

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

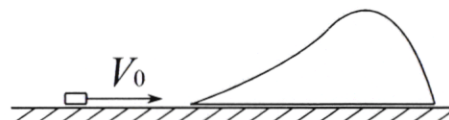
Шифр 5-034

(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.

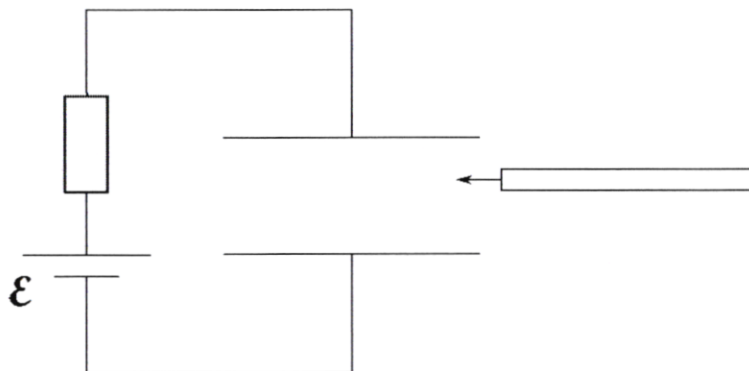


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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°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.

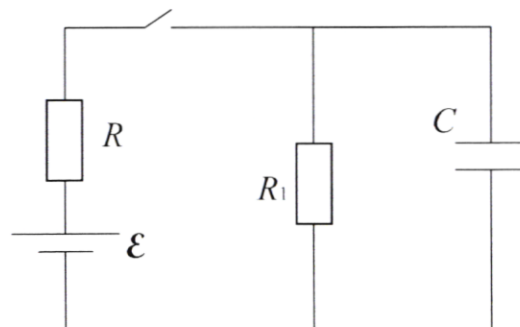
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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?

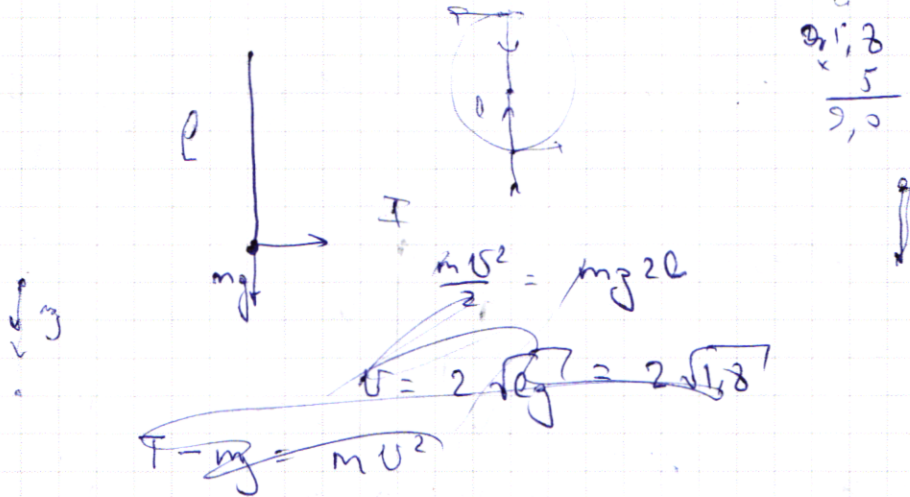
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

v 1

$$L = 1.2 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

(U_min -)



v 2

$$\frac{1.2}{9.0}$$

$$mg = \kappa \frac{U_0^2}{R} \quad U_0 = \sqrt{gRL}$$

$$\frac{\kappa U_{\text{min}}^2}{2} = 2mgL + \frac{\kappa U_0^2}{2}$$

$$U_{\text{min}}^2 = 4gL + gL$$

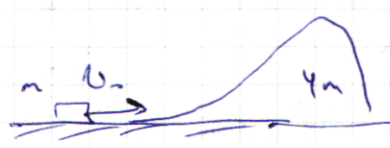
$$U_{\text{min}} = \sqrt{5gL} = 3 \sqrt{2}$$

v 2

$$m, 4m, U_0$$

H_max - ?

v' - ?



$$mU_0 = (m+4m)V$$

$$U_0 = 5V ; V = \frac{U_0}{5}$$

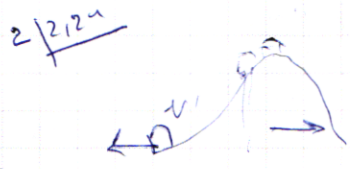
$$\frac{mU_0^2}{2} = \frac{(m+4m)V^2}{2} + mgH$$

$$\frac{U_0^2}{2} = 5 \frac{U_0^2}{10} + gH$$

$$4 \frac{U_0^2}{10} = gH$$

$$\Rightarrow H = \frac{2U_0^2}{5g}$$

$$\begin{array}{r} 2,14 \\ \times 2 \\ \hline 4,28 \\ - 3,148 \\ \hline 1,132 \\ - 1,132 \\ \hline 0 \end{array}$$



$$mgh = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$v_1 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2g \frac{2U_0^2}{5g}} =$$

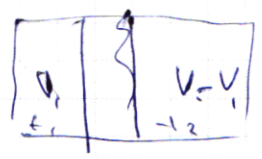
$$v_1 + v = v_1'$$

$$v_1 - v = v_1' = \frac{2U_0\sqrt{5}}{5} - \frac{U_0}{5} = \frac{U_0(\sqrt{5}-1)}{5}$$

v_3

$$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$V_1 \neq V_2$$



1 - He

$$t_1 = 127 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_1 = 0,1 \text{ м}^3$$

2 - He

$$t_2 = 7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_2 = 0,4$$

$\langle t \rangle$

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1 \quad p_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{V_1}$$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2 = p_2 (V - V_1) \quad p_2 = \frac{\nu_2 R T_2}{V - V_1}$$

3. Answer

$$p = p_1 + p_2$$

$$p V = (\nu_1 + \nu_2) R \langle t \rangle$$

$$p = \frac{p_1 V_1}{V} + \frac{p_2 (V - V_1)}{V} = \frac{p_1 V_1 + p_2 V - p_2 V_1}{V}$$

$$= \frac{(p_1 - p_2) V_1}{V} + p_2 = p$$

$$\begin{array}{r} 127 \\ + 273 \\ \hline 400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 152 \\ \hline 112 \\ \times 152 \\ \hline 304 \\ - 273 \\ \hline 31 \end{array}$$

$$p_1 = \frac{p_1 V_1}{V} + \frac{\nu_2 R T_2}{V - V_1}$$

$$p = \frac{\nu_1 R T_1 V_1}{V_1 V} + \frac{\nu_2 R T_2}{V - V_1}$$

$$E = \frac{3}{2} \nu_1 R (t_1 - \langle t \rangle) =$$

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

$$0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280 = 0,5 \langle T \rangle$$

$$2(400 + 112) = \langle T \rangle = 304 \text{ K} \quad \langle t \rangle = 31 \text{ }^\circ\text{C}$$

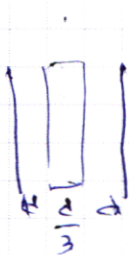
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 проз:

$$pV = (N_1 - N_2) R \langle T \rangle \Rightarrow p = \frac{(N_1 - N_2) R \langle T \rangle}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304 \cdot 10^3}{2,751 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 152 \text{ кПа}$$

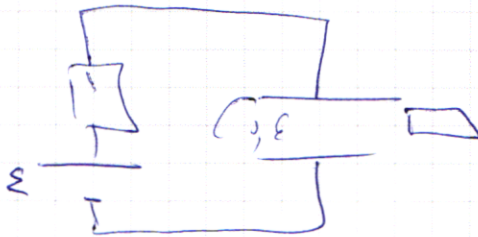
~4



а) $\frac{1}{C} = \frac{1}{\frac{3\epsilon_0 S}{d}} + \frac{1}{\frac{2\epsilon_0 S}{d} + \frac{3\epsilon_0 S}{d}} = \frac{S\epsilon_0^2}{d^3} = \frac{2\epsilon_0}{3} \left(\frac{2}{3} C_0 \right)$

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

$C = \frac{3\epsilon_0 S}{2d} = 1,5 C_0$

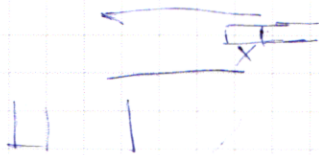


$$W_{C1} = \frac{C_0 \mathcal{E}^2}{2}$$

$$W_{C2} = \frac{C \mathcal{E}^2}{2} = \frac{3}{4} C_0 \mathcal{E}^2$$

$$W_{\text{ext}} = q \mathcal{E} = (C\mathcal{U} - C_0 \mathcal{E}) \mathcal{E} =$$

$$= (1,5 C_0 \mathcal{E} - C_0 \mathcal{E}) \mathcal{E} = \frac{C_0 \mathcal{E}^2}{2}$$



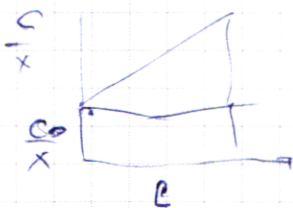
$$W = \frac{1}{2} x \mathcal{E}$$

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{x}$$

$$\Delta W_{\text{ext}} = \frac{C_0 \mathcal{E}^2}{4}$$

$$\frac{3S\epsilon_0 x}{Ld} + \frac{S\epsilon_0(1-x)}{Ld} = \frac{3S\epsilon_0(3x+2+2x)}{Ld}$$

$$\frac{S\epsilon_0}{Ld} (x+2) = \dots$$

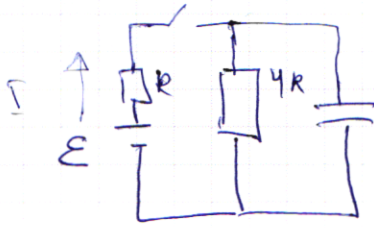


$$\frac{C - C_0}{x} \cdot \frac{d}{2} = \frac{4}{2x} C_0 \mathcal{E} = \frac{C_0 \mathcal{E}}{2}$$

$$\langle C \rangle = \frac{2S\epsilon_0}{Ld} = \frac{S\epsilon_0(2+x)}{Ld} \cdot d = \frac{S\epsilon_0}{d} (2+x)$$

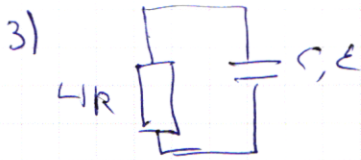
~ 5

1) $4R$ - не рассматриваем; на счет $U_c = 0$



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

2) $U_c = E$; C - зарядится и тогда выключит $4R$



$$3) W = \frac{CE^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

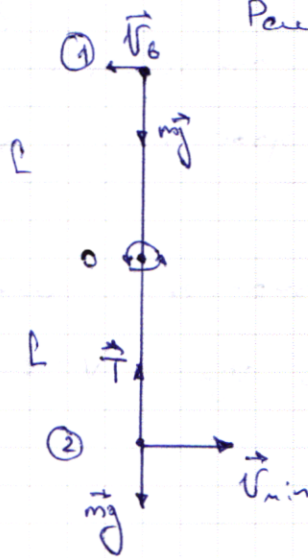
№ 1

Дано

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

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_{\min} = ?$$



Решение

Для того, чтобы шарик
сделал оборот и при
этом ему сообщили
наименьшую начальную
скорость необходимо,
чтобы в наивысшей
точке на шарик не

действовала сила натяжения нити т.е. он
находился в состоянии невесомости

Второй закон Ньютона в т. 1:

$$mg = m \frac{v_0^2}{L} \Rightarrow v_0^2 = gL$$

Запишем закон сохранения энергии из т. 2 →

→ ①

$$\frac{mv_{\min}^2}{2} = 2mgL + \frac{mv_0^2}{2}$$

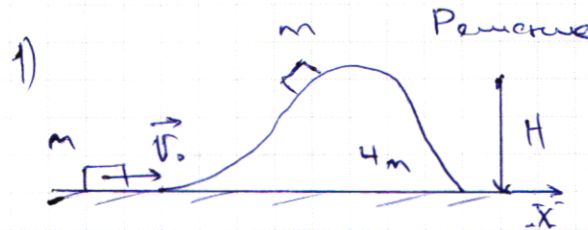
$$v_{\min}^2 = 4gL + v_0^2 = 5gL$$

$$v_{\min} = \sqrt{5gL} = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,18} = 3 \text{ м/с}$$

Ответ: 3 м/с

№2

Дано
 $m, 4m, U_0$
 1) $H_{\max} = ?$
 2) $v' = ?$



Шарик достиг максимальной высоты

в тот момент, когда его скорость относительно земли будет равна нулю.

Это значит, что относительно неподвижной наблюдателя его скорость будет равна скорости земли:

По закону сохранения импульса на ось X :

$mU_0 = mV + 4mV$, где V — скорость земли в данный момент.

$$V = \frac{U_0}{5};$$

По закону сохранения энергии:

$$\frac{mU_0^2}{2} = \frac{(m+4m)V^2}{2} + mgH_{\max}$$

$$\frac{U_0^2}{2} = \frac{5U_0^2}{2 \cdot 25} + gH_{\max} \Rightarrow H_{\max} = \frac{4U_0^2}{10g} = \frac{2U_0^2}{5g}$$

2) Перейдем в систему отсчета движущуюся с землей в момент когда монета находится на максимальной высоте. Его скорость равна нулю.

Настоящая его скорость относительно земли у ее подложки через закон сохранения энергии:

$$mgH_{\max} = \frac{mV_1^2}{2}, \text{ где } V_1 - \text{ скорость монеты относительно земли у ее подложки}$$

$$V_1 = \sqrt{2gH_{\max}} = \sqrt{2g \cdot \frac{2U_0^2}{5g}} = \frac{2U_0}{\sqrt{5}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Зная скорость звука и скорость маха относительно звука можно найти скорость точки относительно неподвижного наблюдателя.

$$\vec{v}_1 + \vec{v} = \vec{v}' ; v' = v_1 - v = \frac{2v_0\sqrt{5}}{5} - \frac{v_0}{5} = \frac{v_0(2\sqrt{5}-1)}{5} = 0,696 v_0$$

Ответ: $\frac{2v_0\sqrt{5}}{5}; 0,696 v_0$

№ 3

Дано

$$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$t_1 = 127 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_1 = 0,1 \text{ моль}$$

$$t_2 = 7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_2 = 0,4 \text{ моль}$$

1) $\langle t \rangle = ?$

2) $P = ?$

Решение

1) Воспользуемся законом сохранения энергии

$$\frac{3}{2} V_1 R T_1 + \frac{3}{2} V_2 R T_2 = \frac{3}{2} (V_1 + V_2) R \langle T \rangle$$

$$\frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2} = \langle T \rangle = \frac{(0,1(127+273) + 0,4(7+273))}{0,1+0,4} \text{ К}$$

$$\langle T \rangle = \left(\frac{0,1 \cdot 400 + 280 \cdot 0,4}{0,5} \right) \text{ К} = 2 \cdot (40 + 112) \text{ К} = 304 \text{ К}$$

$$\langle t \rangle = \langle T \rangle - 273 = 31 \text{ }^\circ\text{C}$$

2) Согласно закону Менделеева-Клапейрона:

$$P V = (V_1 + V_2) R \langle T \rangle$$

$$P = \frac{(V_1 + V_2) R \langle T \rangle}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304 \text{ Па}}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 152 \text{ кПа}$$

Ответ: $31 \text{ }^\circ\text{C}; 152 \text{ кПа}$

№ 5

Дано

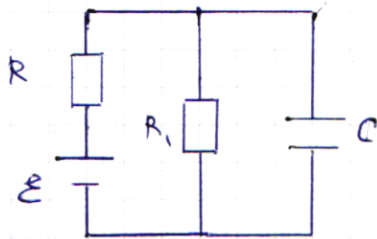
$C, \varepsilon, R, R_1 = 4R$

1) $I - ?$

2) $U_c - ?$

3) $Q - ?$

Решение



1) Сразу после замыкания ключа ток пойдет через ~~рез~~ конденсатор,

а не через резистор, в начальный момент напряжение на конденсаторе равно нулю. Следовательно:

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

2) Конденсатор начнет заряжаться и в тот момент когда напряжение на нем станет равно ε , ток начнет течь через резистор R_1 , а значит $U_c = \varepsilon$

3) После размыкания ключа ток не пускает ток, но в конденсаторе осталась запасенная энергия, которая постепенно начнет выделяться на резистор и так начнет выделять тепло:

$$Q = \frac{C\varepsilon^2}{2}$$

Ответ: $\frac{\varepsilon}{R}; \varepsilon; \frac{C\varepsilon^2}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

Дано
 $C_0, \epsilon, D = \frac{d}{3}$
 1) $C \rightarrow$
 2) $Q \rightarrow$

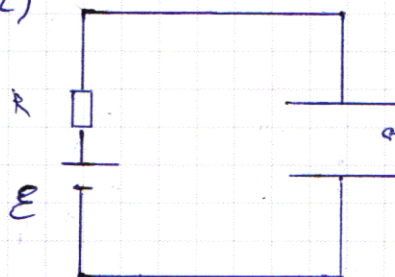
Решение

1) Если в конденсатор вставить неза-
 разанную пластину то будет равно-
 сития тому, что мы свинтили его
 обкладки. Следовательно

$$C = \frac{S \epsilon \epsilon_0}{d - D} = \frac{S \epsilon_0 \epsilon}{2d}, \quad C_0 = \frac{S \epsilon_0}{d} \Rightarrow$$

$$C = 1,5 C_0$$

2)



$$A_{\text{вст}} = 2 \epsilon$$

$$Q = C \epsilon - C_0 \epsilon = \frac{C_0 \epsilon}{2}$$

~~$$Q = \frac{C_0 \epsilon}{2}$$~~

$$Q_{\text{вст}} = 1,5 C_0 \epsilon - \frac{C_0 \epsilon}{2}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)