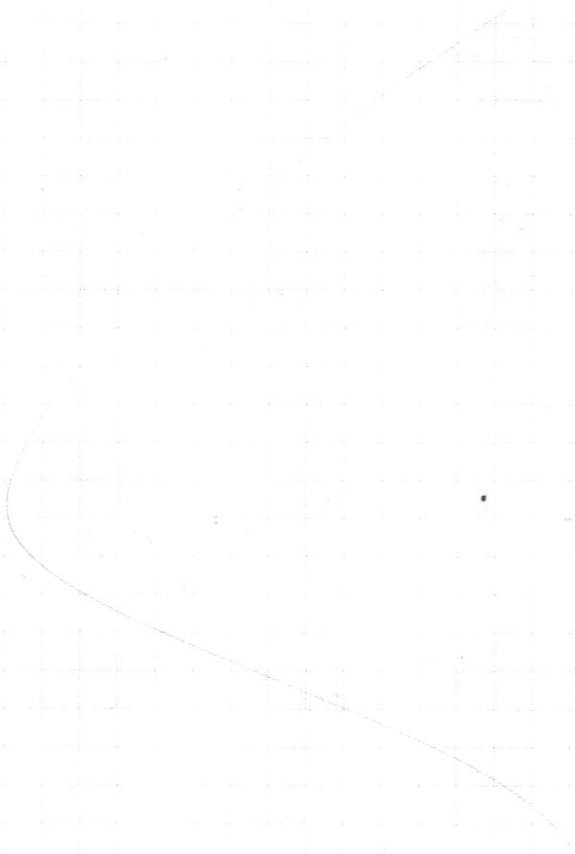
$$4v_0^2 = v_0^2 - 2v_0 u_2 + u_2^2 + 4u_2^2$$

$$5u_2^2 - 2v_0 u_2 - 3v_0^2 = 0$$

$$D = 4v_0^2 - 4 \cdot 5 \cdot 3v_0^2 = (8v_0^2 - 60v_0^2) = -52v_0^2$$

$$u_2 = \frac{2v_0 + 8v_0}{10} = v_0$$

$$\frac{2v_0 - 8v_0}{10} < 0$$

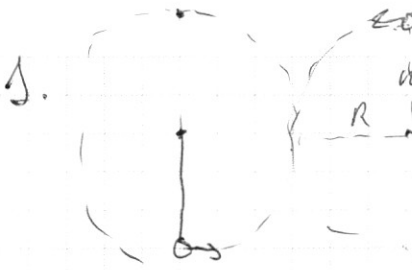


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



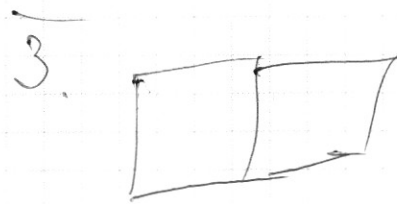
$mgk = \frac{mv^2}{R}$
 $v = \sqrt{gkR} = 2\sqrt{gkR} = 2\sqrt{5}$

2. $m v_0^2 = m(u_1 + 4u_2)$
 $v_0 = u_1 + 4u_2$
 $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m(u_1 + 4u_2)^2}{2} + \frac{3m u_2^2}{2}$
 $v_0^2 = u_1^2 + 8u_1 u_2 + 16u_2^2 + 3u_2^2$

$\frac{m v_0^2}{2} = mg \cdot 2R + \frac{m v^2}{2} = mg \cdot 2R + \frac{m g R}{2}$
 $v_0^2 = 2(2gR + \frac{gR}{2}) = \frac{gR \cdot 9}{2}$
 $v_0 = \sqrt{\frac{9gR}{2}} = 3\sqrt{\frac{10 \cdot 50 \cdot 10^2}{2}}$

$m v_0^2 = 4m u_1 + m u_2$
 Введем $v_0^2 = 16u_1^2 + 8u_1 u_2 + u_2^2 = 15 \cdot 10^4$
 $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{4m u_1^2}{2} + \frac{m u_2^2}{2}$

$u_2 = v_0 - 4u_1$
 $v_0^2 = 4u_1^2 + v_0^2 - 8v_0 u_1 + 16u_1^2 = 20u_1^2 = 8v_0 u_1$
 $u_1 \neq 0$
 $v_0 = 2.5$



$\frac{V_1}{V_2} = \frac{V - V_2}{V_2} = \frac{V}{V_2} - 1$
 $I = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$
 $Q = I \cdot t$
 $Q = P \cdot t$

$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1$
 $p_2 V_2 = \nu_2 R T_2$
 $p_3 V_3 = \nu_3 R T_3$
 $p_1 = p_2 = p_3 = 10^5 \text{ Pa}$
 $Q = \Delta U_1 = \nu_1 C_v$
 $= \nu_1 R (T_k - T_1) = \nu_2 R (T_k - T_2)$
 $2T_k - 600 = 3T_k - 840$

$8.31 \cdot 10^{-3} \cdot 140 = 140 \nu_2 = 100 \nu_1$
 $T_k = 240 \text{ K}$
 $P_1 = \frac{0.2 \cdot 8.31 \cdot 300}{V_2} = \frac{8.31 \cdot 10^{-3} \cdot 140}{240} = \frac{7}{12} \cdot 8.31 \cdot 10^{-3}$
 $= 2 \cdot 0.2 \cdot \frac{300 \cdot 12}{5 \cdot 10^5} = 144 \cdot 10^3 \text{ Pa}$
 $P_3 = \frac{0.5 \cdot 8.31 \cdot 240}{5.24 \cdot 10^3} = 12 \cdot 10^3$

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

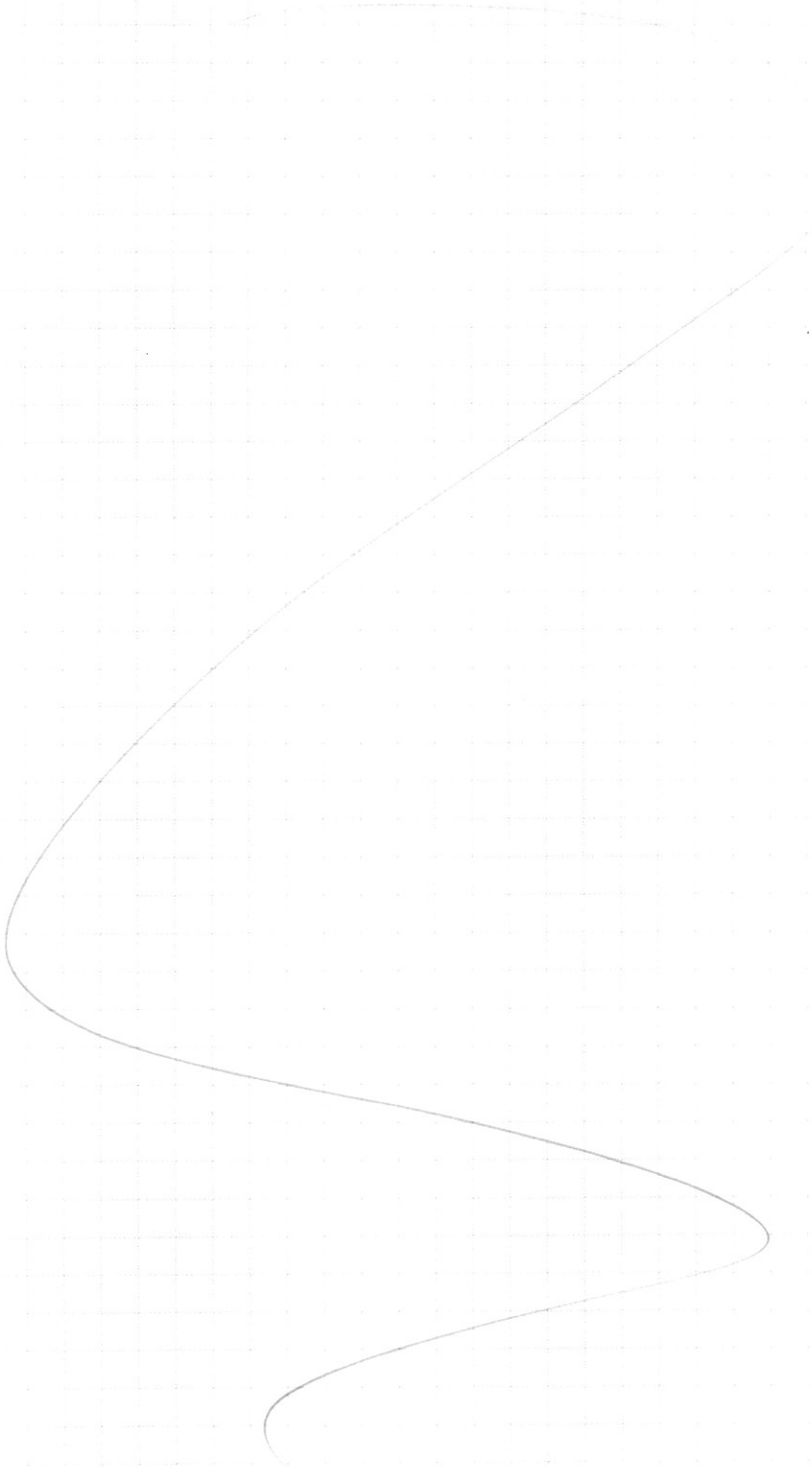
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

9-18

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)