

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр 06-020

(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.

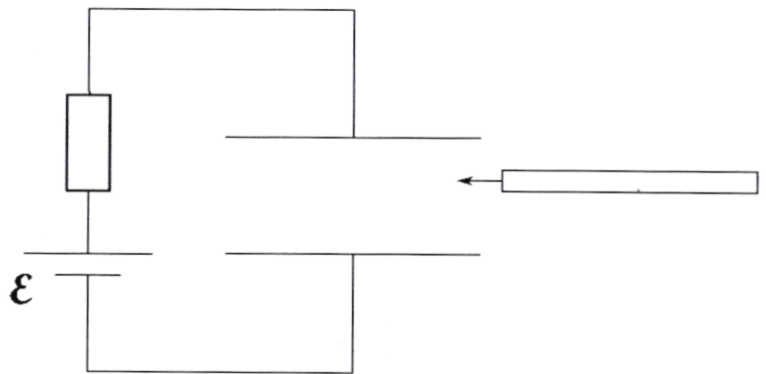


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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  $127^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_1 = 0,1$  моль. Во второй части находится гелий при температуре  $7^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_2 = 0,4$  моль. Перегородка прорывается.

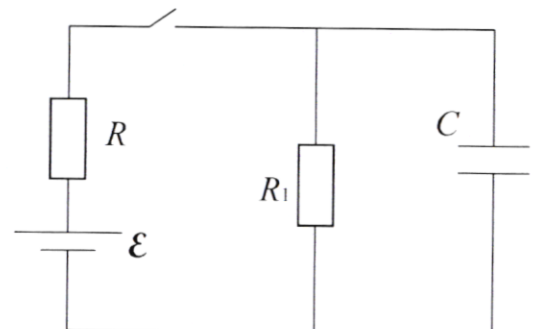
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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



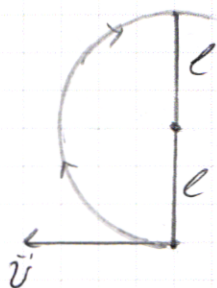
- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1  
Дано:  
 $l = 0,18 \text{ м}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $v = ?$

Решение  
Используем закон сохранения энергии.



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

$$h = 2l = 0,36 \text{ м}$$

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

$$v^2 = (\sqrt{4gl})^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{4gl} = \sqrt{20 \cdot 0,36} =$$

$$= 0,6\sqrt{20} \approx 2,7 \text{ м/с}$$

Ответ:  $v = 2,7 \text{ м/с}$ .

№3  
Дано  
 $V_0 = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$   
 $T_1 = 400 \text{ К}$   
 $T_2 = 280 \text{ К}$   
 $\nu_1 = 0,1 \text{ моль}$   
 $\nu_2 = 0,4 \text{ моль}$   
 $T_k = ?$ ;  $P = ?$

Решение.  
Уравнение Клапейрона Менделеева:  
 $PV = \nu RT$ . Допустим что давление  
в двух отсеках одинаково, т.к.  
они (б) всё равно установились в  
том же объеме что и было  $\Rightarrow P_1 = P_2$ ;  
 $V_1$  - объем первого отсека;  $V_2$  -  
объем второго отсека;

$T_1, \nu_1$	$T_2, \nu_2$
$V_1$	$V_2$

 $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \begin{cases} P_1 V_1 = \nu_1 R T_1 \\ P_2 V_2 = \nu_2 R T_2 \end{cases}$$

суммируем два уравнения  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow P_1 V_1 + P_2 V_2 = \nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2 \Rightarrow P(V_1 + V_2) = R(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)$$

$$V_1 + V_2 = V_0$$

$$P V_0 = R(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)$$

$$P \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} = 8,31 \cdot (40 + 112)$$

$$2) P = 152 \cdot 10^3 \text{ Па.} \quad V_0 = V_1 + V_2 = 0,5 \text{ моль.}$$

$$P V_0 = \nu_0 R T_K$$

$$152 \cdot 10^3 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} = 8,31 \cdot 0,5 \cdot T_K$$

$$1) T_K = 152 \cdot 2 = 304 \text{ К.} \Rightarrow T_K = 31^\circ \text{C}$$

$$\text{Ответ: } P = 152 \cdot 10^3 \text{ Па.} \quad T_K = 31^\circ \text{C.}$$

N2

Дано

$$m_1 = m$$

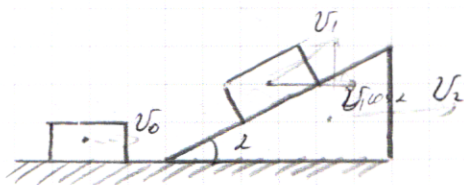
$$m_2 = 4m$$

$$V_0;$$

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

$$V_K?$$

Решение.



$V_0$  распределяется на две скорости,  $V_2$  и  $V_1$ .

Используем закон сохранения

импульса  $m V_0 = m V_1 + 4m V_2 \Rightarrow V_0 = V_1 + 4V_2$

Мы будем учитывать скорости момента

относительно верха  $\Rightarrow V_3 = V_1 \cos \alpha - V_2 = V_1 - V_2$

т.к. это учитывается в начале столкновения:

$$V_1 = V_0 - 4V_2 \Rightarrow V_3 = (-V_0 + 4) V_0 - 5V_2$$

Закон сохранения энергии:  $\left( \frac{V_3^2 m}{2} = mgh + \frac{4mV_2^2}{2} \right)$

$$\begin{cases} mgh = \frac{mV_3^2}{2}; \\ \frac{mV_0^2}{2} = mgh + \frac{4mV_2^2}{2}; \end{cases} \quad \text{суммируем} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_3^2}{2} + \frac{4mV_2^2}{2} \Rightarrow$$

$$V_0^2 = V_3^2 + 4V_2^2$$

$$V_0^2 = V_0^2 - 10V_0 V_2 + 25V_2^2 + 4V_2^2$$

$$10V_0 V_2 = 29V_2^2; \quad V_2 = \frac{10}{29} V_0 \Rightarrow$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2

$$k_{\text{э}} = \frac{V_3^2}{L} \Rightarrow V_3 = \frac{21}{29} V_0$$

$$h = \frac{\left(\frac{21}{29}\right)^2 V_0^2}{2g}$$

$$\frac{50}{29} - 1 =$$

Ответ:  $h = \frac{\left(\frac{21}{29}\right)^2 \cdot V_0^2}{2g}$

N3

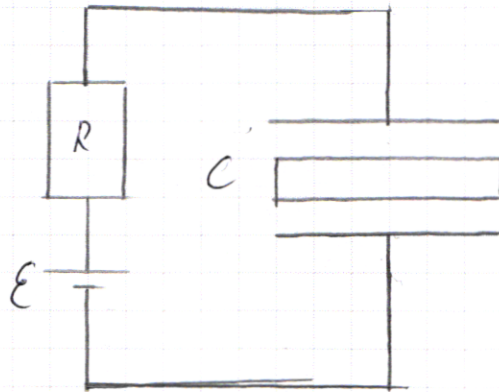
Дано

$C_0; \epsilon$

$3l = h$

$C - ?; q - ?$

Решение.



№5

Дано

$R_1 = 4R$

$C, \epsilon, R$

$P, U, Q$

$P = IU$

$\epsilon = U$

$I = \frac{U}{R}; I_0 = I_1 = I_2 = I; U_1 = \frac{U}{4} = \frac{U_2}{4} = \frac{U_3}{R_c}$

$U_1 + U_2 + U_3 = U = \epsilon$

$U = IR$

$I R + 4I R + I R_c = \epsilon = U$

$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R} + \frac{1}{4R} + \frac{1}{R_c}$

$R_0 = \frac{R + 4R R_c}{4R_c + R_c + 4R} = \frac{4R R_c}{5R_c + 4R}$

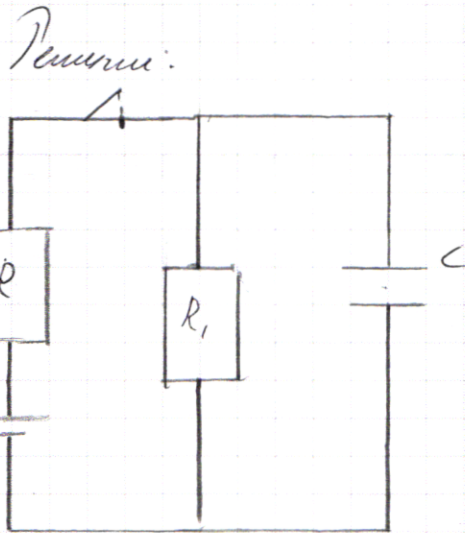
$I = \frac{U}{R_0}$

$P = \frac{U^2}{R_0} = \frac{U^2 (5R_c + 4R)}{4R R_c}$

$U = \epsilon$

$Q = A = I U t$

Ответ:  $P = \frac{\epsilon^2 (5R_c + 4R)}{4R R_c}; U = \epsilon; Q = I U t = \frac{\epsilon^2 (5R_c + 4R) t}{4R R_c}$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

Дано:

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

$$g = 10 \text{ м/с}^2;$$

$$v = ?$$

Решение



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

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

$$\Rightarrow gh = \frac{v^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2gh} =$$

$$= \sqrt{20 \cdot 0,18} = \sqrt{3,6} =$$

$$= 6\sqrt{0,2} \text{ м/с} \approx$$

$$\approx 2,7 \text{ м/с.}$$

$$\begin{array}{r} \begin{array}{r} 27 \\ \times 27 \\ \hline 189 \\ + 540 \\ \hline 729 \end{array} \\ \begin{array}{r} 26 \\ \times 26 \\ \hline 156 \\ + 520 \\ \hline 676 \end{array} \end{array}$$

N2

Дано:

$$m: 4 \text{ м}$$

$$v_0:$$

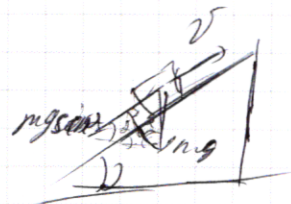


$$mv_0 = mv_1 + 4mv_2$$

$$v_0 = v_1 + 4v_2$$

$$mgh_1 = \frac{mv_1^2}{2} =$$

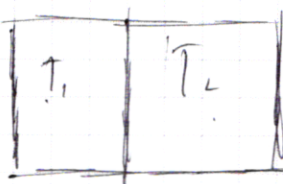
$$h_1 = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_1^2}{20}$$



$$a = g \sin \alpha - v$$

N3

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



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

$$V_1 = 0,1 \text{ м}^3$$

$$T_2 = 200 \text{ K}$$

$$V_2 = 0,4 \text{ м}^3$$

$$PV = \nu RT;$$

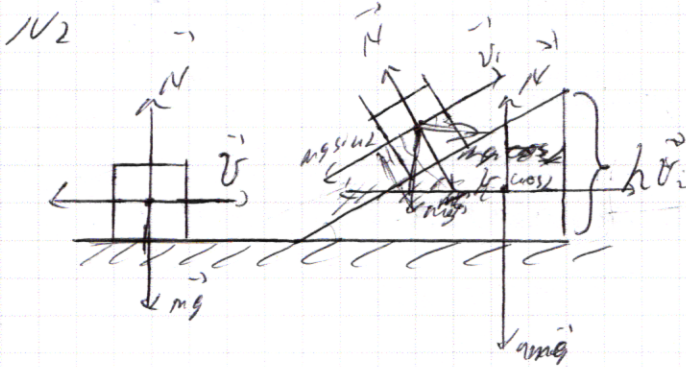
$$P(V_1 + V_2) = \nu R(T_1 + T_2)$$

$$P_1 = P_2$$

$$+ P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$

$$P_1 V_2 = \nu_2 R T_2$$

$$P_1 (V_1 + V_2) = \nu_1 R T_1 + \nu_2 R T_2$$



$$\cancel{v_0 = v_1 + 4v_2}$$

$$v_k = v_1 - v_2 \quad v_a = 3v_2$$

$$mgh = \frac{m v_k^2}{2}$$

$$gh = \frac{v_k^2}{2}$$

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

$$v_k = v_c - v_1$$

$$v_1 \cos \alpha = v_c$$

$$\frac{m v_c^2}{2} = \frac{4m v_2^2}{2} + mgh$$

$$\frac{v_c^2}{2} = 2v_2^2 + gh$$

$$\frac{v_c^2}{2} = 4v_2^2$$

$$v_c^2 = 4v_2^2 + 2gh$$

$$gh = \frac{v_c^2}{2}$$

$$2gh = v_c^2$$

$$v_c^2 = 4v_2^2 + v_c^2$$

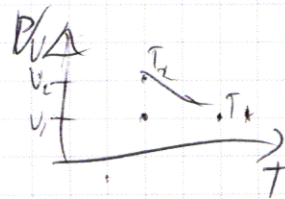
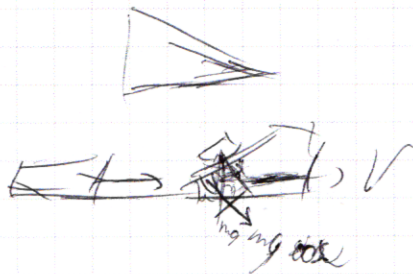
$$v_c^2 = 13v_2^2$$

$$v_c^2 = \frac{v^2}{13}$$

$$\frac{v^2}{169} = h$$

$$PV = \nu RT$$

$$\cancel{PV = \nu T}$$







ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-020

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)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-020

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)