

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

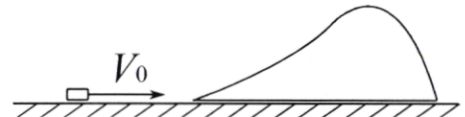
Шифр 15-013

(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.

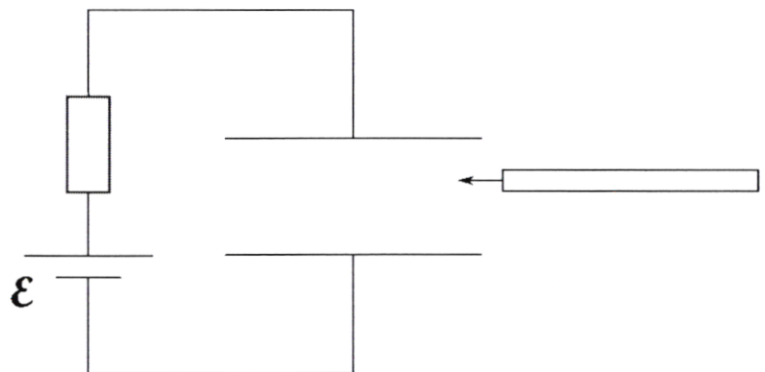


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

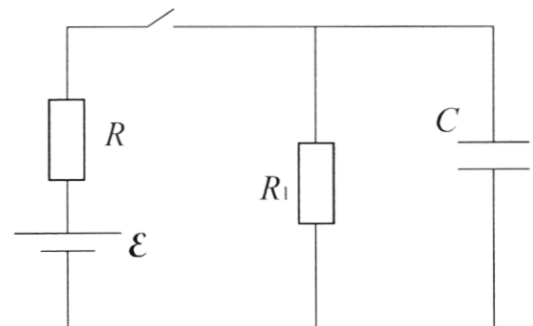
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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  $C$ ,  $\varepsilon$ ,  $R$ .

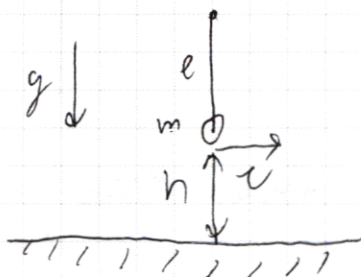


- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?



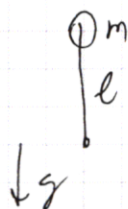
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Исходное положение: <sup>м1</sup>



Дано;  
 $l = 0,5 \text{ м}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $v = ?$

Исходное положение (по достижении его может начаться падать в исходное положение за счёт силы тяжести);



Система замкнута  $\Rightarrow$  выполняемая ЗСЭ:

$$E = \frac{mv^2}{2} + mg h \quad - \text{нач. пол.}$$

высота над землей

$$E = mg(h + 2l) \quad - \text{край. пол.}$$

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

ответ:

$$v^2 = 4lg \Rightarrow v = 2\sqrt{lg} = 2\sqrt{5} \text{ м/с}$$

N3

$V_1, T_1$	$V_2, T_2$
He	He



$V$
He, $(V_1+V_2)$

Дано:

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

He

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 280 \text{ К}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$V_2 = 0,3 \text{ моль}$$

$$P_k = ?$$

$$T_k = ?$$

П.к. система замкнута, выполняется  
ЗСЗ:

$$U_1 = \frac{3}{2} V_1 R T_1 \quad U_2 = \frac{3}{2} V_2 R T_2$$

↑  
остаточный газ

$$U_1 + U_2 = U_k$$

$$U_k = \frac{3}{2} (V_1 + V_2) R T_k$$

⇓

$$\frac{U_1 + U_2}{U_k} = 1 \Rightarrow \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{(V_1 + V_2) T_k} = 1$$

$$\frac{0,2 \cdot T_1 + 0,3 T_2}{(0,2 + 0,3)} = T_k = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{(V_1 + V_2)}$$

$$T_k = \frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,5} = \frac{600 + 840}{5} = \frac{1440}{5} = 288 \text{ (К)} = 15^\circ \text{C}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Закон Вайперона для конечного состава:

$$P_k V = (v_1 + v_2) R \cdot T_k$$

$$P_k = \frac{(v_1 + v_2) R \cdot T_k}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 794000 \text{ Па} =$$

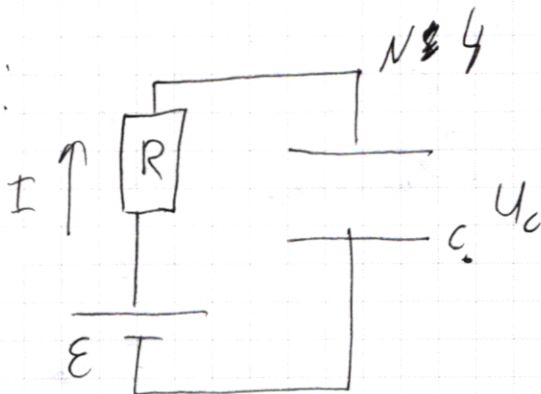
$$= 794 \text{ кПа}$$

Объем:

$$T_k = \frac{v_1 T_1 + v_2 T_2}{(v_1 + v_2)} = 15^\circ \text{C}$$

$$P_k = \frac{(v_1 + v_2) R T_k}{V} = 794 \text{ кПа}$$

в начале:



$$I = 0$$

$$\varepsilon = I \cdot R + U_c \Rightarrow \varepsilon = U_c \Rightarrow Q_{c_0} = C_0 \cdot \varepsilon$$

напр.  
конс.

заряд конденсатора в начале, ум. системы

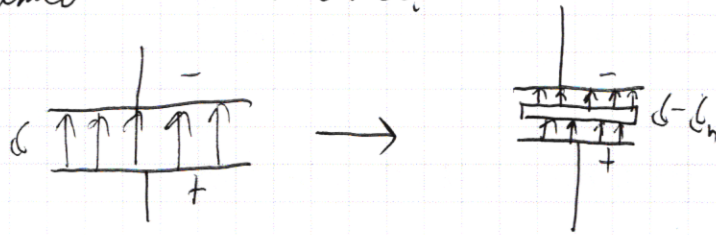
Дано:

$$\varepsilon, C_0$$

$$C_n = \frac{1}{4} C_0$$

$$\Delta Q - ? \quad C_k - ?$$

Износится пластина:

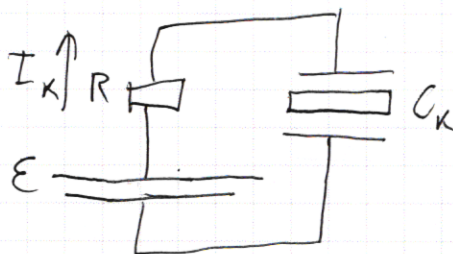


После выноса проводника - 0.  $\Rightarrow$  пространство, занятые полем между обкладками уменьшилось на  $d_n$ .

$$C \sim \frac{1}{d} \Rightarrow C_k = C_0 \cdot \frac{d}{d - d_n} = \frac{4}{3} C_0$$

новая ёмкость после выноса

После выноса:



система в равновесии, ток через резистор (и конденс.)  $I_k = 0$ .

$$E = I_k R + U_{C_k}$$

3-й закон Кирхгофа  $\Rightarrow$

$$E = U_{C_k}$$

$$Q_{C_k} = E \cdot C_k = \frac{4}{3} E C_0 =$$

заряд, прошедший через R  $= \frac{4}{3} Q_{C_0}$

$$\Delta Q = \frac{1}{3} E C_0$$

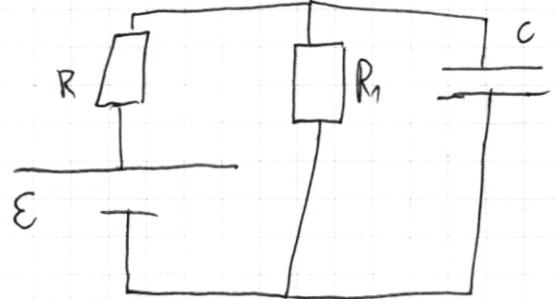
ответ:

$$C_k = \frac{4}{3} C_0$$

$$\Delta Q = \frac{1}{3} E C_0$$

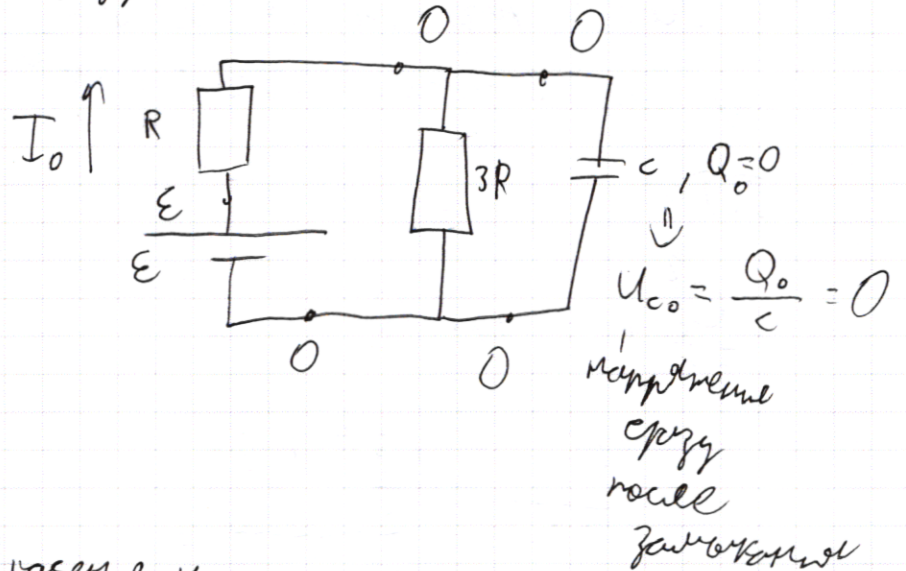
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 5



Дано:  
 $R_1 = 3R$   
 $\epsilon$   
 $R$   
 $C$   
 $I_0 = ?$   
 $U_C = ?$   
 $Q = ?$

1) Ток сразу после замыкания:

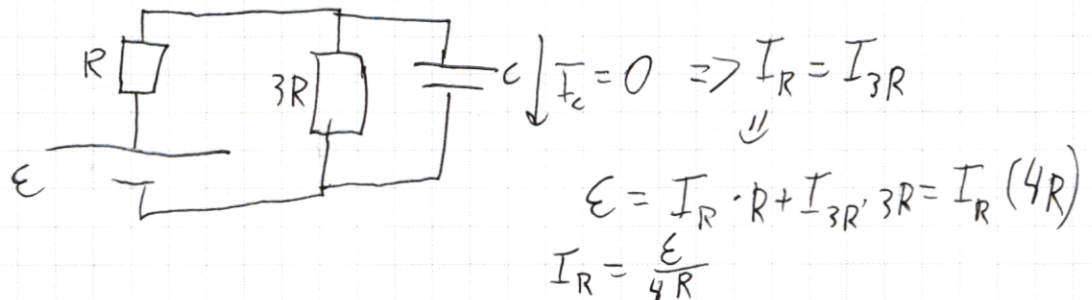


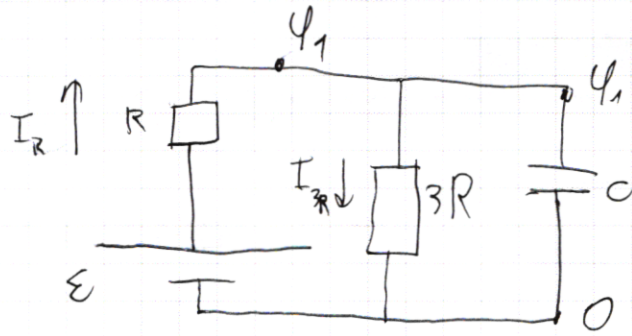
$$I_0 R = \epsilon - 0$$

т.к. напряжение на конд. - 0.

$$I_0 = \frac{\epsilon}{R}$$

2) напряжение на конд. при установившемся режиме:





$$\varphi_1 = \varepsilon - I_R \cdot R = \varepsilon - \frac{\varepsilon}{4R} \cdot R = \frac{3}{4} \varepsilon$$

$$U_C = \varphi_1 - 0 = \frac{3}{4} \varepsilon$$

$$Q_C = U_C \cdot C = \frac{3}{4} \varepsilon \cdot C$$

заряд в равновесии

3) После размыкания ключа:  
Энергия конденсатора перейдет в тепло.

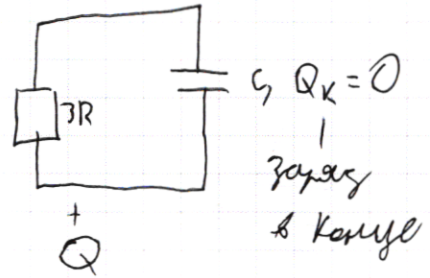
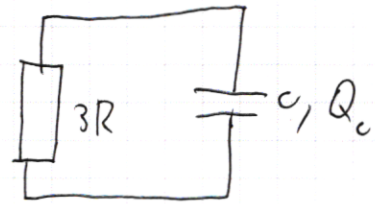
ЛВЭ:

$$\frac{Q_C^2}{2C} + 0 = 0 + Q$$

$$Q = \frac{Q_C^2}{2C} = \frac{\left(\frac{3}{4}\right)^2 \varepsilon^2 \cdot C^2}{2C} =$$

$$= \frac{\frac{9}{16} \varepsilon^2 C}{2} = \frac{9}{32} \varepsilon^2 \cdot C$$

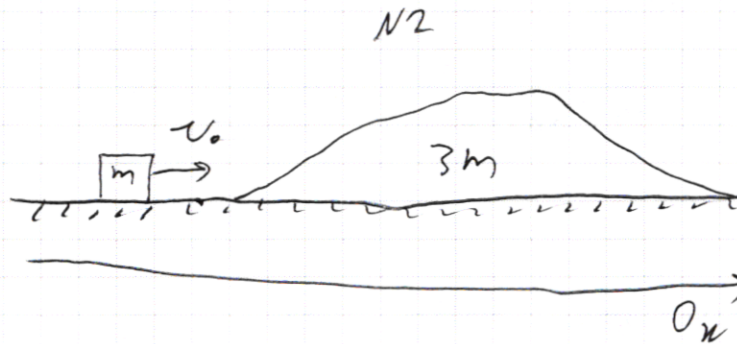
$$Q = \frac{9}{32} \varepsilon^2 \cdot C$$



Ответ: 1)  $I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$  ; 2)  $U_C = \frac{3}{4} \varepsilon$  ; 3)  $Q = \frac{9}{32} \varepsilon^2 C$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано:

$m, 3m$

$v_0$

$h_{\max} - ?$

$v_{km} - ?$

По  $O_x$  сумма сил в системе равна нулю, импульс  
сил по  $O_x$  не мен  $\Rightarrow$  выполняется ЗСД:  
по  $O_x$ :

$$m v_0 = m v_m + 3m v_{3m}$$

система замкнута, трения нет  $\Rightarrow$  выполняется ЗСЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_m^2}{2} + \frac{3m v_{3m}^2}{2} + m g h$$

$h_{\max} \Rightarrow v_m = v_{3m}$  (максимальная высота относительно  
горки)

$$m v_0 = m v_m + 3m v_m$$

$$\Downarrow$$

$$v_m = \frac{v_0}{4}$$

$$\Uparrow$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m \left(\frac{v_0}{4}\right)^2}{2} + \frac{3m \left(\frac{v_0}{4}\right)^2}{2} + m g h_{\max}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_0^2}{32} + \frac{3m v_0^2}{32} + m g h_{\max}$$

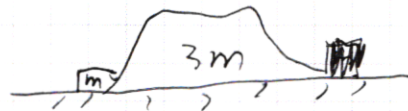
$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_0^2}{8} + m g h_{\max}$$

$$\frac{3m v_0^2}{8} = m g h_{\max}$$

$$\frac{3 v_0^2}{8} = g h_{\max}$$

$$h_{\max} = \frac{3 v_0^2}{8 \cdot g}$$

2) Сбегает  $\Rightarrow h = 0$ .



$$m v_0 = m v_m + 3m v_{3m}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_m^2}{2} + \frac{3m v_{3m}^2}{2} + m g h$$

$$m v_0^2 = m v_m^2 + 3m v_{3m}^2$$

$$\begin{cases} v_0^2 = v_m^2 + 3v_{3m}^2 \\ v_0 = v_m + 3v_{3m} \end{cases} \Rightarrow v_0^2 = v_m^2 + 6v_m v_{3m} + 9v_{3m}^2$$

$$v_m^2 + 6v_m v_{3m} + 9v_{3m}^2 = v_m^2 + 3v_{3m}^2$$

$$6v_m v_{3m} + 6v_{3m}^2 = 0$$

$$v_m = -v_{3m}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_m = -v_{3m}$$

$$m v_0 = m v_m + 3m v_{3m}$$

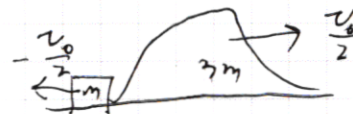
$$m v_0 = m v_m - 3m v_m \quad | \quad m v_0 = -2m v_m + 3m v_m$$

$$m v_0 = -2m v_m$$

$$v_m = -\frac{v_0}{2}$$

$$v_{3m} = \frac{v_0}{2}$$

$$v_m = -\frac{v_0}{2}$$



в обратном направлении.

$$\text{Ответ: } v_{\text{max}} = \frac{3v_0^2}{8g}$$

$$v_m = -\frac{v_0}{2}$$

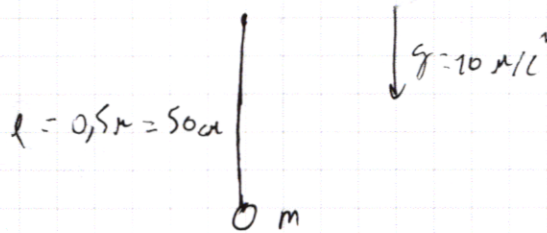


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

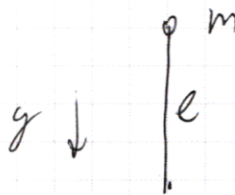
Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



Найдите положение, в котором колеблющийся маятник, совершающий колебания в вертикальной плоскости!



Система замкнута  $\Rightarrow$  сохраняется ЗСЭ,

$$E = \frac{mv^2}{2} + mgh - \text{высота над землей}$$

- кон. пот.

$$E = mg(h + 2l)$$

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

$$v^2 = 4gl$$

$$v = 2\sqrt{gl} = 2\sqrt{5}$$

N3

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

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 280 \text{ К}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$V_2 = 0,3 \text{ моль}$$

$$U_{1,2} = \frac{3}{2} pV = \frac{3}{2} \cdot VRT_{1,2}$$

↑  
одноатомной

$$U_k = \frac{3}{2} (V_1 + V_2) R T_{1,2}$$

$$280 \times 3$$

$$600 + 240$$

$$U_m = \frac{U_0}{4}$$

$$U_k = U_{km} - \text{реакт. б. отн.}$$

Вариант решения

h-мат

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

ЗСД:

$$m v_m + 3m \cdot v_m = m v_0$$

м.т. реакт. б. отн. Dk-D.

