

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

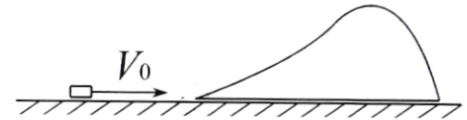
Шифр 7-009

(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.

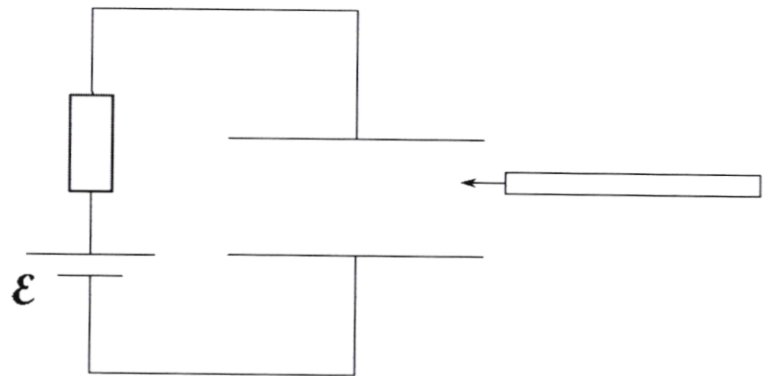


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

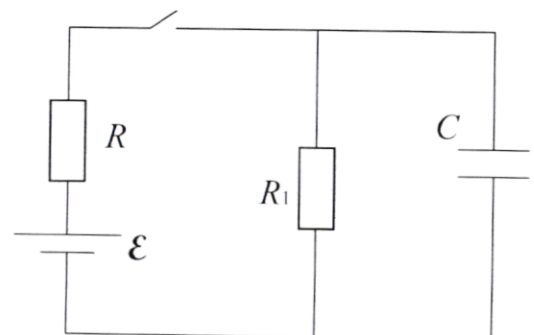
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС 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 .

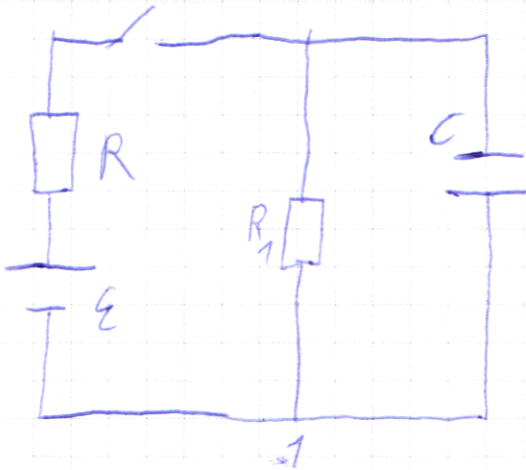


- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача N 5

$R_1 = 4R$; R - сопротивление
источника



I - ток через источник сразу
после замыкания ключа.

$$I = \frac{\varepsilon}{R} - \text{это почти очевидно}$$

без в какой-то момент источник
сперва нужно "представить" себе обобщен-
ное сопротивление.

Потери напряжения на ветви 1 равно $\frac{IR}{R_1} = \frac{\varepsilon}{4}$

из правил Кирхгофа.

Напряжение на конденсаторе когда ток прекратился будет
равно $\frac{\varepsilon}{4}$, а так перемещаем заряды когда конденсаторе
зарядится, на это потребуется энергия $\frac{C\varepsilon^2}{32}$

Эта же энергия выделится на резисторах при зарядке

Q - теплота выделенная в цепи после размыкания ключа

$$Q = \frac{C\varepsilon^2}{32}$$

$$1) I = \frac{\varepsilon}{R}$$

Ответ: 2) $\frac{\varepsilon}{4}$; 3) $Q = \frac{C\varepsilon^2}{32}$

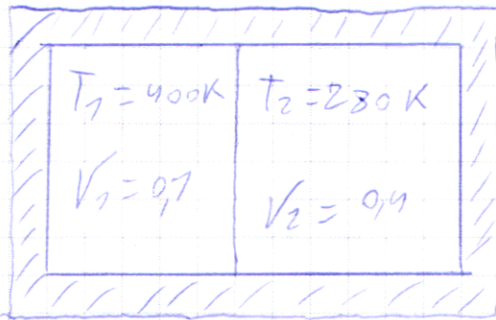


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3 | $V = 8,37 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; $t_1 = 727^\circ \text{C} = T_1 = 400 \text{ K}$



$$t_2 = 7^\circ \text{C} = T_2 = 280 \text{ K}$$

$$Q = \Delta U + A; \quad t = T - 273^\circ \text{C}$$

Q в изохорической системе равно

нулю: $Q = 0$ (температура не меняется)

A в изохорической системе равно 0

воз не совершает работы из-за отсутствия расширения металла.

$$Q = 0; A = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$$

$$\Delta U = \text{const} (*)$$

$$(*) \Delta U = \text{const}$$

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

$$T = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2}$$

$$T = \frac{0,7 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,5}$$

$$T = 304 \text{ K} = t = 31^\circ \text{C};$$

$$T_{\text{осн}} = T$$

$$V_{\text{осн}} = V_1 + V_2$$

$$P = \frac{8,37 \cdot 304 \cdot 0,5}{8,37 \cdot 10^{-3}}$$

$$P = 752 \text{ кПа} = 752 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Заметим упр-ние состояния газа

$$pV = \nu R T_{\text{осн}}$$

$$p \cdot 8,37 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 0,5 \text{ моль} \cdot 8,37 \cdot 304 \text{ K}$$

$$\Downarrow p = \frac{V_{\text{осн}} R T_{\text{осн}}}{V}$$

$$1) T = 304 \text{ K} = t = 31^\circ \text{C}$$

Ответ:

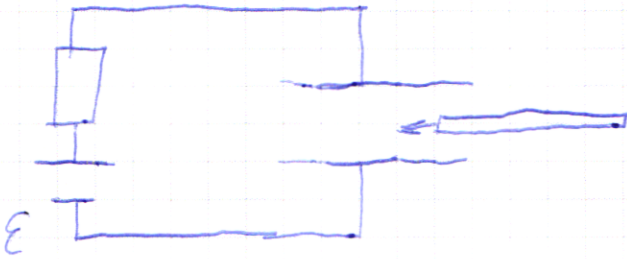
$$2) P = 752 \text{ кПа}$$

Задача №4

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

Емкость плоского воздушного конденсатора равна C_0

$$C_0 \sim \frac{S}{d}$$



При введении стержня, меняется емкость конденсатора при изменении емкости, в цепи возникает ток чтобы зарядить введенную пластину, то есть зарядится конденсатор с новой емкостью C_1

При введении пластинки, толщина, на которой можно разместить заряд увеличится в 2 раза, из-за соответствия размеров пластин конденсатора к воздушной пластинке

а расстояние между ними уменьшится на $\frac{d}{3}$; $d - \frac{d}{3} = \frac{2}{3}d \Rightarrow C_1 = \frac{2S}{\frac{2}{3}d} \Rightarrow$

$$\Rightarrow C_1 = 3C_0 \Rightarrow$$

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

$$\Rightarrow C_1 \sim \frac{S}{\frac{d}{3}}$$

$$C_1 = 3C_0$$

C_1 — емкость конденсатора с пластинкой

$$3C_0$$

$$\frac{C_0 \mathcal{E}^2}{2} + \frac{q \mathcal{E}}{2} = \frac{C_1 \mathcal{E}^2}{2} \Rightarrow \text{приведенный}$$

через резистор заряд равен $q = \frac{2C_0}{\mathcal{E}}$

1) $C_1 = 3C_0$

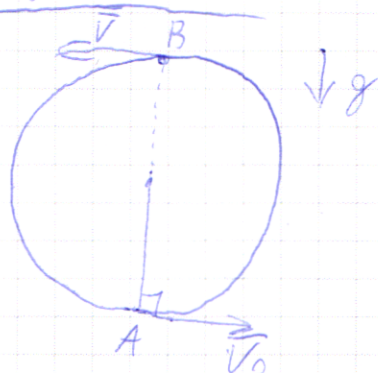
Ответ:

2) $q = \frac{2C_0}{\mathcal{E}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1

$$R = 0,78 \text{ м}$$



3 СЭ

$$\frac{mV_0^2}{2} = mg2R + \frac{mV^2}{2}$$

(где V — скорость в точке B.

в верхней точке окружности

центростремительное ускорение равно g) *

($ma = mg + T$

в точке B — $T = 0$) *

$$a_{\text{центр}} = g = \frac{V^2}{R} \Rightarrow V^2 = gR$$

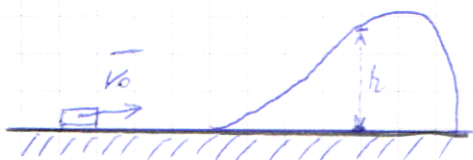
Значит 3 СЭ, подставляя $V^2 = gR$

$$\frac{mV_0^2}{2} = mg2R + \frac{mgR}{2} \Leftrightarrow V_0^2 = g4R + gR = V_0^2 = 5gR$$

$$V_0 = \sqrt{5gR} \quad ; \quad V_0 = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,78} = \sqrt{5 \cdot 7,8} = \sqrt{39} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $V_0 = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Задача IV 2



ЗСЦ

$$m \bar{v}_0 = 5 m \bar{v}_1 \Rightarrow v_1 = \frac{v_0}{5}$$

ЗСЭ

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{5 m v_1^2}{2} + m g h$$

Подставляем в ЗСЭ $v_1 = \frac{v_0}{5}$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{5 m v_1^2}{2} + m g h \Leftrightarrow \frac{m v_0^2}{2} = \frac{5 m (v_0^2 : 25)}{2} + m g h (*)$$

$$(*) \Leftrightarrow 2 v_0^2 = 5 v_1^2 + g h = g h = \frac{2 v_0^2 - 5 v_1^2}{g} = \frac{2 v_0^2 - \frac{5}{25} v_0^2}{g} = h$$

$$h = \frac{2 v_0^2 - \frac{v_0^2}{5}}{g} = \frac{9 v_0^2}{5 g}$$

Когда мячик заберется на высоту h , у него полностью потенциальная энергия $m g h$, которую мячик потратит

на разлет вниз с горки $\Rightarrow m g h = \frac{m v_3^2}{2} \Rightarrow v_3 = \sqrt{2 g h}$

Мячик достигнет скорости v_3 в низу горки

и эта скорость v_3 относительно системы отсчета связанной с горкой. В ЛСО будет другая скорость у мячика.

$$v_3 \text{ - относительно горки равно } v_3 = \sqrt{2 g \cdot \frac{9 v_0^2}{5 g}} = 3 v_0 \cdot \sqrt{\frac{2}{5}}$$

Ответ:

$$1) h = \frac{9 v_0^2}{5 g}$$

$$2) v_3 = v_0 \cdot 3 \sqrt{\frac{2}{5}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{C U^2}{2}$$

$$\frac{q \epsilon^2}{2 \epsilon}$$

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

$$\frac{q \epsilon}{2}$$

$$\frac{3q \epsilon}{2} - \frac{q \epsilon}{2} = \frac{2q \epsilon \cdot \epsilon}{2 \cdot \epsilon} \Rightarrow \text{заряд } q = \frac{2C}{\epsilon}$$

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

1) $I = \frac{\epsilon}{R}$

2) $\frac{\epsilon}{R}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1,2



$$\frac{V}{R} = a_{\text{центр}} \quad L = 0,18 \text{ м}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} = mg \cdot 2R \quad a_y = g$$

Траект. есм V_1 , то скорость в точке B
равна нулю, а для $V_{\text{центр}}$ полный оборот
она проходит за то же время, какой
сила направлена $\frac{V_0}{R} = g$, a_y

$$V_B = R \cdot a_{\text{центр}}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} - mg \cdot 2R = \frac{mV_1^2}{2}$$

$$a_{\text{центр}} + g = a_{\text{центр}}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = mg \cdot 2R + \frac{mV^2}{2}$$

$$m a_c = mg \cdot 1$$

$$\frac{18}{9.0} = 2$$

5.

$$\frac{mV^2}{R} = mg \quad V^2 = gR$$

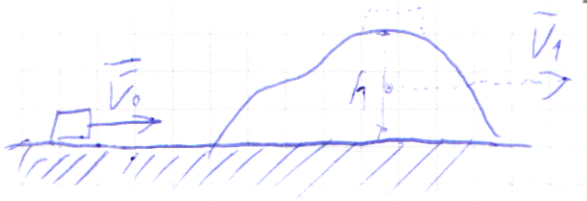
$$\frac{mV_0^2}{2} = mg \cdot 2R + \frac{m g R}{2}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = 2mgR$$

$$V_0^2 = 2gR + gR = 3gR$$

$$V_0 = \sqrt{3gR} = \sqrt{3 \cdot 9,78 \cdot 10} = \sqrt{29,34} = 5,42 \text{ м/с}$$

1	2
---	---



$$m v_0 = 5m v_1$$

$$v_1 = \frac{m v_0}{5m}$$

$$v_1 = \frac{v_0}{5}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{5m v_1^2}{2} + m g h$$

$$\frac{2x^2}{1} - \frac{x^2}{5} = \frac{10x^2 - x^2}{5} = \frac{9x^2}{5}$$

$$2v_0^2 = 5v_1^2 + g h \Rightarrow h = \frac{2v_0^2 - 5v_1^2}{g}$$

$$h = \frac{2v_0^2 - \frac{5v_0^2}{25}}{g}$$

$$= h = \frac{2v_0^2 - \frac{v_0^2}{5}}{g} = \frac{9v_0^2}{5g}$$

$$\sqrt{2gh}$$

$$m g h = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - m g h \rightarrow$$

относительно вершины, следовательно

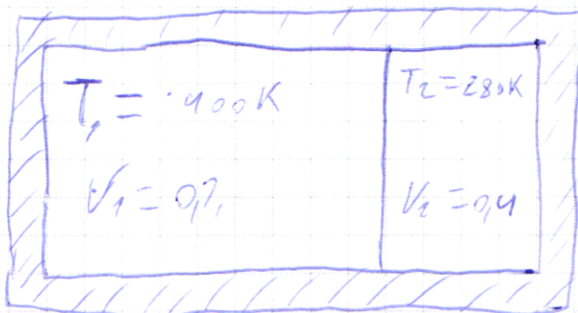
скорость $\sqrt{2gh}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3

$$t_1 = 227^\circ\text{C} \quad t_2 = 7^\circ\text{C}$$

$$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \cdot \text{м}^3 \quad \frac{28}{1,2}$$



$$Q = 0 \quad 28 \cdot 4 = 112$$

$$Q = \Delta U + A \quad 28 \cdot 2 = 56$$

$$56 \cdot 2 = 112$$

в изолированной системе

$$T_1 = 273 + 227 = 400 \text{ K}$$

$$Q = 0, \text{ (самод., не производим тепло)}$$

$A = 0$; работа макроскопическая
не совершается.

$$T_2 = 273 + 7 = 280 \text{ K}$$

$$\Delta U = 0$$

$$\frac{3}{2} V_1 R T_1 + \frac{3}{2} V_2 R T_2 = \frac{3}{2} V_1 R T + \frac{3}{2} V_2 R T$$

$$\frac{752}{3 \cdot 0,4}$$

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

$$T = \frac{0,7 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,5}$$

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

$$T = (40 + 112) \cdot 2 \quad T = 752 \cdot 2 = 304 \text{ K}$$

$$t = 304 - 273 = 304 - 270 = 37^\circ\text{C}$$

$$pV = = 0,5 \cdot 8,31 \cdot 304 \text{ K}$$

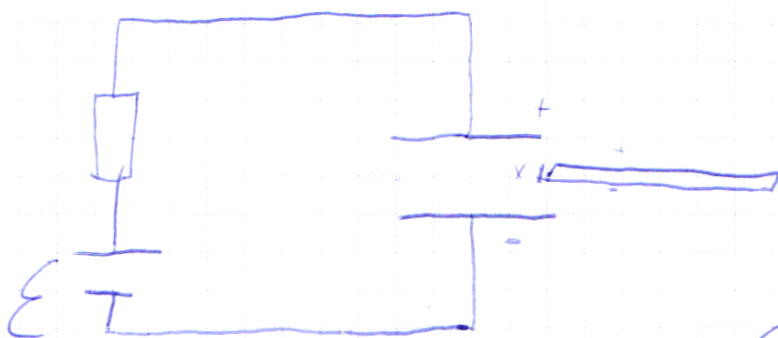
$$pV = \nu RT$$

$$p = 8,31$$

$$p \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} = \frac{8,31 \cdot 304}{2}$$

$$p \cdot 10^{-9} = 752$$

$$p = \frac{752}{10^{-9}} = 752 \cdot 10^9 = 752 \text{ кПа}$$



$$C = \frac{q}{\epsilon} \quad \text{~~конст~~}$$

$$C_0 \sim \frac{S}{d}$$

когда величина постоянна, намагниченный коммутационный механизм

на заряд увеличивается в 2 раза

$$\frac{d}{1} - \frac{d}{3} = \frac{2d}{3} \quad ; \quad C_0 = \frac{S}{d}$$

C_1^2

$$C_1 = \frac{25}{\frac{2}{3} d} \quad , \quad C_1 = \frac{25}{\frac{2d}{3}} \quad C_1 = 36$$

$$C_1 = \frac{q}{\epsilon} \quad ; \quad C_1 = \frac{3q}{\epsilon}$$

$$C_1 = \frac{25 \cdot 3}{2d} \quad C_1 = \frac{35}{d}$$