

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

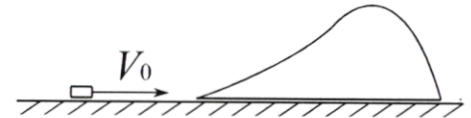
9-26

(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.

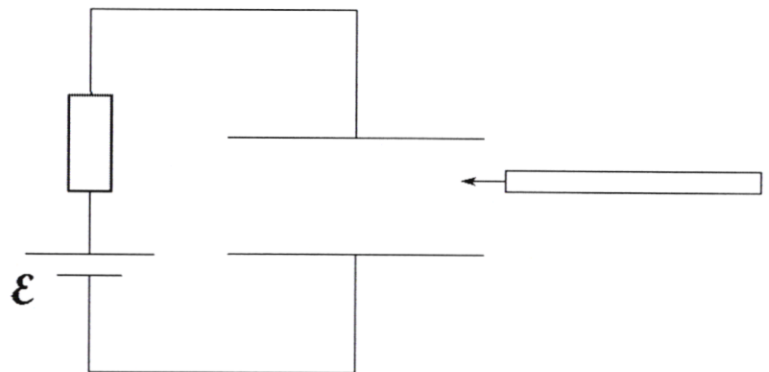


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

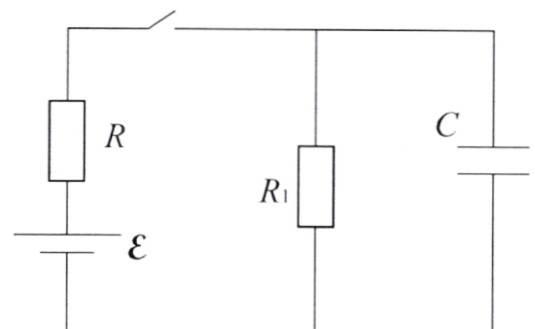
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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

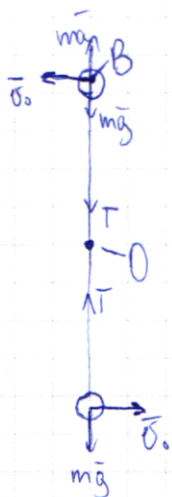


- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задача 1



O - центр вращения.

B - верхняя точка траектории движ. по окружн.

Решение:

Для того, чтобы шарик сделал полный оборот в вертикальной плоскости, он должен пройти точку B на минимальной скорости (миним. по условию), а сила тяжести должна уравнове-

сильнее, для этого  $|a| = |g|$

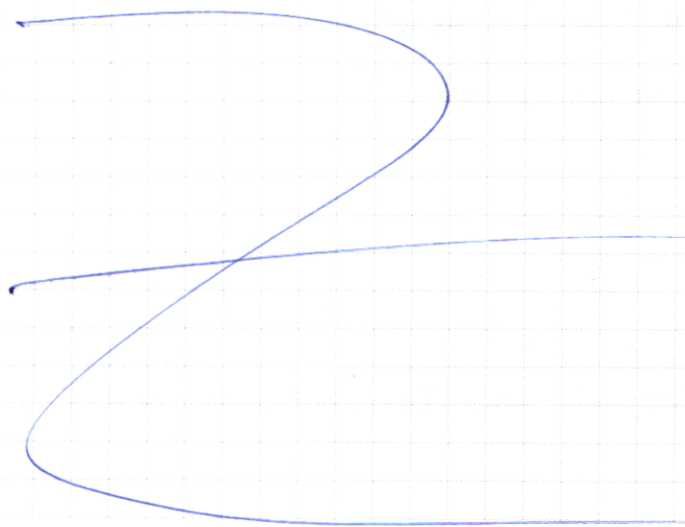
$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$a = g$$

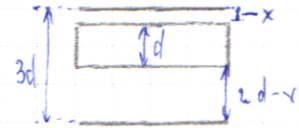
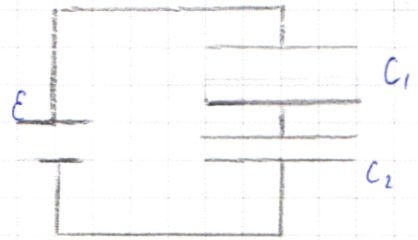
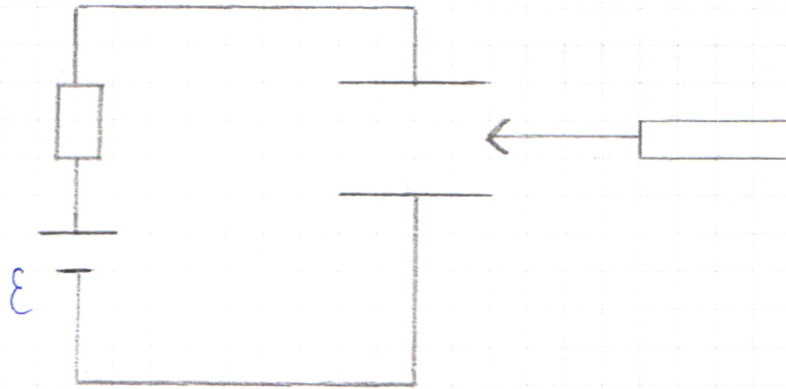
$$g = \frac{v^2}{R}$$

$$v = \sqrt{gR} = \sqrt{10 \times 0,18} = \sqrt{1,8} \approx 1,34 \text{ м/с}$$

Ответ: 1,34 м/с



## Задача 4



$$3d = d + x + (2d - x) \quad \text{— верно}$$

Решение:

- 1) Когда мы внесем пластину параллельно обкладкам конденсатора, т.к. пластинка проводящая, получим систему из двух последовательно соединенных конденсаторов; пусть расстояние от первой обкладки до пластины =  $x$ , от второй обкладки до пластины =  $(2d - x)$ , т.к. расстояние между пластинами конденсатора =  $3d$ , толщина незаряженной пластины =  $d$ .

Запишем начальную емкость конденсатора (до ввода пластины):

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

Далее запишем емкости двух конденсаторов, но образованных после внесения между ними провод. пластины (с учетом того, что форма пластины и обкладок одинаковы):

$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d - x}$$

Т.к. они соединены последоват., получим новую емкость  $C_n$ :



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$C_H^{-1} = C_1^{-1} + C_2^{-1}$$

$$C_H = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x} \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d-x}}{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d-x}} = \frac{\frac{(\epsilon \epsilon_0 S)^2}{x(2d-x)}}{\frac{\epsilon \epsilon_0 S(x+2d-x)}{x(2d-x)}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d}$$

Получили  $C_H = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d} = \frac{3}{2} \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{3d} = \frac{3}{2} C_0 = 1,5 C_0$

2)  $\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = C_H \cdot E - C_0 \cdot E = 0,5 C_0 E$

Ответ: 1)  $1,5 C_0$ ; 2)  $0,5 C_0 E$

Задача 3

1)  $P_{\text{общ}} = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{V_{\text{общ}}} = \frac{V_1 R T_1 + V_2 R T_2}{V_{\text{общ}}} \quad (\text{по ф-ле Менг. - Клапейр. } PV = \nu RT) =$

$$= \frac{R (V_1 T_1 + V_2 T_2)}{V_{\text{общ}}} = \frac{8,31 (0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280)}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{(40 + 112) \cdot 10^3}{1} =$$

$$= 152 \cdot 10^3 (\text{Па}) = 152 (\text{кПа})$$

2)  $T_{\text{конечная}} = \frac{P_{\text{общ}} \cdot V_{\text{общ}}}{(V_1 + V_2) \cdot R} \quad \text{т.к.} \quad T_{\text{конечная}} (V_1 + V_2) R = P_{\text{общ}} \cdot V_{\text{общ}}$

$$T_{\text{конечная}} = \frac{152 \cdot 10^3 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3}}{(0,1 + 0,4) \cdot 8,31} = \frac{152}{0,5} = 304 (\text{К}) = 304 - 273 = 31^\circ \text{C}$$

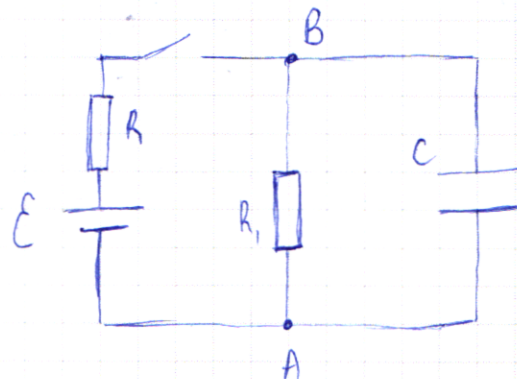
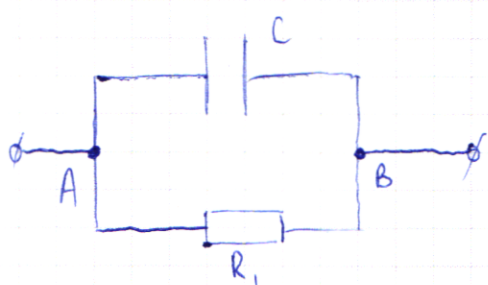
Ответ: 1)  $152 \text{ кПа}$  ( $152 \cdot 10^3 \text{ Па}$ ); 2)  $31^\circ \text{C}$

## Задача 5

1) П.к. - сразу ток в момент замыкания ключа, то  $t \rightarrow 0$ , и:

$$j = \frac{\mathcal{E}}{R+R_1} + \frac{j \cdot t}{C} = \frac{\mathcal{E}}{R+R_1} = \frac{\mathcal{E}}{R+4R} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

2) При замыкании ключа, резистор  $R_1$  и конденсатор будут подключены ~~последовательно~~ параллельно:



A, B - точки, топологичные преобраз. цепь (для удобства)

Тогда напряжение  $U$  на резисторе  $R_1$  и на конденсаторе будут одинаковы.

~~$$U = I \cdot R_1$$~~

$$U_{\text{конденс.}} = U_{R_1} = I_{R_1} \cdot R_1 = \frac{\mathcal{E}}{5R} \cdot 4R = 0,8\mathcal{E}$$

3) Энергия конденсатора равна выделенной в этой цепи теплоте:

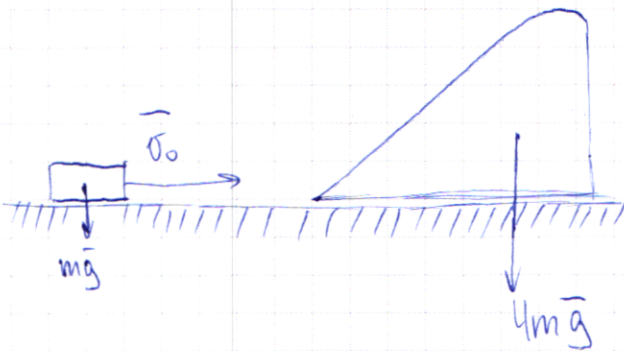
$$\frac{CU^2}{2} = Q$$

$$Q = \frac{C \cdot (0,8\mathcal{E})^2}{2} = 0,32 \mathcal{E}^2 C$$

Ответ: 1)  $\frac{\mathcal{E}}{5R}$ ; 2)  $0,8\mathcal{E}$ ; 3)  $0,32 \mathcal{E}^2 C$ .

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задача 2



П.к. горка не закреплена,  
то при «въезде» монеты на  
горку, она тоже будет двигаться.

Силы трения между монетой и горкой нет, значит при подходе  
на горку монета останется и съедет с горки из-за силы  
тяжести.

Чтобы найти скорость горки, рассмотрим ситуацию, когда  
монетка заехала на неё и остановилась:

$$m v_0 = (M+m) u$$

$$u = \frac{m v_0}{M+m} = \frac{m v_0}{5m} = 0,2 v_0$$

П.е. монетка съедет с горки со скоростью  $v_1 = 0,6 v_0$

$$\frac{m v_1^2}{2} = m g h$$

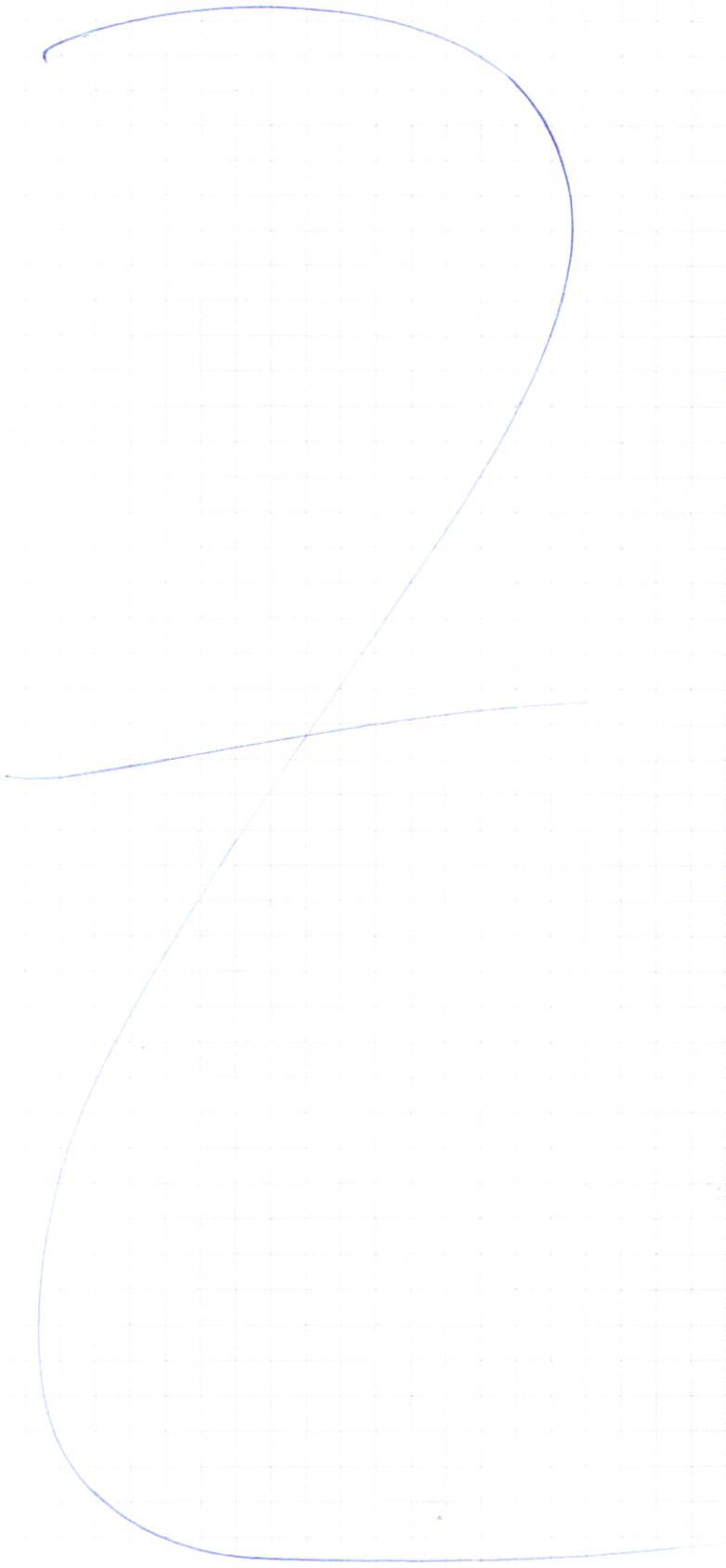
$$h = \frac{v_1^2}{2g} = \frac{0,36 v_0^2}{2g} = 0,18 v_0^2$$

$$m v_1^2 = 2 m g h$$

$$v_1^2 = 2 g h$$

Ответ: 2)  $0,2 v_0$ ; 1)  $0,18 v_0^2$





черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

$$a = \frac{v^2}{R} = g$$

$$v = \sqrt{gR} = \sqrt{10 \cdot 0,18} = \sqrt{1,8} \approx 1,34 \text{ м/с}$$

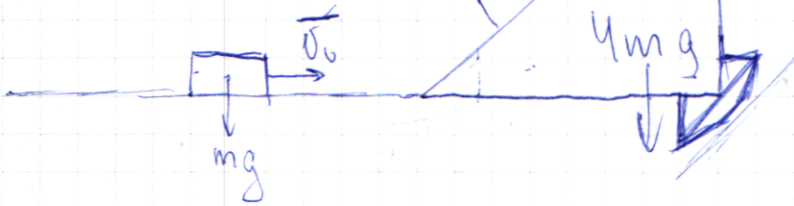
$$\begin{array}{r} \times 1,35 \\ 1,35 \\ 405 \\ 135 \\ \hline 18225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,34 \\ 1,34 \\ 402 \\ 134 \\ \hline 1,7956 \end{array}$$

$\approx 1,34 \text{ м/с}$

Задача 2

~~$m v_0^2 = 2mgh$~~   
 ~~$m v_0^2 = 4mgh$~~   
 ~~$v_0 = \sqrt{4gh} = 2\sqrt{gh}$~~



1000 мм/т

44 м/с =

44 м/с

$0,044 \cdot 3600 =$

$36 \cdot 4,4 =$

$$\begin{array}{r} \times 36 \\ 144 \\ \hline 1584 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 144 \\ 144 \\ \hline 158,4 \end{array}$$

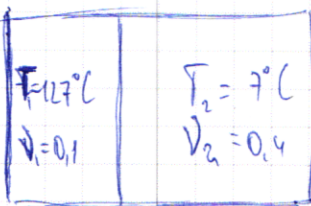
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$C U^2 = Q$$

$$V_1 = \frac{\nu R T_1 \cdot V_0}{\nu R T_1 + \nu R T_2}$$

V



$$P_1 = P_2 = \frac{\nu R T_1 + \nu R T_2}{V_0}$$

$$P_1 = P_2$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_1 = \frac{\nu R T_1}{V_1}$$

$$V_1 = \frac{\nu R T_1}{P_1}$$

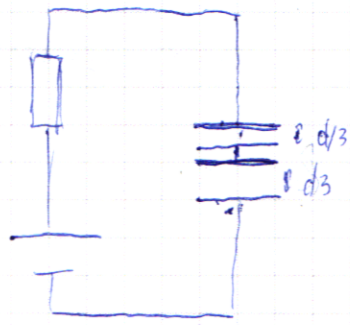
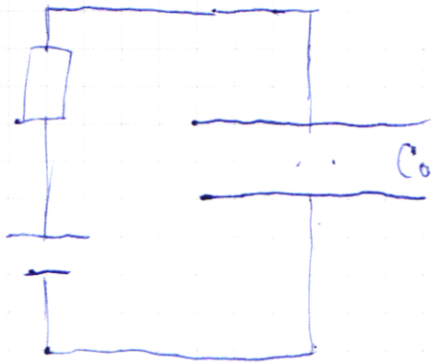
$$V_2 = \frac{\nu R T_2}{P_2}$$

$$P_2 = \nu$$

$$V_0 = \frac{\nu R T_1 + \nu R T_2}{P_1}$$

$$\frac{\nu R T_1}{P_1} + \frac{\nu R T_2}{P_2} = V_0$$

# Задача 4



концы  $C_1, C_2$



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

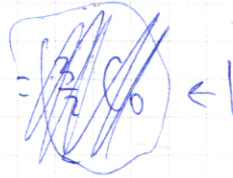
$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d/3}$$

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

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

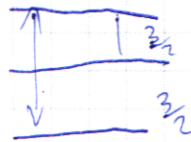
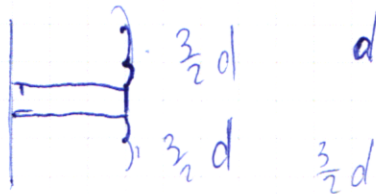
$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$C_{\text{одн}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3\epsilon \epsilon_0 S}{2d}$$



$$C_H = \frac{C_1}{2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d}$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{3d} = \frac{3}{2} C_0$$



$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{4d}$$

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

$$C_{\text{одн}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{3d} = \frac{1}{3} C_0$$

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

$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{3}{2}d} = \frac{2\epsilon \epsilon_0 S}{3d}$$

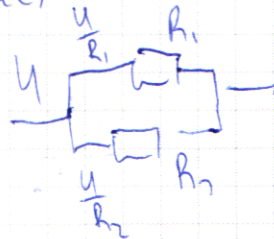
$$C_1 = C_2 = \frac{2\epsilon \epsilon_0 S}{3d}$$

$$q = \frac{U}{C} = \frac{\epsilon}{C}$$

$$\sqrt{4 \cdot 10^8} \approx$$

$$I = \frac{U}{R_1}$$

$$I = \frac{U}{R_2}$$



$$C_H = \frac{C_1^2}{2C_1} = \frac{C_1}{2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{3d} = \frac{1}{3} C_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4

$$q_1 = \epsilon \cdot C_0$$

$$q_2 = \epsilon \cdot \frac{3}{2} C_0$$

$$C_H = \frac{3}{2} C_0$$

$$CU^2 = Q$$

$$\textcircled{2} \Delta q = q_2 - q_1 = \frac{1}{2} C_0 \cdot \epsilon$$

$$Q = C \cdot 0,64 \epsilon_n =$$

$$= 0,64 \epsilon C$$

Задача 5

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



$$1) I = \frac{\mathcal{E}}{R + 4R} + \frac{I \cdot \mathcal{E}}{c} \stackrel{t \rightarrow 0}{=} \frac{\mathcal{E}}{5R}$$

$$2) U = I \cdot R_1 = I \cdot 4R = \frac{\mathcal{E}}{5R} \cdot 4R = \frac{4\mathcal{E}}{5} = 0,8\mathcal{E}$$

$$3) U_R \parallel R_1 \parallel C \Rightarrow U_{R_1} = U_C = 0,8\mathcal{E}$$

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

$$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d-x}$$

$$C_H = \frac{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d-x} \cdot \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x}}{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2d-x} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{x}} =$$

$$= \frac{(\epsilon \epsilon_0 S)^2}{x(2d-x)} =$$

$$\frac{\epsilon \epsilon_0 S (2d)}{x(2d-x)} =$$

$$= \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{2}$$





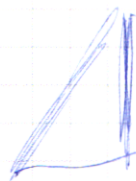
$$\frac{mv^2}{2} = mgh$$

$$mv^2 = 2mgh = 4mgR$$

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

$$127^\circ\text{C} = 127 + 273 = 400$$

$$v = 0,2v^0$$



$$4 \times 28 = 80 + 32 = 112$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh$$

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

$$h =$$

$$mv_0 = (M+m)v$$

$$M = \frac{mv_0}{M+m} = \frac{m}{5m} v_0 = 0,2 v_0$$

