

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

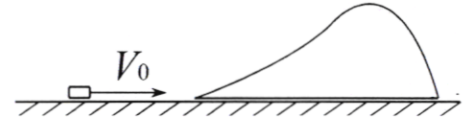
Шифр 10-001

(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.

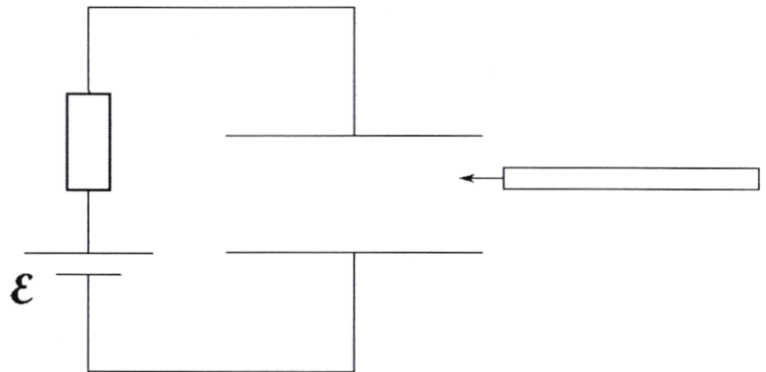


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

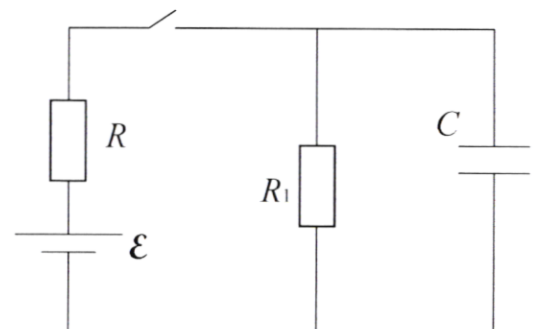
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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 .

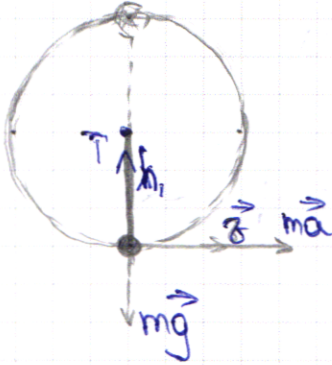


- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①



$$h_1 = 18 \text{ см} = 18 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

трехе нитки, масса нитки и
сопротивление ветра пренебрегаем.

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

$$mv^2 = 2mgh$$

$v^2 = 2gh \rightarrow$ так как ~~то~~ нам нужно сделать
оборот надо энергии чтобы шарик
дошел до предельной точки.

$$h = 2 \cdot 18 \cdot 10^{-2}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 18 \cdot 10 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow v = 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 10^{-1} \cdot \sqrt{5} = 12 \cdot 10^{-1} \sqrt{5}$$

$$\sqrt{5} = \sqrt{4+1} \approx 2,23 \Rightarrow 1,2 \cdot 2,23 = 2,53 \text{ м/с}$$

$v = 2,53 \text{ м/с}$ - минимальная.

$$2as = v^2 \Rightarrow a = \frac{v^2}{2s} = \frac{v^2}{2 \cdot 18} = \frac{v^2}{2 \cdot \pi \cdot 18} = \frac{40 \cdot 18 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot \pi \cdot 18} = \frac{20 \cdot 10^{-2}}{\pi} = \frac{0,2}{\pi} \text{ м/с}^2$$

② Пренебрегаем трение монетки и горла, считаем
плоско наклонённой поверхностью, подвиженную,
 $E = mgh = \frac{mv^2}{2}$

сохранение импульсов.

$$mv_0 + 4m \cdot 0 = (4m + m) u$$

$$mv_0 = 5mu.$$

$$5mu = mv_x + 4mv_y = mv_0 \Rightarrow$$

и замечаем что $\tan \alpha = \frac{1}{4} \Rightarrow$

$$v_x = \frac{4}{5} v_0 \quad ; \quad v_y = \frac{1}{5} v_0.$$

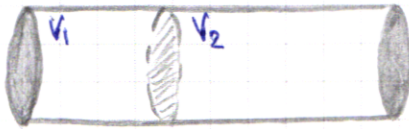
$$2mgh = mv^2 \Rightarrow v^2 = 2gh.$$

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(v_0)^2}{2g}$$

а скорость при съезде $v_x = \frac{4}{5} v_0.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3



$$V_1 + V_2 = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\mu_{r1} = \mu_{r2} \Rightarrow \mu r (\text{гемм})$$

$$\nu_1 = 0,2 \text{ моль} ; T = 127^\circ \text{C}$$

$$\nu_2 = 0,4 \text{ моль} ; T = 7^\circ \text{C}$$

$$P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu_2 R T_2$$

$$P V = (\nu_1 + \nu_2) R T$$

$$V_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{P_1}$$

$$V_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{P_2}$$

$$\frac{\nu_1 R T_1}{P_1} + \frac{\nu_2 R T_2}{P_2} = 8,31 \cdot 10^{-3}$$

обозначим температуры
которые газы образуются

- θ

$$P V_{\theta} = (\nu_1 + \nu_2) R \theta \Rightarrow P V = (\nu_1 + \nu_2) R (T_2 - \Delta T) \Leftrightarrow (\nu_1 + \nu_2) R (T_1 + \Delta T)$$

$$\Rightarrow (\nu_1 + \nu_2) (T_2 - \Delta T) = (\nu_1 + \nu_2) (T_1 + \Delta T)$$

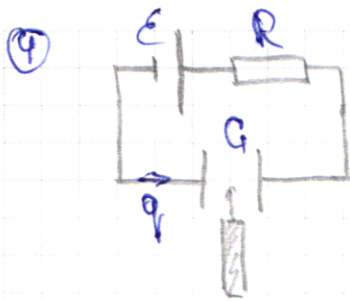
$$0,5 T_2 - 0,5 \Delta T = 0,5 T_1 + 0,5 \Delta T$$

$$0,5 (T_2 - T_1) = \Delta T$$

$$\frac{1}{2} (T_2 - T_1) = \Delta T = \frac{127 - 7}{2} = 60$$

$$\theta = 7 + 60 = 67^\circ \text{C}$$

$$P = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R \theta}{V} \Rightarrow \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} \cdot 67}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 33,5 \cdot 10^8$$



$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow \varphi = IR + Ir$$

$$\varphi = qU \quad q = CU \quad Y = qU$$

$$I = \frac{U}{Z} \Rightarrow I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

$$X_C = \omega C \Rightarrow \omega = \frac{1}{ZC}$$

$$\frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega C)^2}} \Rightarrow \frac{U(R+r)}{\varepsilon} = \sqrt{R^2 + (\omega C)^2}$$

$$\frac{U^2(R^2 + 2rR + r^2)}{\varepsilon^2} = R^2 + \omega^2 C^2$$

$$\frac{U^2(R^2 + 2rR + r^2) - \varepsilon^2 R^2}{\varepsilon^2 (\omega C)^2} = C^2 = \frac{(U(R+r))^2 - (\varepsilon R)^2}{\varepsilon^2 (\omega C)^2} =$$

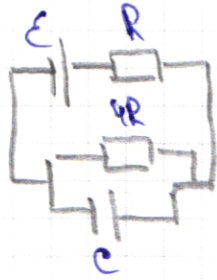
$$\varepsilon = \sqrt{U^2(R+r)^2 - \frac{(U(R+r) - \varepsilon R)(U(R+r) + \varepsilon R)}{\varepsilon^2 (\omega C)^2}} = \frac{(U(R+r) - \varepsilon R)(U(R+r) + \varepsilon R)}{\varepsilon^2 (\omega C)^2}$$

$$= \frac{(R(U - \varepsilon) + Ur)(R(U + \varepsilon) + Ur)}{\varepsilon^2 (\omega C)^2} \quad \omega = 50 \text{ Hz}$$

$$q = CU \Rightarrow q = CU \sqrt{\frac{(R(U - \varepsilon) + Ur)(R(U + \varepsilon) + Ur)}{\varepsilon^2 (\omega C)^2}}$$

$$q = \frac{Y}{\omega} \quad Y = \sqrt{\dots}$$

3) $\mathcal{E} = \frac{I}{R}$ Запробуем найти.



$$\Rightarrow I_{\text{ос}} = I_{(4R)} + I_{(R)}$$

$$U_{\text{ос}} = U_{(4R)} = U_{(R)}$$

$$I_{(R)} = \frac{U}{R}$$

$$\Rightarrow \mathcal{E} = \frac{I}{R + \frac{1}{\frac{1}{4R} + \frac{1}{R}}} \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}(R^2 + 4R + R)}{R} =$$

$$\Rightarrow I_{\text{ос}} = \mathcal{E}(R+5)$$

$$U_{\text{ос}} = I_{\text{ос}} \cdot R_{\text{ос}} ; \quad R_{\text{ос}} = R + 4R = 5R$$

$$U_{\text{ос}} = \mathcal{E}(R+5)5R = U_{(R)}$$

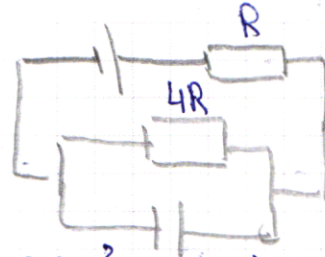
$$\text{Итак } I_{(R)} = \frac{U_{\text{ос}}}{4R} = \frac{5}{4}(\mathcal{E}(R+5))$$

$$Q = IR \Rightarrow I_{\text{ос}} \cdot R_{\text{ос}}^2 = \mathcal{E}(R+5)(5R)^2 = 25(\mathcal{E}(R+5))R^2 \text{ Дж.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5) Закрываем выключатель

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



$$\Rightarrow \mathcal{E} = \frac{I}{R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{4R}}} \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}(R^2 + 4R + R)}{R} \Rightarrow I = \mathcal{E}(R + 5)$$

$$\frac{I_{\text{св}}}{R_{\text{св}}} \equiv \mathcal{U}_{\text{св}}$$

$$R_{\text{св}} = R + 4R = 5R$$

$$\mathcal{U}_{\text{св}} = \frac{\mathcal{E}(R+5)}{5R} \Rightarrow \frac{\mathcal{E}R + 5\mathcal{E}}{5R} \Rightarrow \frac{\mathcal{E}R}{5R} + \frac{5\mathcal{E}}{5R} \Rightarrow$$

$$\mathcal{U}_{\text{св}} = \frac{1}{5}\mathcal{E} + \frac{1}{R}\mathcal{E} = \mathcal{E}\left(\frac{1}{5} + \frac{1}{R}\right) = \mathcal{E}\left(\frac{R+5}{5R}\right)$$

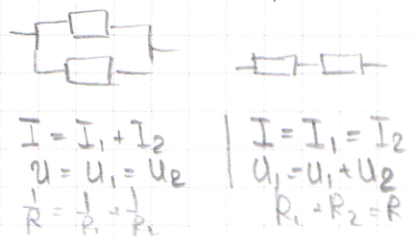
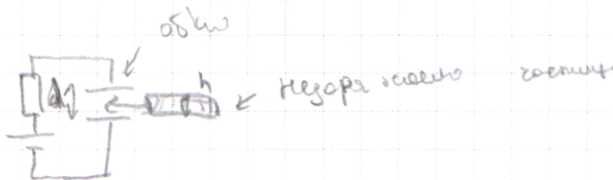
$$I_{(R)} + I_{(4R)} = I_{\text{св}}$$

$$\mathcal{U}_{(R)} = \mathcal{U}_{(4R)} = \mathcal{U}_{\text{св}} \Rightarrow I_{(R)} = \frac{\mathcal{U}}{R}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

- 1 2 3 4 5

④ $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$; $\mathcal{E} = IR + Ir$ $C = qU$



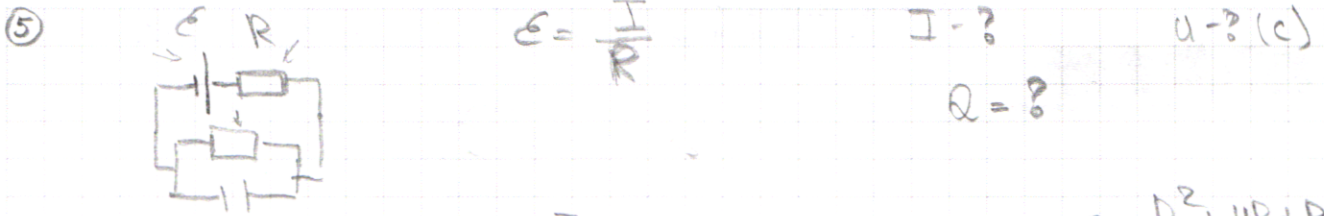
$J = qU$, $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 l}{d}$ $I = \frac{U}{R}$ $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
 $I = \frac{U}{X_C}$ $Z = |X_C|$ $W = 2\pi U$

② $2 \frac{mv^2}{R} = mg$ третий закон и сопр. ветвь
 $2mgh = mv^2$ предела
 $v^2 = 2gh$ $h = R \cdot 18$
 $v = \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 18 \cdot 10} = 2 \cdot 2 \cdot 3 \sqrt{5} = 12 \sqrt{5} \text{ м/с}$
 $v^2 = 12^2 \cdot 5 = 720$

② $m v_0 + 4m v_0 = 5m u$
 $5m u = m v_1 + 4m v_2$
 $5m u = -v_0 + x + 4m(\frac{v_0}{3}) - x$
 $\frac{m v_0^2}{2} = mgh$
 $5m u m v_0 = m v_0 m x + 4m v_0 - 4m x$
 $3m x = 4m v_0$
 $x = \frac{4m v_0}{3m} = \frac{4 v_0}{3}$

$m v_0 = m v_1 + 4m v_0 - 4m v_x$
 $3m v_0 = 3m v_x$
 $v_0 = v_x$
 $x = \frac{4}{3} v_0$ $3x = 4v_0$

③ ① $\Rightarrow PV = \text{const}$ $PV = \text{const}$
 $P_1 V_1 = P_2 V_2$ 2) $P = \frac{PRT}{V}$ $\frac{T}{V} = \frac{T}{V_1 + V_2}$
 $\rho (v_1 + v_2) R (S - S) = (\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2) R (S - S)$
 $\frac{m}{V} \rightarrow \rho_1 v_1 = \rho_2 v_2 \Rightarrow m_1 + m_2 \Rightarrow v_1 + v_2 = v$
 $v_1 = v - v_2$



$$\epsilon = \frac{I}{R + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{4R}}} \Rightarrow I = \frac{\epsilon R^2 + 4R + R}{R}$$

$$I = \epsilon (R + 5)$$

$$I = \epsilon R + 5\epsilon$$

$$I_{\text{вн}} : U_{\text{вн}} = U_1 = U_2$$

$$\frac{I_{\text{вн}}}{R_{\text{вн}}} = U_{\text{вн}} = U_2 =$$

$$Q_{\text{вн}} = I R^2 + I_2 R_i^2 =$$

$$(Q_1 + Q_2)(T_2 - Q) = (Q_1 + Q_2)(T_1 + Q)$$

$$0.5 T_2 - 0.5 Q = 0.5 T_1 + 0.5 Q$$

$$0.5 (T_2 - T_1) = Q$$

$$\frac{T_2 - T_1}{2} = Q = \frac{127 - 7}{2} = Q = \frac{120}{2} = \boxed{60}$$

$$Q = 127 + 60 = \boxed{187} \text{ Дж}$$

$$m \delta_0 = 5m \delta_x$$

$$u = \frac{m \delta_0}{5m \delta_x} = \frac{\delta_0}{5}$$

$$5m u = m \delta_x + 4m(\delta_0 - \delta_x) \quad \delta_1 =$$

$$5m u = m \delta_x + 4m \delta_0 - 4m \delta_x$$

$$5m u = 4m \delta_0 - 3m \delta_x$$

$$3m \delta_x = 4m \delta_0 - 5m u$$

$$\delta_x = \frac{4m \delta_0 - 5m u}{3}$$

$$\delta_x = \frac{4\delta_0 - \delta_0}{3} = \delta_0$$

$$m \delta_0 = 5m \delta_x$$

$$5m u = m \delta_0 + 4m \delta_x$$

$$5u = \delta_0 + 4\delta_x = 5\delta_0$$

$$\frac{1}{5} V_0 + \frac{4}{5} V_0 = 5$$

$$V_x = \frac{1}{5} V_0$$

$$E_{\text{вн}} = \frac{V_0^2}{2}$$

$$h = \frac{2^2}{2 \cdot 9} =$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

10-001

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)