

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

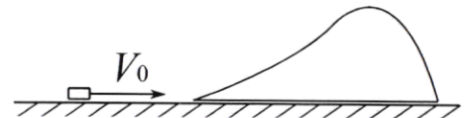
9-25

(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.

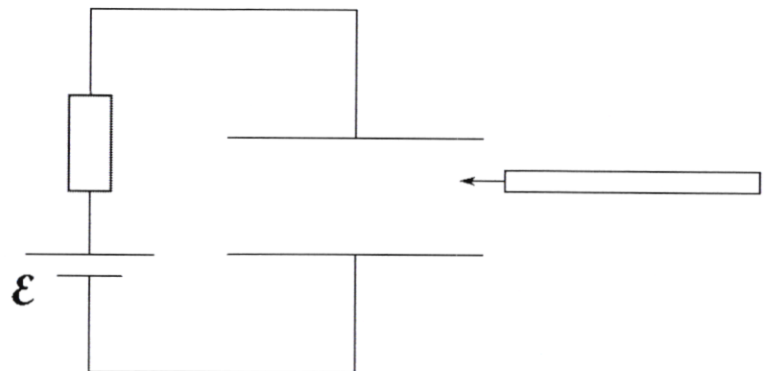


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

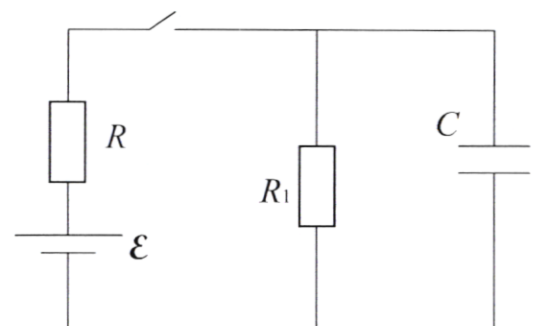
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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?

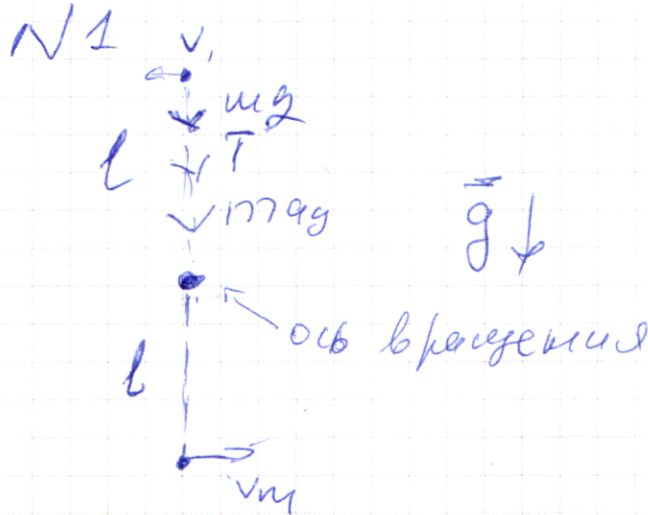
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$l = 0,5 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_m = ?$$



Для того, чтобы шарик сов. соверш. оборот, сила натяжения имеет в верхн. точке значения $\geq mg$. Тогда шарик должен быть невесомым. Составим и решим сл. систему:

$$T = ma_y - mg \text{ - следует из II ЗН}$$

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

$$R = l$$

$$2 \cdot 2gl = v_m^2 - v^2 \text{ - следует из ЗСЭ}$$

$$T > 0 \text{ - условие неотрывности шарика}$$

$$\frac{v^2}{l} > g$$

$$v_m^2 > 5gl$$

$$v^2 = v_m^2 - 4gl$$

$$v_m > \sqrt{5gl}$$

$$v_m = \sqrt{5gl} \text{ - пр. случай!}$$

Скорость!

Диаметр: $v_m = \sqrt{v g L} = 5 \frac{cm}{c}$.

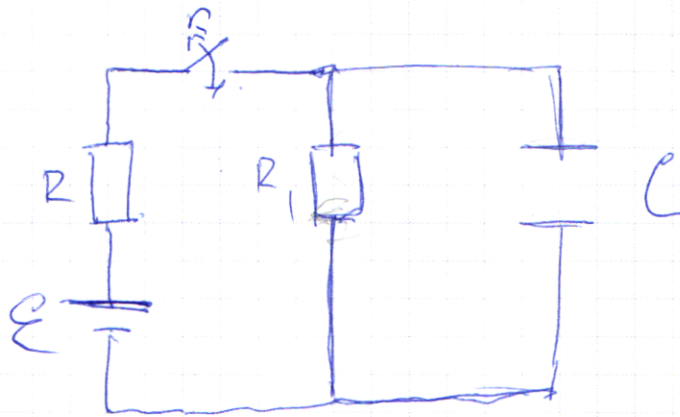
Задача 5

Дано:

$R, R_1 = 3R,$

C, E

K - ключ



1) Ток $2/3$ час. сразу после замыкания K - ?

2) Устан. велич. тока R - ?

3) В-во генератора, выд. после размык. K - ?

1) Сразу после замыкания ключа ток идет $2/3$ R и C и E . Через R_1 тока (вместане) нету.

Определим ток I_E :

$$I_E = \frac{E}{R}$$

2) Стационные величины:

$$\begin{cases} U_C = U_{R_1} \\ U_{R_1} = \frac{R_1}{R+R_1} \cdot E \end{cases} \quad U_C = \frac{R_1}{R+R_1} E = \frac{3}{4} E$$

3) После послед. размыкания ключа велич. тока R_1 выданный генератор, равная зап. энергии C :

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q = W_c$$

$$W_c = \frac{C U_c^2}{2}$$

$$Q = \frac{C \cdot \left(\frac{3}{4} \mathcal{E}\right)^2}{2} = \frac{9}{32} C \mathcal{E}^2$$

Решение: 1). $I_{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}}{R}$

2). $U_c = \frac{R_1}{R_1 + R} \mathcal{E} = \frac{3}{4} \mathcal{E}$

3). $Q = W_c = \frac{\mathcal{E} U_c^2}{2} = \frac{9}{32} C \mathcal{E}^2$

Вариант W3.

Дано:

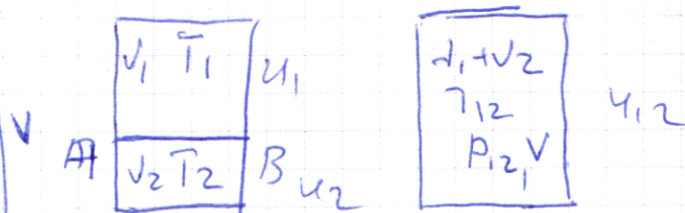
$$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T_1 = (27 + 273) \text{ К}$$

$$T_2 = (7 + 273) \text{ К}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ м}^3$$

$$V_2 = 0,3 \text{ м}^3$$



$$1). \begin{cases} p_1 V_1 = \frac{i}{2} V_1 R T_1 \\ p_2 V_2 = \frac{i}{2} V_2 R T_2 \\ p_{12} V_{12} = (p_1 V_1 + p_2 V_2) \end{cases}$$

$p_{12} V_{12} = p_1 V_1 + p_2 V_2$ — т.к. газы изомер.

$$p_{12} V_{12} = \frac{i}{2} (V_1 + V_2) R T_{12}$$

$$\frac{i}{2} R (V_1 T_1 + V_2 T_2) = \frac{i}{2} (V_1 + V_2) R T_{12}$$

$$T_{12} = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2} = 288 \text{ К}$$

$$21. U_{12} = \frac{2}{2} P_{12} \cdot V$$

$$U_{12} = \frac{2}{2} \sqrt{P_{12}}$$

$$21. (V_1 + V_2) R \bar{T}_{12} = P_{12} \cdot V$$

$$P_{12} = \frac{(V_1 + V_2) R \cdot \bar{T}_{12}}{V} = \left[\frac{R}{V} (V_1 \bar{T}_1 + V_2 \bar{T}_2) \right] =$$

$$= \frac{8,31}{8,31 \cdot 10^{-3}} \cdot (0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280) \text{ Па} = \underline{144 \text{ кПа}}$$

Ответ: 1) $\bar{T}_{12} = \frac{V_1 \bar{T}_1 + V_2 \bar{T}_2}{v_1 + v_2} = 288 \text{ К}$

2) $P_{12} = \frac{R}{V} (V_1 \bar{T}_1 + V_2 \bar{T}_2) = 144 \cdot 10^3 \text{ Па} = 144 \text{ кПа}$

Задача №4

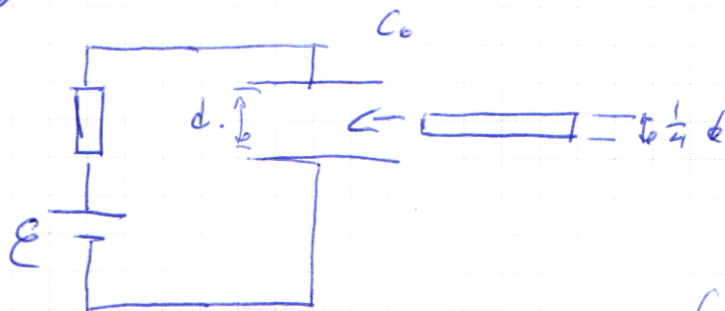
Дано:

C_0, ϵ

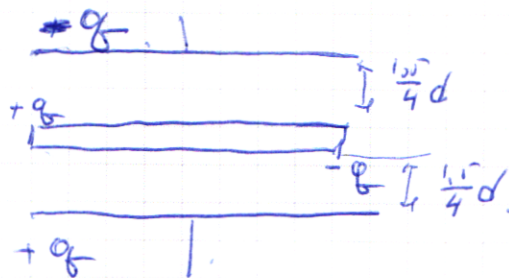
$\text{диэ.} = \frac{1}{4} d$

1) $C - ?$

2) $q(A) - ?$



Рассмотрим конденсатор с введенной только этой частью диэлектрика:



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Д. в. массама внаеме (до внаеме) не дбаи
зарешена, а поше выдурн и роводнее отени
виед, но массамаи кондектанама чнд.
на ков-стех массамаи, лан удеуамаи
рисуе.

Заменяем конденсатор с массой
на два соед. послед. д-ра, расстояние меж
облаками у д-рык буде в $\frac{4}{3}$ раза короче,
чем у C_0 . Т.к. $C \sim \frac{1}{d}$, то пусть C состоит
одного из них, то $\frac{1}{C} = \frac{1,5}{4C_0} + \frac{1,5}{4C_0} = \frac{3}{4C_0}$.

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

21. Сила, но в момент введее дба
усб. рени:

Т.к. резистор и мощность соед. паралл,
но $2/3$ и рени, и д-к ифронтал рас
не заред.

Если у C_0 во введее не дбаи зееи
 $C_0 E$, но у C уже дбаи зееи $\frac{4}{3} C_0 E$.

$$\text{т.о. } \Delta Q_C = \frac{1}{3} C_0 E.$$

Ответы:

1). $C = \frac{4}{3} C_0$

2). $q(R) = \Delta q_c = \frac{4}{3} C_0 \varepsilon - C_0 \varepsilon = \frac{C_0 \varepsilon}{3}$.

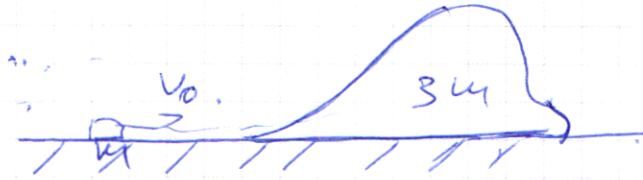
Задача №2

Дано:

$v_0, \text{ м, } 3 \text{ м}$

1). высота?

2). скорость?



1). Тирольский выстрел вращается от земли до высоты h м.

Ровно m поднимается на высоту, скорость в начале и конце будет равна v_0 м/с. Заметь! Тогда замечь 3 м и 3 с где v_0 м/с. (можно рассуждать как абс. инерц. сист.)

$$\begin{cases} m v_0 = 4 \text{ м/с} \\ \frac{m v_0^2}{2} = E = \frac{4 \text{ м/с}^2}{2} \\ E = m g h \end{cases}$$

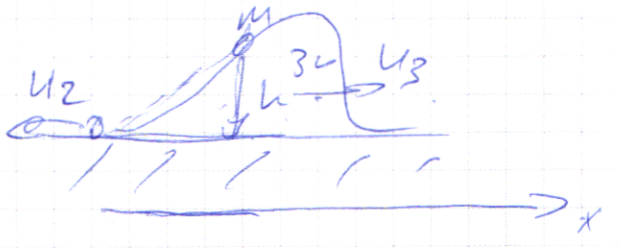
$$\begin{cases} E = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_0^2}{8} \\ E = m g h \end{cases}$$

$$\begin{cases} g h = \frac{3}{8} v_0^2 \\ h = \frac{3 v_0^2}{8 g} \end{cases}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

21. Плотность утес изв. $h_m = \frac{3}{8} \frac{v_0^2}{g}$
 $u_1 = \frac{1}{4} v_0$

рассчитать время от момента separation до
момента свезда:



$$\begin{cases} 4mu_1 = 3mu_3 - mu_2 \\ 4mu_1 = mv_0 \\ \frac{4mu_1^2}{2} = \frac{mu_2^2}{2} + \frac{3mu_3^2}{2} - mgh_m \end{cases}$$

$$u_3 = \frac{4u_1 + u_2}{3} = \frac{v_0 + u_2}{3}$$

$$\frac{mv_0^2}{8} = \frac{mu_2^2}{2} + \frac{3m(v_0 + u_2)^2}{2 \cdot 9} - mgh_m$$

После необходимых алг. преобразов.,
получаем след. св.ур.

$$2u_2^2 - u_0 u_2 - u_0^2 = 0$$

$$\begin{cases} u_2 = u_0 & (1) \\ u_2 = -\frac{1}{2}u_0 & (2) \end{cases}$$

Если сравним (2), то всегда с горки
едут в том же направлении.
Значит, сила (1).

$$\underline{u_2 = u_0}$$

Видно! 1). $k = \frac{3}{8} \frac{v_0^2}{g}$.

2). $u_2 = u_0$ (или). Значит.

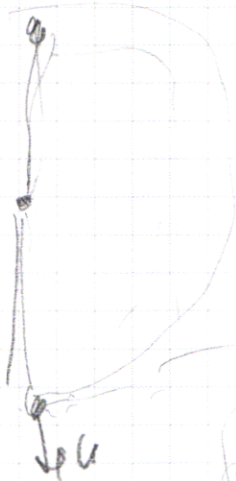
т. е. объект съезжает с горы тем же направлением,
но быстрее, чем в одн. направлении.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1

Дано:
 $l = 0,5 \text{ м.}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

$v_{\text{min}} = ?$



1.

~~1.~~



$$v_{\text{min}} = \frac{v_{\text{max}}}{2} = \frac{v_{\text{max}}}{2}$$

$$v_{\text{max}} = \frac{v_{\text{min}}}{2} = \frac{v_{\text{min}}}{2}$$

$$0 = \frac{v_{\text{min}}}{2} - \frac{v_{\text{min}}}{2} - \frac{v_{\text{min}}}{2}$$

$$0 = \frac{v_{\text{min}}}{2} - \frac{v_{\text{min}}}{2} - \frac{v_{\text{min}}}{2}$$

$$\frac{v_{\text{min}}}{2} - \frac{v_{\text{min}}}{2} = \frac{v_{\text{min}}}{2}$$

ЗСЭП:

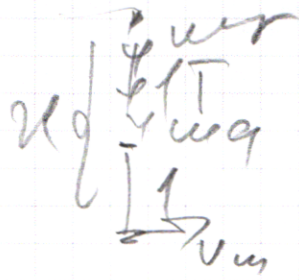
$$\frac{mv_{\text{min}}^2}{2} - mgl = \frac{mv^2}{2} + mgl$$

$$m \frac{v^2}{2} - mgl > 0$$

$$mgl = \frac{mv^2 - v_{\text{min}}^2}{2}$$

$$\frac{v_{\text{max}}^2}{2} + \frac{v_{\text{min}}^2}{2} = \frac{v_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{v_{\text{max}}^2}{2} - \frac{v_{\text{min}}^2}{2} = \frac{v_{\text{max}}^2}{2}$$



$$T = mg - mg$$

$$T > 0$$

$$a_y = \frac{v^2}{r}$$

$$\frac{mv^2}{r} = mg - mg = mg + \frac{mv^2}{r}$$

$$4gl = v_m^2 - v^2$$

$$\frac{v^2}{r} > g$$

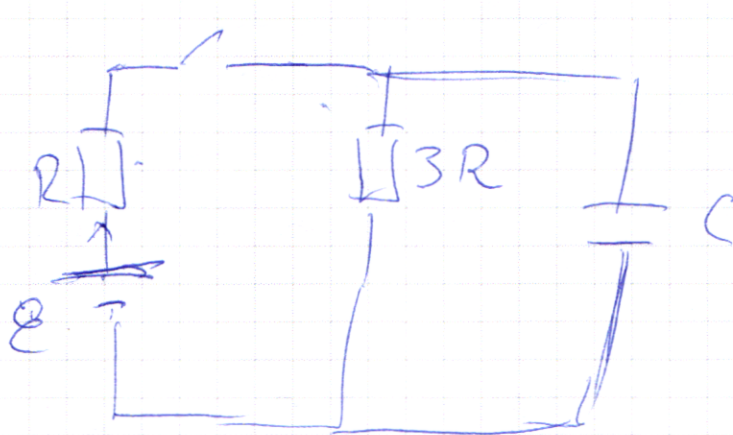
$$v^2 = v_m^2 - 4gl$$

$$\frac{v_m^2}{r} - 4g > g$$

$$v_m^2 > 5gl$$

$$v_m > \sqrt{5gl}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{U_C}{U_C} = \frac{U_C}{U_C} = 2$$

1. Сразу после замыкания:

$$I_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{R+R} = \frac{1}{4} \frac{\varepsilon}{R} \quad U_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{4}$$

2. Через время, уст. ст. режим:

$$I_{3R} = \frac{I}{4}$$

$$U_C = \frac{R_1}{R+R_1} \cdot \varepsilon = \frac{3}{4} \varepsilon$$

$$3. Q = \frac{C}{2} U_C^2 = \frac{9}{2}$$

4. По ДСД:

$$u_1 + u_2 = u_{12}$$

$$u_1 = \frac{3}{2} v_1 R \hat{T}_1$$

$$u_2 = \frac{3}{2} v_2 R \hat{T}_2$$

$$u_{12} = \frac{3}{2} (v_1 + v_2) \hat{T}_{12}$$

$$\frac{3}{2} (v_1 + v_2) \cdot \hat{T}_{12} = \frac{3}{2} R (v_1 \hat{T}_1 + v_2 \hat{T}_2)$$

$$\hat{T}_{12} = \frac{v_1 \hat{T}_1 + v_2 \hat{T}_2}{v_1 + v_2}$$

$$\frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,5}$$

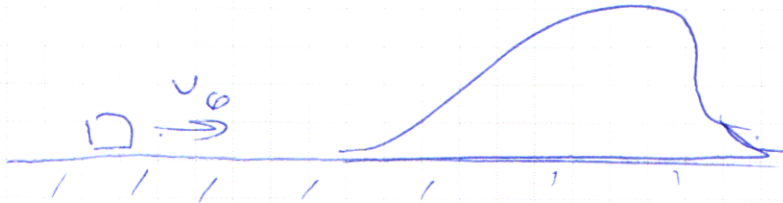
$$= \frac{600 + 840}{5} = \frac{1440}{5} = 2,88 = 288$$

по ДСД:

$$p_0 v_0 = v_1 R \hat{T}_1$$

$$p_1 (v - v_0) = v_2 R \hat{T}_2$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 \epsilon}{d}$$



$$p_{12} = \frac{R(v_1 + v_2)}{v} \cdot \frac{v_1 \hat{T}_1 + v_2 \hat{T}_2}{v_1 + v_2} = \frac{R}{v} (v_1 \hat{T}_1 + v_2 \hat{T}_2)$$

$$\frac{8,31}{8,31 \cdot 10^{-3}} \cdot$$

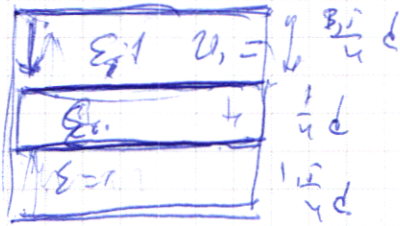
$$\frac{27}{273} \cdot \frac{300}{300}$$

$$10^{-3} \cdot (60 + 144) = 204 \cdot 10^{-3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) ИИ

II) ~~схема~~ (1)!



$$U_1 = U_3 = \frac{\sigma d}{2\epsilon_0}$$

$$U_1 = U_2 = \frac{\sigma d}{\epsilon_0}$$

$$U_3 = \frac{\sigma d}{3\epsilon_0}$$

$$U_{\Sigma} = \sigma d \left(\frac{1}{2\epsilon_0} + \frac{1}{\epsilon_0} \right) = \frac{\sigma d}{\epsilon_0} \left(\frac{1}{2} + 1 \right)$$

$$= \frac{\sigma d}{\epsilon_0} \cdot \frac{3}{2} \quad U = Ed$$

$$C = \frac{QS}{U} = \frac{\sigma S \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{3}{2}}{\sigma d \cdot \frac{3}{2}} = \frac{3\epsilon_0 S}{2d}$$

III) ~~схема~~!

$$C_3 = \frac{C}{2} = \frac{2\epsilon_0 S}{d} = \frac{2}{3} \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

II) ~~схема~~

$$C_{13} = \frac{C^2}{2C} = \frac{C}{2} = \frac{3\epsilon_0 S}{d}$$

$$C_2 = \frac{4\epsilon_0 S}{d}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{d}{4\epsilon_0 S} + \frac{3d}{2\epsilon_0 S}$$

$$U_1 = U_3 = \frac{\sigma \cdot 1,5}{\epsilon_0} d$$

$$U_{13} = \frac{3}{4} \frac{\sigma d}{\epsilon_0}$$

$$U_2 = \frac{\sigma \cdot d}{4\epsilon_0}$$

$$U = \frac{\sigma d}{\epsilon_0} \left(\frac{3}{4} + \frac{1}{4\epsilon} \right)$$

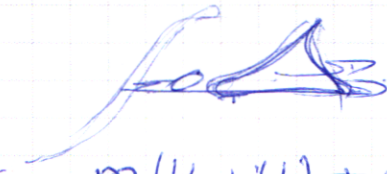
$$= \frac{\sigma d}{4\epsilon_0} \left(3 + \frac{1}{\epsilon} \right)$$

$$C = \frac{\sigma S \cdot 4\epsilon_0}{\sigma d \left(3 + \frac{1}{\epsilon} \right)} = \frac{4\epsilon_0 S}{\left(3 + \frac{1}{\epsilon} \right) d}$$

1. 6 CO roket:

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

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



$$m(v_0 + u) + 3mu = -uv_0$$

$$mv_0 + mu + 3mu = -uv_0$$

$$2mu = -uv_0$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P V = \nu R T$$

$$P_2(V_2 - V_1) = \nu R T_2$$

$$P V = \nu R T$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P V}{P_1 V_1} = \frac{P V}{P_2 (V - V_1)}$$

$$m v_0 = (m v_0 + u) - m(v_0 + u) + 3m u$$

$$2mu = 3m u$$

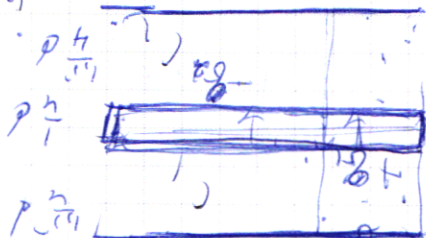
$$u = \frac{v_0}{2}$$

$$E = 2E$$

$$0 = \frac{0.3 P}{\dots}$$

$$= \frac{0.3 P}{g}$$

$$C_1 = \frac{2}{2} = 1$$



$$C_2 = \frac{P}{h} = 2 = 1$$

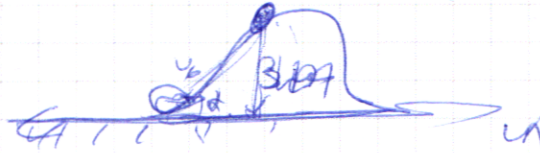
$$C_3 = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

Дано:

$$\frac{v_0, m, 3m}{1/h - ?}$$



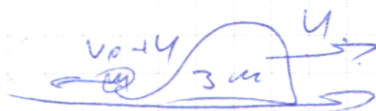
а) спроектировать (переделать в систему отсчёта, св. с горнот.) Записать ЗСЭ!

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

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

Соедин с горн.

ЗСЭ - $mv_0^2 - mv_1^2 - mgh = mv_0^2$
 $mv_0^2 = mv_1^2 + mgh$
 $mv_0^2 = mv_1^2 + 3mgh$



$$3mv_0^2 = -mv_0^2 - mv_1^2 + 3mgh$$

$$2mv_0^2 = 2mgh$$

$$v_1 = v_0$$

$$mv_0^2 = 3mgh$$

$$v_1 = \frac{1}{3}v_0$$

$$m(v_1^2 - v_0^2) = m\left(\frac{v_0^2}{9} - v_0^2\right) = -mgh$$

$$\frac{8}{9}v_0^2 = gh$$

на
Решение:

1) да занамија го наведем во мисл. б.

$$m v_0 = 4m u_1 \cdot \left\{ \begin{array}{l} E_1 + E_3 = \frac{\sigma \cdot d \cdot 1,5}{\epsilon_0 \cdot 4} d \\ U_2 = \frac{\sigma d}{4 \epsilon \epsilon_0} \end{array} \right.$$

$$u_1 = \frac{v_0}{4}$$

$$h = \frac{v_0^2 - u_1^2}{2g}$$

$$u_{123} = \frac{3}{4} \frac{\sigma d}{\epsilon_0} + \frac{\sigma d}{4 \epsilon \epsilon_0} = \frac{\sigma d}{\epsilon_0} \left(\frac{3}{4} + \frac{1}{\epsilon} \right)$$

$$m v_0 = (m + 3m) u_1, \quad G = \frac{\epsilon_0 \cdot S \cdot \left(\frac{3}{4} + \frac{1}{\epsilon} \right)}{d} = \left(\frac{3}{4} + \frac{1}{\epsilon} \right) \epsilon_0$$

$$u_1 = \frac{1}{4} v_0$$

$$h = \frac{15}{16} \frac{v_0^2}{2g}$$

$$u_1 = \frac{1}{2} v_0, \quad C = \frac{1}{2} C_0$$

$$2) \frac{4m u_1^2}{2} + mgh = \frac{m u_2^2}{2} + \frac{3m u_3^2}{2} \quad \left. \begin{array}{l} v_0 = \frac{v_0 v_0}{2} \\ u_1 = \frac{v_0^2}{2d} \end{array} \right\}$$

$$4m u_1 = 3m u_3 = m u_2$$

$$\sqrt{5gh} = \sqrt{50 \cdot 9,81} = 5 \text{ м/с}$$

$$4m \cdot \frac{v_0^2}{16 \cdot 4} = \frac{m v_0^2}{8}$$