

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

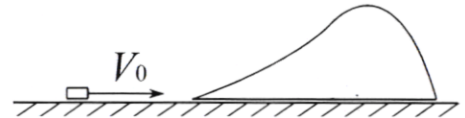
15-024

(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?

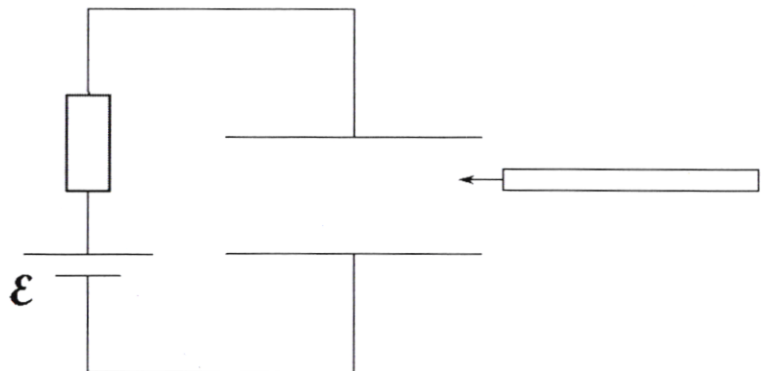
2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

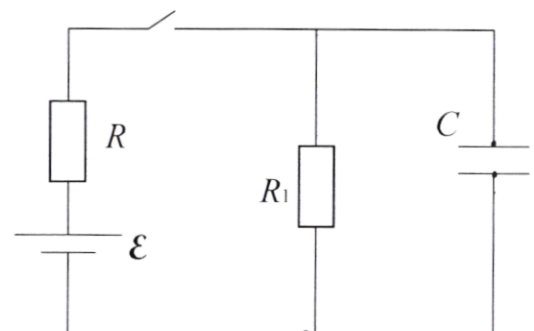
4. Плоский воздушный конденсатор емкостью  $C_0$  подсоединен через резистор к источнику с ЭДС  $\mathcal{E}$  (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины в 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  $C$ ,  $\mathcal{E}$ ,  $R$ .



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

① Дано:

$$L = 0.18 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Найти

$$V_0 = ?$$

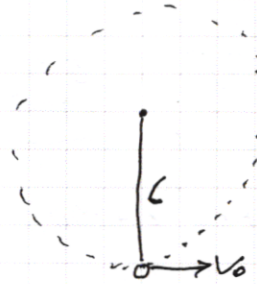
Решение:

$$\frac{mV_0^2}{2} = mgh, \text{ где } h = 2L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_0^2 = 2gh$$

$$V_0 = \sqrt{2gh}$$

$$V_0 = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 0.18 \text{ м}} = \sqrt{7.2} \text{ м/с}$$



Ответ:

$$2 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0.36} = 2 \cdot 3.6 = 7.2$$

$$V_0 = \sqrt{7.2} \text{ м/с}$$

$$V_0 = \sqrt{7.2} \text{ м/с}$$

② Дано:

$m$

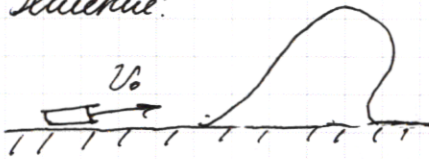
$V_0$

$4m$

Найти:

1)  $h$  конечное

2)  $V_0'$



1. 3.С.7

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{4mV^2}{2} + mgh, \text{ где } M = 4m \Rightarrow$$

$$mV_0^2 - 4mV^2 = 2mgh$$

3.С.21

$$\text{ОХ: } mV_0 = 4mV$$

$$V = \frac{V_0}{4}$$

$$mV_0^2 - \frac{4mV_0^2}{16} = 2mgh$$

$$\frac{21V_0^2}{16} = 2gh$$

$$h = \frac{21V_0^2}{2 \cdot 16 \cdot g} = \frac{42}{100} \cdot \frac{V_0^2}{g} = 0.42 \cdot \frac{V_0^2}{g}$$

$$2. \begin{cases} 3. \text{C.Э} \\ 5mV^2 + mgh = -\frac{mV_0'^2}{2} + \frac{4mV^2}{2} \\ 3. \text{C.У.} \\ 5mV^2 = -mV_0' + 4mV' \end{cases}$$

$$4mV' = 5mV + mV_0' \quad V_0' = 4V' - 5V$$

$$V' = \frac{5V + V_0'}{4}$$

$$5mV^2 + 2mgh = -mV_0'^2 + 4mV'^2$$

$$5mV^2 + V_0'^2 + 2gh = 4 \cdot \left(\frac{5V + V_0'}{4}\right)^2$$

$$5V^2 + V_0'^2 + 2gh = 4 \cdot \frac{25V^2 + 10VV_0' + V_0'^2}{16}$$

$$20V^2 + 4V_0'^2 + 8gh = 25V^2 + 10VV_0' + V_0'^2$$

$$8gh = 5V^2 + 10VV_0' - 3V_0'^2$$

$$8gh - 5V^2 = V_0'(10V - 3V_0')$$

$$V_0' = \frac{8gh - 5V^2}{10V - 3V_0'}$$

$$V_0' = \frac{8gh - 5V^2}{10V - 3(4V' - 5V)}$$

Ответ: 1)  $t = 0.42 \frac{V_0'^2}{g}$  2)  $V_0' = \frac{8gh - 5V^2}{10V - 3(4V' - 5V)}$

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

Решение:

$$T_1 = 127 + 273 = 400 \text{ K}$$

$\nu_1 = 0.1$	$\nu_2 = 0.4$
He 400	He 280

$$\nu_1 = 0.1 \text{ моль}$$

$$T_2 = 280 \text{ K}$$

$$1) \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T$$

$$\nu_2 = 0.4 \text{ моль}$$

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

Найти:

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0.1 \cdot 400 + 0.4 \cdot 280}{0.1 + 0.4} = \frac{152}{0.5} = 304 \text{ K}$$

1)  $T = ? \text{ } ^\circ\text{C}$

$$T = \frac{0.1 \text{ моль} \cdot 400 \text{ K} + 0.4 \text{ моль} \cdot 280 \text{ K}}{0.5 \text{ моль}} = 304 \text{ K}$$

2)  $P = ?$

$$= 304 \text{ K} - 273 \text{ K} = 31 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow t = 31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)  $PV = \nu RT$

$p = \frac{\nu RT}{V}$

$p = \frac{0,5 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 304 \text{ К}}{8,51 \cdot 10^{-3}} = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}$

Ответ: 1)  $t = 27^\circ\text{C}$  2)  $P = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}$

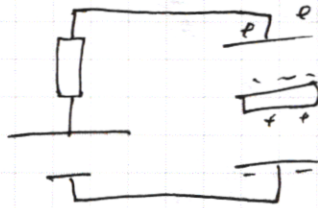
Дано: Решение:

$C_0, \epsilon_1$

Найти:

1)  $C$

2)  $q$



1) Рассмотрим заряженный конденсатор с пластинкой внутри.



$\Rightarrow C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ , где  $d = d_0 - \frac{d}{3} = \frac{2d_0}{3} \Rightarrow$

$\Rightarrow C = \frac{3 \epsilon \epsilon_0 S}{2 d_0} \Rightarrow C = \frac{3}{2} C_0$

2)  $q = CU$ , где  $U = \text{const}$

$q = (C - C_0)U = \frac{1}{2} C_0 U$

Ответ: 1)  $C = \frac{3}{2} C_0$  2)  $q = \frac{1}{2} C_0 U$

5) Дано:

$C, \epsilon, R$

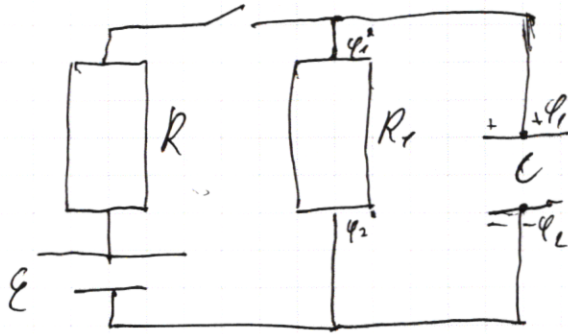
$R_1 = 4R$

Найти:

1)  $I_0$

2)  $U_C$

Решение:



1) После замыкания ключа  $R_{\text{эквивалентная}} = R \Rightarrow$

$$I_0 = \frac{\epsilon}{R + 4R} = \frac{\epsilon}{5R} \quad I_0 = \frac{\epsilon}{5R}$$

2) Т.ч. потенциалы в точках  $\phi_1 = \phi_1'$ ,  $\phi_2 = \phi_2'$ , значит

$$U_C = \epsilon - IR = \epsilon - \frac{\epsilon}{5R} \cdot R = \frac{4\epsilon}{5}$$

3) После размыкания ключа

$W = \frac{CU^2}{2}$ , т.ч.  $U = \frac{4\epsilon}{5}$ , то

$$Q = \frac{CE^2}{2} \quad Q = \frac{16CE^2}{25 \cdot 2} = \frac{32}{100} CE^2 = 0,32 CE^2$$

Ответ: 1)  $I_0 = \frac{\epsilon}{5R}$  2)  $U = \frac{4\epsilon}{5}$  3)  $Q = 0,32 CE^2$

$$2. \quad \frac{5mV^2}{2} + mgh = -\frac{mV_1^2}{2} + \frac{4mV^2}{2}$$

$$5mV^2 + 2mgh = -mV_1^2 + 4mV^2$$

$$mV^2 + 2mgh = -mV_1^2$$

$$V_1 = \sqrt{V^2 + 2gh}$$

5)  $V = 8.31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$   
 $\text{He}, T = 127^\circ\text{C}, \nu_1 = 0,1$   
 $\text{He}, T = 27^\circ\text{C}, \nu_2 = 0,1$   
 $T_1 = 127 + 273 = 400\text{K}$   
 $T_2 = 280\text{K}$

Ищем:

$\text{He}$	$\nu_1 = 0,1$	$\nu_2 = 0,1$
$\text{He}$	$127^\circ\text{C}$	$27^\circ\text{C}$

$$\mu = \frac{3}{2} \nu RT$$

$$pV = \nu RT$$

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

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

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$$

2)  $pV = \nu RT$

$$p = \frac{\nu RT}{V}$$

4) Дано:

$L_0$

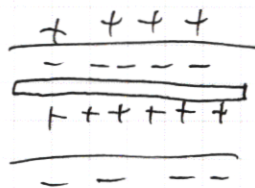
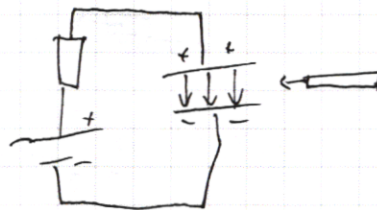
$\epsilon$

1)  $C$

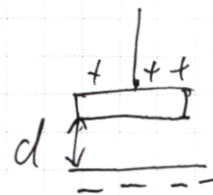
2)  $q^-$

Ищем:

$$W_{\text{н}} = \frac{CU^2}{2} \quad C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$



иногда самое easier

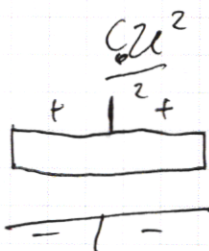
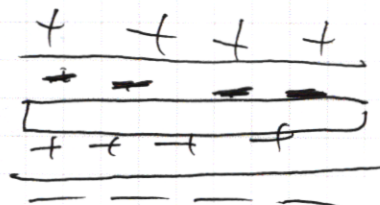


$$d_{\text{max}} = \frac{d_0}{3} = \frac{2d_0}{3} = d \Rightarrow$$

$$C = \frac{3\epsilon\epsilon_0 S}{2d}$$

$$q = CU$$

$$q = (C - C_0)U$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①  $L = 18 \text{ см} = 0.18 \text{ м}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$



Давление в верхней точке = 0

$P = m \cdot a \quad \& \quad m \cdot a_{\text{ц.т.}} = T$

$\frac{m v^2}{2} = m g h, \text{ где } h = 2r$

$\frac{v^2}{2} - g h = 0$

$v^2 - 2 g h = 0$

$v = \sqrt{2 g h} - \text{ответ}$

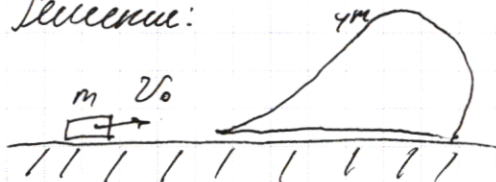
$v = \sqrt{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0.18 \text{ м}} = \sqrt{3.6} \approx 1.9 \text{ м/с}$   
 $2.8 \cdot 2 = 5.6$

②  $m$

$4m$

$2h$

Решение:



Шаги:

1)  $h$  - момент

1. С.З. 1)  $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{M v^2}{2} + m g h, \text{ где } M = 4m$

2)  $v$  - момент

$m v_0^2 - M v^2 = 2 m g h$

3. С.У. 2)  $m v_0 = 5 m v$

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

$m v_0^2 - 4 m \left(\frac{v_0}{5}\right)^2 = 2 m g h$

$h = \frac{25 v_0^2 - 4 v_0^2}{2 \cdot 25 \cdot g} = \frac{21 v_0^2}{50 g} = \frac{42 v_0^2}{100 g} = 0.42 \frac{v_0^2}{g}$

Высота  
полезная





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-024

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)

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5) Дано:

Ищем:

$R$

$R_1 = 4R$

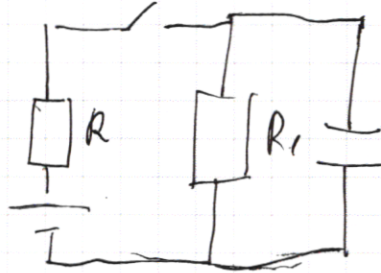
$C, \varepsilon, R$

Найти:

1)  $I_0$

2)  $U_C$

3)  $Q$



//



~~1)  $I_0 = \frac{E}{R+4R}$~~

~~$I_0 = \frac{E}{R+4R}$~~

$I_0 = \frac{E}{R+4R} = \frac{E}{5R}$

2)  $U_C = E$

3)  $Q = \frac{C U^2}{2}$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)