

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

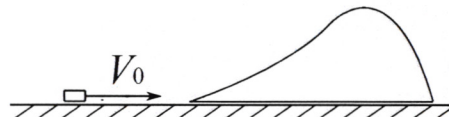
1-022

(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.

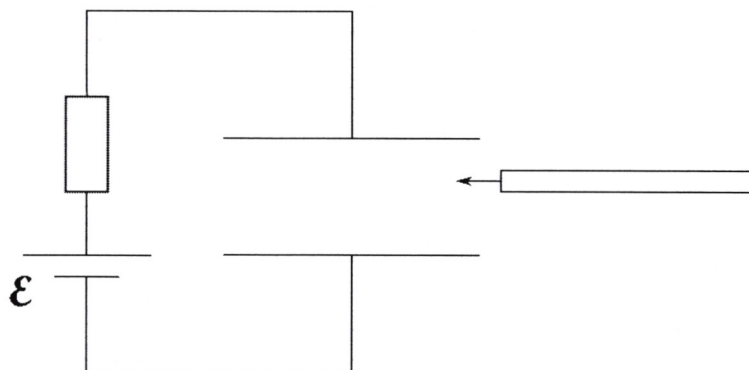


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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°C в количестве $\nu_1 = 0,2$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°C в количестве $\nu_2 = 0,3$ моль. Перегородка прорывается.

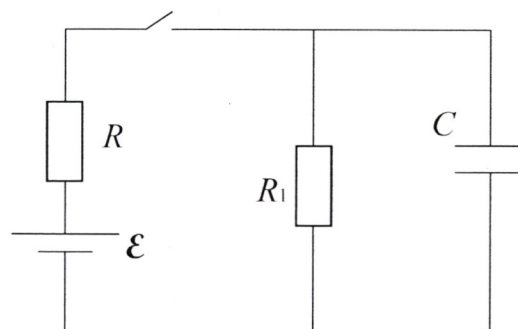
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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?

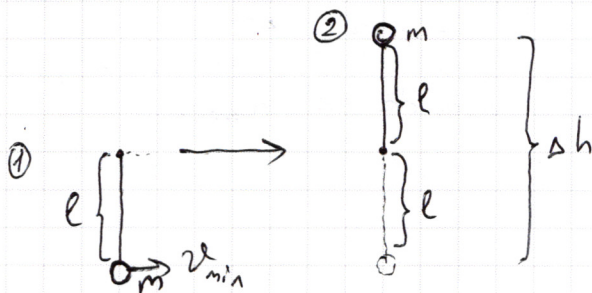
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1.

Дано: $l = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Найти: v_{\min} - ?

Решение:



По 3.С.7.

$$\frac{mv_{\min}^2}{2} = mgl \cdot \Delta h \quad (\Rightarrow) \quad v_{\min}^2 = 2g\Delta h, \quad \text{где } \Delta h = l + l = 2l. \quad (\Leftarrow)$$

$$(\Rightarrow) \quad v_{\min}^2 = 4gl \quad (\Leftarrow) \quad \cancel{4gl} \quad v_{\min} = 2\sqrt{gl} \quad (\Leftarrow) \quad v_{\min} = 2\sqrt{5} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Ответ: $v_{\min} = 2\sqrt{5} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$

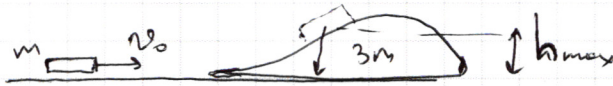
Задача №2.

Дано: m, v_0

Найти: 1) h - ?

2) v' - ?

Решение:



1) по З.С.У.

$$m v_0 = (m + 3m) v \Leftrightarrow v = \frac{v_0}{4}, \text{ где } v - \text{ скорость шарки с} \\ \text{максимум в моменте когда} \\ \text{шарка на } h_{\max}.$$

по З.С.Э.

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g h_{\max} + \frac{m v^2}{2} + \frac{3m v^2}{2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v_0^2 = 2g h_{\max} + 4v^2 \Leftrightarrow 2g h_{\max} = v_0^2 - 4v^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 2g h_{\max} = v_0^2 - \frac{v_0^2}{4} = \frac{3v_0^2}{4} \Leftrightarrow h_{\max} = \frac{3v_0^2}{8g}$$

2)



$$v_1^2 = 2g h_{\max} \Leftrightarrow v_1 = \sqrt{2g \cdot \frac{3v_0^2}{8g}} \Leftrightarrow v_1 = v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$v = v + v_1 = v_0 \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{v_0}{4} \Leftrightarrow v_0 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{4} \right) = v_0 \left(\frac{2\sqrt{3} + 1}{4} \right) =$$

$$= \frac{v_0}{4} (2\sqrt{3} + 1)$$

Ответы: 1) $\frac{3v_0^2}{8g}$; 2) $v_0 \frac{2\sqrt{3} + 1}{4}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №3.

Дано: $V_0 = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, $i = 3$, т.к. газы одноатомный

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ К}, \quad \nu_1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$T_2 = 7^\circ\text{C} = 280 \text{ К}, \quad \nu_2 = 0,3 \text{ моль}$$

Найти: 1) $T_{\text{уст}}$ - ?

2) p - ?

$$300 \cdot \frac{2}{10^5} = \frac{300}{5} = 60$$

$$280 \cdot \frac{3}{10} = 28 \cdot 3 = 84$$

Решение:

ν_1, T_1, V_1	ν_2, T_2, V_2
-------------------	-------------------

$$V_1 + V_2 = V_0$$

$$\nu_1 + \nu_2 = \nu_0$$

$$1) U_1 + U_2 = U_0 \Leftrightarrow \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T_{\text{уст}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = (\nu_1 + \nu_2) T_{\text{уст}} \Leftrightarrow T_{\text{уст}} = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,2 + 0,3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow T_{\text{уст}} = \frac{60 + 84}{0,5} = 2(60 + 84) = 2 \cdot 144 = 288 \text{ К}. \quad \Leftrightarrow T_{\text{уст}} = (288 - 27)^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C}.$$

$$2) p V_0 = \nu_0 R T_{\text{уст}} \Leftrightarrow p = \frac{\nu_0 R T_{\text{уст}}}{V_0} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T_{\text{уст}}}{V_0} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot (15 + 273)}{8,31 \cdot 10^{-3}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow p = \frac{1}{2} \cdot 288 \cdot 10^3 = 144 \cdot 10^3 = 1,44 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Ответы: 1) 15°C , 2) $1,44 \cdot 10^5 \text{ Па}$

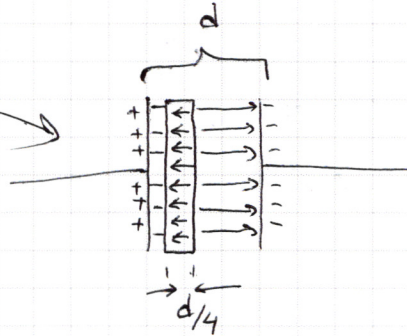
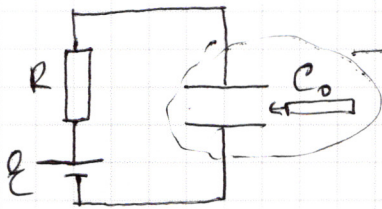
Задача 4.

Дано: C_0, ϵ, d

Найти: 1) $C - ?$

2) $\Delta q - ?$

Решение:



1) Т.к. пластинка проводящая, то можно рассматривать конденсатор как обычный, но с меньшим расстоянием между обкладками.

Сл-но.

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d} ; C = \frac{\epsilon_0 S}{\left(\frac{3d}{4} - \frac{d}{4}\right)} \Rightarrow C = \frac{4\epsilon_0 S}{3d} = \frac{4}{3} C_0.$$

2) После D_0 того как поставили пластинку заряд был $q_0 = C_0 U$, а после заряд на конденсаторе стал $q = CU$, где $U = \epsilon$, т.к. ток по цепи не течет.

$$\text{Т.о. } \Delta q = q - q_0 = C\epsilon - C_0\epsilon = \epsilon \left(\frac{4}{3} C_0 - C_0 \right) = \frac{C_0 \epsilon}{3}.$$

Ответы: 1) $\frac{4}{3} C_0$; 2) $\frac{C_0 \epsilon}{3}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №5

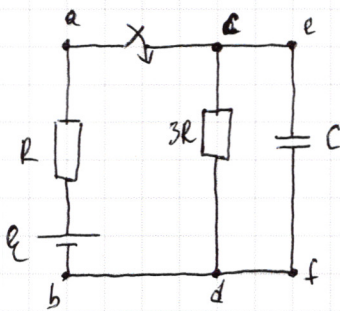
Дано: \mathcal{E}, C, R

Найти: 1) I_0 - ?

2) U_C - ?

3) Q - ?

Решение:



1) Сразу после замыкания ключа, ток не потечет по цепи e-d, т.к. конденсатор ещё не заряжен в $t=0$.
Ск-но $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}$.

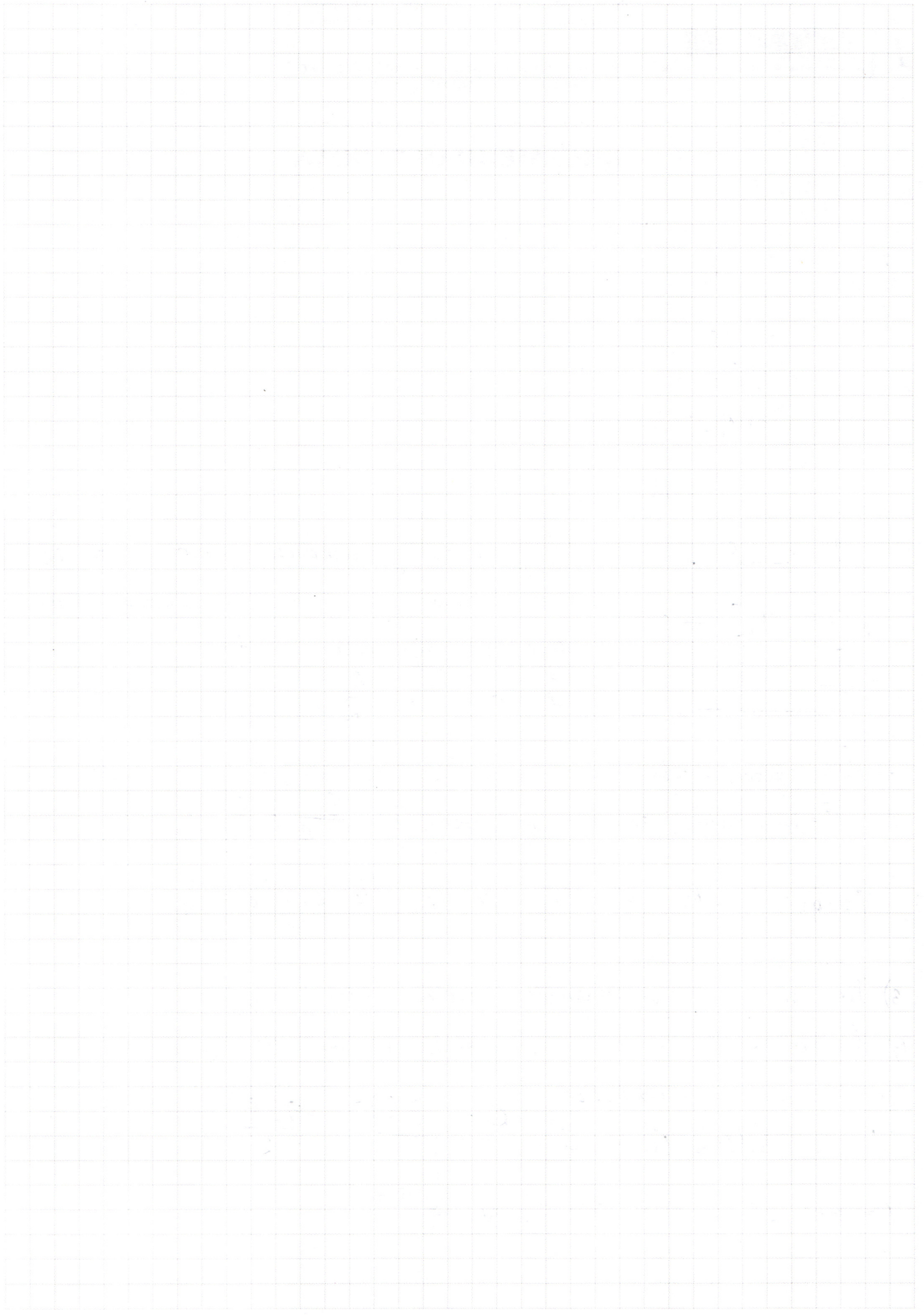
2) После установившегося режима ток по e-f, не будет течь т.к. C-заряжен, ск-но тут уже $I = \frac{\mathcal{E}}{3R+R} = \frac{\mathcal{E}}{4R}$.

$$\varphi_a - \varphi_b = \mathcal{E} - IR = \varphi_c - \varphi_d = \varphi_e - \varphi_f = U_C \Leftrightarrow U_C = \frac{3\mathcal{E}}{4}$$

3) Т.к. после размыкания ключа вся энергия конденсатора превратится в тепло (из-за $3R$), то можно записать закон сохранения энергии.

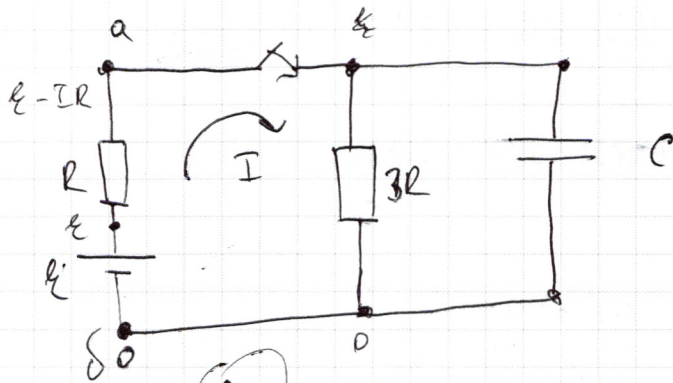
$$\text{т.е. } \frac{CU_C^2}{2} = Q \Leftrightarrow Q = \frac{\mathcal{E} \cdot \left(\frac{3\mathcal{E}}{4}\right)^2}{2} = \frac{9C\mathcal{E}^2}{32}$$

Ответы: 1) $\frac{\mathcal{E}}{R}$; 2) $\frac{3\mathcal{E}}{4}$; 3) $\frac{9C\mathcal{E}^2}{32}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 6
(Нумеровать только чистовики)



$$I_0 = \frac{\epsilon}{3R + R} = \frac{\epsilon}{4R}$$

$$\epsilon - IR = \epsilon - \frac{\epsilon}{4} = \frac{3\epsilon}{4}$$

$$\frac{CU^2}{2} = Q = \frac{C \left(\frac{3\epsilon}{4}\right)^2}{2} = \frac{9CE}{32}$$

$$I \cdot 3R = \frac{\epsilon}{4} \cdot 3$$

$$C = \frac{Q}{U} \quad CU = Q$$

$$C \frac{dU}{dt} = \frac{dQ}{dt}$$

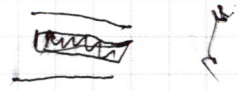
$$C \frac{dU}{dt} = I$$

$$dQ = I^2(t) R dt$$

$$RC \frac{dU}{dt} = U \quad \Rightarrow \quad \int_{U_0}^U \frac{dU}{U} = \int \frac{1}{RC} dt$$

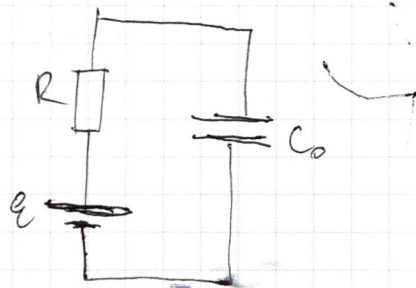
$$U = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

~~$$U^2 = U_0^2 \cdot e^{-\frac{2t}{RC}}$$~~



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

$$C = \frac{4}{3} C_0$$



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

$$q = CU$$

$$C = C_1 + C_2 = \frac{4\epsilon_0 S}{d} + \frac{\epsilon_0 S}{3d}$$

$$Q_0 = C_0 U$$

$$q = CU = \frac{4}{3} C_0 U$$

$$\Delta q = q - Q_0 = \frac{4\epsilon_0 U_0 S}{3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$m v_0 = 4 m v$
 $v = \frac{v_0}{4}$
 $\frac{13 v_0^2}{32 g} = h$
 $\frac{m v_0^2}{2} - 3 \frac{m v^2}{2} = m g h$
 $v_0^2 - 3 \frac{v_0^2}{16} = 2 g h$
 $\frac{13 v_0^2}{16} = 2 g h$
 $\frac{m v^2}{2} = m g \cdot 2R$
 $v^2 = 4 g R \Leftrightarrow v = 2 \sqrt{g R}$

$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

T_1	T_2
ν_1	ν_2

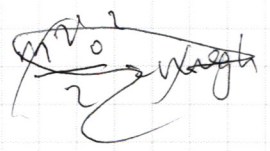
$p_1 \nu_1 = \nu_1 R T_1$

$p_2 \nu_2 = \nu_2 R T_2$

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

$p V = (\nu_1 + \nu_2) R T \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow p = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T}{V}$



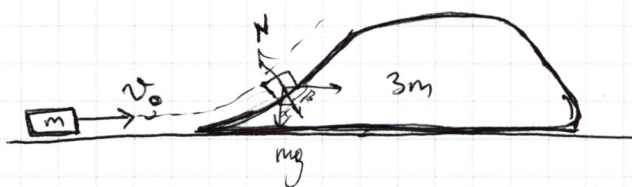
$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{(3m + m) v^2}{2}$

$m v_0^2 = 4 m v^2$

$m v_0 = 4 m v$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m v_0 = 3m$$



$$mg \cos \beta = mg$$

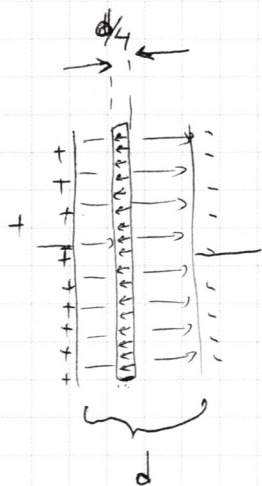
$$m v_0 = 3m v$$

$$v = \frac{v_0}{3}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} - \frac{3m v^2}{2} = mgh$$

$$E \cdot d = U = \frac{q}{\epsilon} \frac{q v_0^2}{3} = mgh$$

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



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

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d/4} + \frac{\epsilon_0 S}{3d/4}$$

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

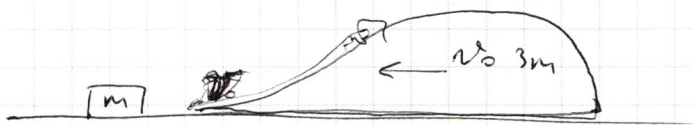
$$\frac{16 \epsilon_0 S}{d} + \frac{4 \epsilon_0 S}{3d}$$

$$\frac{16 \epsilon_0 S}{3d}$$



$$\frac{m v_0^2}{2} = mgh + \frac{4m(v_0)}{2}$$

$$m v_0^2 = 4m v_0$$



$$\frac{v_0^2}{2g}$$