

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

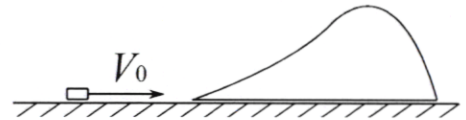
Шифр 5-020

(заполняется секретарём)

## Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 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 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.

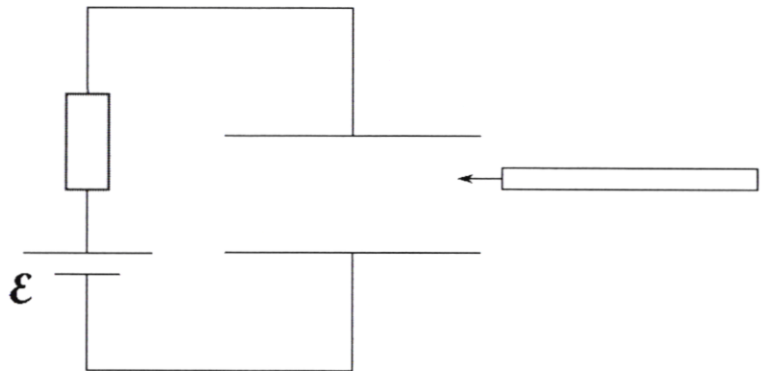


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

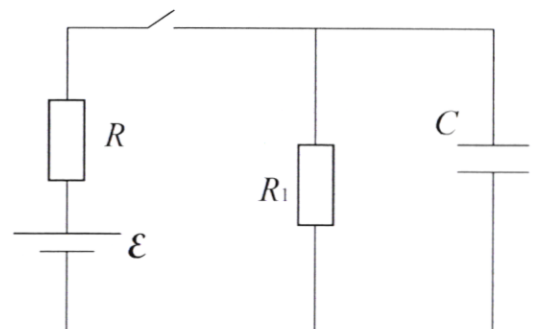
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью  $C_0$  подсоединен через резистор к источнику с ЭДС  $\mathcal{E}$  (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 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  $C$ ,  $\mathcal{E}$ ,  $R$ .



- 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

3. Дано

$$V_0 = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

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

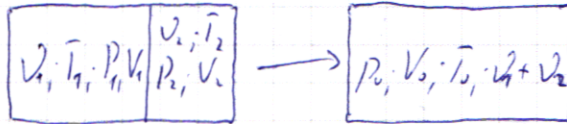
$$V_1 = 0,2 \text{ м}^3$$

$$V_2 = 0,1 \text{ м}^3$$

$$T_0 = ?$$

$$P_0 = ?$$

Решение



М.к. сосуд теплоизолирован, то справедливо записать ЗСЭ в виде:

$$E_1 + E_2 = E_0$$

$$\frac{5}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{5}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{5}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T_0$$

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = (\nu_1 + \nu_2) T_0$$

$$T_0 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = 288\text{K} = 15^\circ\text{C}$$

По з. Менделеева - Клайперна

$P_0 V_0 = (\nu_1 + \nu_2) R T_0$ ; где  $V_0$  - полный объем сосуда

$$P_0 = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T_0}{V_0} = 144 \text{ кПа}$$

Ответ: (288K)  $15^\circ\text{C}$ ; 144 кПа.

1. Дано

$$L = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_0 = ?$$

Решение



По ЗСЭ

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

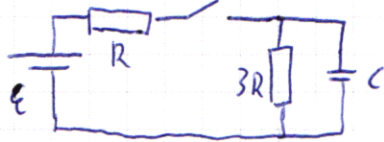
$$v_0 = 2\sqrt{gL} = 25 \text{ м/с}$$

Ответ: 25 м/с.

5. Дано

$R, R_1 = 3R$   
 $C, \epsilon$

Решение

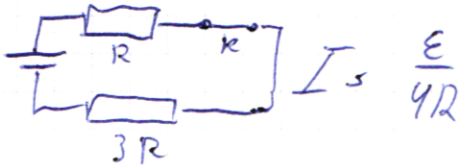


$I_{t \rightarrow 0} = ?$

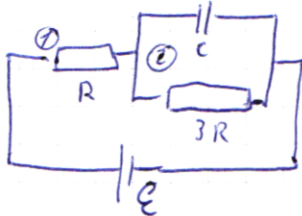
$U_C = ?$

$Q = ?$

① В начальный момент времени, когда ключ только замкнут, заряд  $q$  конденсатора пренебрежимо мал. Тогда для данного момента времени схему можно преобразовать:



②



$$\frac{U_1}{R} = \frac{U_2}{3R} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{3} \Rightarrow U_2 = \frac{3}{4} \epsilon$$

(п.к. соединиме  $R$  и группу  $C$  и  $3R$  последовательно, то  $I_1 = I_2$ )

$$U_2 = U_C = \frac{3}{4} \epsilon$$

(п.к. соединиме  $3R$  и  $C$  параллельно, то  $U_2 = U_C$ )

③ При установившемся напряжении на конденсаторе  $U_C = \frac{3}{4} \epsilon$ , его энергия равна

$$W_C = \frac{CU_C^2}{2} = \frac{9}{32} C\epsilon^2$$

Все размыкая ключа схему можно представить в виде:



Откуда следует, что все энергии конденсатора выделится на резисторе с сопротивлением  $3R$ .

Таким образом количество теплоты  $Q$  выделенное в цепи после размыкания ключа равно:

$$Q = W_C = \frac{9}{32} C\epsilon^2$$

Ответ:  $\frac{\epsilon}{4R}; \frac{3}{4} \epsilon; \frac{9}{32} C\epsilon^2$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4 Дано:  $C_0; \epsilon; L = \frac{1}{4}d$   
 $C' = ?$   
 $q = ?$

Решение  
 После введения пластины конденсатор можно представить в виде двух последовательно соединенных конденсаторов, обложка которых независима от отношения  $d_1$  и  $d_2$  равна  $C' = \frac{4}{3}C \left( \frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} \right)$

т.к. конденсатор заряжен; то ток не течет; однако, емкость конденсатора увеличивается введением пластины; из-за чего конденсатор может дозарядиться на  $\Delta q$ ; где  $\Delta q$  равно  $\Delta q = CU = \Delta CE = \frac{1}{3}CE$

Ответ:  $\frac{4}{3}C; \frac{1}{3}CE$ .

2 Дано:  $v_0; m; 3m$   
 $v_{\max} = ?$   
 $v_k = ?$

Решение  
 т.к. сил трения нет; то ЗСД имеет вид  $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{3mv_2^2}{2}$  (1)  
 т.к. шайба движется вместе с горкой после соударения; то они «выпадают»; тогда ЗСД имеет вид  $mv_0 = 4mv_2$  (2)  
 ( $v_2$  - скорости горки относительно земли)

$$\begin{cases} \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{3mv_2^2}{2} & (1) \\ mv_0 = 4mv_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0^2 = v_1^2 + 3v_2^2 & (2) \\ v_0 = 4v_2 \end{cases}$$

Из уравнения (1):

$$\frac{mv_1^2}{2} = mgh_{\max} = \frac{mv_0^2 - 3mv_2^2}{2}$$

(2)  $\rightarrow$  (1)

$$mgh_{\max} = \frac{16mv_0^2}{32} - \frac{3mv_0^2}{32} = \frac{13}{32} mv_0^2$$

$$h_{\max} = \frac{13v_0^2}{32g}$$



Из системы (2):

$$v_1 = \frac{\sqrt{13}}{4} v_0$$

$$v_2 = \frac{1}{4} v_0$$

$$\vec{v}_k = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

$$v_k = v_1 - v_2 = \frac{\sqrt{13}-1}{4} v_0$$

$$v_{\text{лем}}: \frac{13v_0^2}{32g}; \frac{\sqrt{13}-1}{4} v_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m v_0 = m v_1 + 3m v_2$$

$$v_0 = v_1 + 3v_2$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{3m v_2^2}{2}$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 3v_2^2$$

$$m v_0^2 = m v_1^2 + 3m v_2^2$$

$$m v_0 = 4m v_2$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 3v_2^2$$

$$v_0 = 4v_2$$

$$16v_2^2 = v_1^2 + 3v_2^2$$

*Его (d, d)*

$$13v_2^2 = v_1^2$$

$$v_1 = \sqrt{13} v_2$$

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

$$\frac{16}{10} v_0^2 = v_1^2 + \frac{3}{10} v_0^2$$

$$v_1^2 = \frac{13}{10} v_0^2$$

$$v_1 = \frac{\sqrt{13}}{4} v_0$$

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

*расход.*

$$I = \frac{q}{\Delta t}; C = \frac{q}{U_0}$$

*ИЗДАИ*

$$I = I_1 + I_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

$$\frac{q}{C_0} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}$$

$$C_0 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$\frac{4 \times 6 \times 5}{d} = 4C$$

$$\frac{2 \times 6 \times d}{d} = 2C$$

$$\frac{8}{3} C$$

$$\frac{6}{3} C$$

$$\frac{4 \times 6 \times 5}{3 \times 6 \times d}$$

$$\frac{8C^2}{6C} = \frac{4}{3} C$$

$$m v_1 = m v_2 + 3m v_2$$


$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{3m v_2^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2}$$

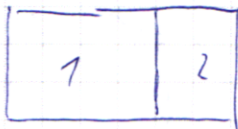
$$m v_2 = m v_2$$

$$m v_1 = m v_2 + 3m v_2$$



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{mv^2}{2} = mgh$   
  
 $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,5} = 10 \text{ м/с}$



~~$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1$~~      $\frac{V_1}{V_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{2}{3}$   
 ~~$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2$~~

$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1$   
 $p_2 V_2 = \nu_2 R T_2$

$V_1 = \frac{2}{5} V_0$

~~$Q = \nu R T$~~   
 ~~$A = p \Delta V$~~

$p_3 V_0 = (\nu_1 + \nu_2) R T$      $R T (\nu_1 + \nu_2) = p_3 V_0$

$E_1 = \frac{5}{2} \nu_1 R T_1$

$E_2 = \frac{5}{2} \nu_2 R T_2$

$E_0 = \frac{5}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T = E_1 + E_2$

$T_1 = 300 \text{ K}$

$T_2 = 280 \text{ K}$

$Q_3 = 280 = 84$

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

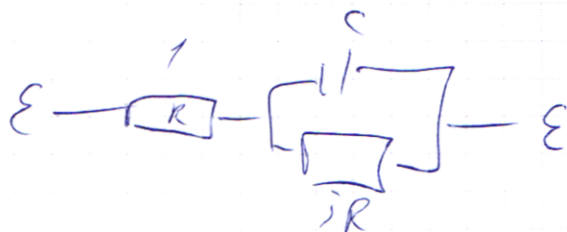
$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,5} = \frac{144}{0,5} = 288 \text{ K}$

$p_3 V_0 = (\nu_1 + \nu_2) R T_3$

$p_3 = 0,5 \cdot 288 \text{ K} \cdot 10^3 = 144 \cdot 10^3 = 144 \text{ кПа}$

5)  $I_s = \frac{E}{R+3R} = \left(\frac{E}{4R}\right)$

$\frac{U_1}{R} = \frac{U_2}{3R}$



$I_s = \frac{U}{R} = \frac{U}{R}$   
 $IR = U$

$Q = \frac{CU^2}{2}$

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{3}{1} \Rightarrow E = 4U$

$W_s = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$

$U_2 = U_2 = \left(\frac{1}{4} E\right)$

$W_s = \frac{CU^2}{2} = \left(\frac{CE^2}{32}\right)$

$C_1 = \frac{4}{3} C$   
 $C_0 = \frac{5}{3} C$

4)  $E = \frac{EES}{d}$

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

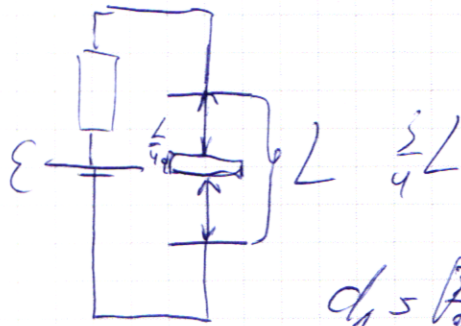
$I_s = \frac{E}{R}$

$\frac{64 \cdot 9 \cdot E^2 \cdot \epsilon_0 \cdot S^2}{16 \cdot 9 \cdot 9 \cdot 81 \cdot L^2}$

$\frac{3}{4} L$ ; если 1:2 раздел

$d_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{4} L = \frac{1}{4} L$

$d_2 = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{4} L = \frac{1}{2} L$



$q = CU$

$d_1 = \frac{3}{8} L$

$d_2 = \frac{3}{8} L$

$C_1 = \frac{8 \epsilon_0 S}{3L}$      $C_2 = \frac{8 \epsilon_0 S}{3L}$

$\frac{16 \epsilon_0 S \cdot 9L^2}{3L(64 \epsilon_0^2 S^2)} = \frac{1}{C}$

~~$C_1 = \frac{1 \epsilon_0 S}{4L}$~~

~~$C_2 = \frac{1 \epsilon_0 S}{2L}$~~

~~$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{4L}{\epsilon_0 S} + \frac{2L}{\epsilon_0 S} = \frac{6L}{\epsilon_0 S}$~~



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-020

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)