

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

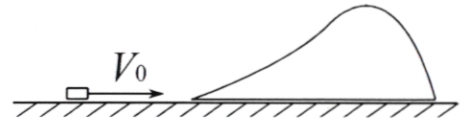
Шифр 11-008

(заполняется секретарём)

## Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 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 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.



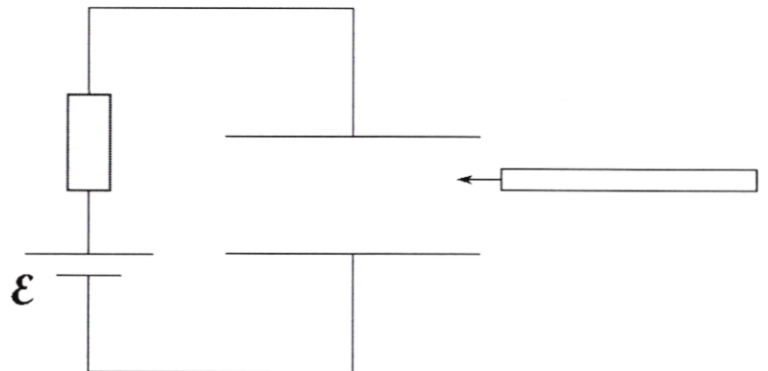
- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

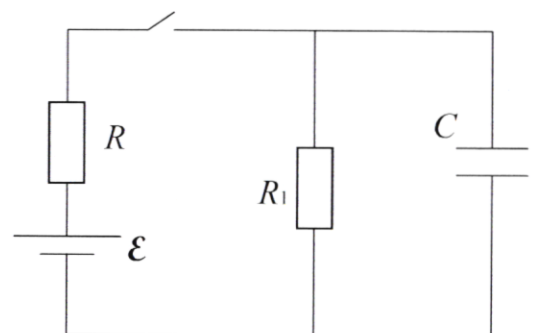
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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

1

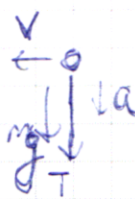
$$L = 50 \text{ cm}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

At highest point velocity of ball is  $v$ .  
 $\Delta E = 0$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mg \cdot 2L \quad (1)$$

By Free-body diagram:



$$T + mg = ma = \frac{mv^2}{L} \quad (2)$$

By eqn (1):

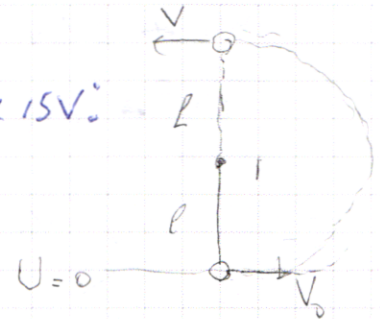
$$T + mg = \frac{mv_0^2}{L} - 4mg$$

For  $v_0 \rightarrow \text{MIN}$   $T = 0$

$$mg + 4mg = \frac{mv_0^2}{L} \rightarrow v_0 = \sqrt{5gL}$$

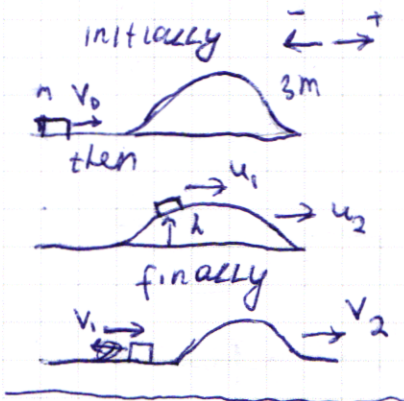
$$v_0 = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5} = 5 \text{ m/s}$$

Answer:  $v_0 = 5 \text{ m/s}$



Since for circular motion net force equals to mass times centripetal acceleration.

2



$\Delta p = 0$   
 $\Delta E = 0$  } Height will be maximum when velocity of block relative to MLL will be zero.

$$u_1 - u_2 = 0 \rightarrow u_1 = u_2 = u$$

$$mv_0 = (m + 3m)u \quad (1)$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = (m + 3m)u^2 + mgh \quad (2)$$

Solving:  $u = v_0/4 \rightarrow v_0^2 = 4\left(\frac{v_0}{4}\right)^2 + 2gh$

$$h = \frac{1}{2g} \left( v_0^2 - \frac{v_0^2}{4} \right) \rightarrow h = \frac{3v_0^2}{8g}$$

finally:

$$2) \quad mv_0 = 3mv_2 + (+v_1) \cdot m \quad (3)$$

~~It is already indicated in question~~

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{3mv_2^2}{2} \quad (4)$$

Solving:  $v_2 = \frac{v_0 + v_1}{3}$

$$v_0^2 = v_1^2 + (v_0^2 + v_1^2 + 2v_0v_1) \cdot \frac{1}{9}$$

$$3v_0^2 = 3v_1^2 + v_0^2 + v_1^2 + 2v_0v_1$$

$$4v_1^2 + 2v_0v_1 - 2v_0^2 = 0$$

$$2v_1^2 + v_0v_1 - v_0^2 = 0 \rightarrow (2v_1 + v_0)(v_1 - v_0) = 0$$

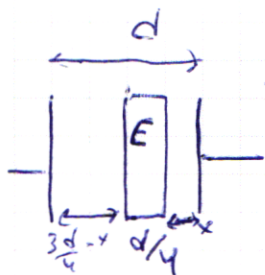
$$v_{11} = -\frac{v_0}{2}$$

$$v_{12} = +v_0$$

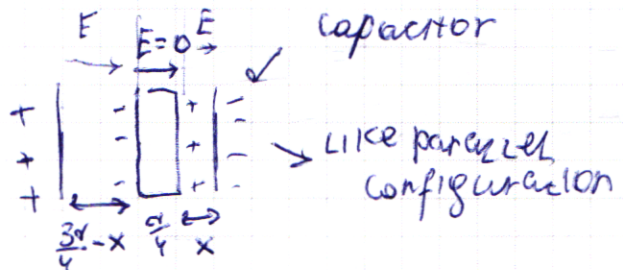
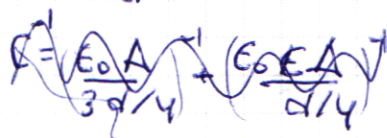
↳ X

Second case cannot exist since cannot be the same as initially (means force that acted during collision was zero which is impossible during interaction) NO LOGIC.

Answer:  $k = \frac{3v_0^2}{8g}$ ;  $v_1 = -\frac{v_0}{2}$  (in opp. dir to  $v_0$ )



1)  $C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d}$



As we know Electric field inside conductor is zero, all charges go outside so  $E \rightarrow \infty$  like  $\frac{\epsilon A}{d} = \frac{q}{\Delta V} \rightarrow E \rightarrow \infty$  ( $\Delta V \rightarrow 0$  temp.)

$$C = \frac{4\epsilon_0 A}{3d} \quad \frac{1}{C} = \frac{3d/4 - x}{\epsilon_0 A} + \frac{x}{\epsilon_0 A} + \frac{d/4}{\epsilon_0 A \epsilon} = \frac{3d}{4\epsilon_0 A} + \frac{d}{4\epsilon \epsilon_0 A}$$

$$C = \frac{4\epsilon_0 A}{3d} = \frac{4C_0}{3}$$

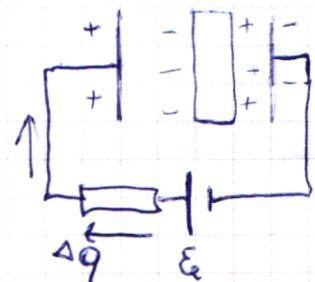
2)  $q = CV$  As battery doesn't change  $V_0 = V = \epsilon$

$$q_0 = C_0 \epsilon \quad q = C\epsilon = \frac{4C_0}{3} \epsilon$$

$$\Delta q = q - q_0 = \frac{4C_0 \epsilon}{3} - C_0 \epsilon$$

$$\Delta q = +\frac{C_0 \epsilon}{3}$$

Means that when conductor is taken in, battery does work by carrying extra charges to resistor or capacitor which goes through resistor



Answer:  $C = \frac{4C_0}{3}$ ;  $\Delta q = \frac{C_0 \epsilon}{3}$

initially			
$V_1$	$T_1$	$V_2$	$T_2$
$n_1$	$P_1$	$n_2$	$P_2$
finally			
$V_1 + V_2$		$P$	
$T$			

1) AS CONTAINER IS ISOLATED there is NO EXCHANGE SO  $\Delta F=0, Q=0$

$$\frac{3}{2} n_1 R T_1 + \frac{3}{2} n_2 R T_2 = \frac{3}{2} (n_1 + n_2) R T \quad \text{T in K}$$

in fact MOLENUMBER is additive quantity

$$T = \frac{n_1 T_1 + n_2 T_2}{n_1 + n_2} \rightarrow T = \frac{0,2 \cdot (27 + 273) + 0,3 \cdot (27 + 273)}{0,5}$$

$$T = (60 + 84) \cdot 2$$

$\Rightarrow$

$$T = 288 \text{ K} = 15^\circ \text{C}$$

2)  $PV = nRT \rightarrow P = \frac{(n_1 + n_2)RT}{V}$  equilibrium  $\rightarrow P = \text{same everywhere}$

$$P = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}}$$

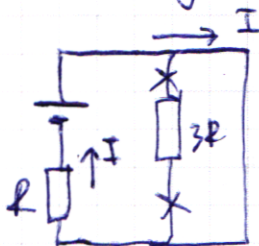
$$P = 1,44 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{Answer: } T = 15^\circ \text{C}; P = 1,44 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

5.

1) When capacitor is uncharged, it works LIKE CLOSED WIRE SO

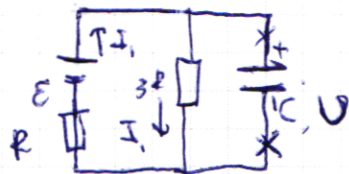
INITIALLY:



since wire has NO RESISTANCE, ALL CURRENT WILL GO THROUGH.

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

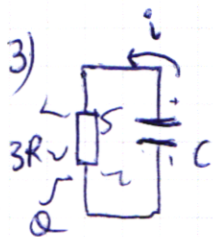
2) When capacitor is full, system is in equilibrium, so it works LIKE OPEN WIRE



$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R + R_1} = \frac{\varepsilon}{4R}$$

AS C IS PARALLEL TO  $R_1$ :

$$U = I_1 \cdot R_1 = \frac{\varepsilon}{4R} \cdot 3R \rightarrow U = \frac{3\varepsilon}{4}$$



After battery is disconnected, capacitor starts to discharge while all its energy goes through  $R_1$ .

$$Q = \frac{EC}{2} = \frac{CU^2}{2}$$

$$Q = C \cdot \frac{9\varepsilon^2}{2 \cdot 16} \Rightarrow Q = \frac{9CE^2}{32}$$

$$\text{Answer: } I = \frac{\varepsilon}{R}; U = \frac{3\varepsilon}{4}; Q = \frac{9CE^2}{32}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

11-008  
ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on a grid background:

- Top left:  $q = \frac{40}{3} - 90$
- Left side:  $E \rightarrow \infty$ ,  $C = \frac{\epsilon_0 A \cdot q}{d \Delta V}$ ,  $0 \times$
- Center:  $E \cdot x + E \cdot \frac{3d-x}{4}$ ,  $\frac{3Ed}{4}$ ,  $\frac{3\epsilon_0}{4}$
- Right side:  $U=0$ ,  $F_i = F_t$ ,  $F=0$ ,  $E=0$
- Bottom center:  $V = Fd = \frac{\epsilon_0 \cdot 3d}{4}$ ,  $\frac{4\epsilon_0 A}{3d}$
- Bottom right:  $C = \frac{4\epsilon_0}{3}$
- Far right:  $383$ ,  $1442$ ,  $0.5 \cdot 255$

Handwritten numbers and scribbles at the bottom of the page:

- $144 \cdot 10^3$
- $288 \cdot 93$
- $0.2 \cdot 7 = 4$
- $84$
- $144$
- $2$
- $288$
- $243$
- $15$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)