

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

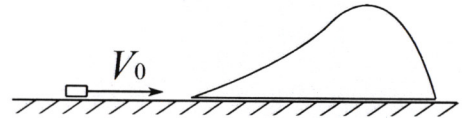
Шифр 1-072

(заполняется секретарём)

## Вариант 11-03

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

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.

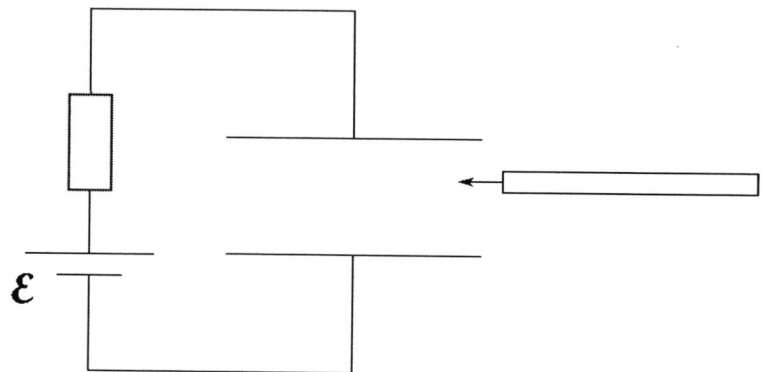


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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  $27^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_1 = 0,2$  моль. Во второй части находится гелий при температуре  $7^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_2 = 0,3$  моль. Перегородка прорывается.

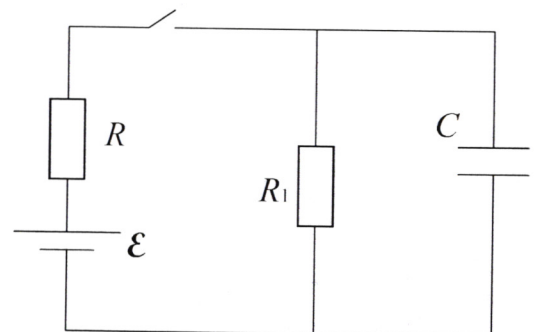
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью  $C_0$  подсоединен через резистор к источнику с ЭДС  $\varepsilon$  (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.
- 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  $R$ ,  $R_1=3R$ . Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать  $C$ ,  $\varepsilon$ ,  $R$ .



- 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**

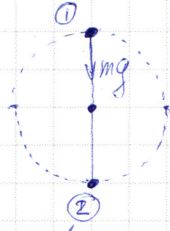
1. Дано:

$$R = 50 \text{ см} = 50 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$v = ?$

Решение:



В м. ①:  $ma_y = mg \Rightarrow a_y = g$   
 $a_y = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v^2 = Ra_y \Rightarrow v = \sqrt{gR} =$   
 $= \sqrt{0,5 \cdot 10} = \sqrt{5} \text{ м/с}$

Ответ:  $\sqrt{5} \text{ м/с}$ .

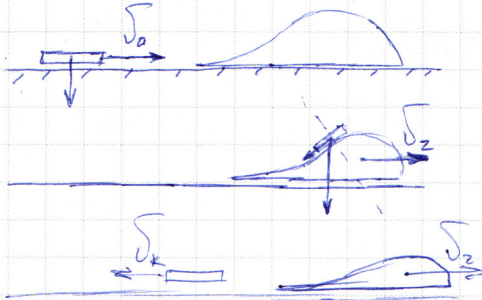
2. Дано:

$$m, 3m, v_0$$

$h = ?$

$v_k = ?$

Решение:



$$W_{км} = W_{пм} + W_{к2}$$

Найдём  $v_2$ :

$$m v_0 = 3m v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{v_0}{3}$$

$$W_{км} = \frac{m v_0^2}{2}; \quad W_{к2} = \frac{3m \frac{v_0^2}{9}}{2}$$

$$W_{пм} = mgh$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{3m \frac{v_0^2}{9}}{2} + mgh \quad | \cdot 2 : m$$

$$v_0^2 = \frac{v_0^2}{3} + 2gh \quad | \cdot 3$$

$$3v_0^2 = v_0^2 + 6gh \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{3g}$$

$$v_k = \sqrt{gh} = \sqrt{\frac{v_0^2}{3}} = \frac{v_0}{\sqrt{3}}$$

Ответ:  $h = \frac{v_0^2}{3g}; \quad v_k = \frac{v_0}{\sqrt{3}}$

3. Дано:

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

$$= V_1 + V_2$$

$$t_1 = 27^\circ \text{C} =$$

$$300^\circ \text{K}$$

$$v_1 = 0,2 \text{ моль}$$

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

$$= 280^\circ \text{K}$$

$$v_2 = 0,3 \text{ моль}$$

$$t_3 = ?$$

$$P_3 = ?$$

Решение:

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow c_v m_1 (t_3 - t_1) = c_v m_2 (t_3 - t_2) \quad (\text{м.к.})$$

$$Q_{нагр} = Q_{охла} \Rightarrow v_1 (t_3 - t_1) = v_2 (t_3 - t_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_1 t_3 - v_1 t_1 = v_2 t_3 - v_2 t_2$$

$$v_1 t_3 - v_2 t_3 = v_1 t_1 - v_2 t_2$$

$$t_3 = \frac{v_1 t_1 - v_2 t_2}{v_1 - v_2} = \frac{0,2 \cdot 300 - 0,3 \cdot 280}{-0,1} = \frac{60 - 84}{-0,1} =$$



$$= 240 \text{ K} = -33^\circ \text{C}$$

$$P_3 V = (I_1 + I_2) R t_3$$

$$P_3 = \frac{(I_1 + I_2) R t_3}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 240}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{120}{10^{-3}} = 120000 \text{ J/s}$$

Ответ:  $-33^\circ \text{C}$ ;  $1,2 \cdot 10^5 \text{ J/s}$ .

4. Дано:

$$C_0; \epsilon; \Delta d = 4L$$

$$C_2 - ?$$

$$q - ?$$

Решение:

При вынесении проводящей пластины расстояние между обкладками фактически уменьшается на толщину этой пластины.

$$\text{Поэтому } C_2 = \frac{\epsilon S}{\frac{3}{4} \Delta d} = \frac{4\epsilon S}{3\Delta d} = \frac{4}{3} C_0$$

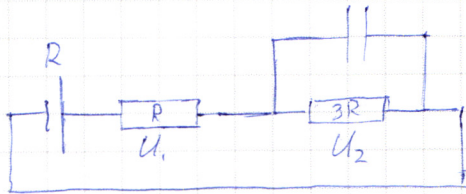
При увеличении емкости конденсатор накапливает зарядку, количество заряда, прошедшего через <sup>резистор</sup> цепочки можно считать равным количеству заряда, прошедшему через резистор  $\Delta q$  при  $C = C_2 - C_0 = \frac{1}{3} C_0$

Из формулы  $C = \frac{q}{U}$  получим, что  $q = CU = \frac{1}{3} C_0 U$ , т.к.  $U = E$  (по условию).

$$\text{значит } q = \frac{1}{3} C_0 E$$

$$\text{Ответ: } C_2 = \frac{4}{3} C_0; q = \frac{1}{3} C_0 E$$

5.



Из формулы  $U + E = I(R + 3R)$  следует, что  $E = \frac{U + E}{4R}$

$$U = U_1 + U_2$$

$$U_1 = IR; U_2 = \frac{q}{C} =$$

$$= \frac{I \Delta t}{C} = \frac{I \Delta t}{4RC} \Rightarrow U_2 = \frac{I \Delta t}{C}$$

(т.к. внутреннее сопротивление  $R$  (по условию),  $E = I(R + R) = 2IR \Rightarrow I = \frac{E}{2R}$ )

$$U_2 = \frac{E \Delta t}{2RC}$$

$$IR + \frac{I \Delta t}{C} + E = 4IR$$

$$I \left( R + \frac{\Delta t}{C} - 4R \right) = -E$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$I = \frac{\varepsilon}{3R - \frac{\Delta t}{C}}$$

Ответ:  $I = \frac{\varepsilon}{3R - \frac{\Delta t}{C}}$

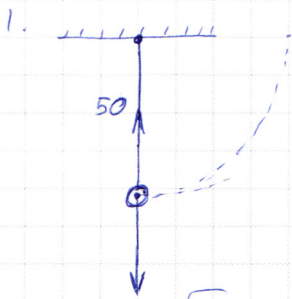




черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**



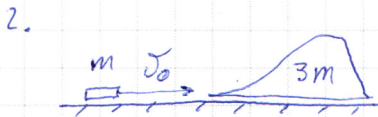
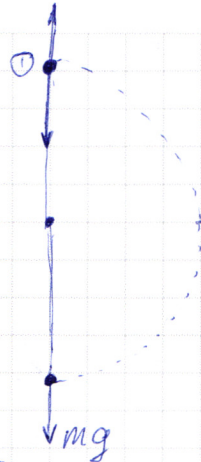
$$a_{y \text{ и } g} = \frac{v^2}{R}$$

$$a_y = g = \frac{v^2}{R}$$

в м. ①  $ma_y = mg \Rightarrow$

$$\frac{v^2}{R} = g$$

$$\Rightarrow v^2 = gR \Rightarrow v = \sqrt{gR} = \sqrt{10 \cdot 50 \cdot 10^{-2}} = \sqrt{5}$$



$W_{\text{к шайбы}}$  в момент старта

$$W_{\text{к шайбы}} = W_n + W_{\text{к гор.}}$$

$$m v_0^2 = 3m v_2^2 \Rightarrow v_2 = \frac{v_0}{3}$$

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

$$W_{\text{к ш}} = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$W_{\text{к 2}} = \frac{3m v_2^2}{2}$$

$$W_n = mgh \Rightarrow \frac{m v_0^2}{2} = \frac{3m v_0^2}{2} + mgh$$

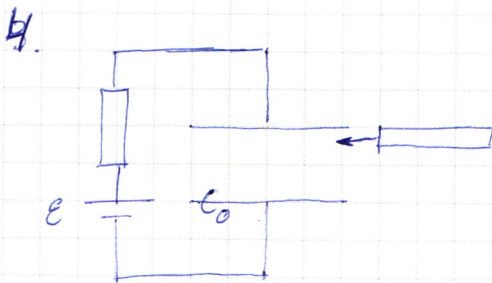
$$v_k = \sqrt{gh} = \sqrt{\frac{v_0^2}{3}} = \frac{v_0}{\sqrt{3}}$$

$$1) m v_0^2 = 3m \frac{v_0^2}{g} + 2mgh \quad | : m$$

$$v_0^2 = 3 \frac{v_0^2}{g} + 2gh \quad | \cdot 3$$

$$3v_0^2 = v_0^2 + 6gh$$

$$6gh = 2v_0^2 \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{3g}$$



$$C_0 = \frac{\epsilon S}{4d}$$

при введении проводящей пластины расстояние между обкладками уменьшается в 3 раза, толщина этой пластины

$$1) C_2 = \frac{\epsilon S}{\frac{3}{4}d} = \frac{4\epsilon S}{3d} = \frac{4}{3} C_0$$

2) при увеличении ёмкости конденсатор начинает заряжаться. кол-во заряда равно кол-ву заряда, прох. через резистор при подключении конденсатора ёмкостью  $\frac{1}{3} C_0$



из формулы  $c = \frac{q}{U}$  получим, что

$$q = cU = \frac{1}{3} C_0 U \text{ т.к. } U = E \text{ (по условию), значит}$$

$$q = \frac{1}{3} C_0 E$$

3. Дано:

$$V = 8.31 \cdot 10^{-3}$$

$$= V_1 + V_2$$

$$t_1 = 27^\circ \text{C} =$$

$$= 300^\circ \text{K}$$

$$\nu_1 = 0.7 \text{ моль}$$

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

$$= 280^\circ \text{K}$$

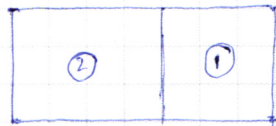
$$\nu_2 = 0.3 \text{ моль}$$

$$t_3 = ?$$

$$P_3 = ?$$

3.

Решение:



$$\Delta P, \Delta V_1 =$$

$$P_1 V_1 = \nu_1 R t_1$$

$$P_2 V_2 = \nu_2 R t_2$$

$$P_3 V = (\nu_1 + \nu_2) R t_3$$

~~$t_3$  т.к.~~

$$\Delta P, \Delta V_1 = \nu_1 R (t_1 - t_3)$$

$$\Delta P, \Delta V_2 = \nu_2 R (t_2 - t_3)$$

~~$$P_3 V = \nu_1 R t_3$$~~

~~$$P_3 V = \nu_2 R t_3$$~~

~~$$(P_3 - P_1)(V - V_1) = \nu_1 R (t_1 - t_3)$$~~

~~$$(P_3 - P_2)(V - V_2) = \nu_2 R (t_2 - t_3)$$~~

$$t_3 = \frac{P_3 V}{(\nu_1 + \nu_2) R}$$

~~$$P_3 V - P_3 V_1 = P_1 V + P_1 V_1 = \nu_1 R t_1 - \nu_1 R t_3$$~~

~~$$P_3 V - P_3 V_1 - P_1 V + P_1 V_1 = P_1 V - P_3 V_1$$~~

~~$$\Delta P_1 = \frac{\nu_1 R (t_3 - t_1)}{\Delta V_1}$$~~

~~$$\Delta P_2 = \frac{\nu_2 R (t_3 - t_2)}{\Delta V_2}$$~~

~~$$P_3 - P_1 = \frac{\nu_1 R (t_3 - t_1)}{\Delta V_1}$$~~

~~$$P_3 - P_2 = \frac{\nu_2 R (t_3 - t_2)}{\Delta V_2}$$~~

~~$$2P_3 - P_3 = \frac{\nu_1 R (t_3 - t_1)}{\Delta V_1} + \frac{\nu_2 R (t_3 - t_2)}{\Delta V_2}$$~~

~~$$P_3 = \frac{\nu_1 R (t_3 - t_1)}{\Delta V_1} + \frac{\nu_2 R (t_3 - t_2)}{\Delta V_2}$$~~

~~$$P_3 \Delta V_1 \Delta V_2 = \Delta V_2 \nu_1 R (t_3 - t_1) + \Delta V_1 \nu_2 R (t_3 - t_2)$$~~

~~$$P_3 (V - V_1)(V - V_2) = (V - V_2)(t_3 - t_1)$$~~



$Q_1 = Q_2$ ,  $m_1 Q$  переданное =  $Q$  полученное

$$c_v m_1 (t_3 - t_1) = +c_v m_2 (t_3 - t_2)$$

$$v_1 M (t_3 - t_1) = v_2 M (t_3 - t_2)$$

$$v_1 (t_3 - t_1) = v_2 (t_3 - t_2)$$

$$v_1 t_3 - v_1 t_1 = v_2 t_3 - v_2 t_2$$

$$v_1 t_3 - v_2 t_3 = v_1 t_1 - v_2 t_2$$

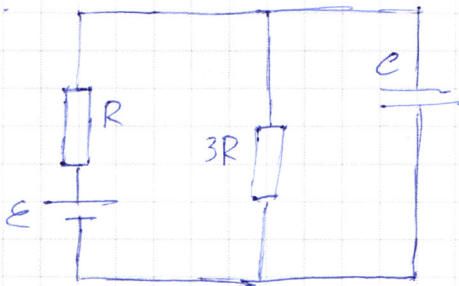
$$t_3 = \frac{v_1 t_1 - v_2 t_2}{v_1 - v_2} = \frac{0,2 \cdot 300 - 0,3 \cdot 280}{0,1} = \frac{60 - 84}{0,1} =$$

$$= 240^\circ K = -33^\circ C$$

2)  $P_3 V = (v_1 + v_2) R t_3$

$$P_3 = \frac{(v_1 + v_2) R t_3}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 240}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{120}{10^{-3}} = 120000 \text{ Па}$$

5.



$$U + E = I(R + 3R)$$



$$U_{\text{обц}} = U_1 + U_2$$

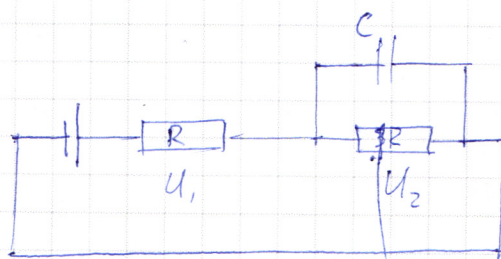
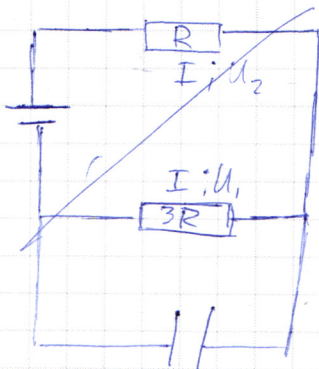
$$R = \frac{U}{I} \Rightarrow U = IR$$

$$C = \frac{q}{U} = \frac{I \Delta t}{U} = \frac{I \Delta t}{I \cdot 3R} = \frac{\Delta t}{3R}$$

$$U_{\text{обц}} =$$

$$I = \frac{q}{\Delta t}$$

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



$$C = \frac{q}{U} = \frac{I \Delta t}{U} = \frac{I \Delta t}{I \cdot 3R} = \frac{\Delta t}{3R}$$

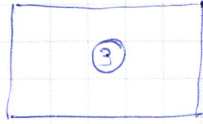
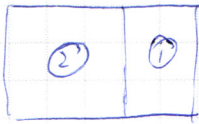
$$4IR = U_{\text{обц}} + E = U_1 + U_2 = IR +$$

$$C = \frac{U^2 t}{R} = \frac{I^2 R^2 t}{R} = I^2 R t \quad E = I(R + R) = 2IR$$

I(



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P_3 V = (V_1 + V_2) R t_3$$

$$V = \frac{(V_1 + V_2) R t_3}{P_3} = V_1 + V_2$$

$$V_1 = \frac{V_1 R t_1}{P_1}$$

$$V_2 = \frac{V_2 R t_2}{P_2}$$

$$c_v = \frac{i}{2} \frac{R}{M} = \frac{5}{2} \frac{R}{M}$$

$$\frac{(V_1 + V_2) R t_3}{P_3} = \frac{V_1 R t_1}{P_1} + \frac{V_2 R t_2}{P_2}$$

~~$$Q = c_m m \Delta t$$~~

$$Q_1 = c_v m_1 (t_3 - t_1) \quad Q_2 = c_v m_2 (t_3 - t_2)$$

$$Q_1 = -Q_2 \Rightarrow c_v m_1 (t_3 - t_1) = -c_v m_2 (t_3 - t_2)$$

$$m_1 = V_1 \cdot M \Rightarrow \frac{5}{2} \frac{R}{M} \cdot V_1 M (t_3 - t_1) = -\frac{5}{2} \frac{R}{M} \cdot V_2 M (t_3 - t_2)$$

$$V_1 (t_3 - t_1) = -V_2 (t_3 - t_2)$$

$$V_1 t_3 - V_1 t_1 = -V_2 t_3 + V_2 t_2 \Rightarrow t_3 (V_1 + V_2) = V_1 t_1 - V_2 t_2$$

$$t_3 = \frac{V_1 t_1 - V_2 t_2}{V_1 + V_2} = \frac{0,2 \cdot 300 - 0,3 \cdot 280}{0,5} =$$

$$= \frac{60 - 84}{0,5} = 240 \text{ K.} \quad \text{не может быть.}$$

$$V_1 t_3 - V_1 t_1 = V_2 t_2 - V_2 t_3 \Rightarrow V_1 t_3 + V_2 t_3 = V_2 t_2 + V_1 t_1$$

$$t_3 = \frac{V_2 t_2 + V_1 t_1}{V_1 + V_2} = \frac{0,3 \cdot 280 + 0,2 \cdot 300}{0,5} =$$

$$= \frac{84 + 60}{0,5} = 144$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\cancel{U + \varepsilon = I(R)} \quad U_{\text{об}} + \varepsilon = 4IR$$
$$U_{\text{об}} = U_1 + U_2 = IR + \frac{I \Delta t}{C}$$
$$C = \frac{q}{U_2} = \frac{I \Delta t}{U_2} = \frac{I \Delta t}{U_2}$$

$$I \left( R + \frac{\Delta t}{C} \right) + \varepsilon = 4IR$$

$$I \left( \frac{\Delta t}{C} - 3R \right) + \varepsilon = 0$$

$$I = \frac{-\varepsilon}{\frac{\Delta t}{C} - 3R} = \frac{\varepsilon}{3R - \frac{\Delta t}{C}}$$





черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)