

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

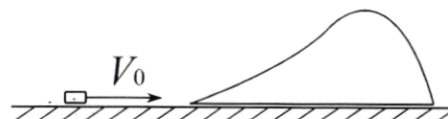
Шифр 7-015

(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.

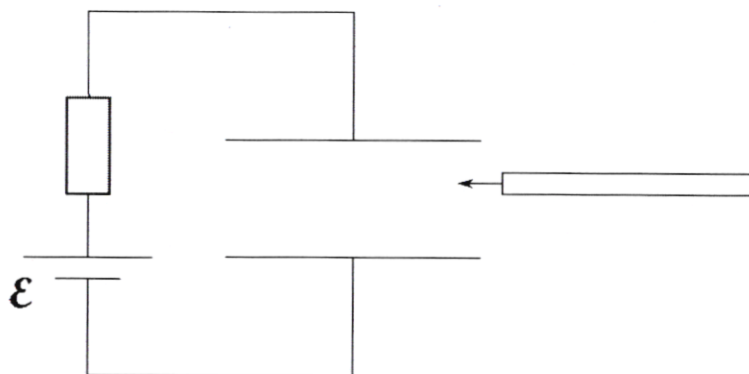


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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 $127 \text{ }^\circ\text{C}$ в количестве $\nu_1 = 0,1$ моль. Во второй части находится гелий при температуре $7 \text{ }^\circ\text{C}$ в количестве $\nu_2 = 0,4$ моль. Перегородка прорывается.

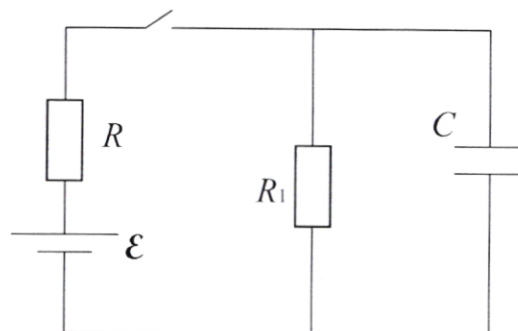
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС ε (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 , ε , R .

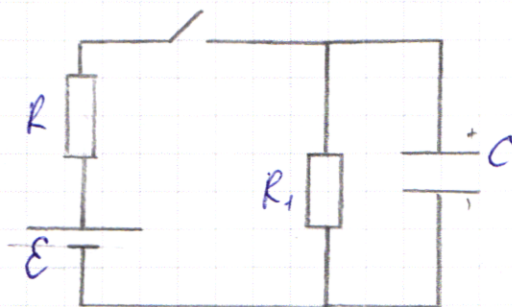


- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

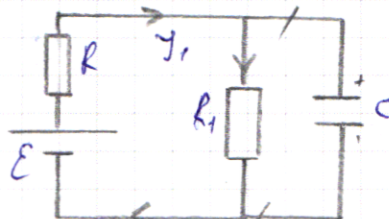
Дано:
 R ; $R_1 = 4R$
 C ; \mathcal{E} .



- Найти: 1) I_1 - сразу после замыкания
2) U_C - в установившемся режиме.
3) Q после размыкания.

Решение:

- 1) Сразу после замыкания ток через C не течёт, поэтому:



Законом Ома для полн. цепи:

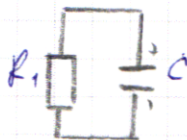
$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R + R_1} = \frac{\mathcal{E}}{R + 4R} = \frac{1}{5} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

- 2) При $t = \infty$ конденсатор зарядится и ток через него не течёт при этом $U_C = U_{R_1}$.

В цепи ток все будет протекать I_1 , поэтому:

$$U_C = U_{R_1} = R_1 \cdot I_1 = 4R \cdot \frac{1}{5} \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{4}{5} \mathcal{E}$$

- 3) После размыкания ключа, конденсатор разрядится через R_1 .



и тем самым выделится энергия на R_1 , по ЗСЭ: $Q_{R_1} = \frac{C U_C^2}{2} \Rightarrow$

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

Ответ:

$$1) I_1 = \frac{1}{5} \cdot \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$2) U_c = \frac{4}{5} \mathcal{E}$$

$$3) Q = \frac{8 C \mathcal{E}^2}{25}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

По Закону Дальтона:

$$p_0 = p_1 + p_2 = \frac{RT}{V} (V_1 + V_2) =$$

$$= \frac{8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,5 \text{ Па} = 1520 \cdot 10^2 \text{ Па} = 152 \text{ кПа.}$$

Отвст:

$$1) T = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2} = 304^\circ \text{K.}$$

$$2) p_0 = \frac{RT}{V} (V_1 + V_2) = 152 \text{ кПа.}$$

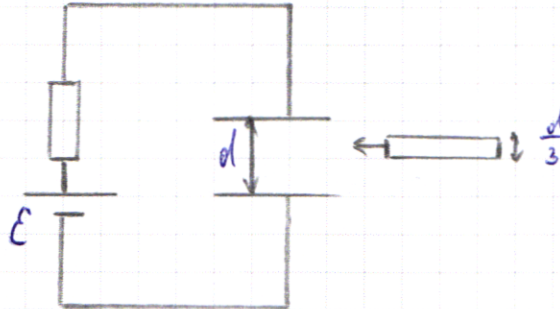
НЧ

Дано:

ϵ ; C_0

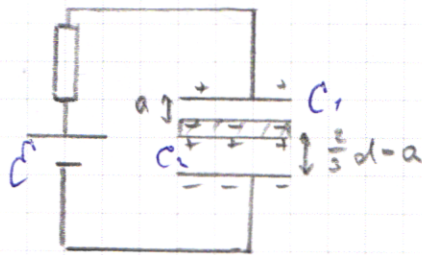
1) $C = ?$

2) $\Delta q = ?$



$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{\epsilon_0 S}{d} (1)$$

Решение:



Данная схема эквивалентна:

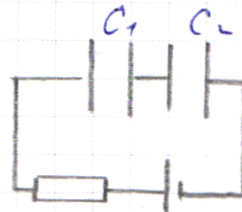


Схема металлическая, проводящая пластинка не является конденсатором, поэтому

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{a}, \quad C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{(d - \frac{1}{3}d - a)} = \frac{\epsilon_0 S}{\frac{2}{3}d - a}$$

Соединиме последовательное $\Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} =$

$$= \frac{a}{\epsilon_0 S} + \frac{\frac{2}{3}d - a}{\epsilon_0 S} = \frac{\frac{2}{3}d}{\epsilon_0 S} \Rightarrow C = \frac{3\epsilon_0 S}{2d} = \frac{3}{2} C_0 (1)$$

2) ЗСЭ:

$$A_{\text{ист}} = \Delta W_c$$

$$E \Delta q = \frac{C E^x}{2} - \frac{C_0 E^x}{2}$$

$$\Delta q = \frac{3}{4} C_0 E - \frac{C_0 E}{2} = \frac{C_0 E}{4}$$

Ответ: 1) $C = \frac{3}{2} C_0$ 2) $\Delta q = \frac{C_0 E}{4}$

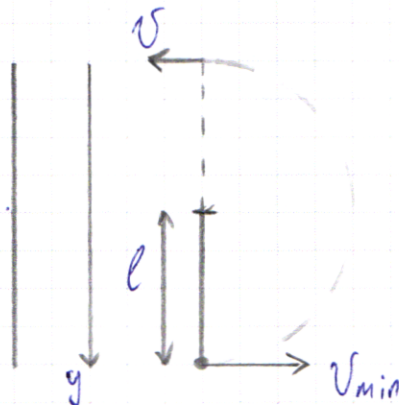
№ 1

Дано:

$$l = 18 \text{ см} = 0,18 \text{ м}$$

Найти: v_{min}

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



Решение:

Так как скорость $v_0 = v_{\text{min}}$, то в верхней точке $T = 0$.

2 ЗМ. в верхней точке: $m\vec{g} + \vec{T} = m\vec{a}$

$$Oy: mg = m \frac{v^2}{r}$$

$$v^2 = gl \quad (1)$$

Англос = 0 \Rightarrow ЗСЭ:

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

$$v_{\text{min}}^2 = v^2 + 4gl \quad (2)$$

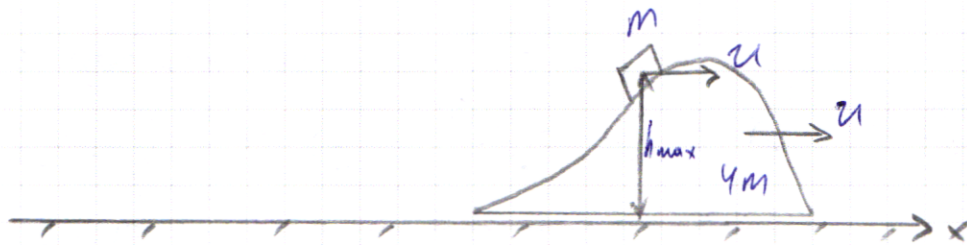
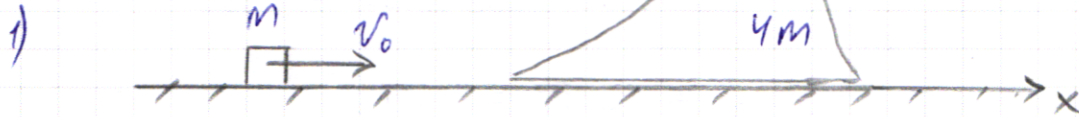
(1) \rightarrow (2) имеем: $v_{\text{min}}^2 = gl + 4gl = 5gl$

$$= \sqrt{5 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,18 \text{ м}} = \sqrt{9 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad v_{\text{min}} = \sqrt{5gl} =$$

Ответ: $v_{\text{min}} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2



Когда относительно горки скорость лопаты = 0, тогда и будет h_{\max} , а относительно Земли они движутся как единое целое со скоростью u .

ЗСЦ: Ох: $mv_0 = (4m + m)u$

$$v_0 = 5u \Rightarrow u = \frac{1}{5}v_0$$

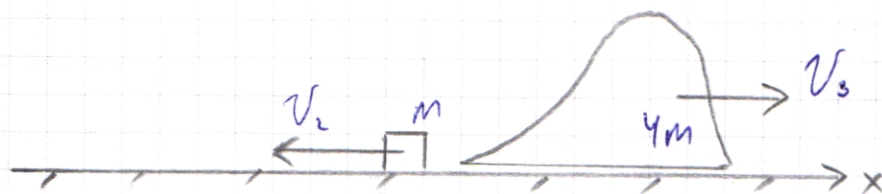
Амксомс = 0 \Rightarrow

ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{5mhu^2}{2} + mgh_{\max}$

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{v_0^2}{10} + gh_{\max}$$

$$h_{\max} = \frac{4v_0^2}{10g} = \frac{2v_0^2}{5g}$$

2)



После момента машина отсоединяется от горки.

По ЗСЦ Ох: $5mu = 4mv_3 - mv_2$

$$v_0 = 4v_3 - v_2 \Rightarrow v_3 = \frac{v_0 + v_2}{4}$$

$$A_{мехомс} = 0 \Rightarrow 303:$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{4m v_3^2}{2}$$

$$v_0^2 = v_2^2 + \frac{1}{4} (v_0 + v_2)^2$$

$$4v_0^2 = 4v_2^2 + v_0^2 + v_2^2 + 2v_0 v_2$$

$$5v_2^2 + 2v_0 v_2 - 3v_0^2 = 0$$

$$\frac{D}{4} = v_0^2 + 15v_0^2 = 16v_0^2$$

$$v_2 = \frac{-v_0 + 4v_0}{5} = \frac{3v_0}{5} = 0,6v_0$$

$$v_2 = -\frac{6}{5}v_0 - \text{не подходит}$$

От вет: 1) $h_{\max} = \frac{2v_0^2}{5g}$ 2) $v_2 = 0,6v_0$

(N3)

$v_1; T_1$	$v_2; T_2$
He	He

Дано:

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

$$t_1 = 127^\circ\text{C} = 400^\circ\text{K}$$

$$t_2 = 7^\circ\text{C} = 280^\circ\text{K}$$

$$v_1 = 0,1 \text{ моль}$$

$$v_2 = 0,4 \text{ моль}$$

$$1) T = ? \quad 2) p_0 = ?$$

Решение:

$p_0; V; T$
He

I Метод Термодинамики:

$$1) Q = A + \Delta U \Rightarrow \Delta U = 0$$

Значит: $\frac{3}{2} v_1 R T_1 + \frac{3}{2} v_2 R T_2 = \frac{3}{2} v_1 R T + \frac{3}{2} v_2 R T$

$$v_1 T_1 + v_2 T_2 = T (v_1 + v_2)$$

$$T = \frac{v_1 T_1 + v_2 T_2}{v_1 + v_2} = 304^\circ\text{K}$$

2) Законом Менделеева-Клапейрона:

для первого газа в конце:

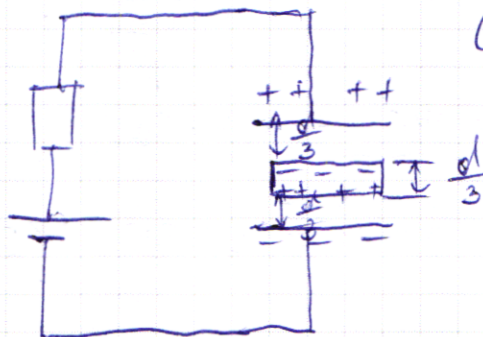
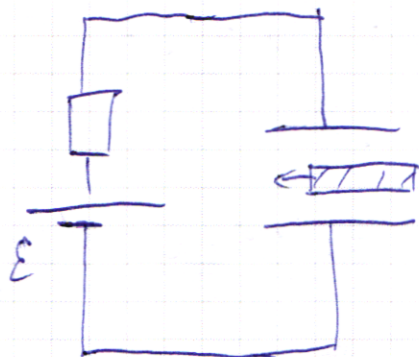
$$p_1 V = v_1 R T \Rightarrow p_1 = \frac{v_1 R T}{V}$$

для второго газа в конце:

$$p_2 V = v_2 R T \Rightarrow p_2 = \frac{v_2 R T}{V}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4)



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

Имеем три конденсатора
соединённых последовательно,

$$C_1 = \frac{\frac{\epsilon_0 S}{d}}{3} + \frac{\frac{\epsilon_0 S}{d}}{3} + \frac{\frac{\epsilon_0 S}{d}}{3} = 3C_0 + 3C_0 + 3C_0 = 9C_0$$

$$A_{\text{нет}} = \Delta W_c$$

$$\epsilon \cdot \Delta q = \frac{9C_0 \epsilon^2}{2} - \frac{C_0 \epsilon^2}{2}$$

$$\Delta q = \frac{C_0 \epsilon}{2} (9 - 1) = 4C_0 \epsilon$$

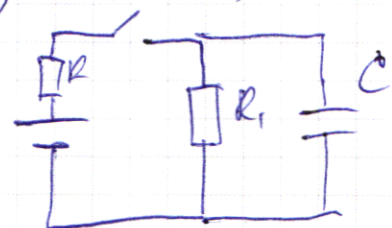
5) $R_1 = 4R$

① сразу после замыкания напряжение на конденсаторе не помещается, \Rightarrow

\Rightarrow Законом Ома для замк. цепи

$$I_1 = \frac{\epsilon}{R + R_1} = \frac{\epsilon}{R + 4R} = \frac{\epsilon}{5R}$$

$$② U_C = U_R = I_1 \cdot R_1 = \frac{\epsilon}{5R} \cdot 4R = \frac{4}{5} \epsilon$$



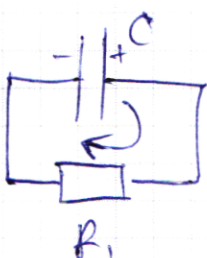
3

$$A_{\text{ист}} = \Delta W_c + Q.$$

$$\times \frac{28}{4} \\ 112$$

$$q_1 = C \cdot U_c$$

$$q_1 = C \cdot \frac{4}{5} \mathcal{E}$$



$$\mathcal{E} = -U_c + I R_1$$

$$I R_1 = U_c$$

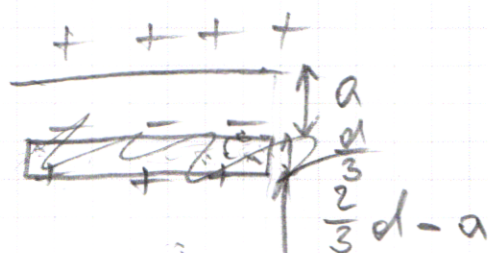
$$0,4 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280 =$$

$$= 400^{0,5} + 1120 = 1520$$

$$\begin{array}{r} 1520 \cdot 5 \\ \hline 20 \quad 304 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 304 \\ \times 5 \\ \hline 1520 \end{array}$$

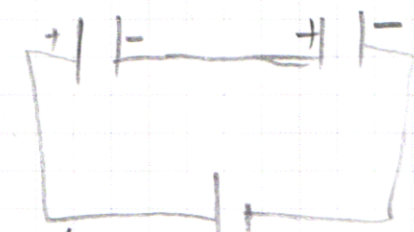
$$10^2 \cdot 304 \times 5$$



$$\mathcal{E} = 1 \cdot d - \frac{d}{3} = \frac{2}{3} d$$

$$\times \frac{1,8}{5} \\ 9,0$$

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{a} + \frac{\epsilon_0 S}{\frac{2}{3}d} + \frac{\epsilon_0 S}{\left(\frac{2}{3}d - a\right)} =$$



$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{a}{\epsilon_0 S} + \frac{\frac{2}{3}d - a}{\epsilon_0 S} =$$

$$= \frac{a}{\epsilon_0 S} - \frac{a}{\epsilon_0 S} + \frac{2d}{3\epsilon_0 S}$$

$$A_{\text{ист}} = \Delta W_c$$

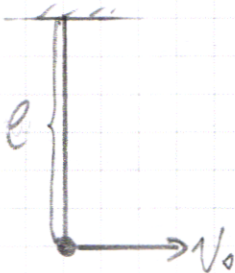
$$\mathcal{E} \cdot \Delta q = \frac{3}{2} C \mathcal{E}^2 - \frac{C \mathcal{E}^2}{2} \quad C_0 = \frac{3 \epsilon_0 S}{2d} = \frac{3}{2} C.$$

$$\Delta q = \frac{3}{4} C \mathcal{E} - \frac{C \mathcal{E}}{2} = \frac{C \mathcal{E}}{4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)

чтобы шарик сделал полный оборот.



в вершине точки: $T = 0$ 1,8

$$2 \text{ЗМ: } \vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}_{\text{ц.с.}}$$

$$0_y: mg = m \frac{v^2}{r} \quad \frac{1,8}{9,0}$$

$$v^2 = gr$$

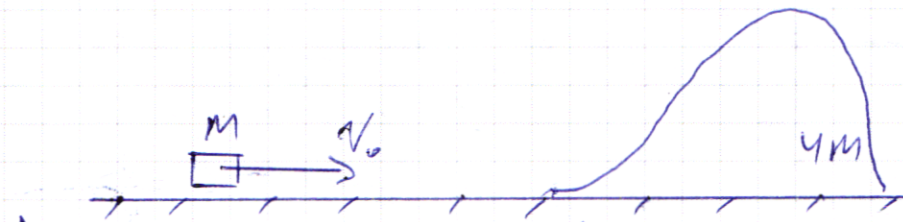
З.С.Э.

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgr \cdot 2 + \frac{mv^2}{2} \cdot 2$$

$$v_0^2 = 4gr + v^2 = 4gr + gr \Rightarrow v_0 = \sqrt{5gr} =$$

$$= \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,18} = 3.$$

2)



h_{max} при $v_{\text{отм}} = 0$ (относ горки скорость 0)

З.С.У. $mv_0 = (4m + m)u$

$$v_0 = 5u \Rightarrow u = \frac{1}{5}v_0$$

Т.к. $A_{\text{мех}} = 0 \Rightarrow$ ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{(m+4m)u^2}{2} + mgh_{\text{max}}$

$$v_0^2 = 5u^2 + 2gh_{\text{max}}$$

$$v_0^2 = \frac{v_0^2}{5} + 2gh_{\text{max}}$$

$$\frac{4}{5}v_0^2 = 2gh_{\text{max}} \Rightarrow h_{\text{max}} = \frac{2v_0^2}{5g}$$

2) Дана масса махимоет сьез исатб.

ЗСУ: $5m u = -m v_2 + 4m v_3$

$5u = 4v_3 - v_2$

$v_0 = 4v_3 - v_2 \Rightarrow 4v_3 = v_0 + v_2$

$v_3 = \frac{v_0 + v_2}{4}$

З. с. Э.

$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + \frac{4m v_3^2}{2}$

$0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280 = v_2^2 + \frac{4(v_0 + v_2)^2}{4}$

$400 + 1120 = v_2^2 + (v_0 + v_2)^2$

$5v_2^2 + 2v_0v_2 - 3v_0^2 = 0$

$\frac{1520}{20} \frac{5}{20} = 304$

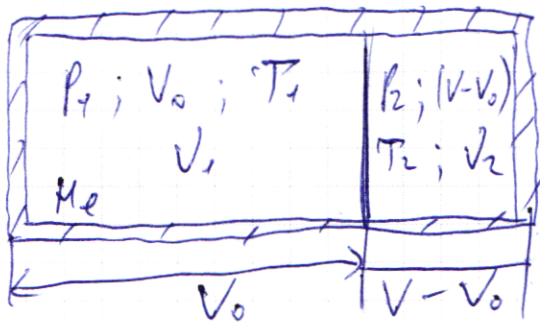
$\frac{273}{400} + 127$

$\frac{1520}{5} = v_0^2 + 15v_0^2 = 16v_0^2$

$v_2 = \frac{-v_0 + 4v_0}{5} = \frac{3v_0}{5} = 0,6v_0$

$v_2 = \frac{-v_0 - 5v_0}{5} = -v_0 \notin \text{ODZ}$

3)



1) I начало Термодинам.

$Q = 0, A = 0, \Delta U$

$\Delta U = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{3}{2} V_1 R T_1 + \frac{3}{2} V_2 R T_2 = \frac{3}{2} V_1 R T + \frac{3}{2} V_2 R T$

$V_1 T_1 + V_2 T_2 = T (V_1 + V_2)$

2) В кометном сост.

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

З. М-К.

для первого газа: $p_1 V = V_1 R T \Rightarrow p_1 = \frac{V_1 R T}{V}$

для второго газа: $p_2 V = V_2 R T \Rightarrow p_2 = \frac{V_2 R T}{V}$

Законом Дальтона:

$p_0 = p_1 + p_2 = \frac{R T}{V} (V_1 + V_2)$

$\frac{273}{7}$