

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

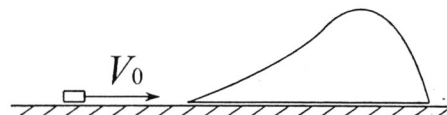
Шифр 1-021

(заполняется секретарём)

## Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 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 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.

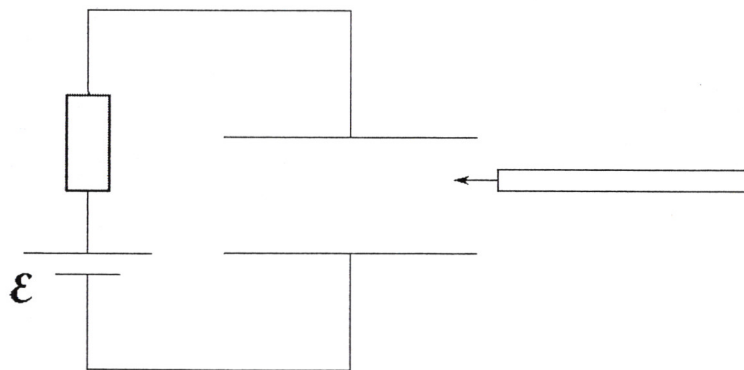


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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

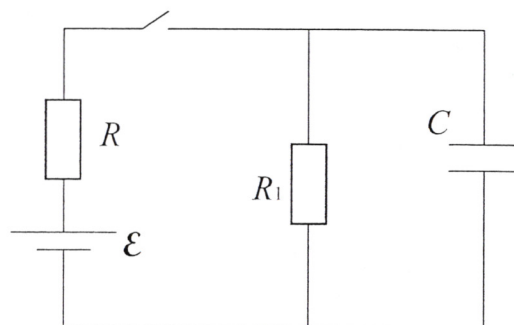
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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?

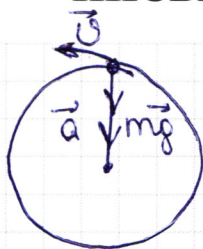
5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в  $R$ ,  $R_1=4R$ . Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать  $C$ ,  $\varepsilon$ ,  $R$ .



- 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:  
 $l = 0,18 \text{ м} = 18 \text{ см}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $U_0 = ?$



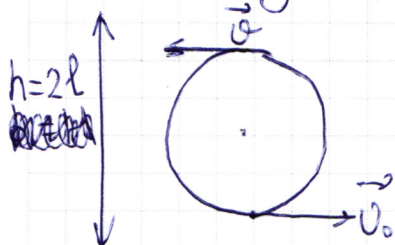
В верхней точке траектории шарик должен иметь скорость, обеспечить касательное кисти

$$m\vec{a} = m\vec{g}$$

$$m \frac{v^2}{l} = mg$$

$$v^2 = gl$$

По закону сохранения энергии:



$$E_{k0} = E_k + E_p$$

$$\frac{mU_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh \cdot 2$$

$$mU_0^2 = mv^2 + 4mgl$$

$$U_0^2 = v^2 + 4gl$$

$$U_0^2 = gl + 4gl = 5gl$$

$$U_0 = \sqrt{5gl}$$

$$U_0 = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,18} = 3 \text{ м/с}$$

Ответ: 3 м/с.

Решение

② Дано:

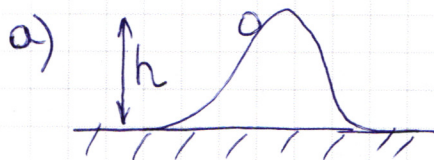
$m$

$4m$

$U_0$

$h = ?$

$U_1 = ?$



Составим законы сохранения энергии:

$$\begin{cases} mU_0 = (m+4m)U \\ \frac{mU_0^2}{2} = mgh + \frac{(m+4m)U^2}{2} \end{cases}$$

$$v = \frac{v_0}{5}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{5mv^2}{2} \cdot \frac{2}{m}$$

$$v_0^2 = 2gh + 10v^2$$

$$2gh = v_0^2 - 10\left(\frac{v_0}{5}\right)^2$$

$$2gh = v_0^2 - \frac{2}{5}v_0^2$$

$$2gh = \frac{3}{5}v_0^2$$

$$h = \frac{3v_0^2}{10g}$$

б) Составим закон сохранения:

$$\begin{cases} m\vec{v}_0 = m\vec{v}_1 + 4m\vec{v}_2 \\ \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{4mv_2^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 = 4v_2 - v_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0^2 = v_1^2 + 4v_2^2 \end{cases}$$

$$\div \begin{cases} v_0 + v_1 = 4v_2 \\ v_0^2 - v_1^2 = 4v_2^2 \end{cases}$$

$$\frac{v_0 - v_1}{v_0 + v_1} = \frac{4v_2^2}{4v_2^2} = 1$$

$$v_0 - v_1 = v_2$$

$$\begin{cases} v_0 + v_1 = 4v_2 \\ 4v_0 - 4v_1 = 4v_2 \end{cases}$$

$$\frac{3v_0 - 5v_1}{3v_0 - 5v_1} = 0$$

$$v_1 = \frac{3}{5}v_0$$

Ответ:  $h = \frac{3v_0^2}{10g}$ ;  $v_1 = \frac{3}{5}v_0$

в) Дано:

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

$$T_1 = 400 \text{ К}$$

$$p_1 = 0,1 \text{ МПа}$$

$$T_2 = 280 \text{ К}$$

$$p_2 = 0,4 \text{ МПа}$$

$$M = 0,004 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

T-?

p-?

Решение

По зак. сохр. энергии:

$$u = u_1 + u_2$$

$$u_1 = \frac{3}{2} \nu_1 RT_1, u_2 = \frac{3}{2} \nu_2 RT_2, u = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) RT$$

$$\Rightarrow \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) RT = \frac{3}{2} R (\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2)$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} \quad T_1 = \frac{400 \cdot 0,1 - 1280 \cdot 0,4}{0,5} = 304 \text{ К}$$

$$\nu = \nu_1 + \nu_2 = 0,5 \text{ моль} \Rightarrow$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\Rightarrow R = 152000 \text{ Па} = 152 \text{ кПа}$

Ответ: 304к; 152кПа

④ Дано:

$\epsilon = 1$

$C_0$

$\epsilon$

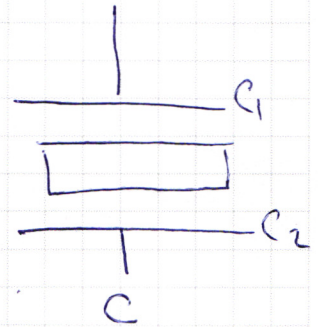
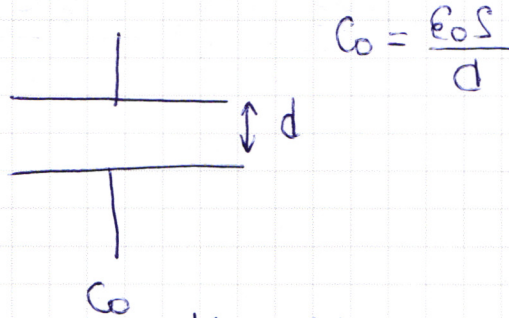
$d_1 = \frac{d}{3}$

$C - ?$

$\Delta q - ?$

Решение

а)



При введении пластины - 2 пос-  
редств  $\sqrt{\text{вкл}}$  конденс. Будем считать, что  
пластинка точно  
по центру

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

$C_1 = C_2$   
 $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d_1} = \frac{\epsilon S}{\frac{d}{3}} = \frac{3\epsilon_0 S}{d}$

$C = \frac{C_1}{2}$

$C_1 = 3C_0 \Rightarrow C = 1,5C_0$

б)  $\Delta q = q - q_0 = UC - UC_0 = 0,5C_0 \epsilon$

Ответ:  $1,5C_0$ ;  $\Delta q = 0,5C_0 \epsilon$

⑤ Дано:

$R_1 = 4R$

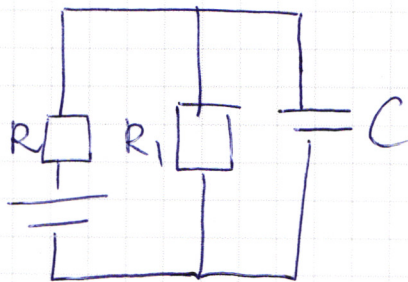
$C$

$\epsilon$

$I - ?$

$U - ?$

$Q - ?$



Решение

$U = U_1$

$U_1 = IR_1$  по зак Ома

$I = \frac{\epsilon}{R + R_1} = \frac{\epsilon}{5R}$

$U_1 = \frac{4R}{5R} \epsilon$      $U_1 = \frac{4\epsilon}{5}$

~~$U = 0,8\epsilon$~~      $U = 0,8\epsilon$

$$W_{\text{замк}} = \frac{Cu^2}{2} = \frac{C}{2} \cdot \frac{16}{25} E^2 = \frac{8CE^2}{25}$$

$W_{\text{разр}} = 0$ ; т.к.  $u = 0$

$$Q = \Delta W = \frac{8CE^2}{25}$$

Ток через источник равен 0, т.к. цепь разомкнута,  
а разряд конденсатора не через источник

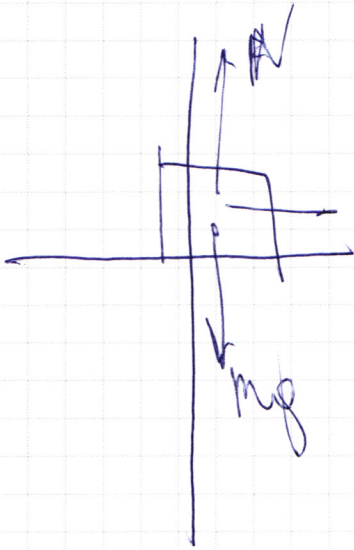
Ответ:  $I = \frac{E}{5R}$ ;  $u = 0,8E$ ;  $Q = \frac{8CE^2}{25}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано:

$$l = 18 \text{ см}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$



3. Дано:

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

$$T_1 = 127^\circ \text{C}$$

$$V_1 = 0,1 \text{ моль}$$

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

$$V_2 = 0,4 \text{ моль}$$

1)  $\Delta t$  - ?

2)  $P_{\text{кон}}$  - ?

$$p_{\text{жен}}$$

Решение

$$P = p g$$

$$c m \Delta t$$

$$c m \Delta t = p g V$$

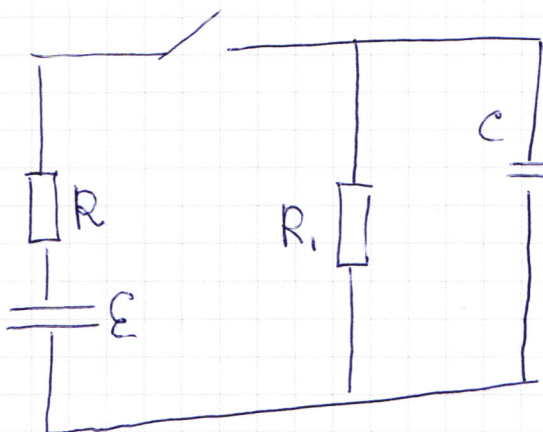
$$V_1 = V_2$$

$$V_1 = T_1$$

$$= p g V$$

$$= c m \Delta t$$

5.



$$R_1 = 4R$$

Дано:

$$R_1; R_1 = 4R$$

$$C; \varepsilon; R$$

$$Q - ?$$

$$E = \frac{\varepsilon E_0 d}{l} =$$

$$R_{\text{эф}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

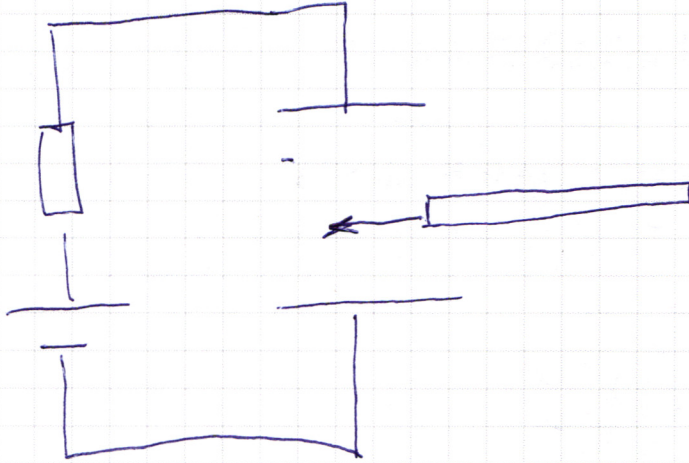
$$\begin{aligned} R_{\text{эф}} &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \\ &= \frac{R \cdot 4R}{R + 4R} = \frac{4R^2}{5R} = \\ &= \frac{4R}{5} \end{aligned}$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

4.

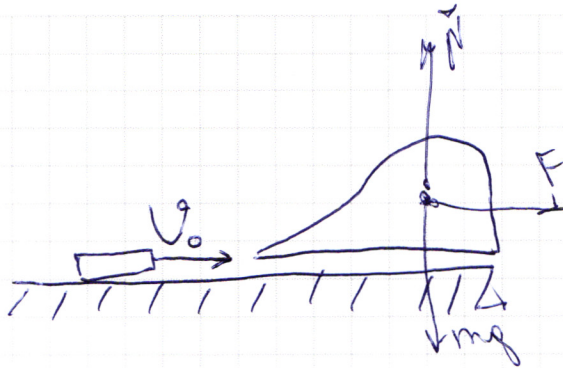


Дата:

С



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\vec{m\vec{a}} = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{imp}} + \vec{N}$$

$$P_{\text{He}} V = \frac{m}{M_{\text{He}}} RT$$

Дано.

$$V = 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T_1 = 127^\circ\text{C}$$

$$\nu_1 = 0,1 \text{ моль}$$

$$T_2 = 4^\circ\text{C}$$

$$\nu_2 = 0,4 \text{ моль}$$

$$\Delta T = ?$$

$$2 \frac{m U_0^2}{2} = \frac{3}{2} RT \left( \frac{m}{M_{\text{He}}} + \frac{m}{M_{\text{Ar}}} \right)$$

$$U_0 = 500 \text{ м/с}$$

$$P_{\text{He}} = \frac{mRT}{VM_{\text{He}}} = \frac{2mM_{\text{Ar}}U_0^2}{3V(M_{\text{He}} + M_{\text{Ar}})}$$

$$P_{\text{He}} = \frac{mRT}{VM_{\text{He}}}$$

$mRT$

$$\frac{mRT}{VM_{\text{He}}}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,18 \\ 50 \\ \hline 900 \\ \sqrt{\phantom{000}} \\ 3 \end{array}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

1-021

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 5  
(Нумеровать только чистовики)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 6  
(Нумеровать только чистовики)