

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

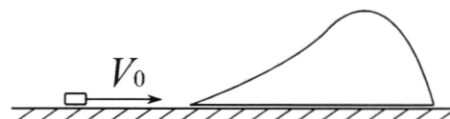
Шифр 15-018

(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.

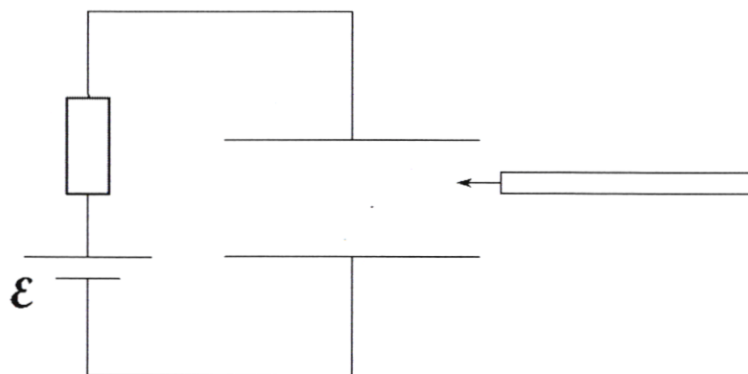


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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  $127^\circ \text{C}$  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.

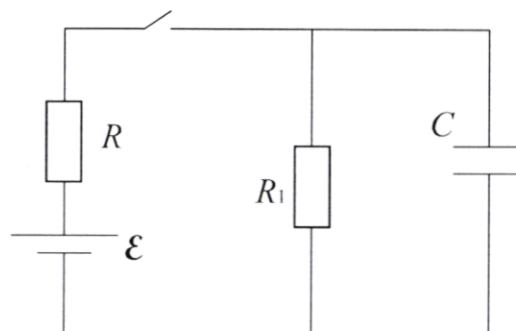
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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?



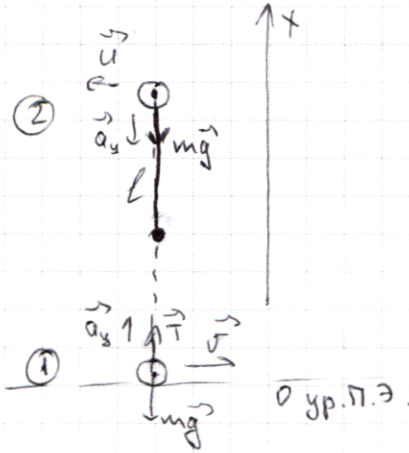
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

$$l = 0,18 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_{\min} = ?$$



Для I положения по II д-му Ньютона

$$O_x: T - mg = ma_y$$

Для II положения по II д-му Ньютона

$$O_x: mg = ma_y$$

$$a_y = \frac{u^2}{l}$$

$$g = \frac{u^2}{l} \quad u^2 = gl$$

по ЗСЭ:  $E_1 = \frac{mv^2}{2}$

$$E_2 = \frac{mu^2}{2} + 2mgl$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + 2mgl \quad v^2 = u^2 + 4gl$$

$$v^2 = gl + 4gl = 5gl \quad v = \sqrt{5gl} \quad v = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,18} =$$

$$= \sqrt{90} = \underline{\underline{3 \left( \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)}}$$

Ответ:  $v_{\min} = 3 \text{ м/с}$

№3.

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

$$V_1 = V_2$$

$$T = 400 \text{ К}$$

$$\nu_1 = 0,1 \text{ моль}$$

$$T = 280 \text{ К}$$

$$\nu_2 = 0,4 \text{ моль}$$

по ЗСЭ:  $U_{\text{го}} = U_{\text{после}}$

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

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

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

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

$$T_k = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,1 + 0,4} = 304 \text{ (К)}$$

$$t_k = \underline{\underline{31^\circ \text{C}}}$$

$$p_k V = \nu_{\text{го}} R T_k - \text{у-е Менделеева}$$

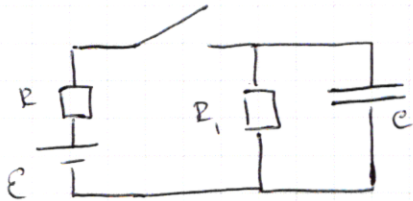
$$p_k = \frac{\nu_{\text{го}} R T_k}{V}$$

$$p_k = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \underline{\underline{152 \text{ (кПа)}}}$$

Ответ:  $t_k = 31^\circ \text{C}$  ;  $p_k = 152 \text{ кПа}$

№5

$\mathcal{E}$   
 $R$   
 $C$



$R_1 = 4R$

По закону Ома для полной цепи

$\eta = \frac{\mathcal{E}}{R + R_1} \quad \eta = \frac{\mathcal{E}}{R + 4R} ?$

$= \frac{\mathcal{E}}{5R}$

$\eta - ?$   
 $U - ?$   
 $Q - ?$

При параллельном соединении напряжения равны,

т.е.  $\mathcal{E} - IR = 4IR \quad \mathcal{E} = 5IR$

$U = 4IR \quad U = \frac{4\mathcal{E}}{5}$

По ЗКД:  $Q = E_k$   $Q$  - тепло, выд. на резисторе

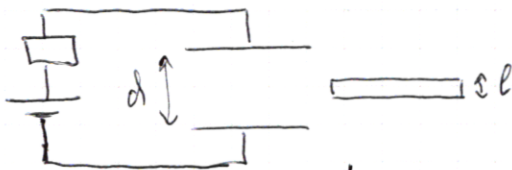
$E_k$  - энергия конденсатора

$Q = \frac{CU^2}{2} = \frac{C}{2} \cdot \frac{16\mathcal{E}^2}{25} = \frac{8C\mathcal{E}^2}{25}$

Ответ:  $\eta = \frac{\mathcal{E}}{5R}$ ;  $U = \frac{4\mathcal{E}}{5}$ ;  $Q = \frac{8C\mathcal{E}^2}{25}$ .

№4.

$\mathcal{E}$   
 $C_0$   
 $l = \frac{2}{3}d$   
 $C_{общ} - ?$   
 $\Delta q - ?$



$C_0 = \epsilon\epsilon_0 \frac{S}{d}$

$C_1 = \epsilon\epsilon_0 \frac{S}{\frac{d}{3}} = 3\epsilon\epsilon_0 \frac{S}{d} = 3C_0$

при последовательном соедин. двух

конденсаторов:  $C_{общ} = \frac{C \cdot C}{2C} = \frac{C}{2} = \frac{3C_0}{2}$

$\Delta q = q_2 - q_1$

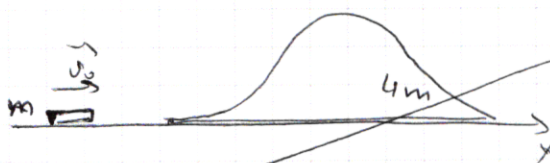
$q_1 = C_0 \mathcal{E}$ ;  $q_2 = \frac{3}{2} C_0 \mathcal{E}$

$\Delta q = \frac{3}{2} C_0 \mathcal{E} - C_0 \mathcal{E} = \frac{C_0 \mathcal{E}}{2}$

Ответ:  $C_{общ} = \frac{3}{2} C_0$ ;  $\Delta q = \frac{C_0 \mathcal{E}}{2}$ .

№2.

$m$   
 $v_0$   
 $h - ?$   
 $v_x - ?$



По ЗКИ:  $mv_0 = mv_{x2} + \hbar k_2$

$\vec{v}_{x2} = \vec{v}_{x1} + \vec{v}_{x2}$

$v_{x2} = v_{x1} + v_{x2}$

$v_{x2} = v_0 - \hbar k_2$

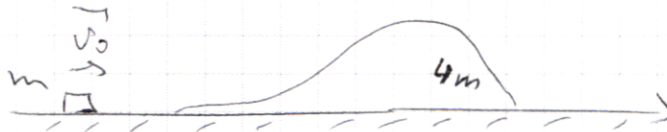
$v_0 = v_{x2} + \hbar k_2$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

по ЗСЭ:  $\frac{m v_{ш2}^2}{2} = mgh$   $h = \frac{v_{ш2}^2}{2g}$

№ 2.

$m$   
 $v_0$   
 $h = ?$   
 $v_{ш2} = ?$



$v_{ш2}$  - скорость тележки  
относ. Земли

$U_{г2}$  - скорость горки  
относ. Земли

$$v_{ш2} = v_{ш1} - U_{г2}$$

по ЗСЭ:  $\frac{m v_{ш2}^2}{2} = mgh$

$$v_{ш2} = v_0 - 6 U_{г2}$$

по ЗСЧ:

$$Q_x: m v_0 = m v_{ш2} + 5m U_{г2}$$

$$v_0 = v_{ш2} + 5 U_{г2}$$

по ЗСВ:

$$\vec{v}_{ш2} = \vec{v}_{ш1} + \vec{v}_{г2}$$

$$v_{ш2} = v_{ш1} - v_{г2}$$

$$h = \frac{v_{ш2}^2}{2g}$$

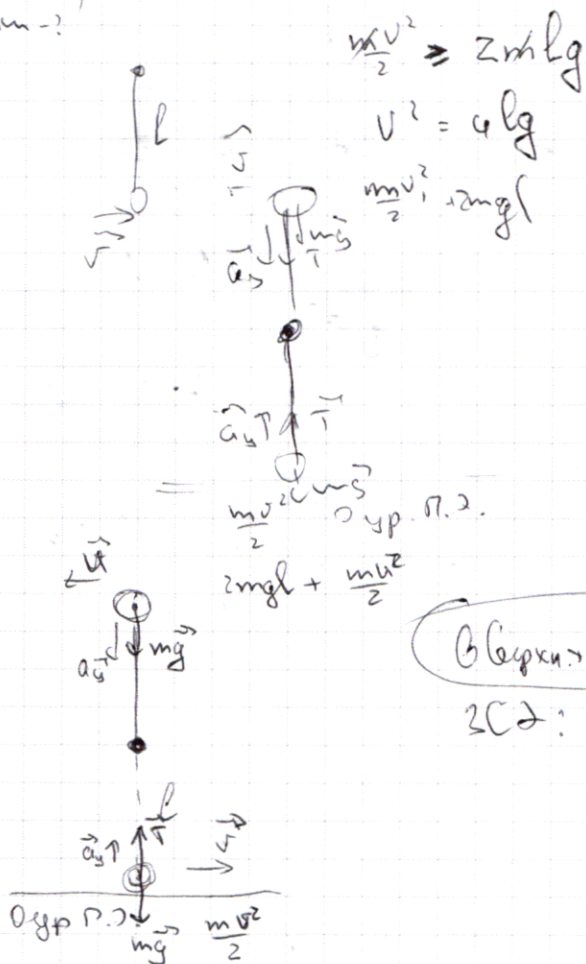


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$l = 0,18 \text{ м}$  ①  
Вместо?



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

$$v^2 = 4lg$$

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

$$v = \sqrt{4lg} =$$

$$v = \sqrt{4 \cdot 0,18 \cdot 10} = \sqrt{7,2} = 2\sqrt{1,8}$$

$$T - mg = ma_{\text{ц}} \quad T - mg = m \frac{v^2}{l}$$

$$T + mg = ma_{\text{ц}} \quad T_0 + mg = \frac{mv_0^2}{l}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + 2mgl$$

$$T_0 + T_0 = \frac{m}{l}(v^2 + v_0^2)$$

$$v^2 = v_0^2 + 4gl$$

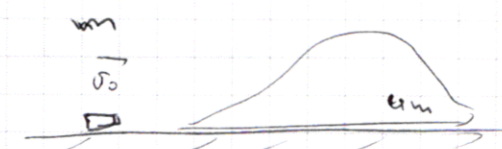
Вверху:  $mg = ma_{\text{ц}} \quad \frac{v^2}{l} = g \quad v^2 = lg$

ЗСД:  $v^2 = lg + 4gl = 5gl$

$$v^2 = 5 \cdot 10 \cdot 0,18 = 5 \cdot 1,8 = 9,0$$

$$v = 3 \text{ м/с}$$

②



$$v_0 - v' = 5U$$

$$(v_0 - v')(v_0 + v') = 5U^2$$

$$(v_0 + v' = 5U)$$

$$v_0 = v' + 5U + 5U$$

ЗСУ:  $mv_0 = mv' + 5mU$

$$v_0 = v' + 5U$$

ЗСД:  $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv'^2}{2} + \frac{5mU^2}{2}$

$$v_0^2 = v'^2 + 5U^2$$

$$v_0 = v' + 5U$$

$$v_0 + v' = 5U$$

$$v' = 5U - v_0$$

$$v_0 = 5U - v_0 + 5U$$

$$2v_0 = 10U$$

$$v_0 = 5U \quad \left| U = \frac{v_0}{5} \right|$$

$$v' = 5U - v_0 = v_0 - v_0 = 0$$



$$\frac{(v_0 - v_x')(v_0 + v_x')}{v_0 - v_x'} \approx \frac{5U_x^2}{5U_x}$$

$$v_0 + v_x' = U_x$$

$$v_0 = v_x' + 5U_x$$

$$v_0 = v_x' + 5(v_0 + v_x')$$

$$6v_x' = -4v_0$$

$$v_x' = -\frac{2}{3}v_0$$

$$m v_0 = 5 m U_x$$

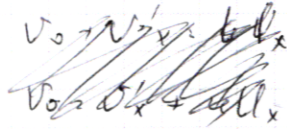
$$3CU: m v_0 = m v_x' + 5 m U_x$$

$$3CJ: \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_x'^2}{2} + \frac{5 m U_x^2}{2}$$

$$v_0 = v_x' + 5 U_x$$

$$v_0^2 = v_x'^2 + 5 U_x^2$$

U - скорость тарелки



$$\vec{v}_{0y} = \vec{v}_{0x} + \vec{U}_y$$

$$v_0 = v_{0x} + U$$

$$v_{0x} = v_0 - U$$

$$\vec{U}_{0y} = \vec{v}_{0y} + \vec{U}_y$$

$$3CU: m v_0 = m v_{0y} + 5 m U_y$$

$$v_0 = v_{0y} + 5 U_y$$

$$v_0 = v_{0y} + U_y + 5 U_y$$

$$v_0 = v_{0y} + 6 U_y$$

$$v_{0y} = v_0 - 6 U_y$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_{0y}^2}{2} + 5 \frac{U^2}{2}$$

$$v_0^2 - v_{0y}^2 = 5 U^2$$

$$U = \frac{6}{5}(v_0 - v_{0y})$$

$$v_0 + v_{0y} = \frac{5}{6} U$$

$$v_{0y} = \frac{5}{6} U - v_0$$

$$v_{0y} = v_0 - \frac{36}{5} v_0 - \frac{36}{5} v_{0y}$$

$$\frac{5}{6} U - v_0 = v_0 - 6 U$$

$$2 v_0 = 6 U + \frac{5}{6} U$$

$$v_0 = 3 U + \frac{5}{12} U \quad v_0 = \frac{41}{12} U$$

$$\frac{m v_{0y}^2}{2} = m g h$$

$$h = \frac{v_{0y}^2}{2g}$$

$$v_{0y} = v_0 - \frac{6 \cdot 12}{41} v_0$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 127 \\ \hline 400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 780 \\ \times 4 \\ \hline 1120 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1520 \overline{) 5} \\ - 15 \quad 304 \\ \hline 20 \quad 203 \\ \quad 21 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 304 \\ \times 0,5 \\ \hline 152,0 \end{array}$$

$$\textcircled{3} \quad v = 8,31 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{с}$$

$$v_1 \neq v_2$$

$$T = 400 \text{ K}$$

$$p_1 = 0,1 \text{ моль}$$

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

$$p_2 = 0,4 \text{ моль}$$

$$T_k = ?$$

$$p_k = ?$$

$$U_2 \approx 9RT$$

$$U_{go} = U_{посл.}$$

$$\frac{3}{2} p_1 R V_1 + \frac{3}{2} p_2 R V_2 = \frac{3}{2} (p_1 + p_2) R V_k$$

$$p_1 T_1 + p_2 T_2 = (p_1 + p_2) T_k$$

$$T_k = \frac{p_1 T_1 + p_2 T_2}{p_1 + p_2} = \frac{0,1 \cdot 400 + 280 \cdot 0,4}{0,5} =$$

$$= \frac{400 + 280 \cdot 4}{5} = \frac{1120 + 1120}{5} = \frac{2240}{5} = 448 \text{ K}$$

$$\Delta T = 304 - 273 = 31^\circ$$

$$pV = \nu R T_k$$

$$p = \frac{\nu R T_k}{V}$$

$$p = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 0,5 \cdot 304 \cdot 10^3 = 152 \cdot 10^3 = 152000 \text{ Па}$$

$$152 \text{ кПа}$$



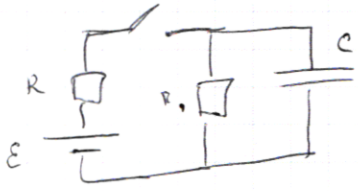
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

④

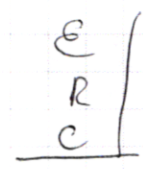
$C_0$   
 $\mathcal{E}$   
 $l = \frac{d}{3}$   
 $C_1$  ?  
 $q$  ?

$C_0 = \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{d}$   
 $d_1 = \frac{d-l}{2} = \frac{d - \frac{d}{3}}{2} = \frac{2d}{3} = \frac{d}{1.5}$   
 $C_1 = 3 \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{d}$   
 $C_{\text{total}} = \frac{C_0 \cdot C_1}{C_0 + C_1} = \frac{C_0}{2} = \frac{3C_0}{2}$   
 $\mathcal{E} = IR + U$   
 $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$   
 $\mathcal{E} = \mathcal{E} + U$  ?  
 $\mathcal{E} = IR + \frac{q}{C}$   
 $\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{R} R + \frac{q}{C}$   
 $U = \mathcal{E} - IR$   
 $q_0 = CU$   
 $I^2 R t = \frac{C_0 U^2}{2} - \frac{q_k^2}{3C_0}$   
 $\frac{q^2}{4R} = \frac{C_0 U^2}{2} - \frac{q_k^2}{3C_0}$   
 $\frac{q^2}{4} R = \frac{C_0 (\mathcal{E} - IR)^2}{2} - \frac{q_k^2}{3C_0}$   
 $\Delta q = q_1 - q_2$   
 $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_{\text{ш2}}^2}{2} + \frac{5m U_{\text{ш2}}^2}{2}$   
 $v_0^2 = v_{\text{ш2}}^2 + 5 U_{\text{ш2}}^2$   
 $v_0^2 - v_{\text{ш2}}^2 = 5 U_{\text{ш2}}^2$   
 $v_0^2 - v_{\text{ш2}}^2 = 6 U_{\text{ш2}}^2$   
 $v_0 + v_{\text{ш2}} = \frac{6}{5} U_{\text{ш2}}$   
 $U_{\text{ш2}} = \frac{6}{5} (v_0 + v_{\text{ш2}})$   
 $v_{\text{ш2}} = v_0 - \frac{36}{5} v_0 - \frac{36}{5} v_{\text{ш2}}$   
 $C_2 = \frac{3}{2} C_0$   
 $\Delta E = ?$   
 $E_1 = \frac{q_0^2}{2C_0}$   
 $E_2 = \frac{2 q_k^2}{2 \cdot 3 C_0}$   
 $\Delta E_k = \frac{q_0^2}{2C_0} - \frac{q_k^2}{3C_0} = \frac{C_0 U^2}{2} - \frac{q_k^2}{3C_0}$   
 $U = \mathcal{E} - IR$   
 $q_0 = C_0 (\mathcal{E} - IR)$   
 $q_0 = 3C_0 - 3RC_0$   
 $q = C_0 U$   
 $q_1 = C_0 \mathcal{E}$   
 $q_2 = \frac{3}{2} C_0 \mathcal{E}$   
 $\Delta q = \frac{3}{2} C_0 \mathcal{E} - C_0 \mathcal{E} = \frac{1}{2} C_0 \mathcal{E}$   
 $U = \mathcal{E} - IR$   
 $U = \mathcal{E}$

5



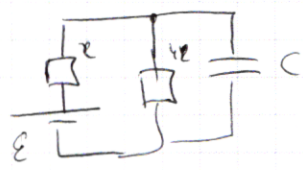
$$\mathcal{E} - IR = U$$



$$\mathcal{E} - IR = IR = U_k$$

$$\mathcal{E} = 5IR \quad \mathcal{E} = 5IR$$

$$IR = \frac{\mathcal{E}}{5} \quad U_k = \frac{4\mathcal{E}}{5} \quad (2)$$



$$U_k = \frac{4\mathcal{E}}{5}$$

$$Q = \frac{CU^2}{2} = \frac{C \cdot 16\mathcal{E}^2}{25 \cdot 2} = \frac{8C\mathcal{E}^2}{25} \quad (3)$$

1



$$I = \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

2



$$mv_0 = mV_{xy} + 5mU_{xy}$$

$$V_{xy} = V_{xz} + V_{zy} \quad v_0 + V_{xy} = 5U_{xy}$$

$$mv_0 = mV_{xz} + 6mV_{zy}$$

$$mv_0 = mV_{xz} + mV_{zy} + 5mV_{zy}$$

$$v_0 = v' + 6U$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mV_{xy}^2}{2} + \frac{5mU_{xy}^2}{2}$$

$$v_0^2 = V_{xy}^2 + 5U_{xy}^2$$

$$v_0 + V_{xy} = U_{xy}$$

$$v_0 = V_{xz} + 6U_{zy} \quad v_0 - V_{xz} = 6U_{zy}$$

$$v_0 + V_{xz} + U_{zy} = U_{zy}$$

$$v_0^2 - (V_{xz} + V_{zy})^2 = 5U_{zy}^2$$

$$v_0 + V_{xz} = 0$$

$$v_0^2 - V_{xz}^2 - 2V_{xz}U_{zy} + U_{zy}^2 = 5U_{zy}^2$$

$$V_{xz} = v_0 - 6U_{zy}$$

$$v_0^2 - V_{xz}^2 - 2V_{xz}U_{zy} = 4U_{zy}^2$$

$$h = \frac{V_{xz}^2}{2g}$$

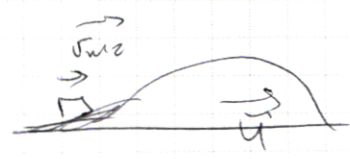
~~ВНИМАНИЕ!!!~~

$$mv_0 = v_0 = V_{xz} + v'$$

$$v_0 = V_{xz} + 5V_{zy}$$

$$V_{xz} = v_0 - 5U_{zy}$$

$$v_0 = V_{xy} + 5U_{zy}$$



$$V_{xy} = v_0 - 5U_{zy}$$

$$V_{xz} = V_{xy} - U_{zy}$$

$$V_{xy} = V_{xz} \quad V_{xz} = v_0 - 6U_{zy}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

15-018

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)