

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

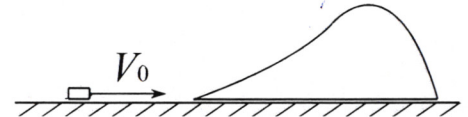
Шифр 12-004

(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.

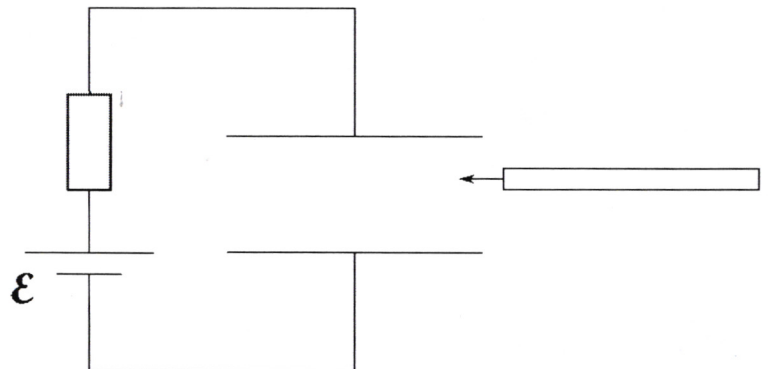


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

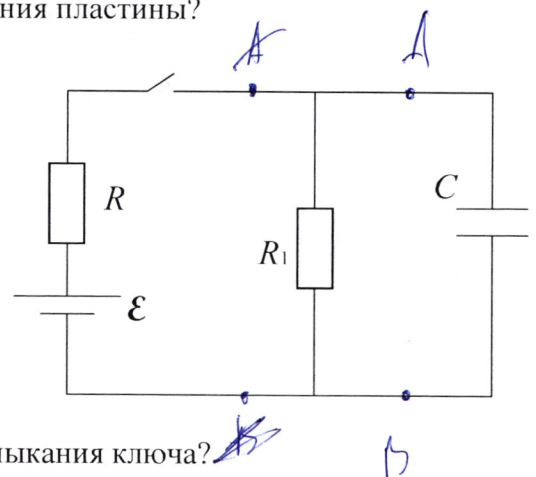
4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС ε (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины 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

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

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$v_0 = ?$

Решение:

По закону сохранения энергии

E в нижней точке = E в вершине

$E_{k1} = E_{m1} + E_{k2}$; E_{k2} - энергия подвижности, что до
начала пренебрегаем равновесием.

$$\frac{m v_0^2}{2} = mg \cdot 2L + \frac{m v^2}{2}; \text{ сократим на } m$$

$$\frac{v_0^2}{2} = g \cdot 2L + \frac{v^2}{2}$$

в вершине точки по 2-му закону Ньютона

$$mg + T = ma_y; \quad T = 0; \text{ т.к. вершина точки; } a_y = \frac{v^2}{L} \Rightarrow$$

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

$$\frac{v_0^2}{2} = 2gL + \frac{gL}{2}$$

$$v_0^2 = 5gL; \quad v_0 = \sqrt{5gL}; \quad v_0 = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,18} = 3$$

Ответ: 3 м/с

$$\begin{aligned} v_0 \\ m_1 = m \\ m_2 = 4m \end{aligned}$$

Решение:

м.к. горы не зафиксирована от пружин
в движение:

$$\begin{aligned} L - ? \\ S' - ? \end{aligned}$$

Для этого стандартные формулы
замен сохранив импульсы и энергии, т.к.

силы пружин отсутствуют.

$$\begin{cases} m_1 v_0 = m_2 v_2 + m_1 v_1' & ; \quad v_1 - \text{скорость горы после удара} \\ \frac{m_1 v_0^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_1 v_1'^2}{2} & \quad v_1' - \text{скорость камня после удара} \end{cases}$$

$$\begin{cases} m v_0 = 4m v_2 + m v_1' \\ \frac{m v_0^2}{2} = \frac{4m v_2^2}{2} + \frac{m v_1'^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 = 4v_2 + v_1' & v_2 = \frac{v_0 - v_1'}{4} \\ v_0^2 = 4v_2^2 + v_1'^2 \end{cases}$$

$$v_0^2 = 4 \left(\frac{v_0 - v_1'}{4} \right)^2 + v_1'^2$$

$$4v_0^2 = v_0^2 - 2v_0 v_1' + v_1'^2 + 4v_1'^2$$

$$3v_1'^2 - 2v_0 v_1' - 3v_0^2 = 0$$

$$v_1' = 1 \quad \text{или} \quad v_1' = 1,5 v_0 - \text{не подходит по физическому смыслу}$$

$$\Rightarrow v_1' = 1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) По закону сохранения энергии

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

$$h = \frac{v^2}{2g}; \quad h = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ м}$$

2) По закону сохранения энергии скорость шара
пока он падает = скорости пока он поднимается

$$v = 1 \text{ м/с}$$

Ответ: 1) 0,05 м 2) 1 м/с

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

$$T_1 = 127^\circ \text{C} = 400 \text{ К}$$

$$\nu_1 = 0,1 \text{ моль}$$

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

$$\nu_2 = 0,4 \text{ моль}$$

№ 3
Температура

1) П.к. смеси при смешивании; энергия
до = энергии после смешивания \Rightarrow

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

п.к. газа при смешивании \Rightarrow

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = (\nu_1 + \nu_2) T$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{40 + 112}{0,5} = 304 \text{ К}$$

$T = ?$ ($^\circ \text{C}$)

$P = ?$

$$T = 304 - 273 = 31^\circ\text{C}$$

2) Это процесс Менделеева-Клапейрона

$$pV = (v_1 + v_2) RT$$

$$p = \frac{(v_1 + v_2) RT}{V}; \quad p = \frac{25 \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Ответ: 1) 31°C 2) 152 кПа

№4

C_0 1) Тремя разделим конденсатор
 ε на 2 одинаковых и их емкость равна
 $d_n = \frac{d_k}{3}$ $C_1' = \frac{3\varepsilon\varepsilon_0 S}{d_k}$; т.к. расстояние между
 пластин и объем будет равно $\frac{d}{3}$

$C' - ?$ от соединения попереметно \Rightarrow
 $q - ?$ $\frac{1}{C''} = \frac{1}{C_1''} + \frac{1}{C_1'}$

$$C' = \frac{3}{2} \left(\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d_k} \right) \quad C_0 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d_n} \Rightarrow$$

$$C' = \frac{3}{2} C_0 = 1,5 C_0$$

2) Вычислим заряд через емкость конденсатор

$$q = C U$$

$$q_1 = C_0 \varepsilon$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$q_2 = 1,5 C_0 E$$

Заряд протекший через резистор после введения пластин равен разности зарядов кондензаторов

$$q_2 - q_1 = 1,5 C_0 E - C_0 E = 0,5 C_0 E$$

Ответ: 1) $1,5 C_0$ 2) $0,5 C_0 E$

№ 5

Решение:

1) $I = \frac{E}{R+4R} = \frac{E}{5R}$; то

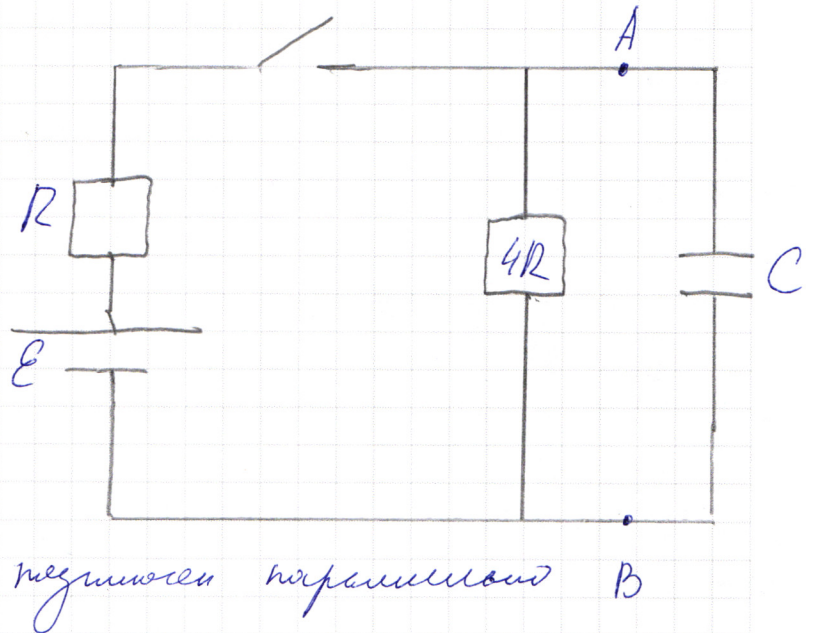
2) $U_c = ?$; конденсатор

3) $Q = ?$; конденсатор

$I - ?$; ток

$U_c - ?$; напряжение

$Q - ?$; заряд



$$q_A - q_B = E$$

$$q_A - q_B = U_c + I \cdot 4R \Rightarrow E = U_c$$

3) При размыкании цепи вся энергия запасенная конденсатором выделится в виде тепла на резисторе \Rightarrow

$$W = Q$$

$$W = \frac{c q^2}{2}$$

$$\frac{c e^2}{2} = Q$$

Варианты 1) $\frac{e}{5R}$ 2) e 3) $\frac{c e^2}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1

$$mg + F = ma$$

$$F = ma - mg$$

$$v^2 = 2gh$$

$$v^2 = 72$$

$$v = 1,2\sqrt{5} \text{ м/с} - \text{ответ}$$

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

$$v^2 = 2 \cdot 10 \cdot 0,36$$

$$v \approx 2,2$$

Handwritten calculations and diagrams showing a curved path and various numerical steps.

2

$$mv_0 = 4m v_2 + m v_0'$$

$$v_0 = 4v_2 + v_0'$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{4m v_2^2}{2} + \frac{m v_0'^2}{2}$$

$$v_0^2 = 4v_2^2 + v_0'^2$$

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

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

$$v_0'^2 = f$$

$$v_0' = \frac{3}{2} \frac{v_0^2}{v_0} = \frac{3}{2} v_0$$

$$\frac{mv_0'^2}{2} = mgh$$

$$h = \frac{0,5}{10} = 0,05 \text{ м}$$

$$1) \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} \nu_1 R T + \frac{3}{2} \nu_2 R T$$

$$\frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T$$

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = (\nu_1 + \nu_2) T$$

$$\nu_1 = 400 \text{ K}$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$$

$$\nu_2 = 280 \text{ K}$$

$$\frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} \nu_2 R T$$

$$T = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,5}$$

$$\frac{40 + 112}{0,5}$$

$$= \frac{152}{0,5}$$

$$\frac{304}{2,5} = 121,6$$

$$2) pV = (\nu_1 + \nu_2) R T$$

$$p = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T}{V}$$

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

$$= \frac{152}{10^{-3}} = 152 \text{ kPa}$$

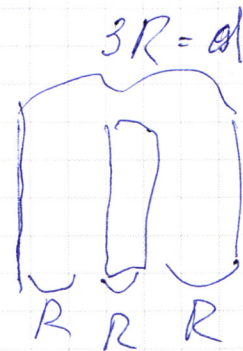
$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C = \frac{3 \epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$q = C U$$

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



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_0} = \frac{2}{3 C_0}$$

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

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_0}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_0} = \frac{2}{3 C_0}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5

1) ~~\mathcal{E}~~ $\mathcal{E} = I(r + R)$

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

$\varphi_A + \varphi_B = \mathcal{E}$

2)

~~\mathcal{E}~~

$\varphi_A + \varphi_B = U_{\text{св}}$

$U_c = \mathcal{E}$

~~$\mathcal{E} + U_c + \dots = \varphi_A - \varphi_B \Rightarrow$~~

$\Rightarrow U_c = \mathcal{E}$

3) $\frac{C\varphi^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 18 \\ 15 \\ \hline 90 \end{array}$$

$\frac{m\sigma_0^2}{2} = 2mgl + \frac{m\sigma^2}{2}$

$\frac{\sigma_0^2}{2} = 2gl + \frac{\sigma^2}{2}$

$T + mg = \frac{m\sigma^2}{L} \quad m \cdot a \cdot t = 0$

$\sigma_0^2 = 4gl + gl$

$\sigma^2 = gl$

$\sigma_0^2 = \sqrt{5gl}$

$\sigma_0 = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,18} = 9$

$\sigma = 3$

4.2

$$q_2 = \frac{3}{2} C_0 \epsilon E$$

$$q_1 = C_0 \epsilon E$$

$$\Delta q = 0,5 C_0 \epsilon E$$