

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

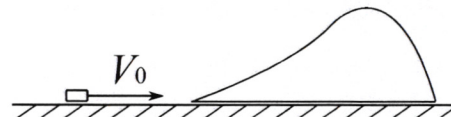
Шифр 1-026

(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.

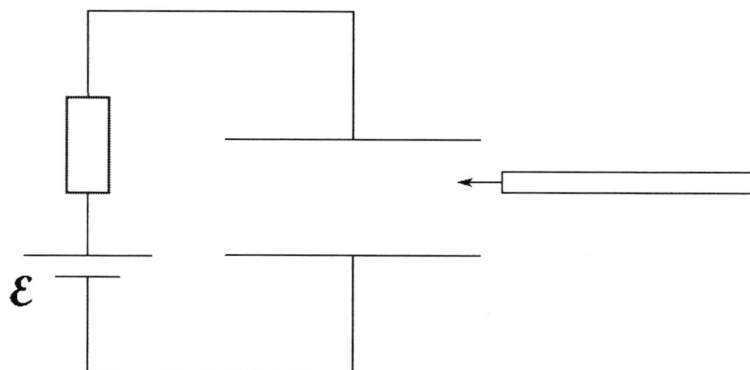


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

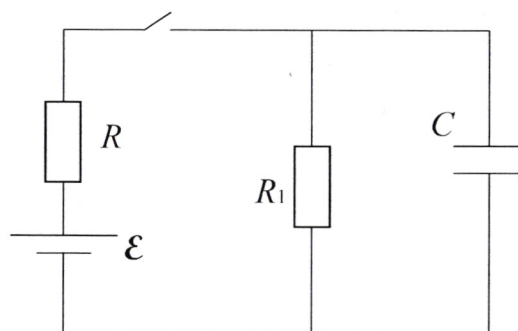
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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



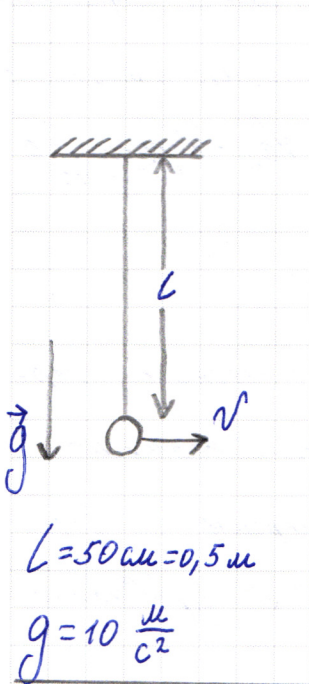
- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

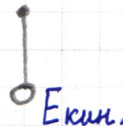
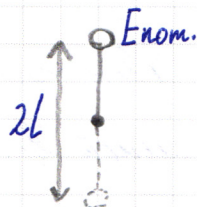
### Задача №1

Дано:

Решение



В момент, когда шарик будет находиться в положении как на рисунке ниже, его потенциальная энергия будет равна кинетической энергии шарика в первоначальном положении.



$$E_{\text{пот.}} = E_{\text{кин.}}$$

$$E_{\text{п.}} = mgh, E_{\text{к.}} = \frac{mv^2}{2}, h = 2l$$

$v = ?$   
для полного оборота

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

$$v = \sqrt{4gl} = 2\sqrt{gl} = 2 \cdot \sqrt{10 \cdot 0,5} = 2\sqrt{5} \approx 4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ:  $v \approx 4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

# Задача №2

## Решение

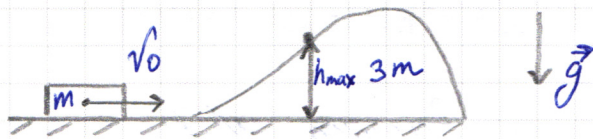
Дано:

$$m_{\text{шайбы}} = m$$

$$m_{\text{горки}} = 3m$$

$h_{\text{max}} - ?$

$v_{\text{свезда}} - ?$



1. До въезда на горку шайба имеет свой импульс, который она частично передаёт горке и горка из-за этого трогается с начального положения. Составим уравнение импульсов:

$$mv_0 + 3mv_{2_0} = mv_1' + 3mv_2', \text{ где } v_{2_0} - v_{\text{горки}} = 0 \text{ начальное}$$

$$mv_0 + 0 = mv_1' + 3mv_2'$$

$$mv_0 = mv_1' + 3mv_2'$$

2. До въезда шайба имела свою кинетическую энергию, которая в точке максимальной высоты подъёма полностью перешла в потенциальную энергию шайбы и кинетическую энергию горки. Составим уравнение закона сохранения энергии.

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh_{\text{max}} + \frac{3mv_2'^2}{2}$$

$$h_{\text{max}} = \frac{mv_0^2 - 3mv_2'^2}{2mg}, \text{ а также } h_{\text{max}} = \frac{v_1'^2}{2g} - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_{\text{свезда}}: mgh_{\text{max}} = \frac{mv_{\text{свезда}}^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{\text{свезда}} = \sqrt{\frac{2mgh_{\text{max}}}{m}} = \sqrt{2gh_{\text{max}}}$$

$$\text{Ответ: } h_{\text{max}} = \frac{mv_0^2 - 3mv_2'^2}{2mg}; h_{\text{max}} = \frac{v_1'^2}{2g} - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_{\text{свезда}} = \sqrt{2gh_{\text{max}}}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задача 3

Дано:

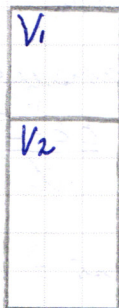
$$V_k = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$I: \text{ гелий } t_1 = 27^\circ\text{C}$$

$$\nu_1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$II: \text{ гелий } t_2 = 7^\circ\text{C}$$

$$\nu_2 = 0,3 \text{ моль}$$



Решение

~~$$V_{\text{об}} = V_1 + V_2$$

$$\frac{p}{2} VRT = \frac{p}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{p}{2} \nu_2 R T_2$$~~

$$p_{\text{об}} = p_1 + p_2$$

$$p_1 = \frac{\nu_1 R T_1}{V_1} = \frac{\nu_1 R T_1}{\chi_1 \cdot V_m} = R \frac{(t_1 + 273)}{V_m} =$$

$$= R \frac{300}{22,4} \approx 13 R$$

$$p_2 = R \frac{(t_2 + 273)}{V_m} = \frac{280}{22,4} R \approx 12,5 R$$

$$p_k \approx \frac{p_1 + p_2}{2} \approx 12,25 R$$

$$\frac{p_k V_k}{T_k} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

$$\frac{12,25 R \cdot V_k}{T_k} = \frac{13 R \cdot V_1 \cdot V_m}{T_1}$$

$$T_k = \frac{12,25 R \cdot V_k \cdot T_1}{13 R \cdot V_1 \cdot V_m} \approx 0,994 R \cdot 300 \cdot \frac{V_k}{V_1 \cdot V_m} =$$

$$\approx 31,7 R$$

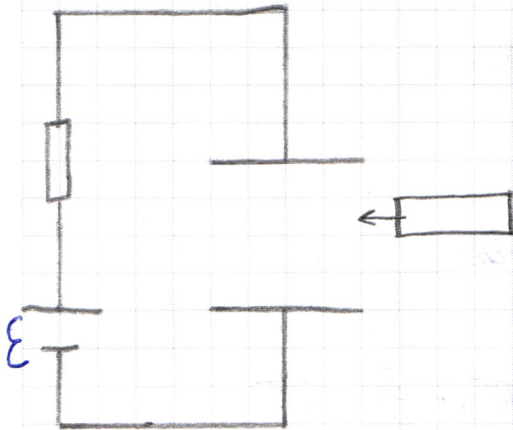
$$|t_k = T_k - 273|$$

Ответ:  $p_k \approx 12,25 R \approx 102 \text{ Па}$

$$t_k \approx |31,7 R - 273| \approx 10^\circ\text{C}$$

## Задача 4

Дано:



Решение.

1) После введения пластинки цепь становится равносильной тому, что конденсатор начальный заменим на два с расстояниями между обкладками  $\frac{d_0}{2}$  и  $\frac{d_0}{4}$  и соединим последовательно.

$$C_{\text{нач.}} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$$

$$C_{\text{стактиной}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}, \text{ где}$$

$$C_1 = 2 \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}, \text{ а } C_2 = 4 \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d},$$

$$\text{тогда } C_{\text{стактиной}} = \frac{2C \cdot 4C}{2C + 4C} = \frac{8}{6} C$$

$$2) q_0 = U \cdot 2C$$

$$q_1 = U \cdot 2 \cdot C_{\text{стактиной}} = U \cdot \frac{2 \cdot 8}{6} C = 2 \frac{2}{3} UC$$

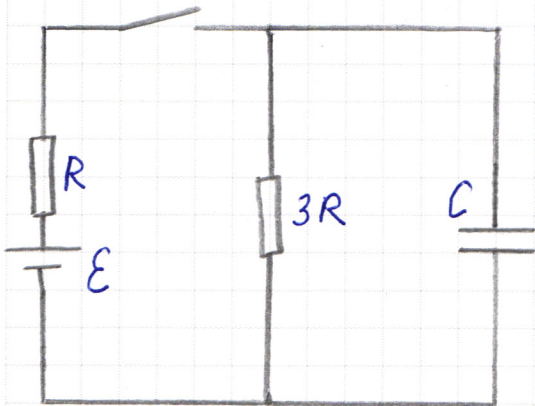
$$\text{Ответ: } C_{\text{стактиной}} = \frac{8}{6} C = 1 \frac{1}{3} C$$

$$q_{\text{после введения пластинки}} = 2 \frac{2}{3} UC$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задача 5

Дано:



Решение

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

$$2) C = \frac{q}{2U} \Rightarrow U = \frac{q}{2C}, \text{ где } q = It_1 \\ = \frac{\varepsilon}{4R} t_1$$

$$3) Q = U_C I t_2$$

$$1) I_{\varepsilon} \text{ после замык.} - ?$$

$$2) U_C - ?$$

$$3) Q - ?$$

Ответ: 1)  $I_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{R}$

$$2) U_C = \frac{\varepsilon t_1}{4R \cdot 2C} = \frac{\varepsilon t_1}{8RC}$$

$$3) Q = U_C \cdot \frac{\varepsilon}{4R} \cdot t_2$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

$0,94 \cdot 300 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3}$

$0,94 \cdot 0,3 \cdot 8,31$  R

$0,77 \cdot 22,4$   
2

$0,94 \cdot 3 = 2,82$

$U = \varphi$

$3,82 \cdot 8,31$

~~31,74~~  
44,8

$8,31$   
 $13,82$   
 $11662$   
 $+16648$   
 $2493$

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

$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 d}{S}$  31,74,42

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

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

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

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

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

$C = \frac{q}{2C}$

$q = U \cdot 2C$

$\cancel{2}mt + \cancel{3}mt = 5mt$   
 $2t + 3t = 5t$

$2(\overset{24-t_k}{\cancel{t_k}}) + 3(t_k - 7) = 5t_k$

$54 - 2t + 3t - 21 = 5t$

$-2t + 3t - 5t = 21 - 54$

$-4t = -33$

$t = \frac{33}{4} = 8$

$12,25 \cdot 8,31$

$1225$   
 $\times 831$   
 $1225$

$+13645$   
 $9800$   
 $1016975$

$314$   
 $\times 831$   
 $1314$   
 $+1954$   
 $2536$   
 $263427$

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

$q =$



243

$I = \frac{E}{4R}$

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 2,3 \\ \times 23 \\ \hline 69 \\ + 460 \\ \hline 529 \end{array}$$

$$mV = 3m$$

$$\begin{array}{r} 1225 \overline{) 1300} \\ 12 \overline{) 010} \end{array}$$

$$V = \frac{V}{V_m} \quad V = V_{1m}$$

$$\begin{array}{r} 1225 \overline{) 13} \\ 117 \overline{) 94} \\ \hline 55 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22 \\ \times 22 \\ \hline 44 \\ + 440 \\ \hline 484 \end{array} \quad \begin{array}{r} 225 \\ \times 225 \\ \hline 1125 \\ + 4500 \\ \hline 50625 \end{array}$$

$$2,25 \approx 4,5$$

$$mV_0 + 0 = mV_0' + 3mV_0' \quad 30$$

$$2,55 \approx 12,23$$

$$300 \overline{) 22,4} \quad mV = 3mV'$$

$$\frac{PV}{T} + \frac{PV}{T} - \frac{PVmV^2}{2} = \frac{3m \cdot 3^2}{2} + mgh$$

$$PV = \sqrt{RT}$$

$$\frac{mV^2}{2} = mgh + \frac{3mV'}{2}$$

$$\frac{PV}{T} =$$



$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$V = \frac{V_1}{V_m}$$

$$\frac{12,25}{13}$$

$$\sqrt{R}$$

$$VV_m \quad \begin{array}{r} 3000 \overline{) 224} \\ 224 \overline{) 13} \\ \hline 760 \\ - 672 \\ \hline 880 \end{array}$$

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2^3}$$

$$\begin{array}{r} 2800 \overline{) 2240} \\ 224 \overline{) 12,5} \\ \hline 560 \\ - 448 \\ \hline 1120 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1225 \\ - 1300 \end{array}$$

$$\frac{PV}{T} = xP_1 = yP_2$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

1-026

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № \_\_  
(Нумеровать только чистовики)