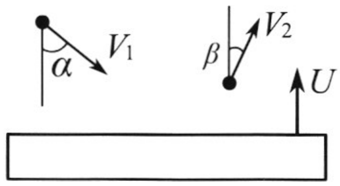
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

Класс 11

Вариант 11-01

Шифр

(заполняется секретарём)



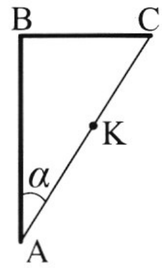
1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость V_1 = 8 м/с, направленную под углом $\alpha\left(\sin\alpha = \dfrac{3}{4}\right)$ к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2, составляющей угол $\beta\left(\sin\beta = \dfrac{1}{2}\right)$ с вертикалью.

1) Найти скорость V_2.
2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.

Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится азот, во втором – кислород, каждый газ в количестве $\nu = 3/7$ моль. Начальная температура азота T_1 = 300 К, а кислорода T_2 = 500 К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Газы считать идеальными с молярной теплоемкостью при постоянном объеме $C_V = 5R/2$.
R = 8,31 Дж/(моль·К).

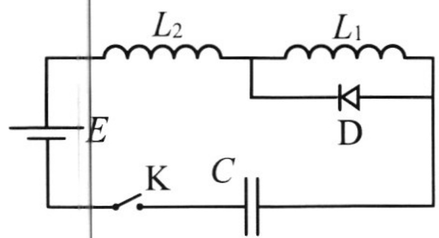
1) Найти отношение начальных объемов азота и кислорода.
2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
3) Какое количество теплоты передал кислород азоту?



3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины AB и BC перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром B. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру B.

1) Пластина BC заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC, если пластину AB тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?

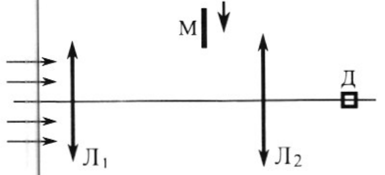
2) Пластины BC и AB заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma, \sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке K на середине отрезка AC.

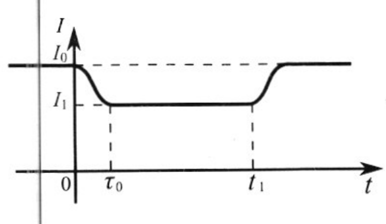


4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E, катушек с индуктивностями $L_1 = 2L$, $L_2 = L$, конденсатора емкостью C, диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_1.

1) Найти период T этих колебаний.
2) Найти максимальный ток I_{M1}, текущий через катушку L_1.
3) Найти максимальный ток I_{M2}, текущий через катушку L_2.

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз Л$_1$ и Л$_2$ (см. рис.) с фокусным расстоянием F_0 у каждой. Расстояние между линзами $3F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D, причем D значительно меньше F_0. На линзу Л$_1$ падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии $2F_0$ от Л$_1$. На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 3I_0/4$.





1) Найти расстояние между линзой Л$_2$ и фотодетектором.
2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1.

Известными считать величины F_0, D, τ_0.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

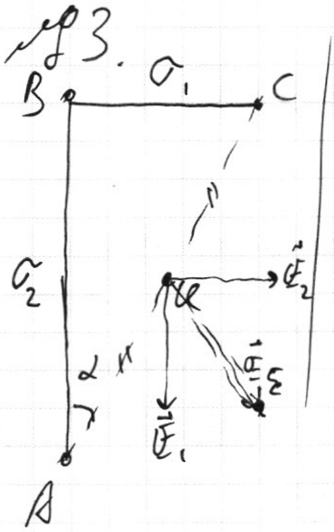
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.



1) $\alpha = \frac{\pi}{4}$; BC – имеет ~~...~~ пов. пл-ть заряда σ.

$E_{BC} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ (Пл-ть бесконечна)

$\vec{E}_{BC} \perp$ Пл-ти BC, и $\vec{E}_{AB} \perp$ Пл-ти AB.

AB – заряжена до пов. пл-ти σ.

$E_{AB} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$; но $\vec{E}_\Sigma = \vec{E}_2 + \vec{E}_1$

$E_\Sigma = \sqrt{E_{AB}^2 + E_{BC}^2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{2}$

$\frac{E_\Sigma}{E_{BC}} = \sqrt{2}$

2) $\sigma_1 = 2\sigma$; $\sigma_2 = \sigma$; $\alpha = \frac{\pi}{7}$ E_u – ?

Поле беск. пл-ти не зависит от расст. до этой пл-ти

$E'_{BC} = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}$ $E'_{AB} = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$; $E_u = \sqrt{E'^2_{BC} + E'^2_{AB}} = \frac{1}{2\varepsilon_0}\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$

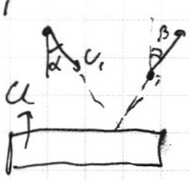
$E_u = \frac{1}{2\varepsilon_0}\cdot\sigma\sqrt{5}$

$E_u = \frac{\sqrt{5}}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

№1

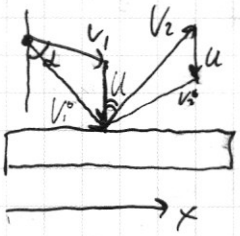


$V_1 = 8\frac{м}{с}$; $\sin\alpha = \frac{3}{4}$; $\sin\beta = \frac{1}{2}$; $\cos\alpha = \frac{\sqrt{7}}{4}$; $\cos\beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$

1) V_2 — ?

2) $u_{возм}$ — ?

В С.О. плиты.



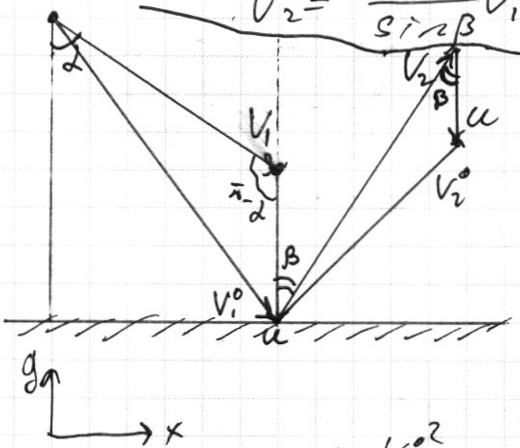
Т.к. удар неупругий, то $V_1^0 \neq V_2^0$;

V_1^0 и V_2^0 — скорости мячика до и после удара об плиту в С.О. плиты.

Но, т.к. нет трений, то: $V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$ ($V_1^x = V_2^x$)

$V_2 = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} V_1 = \frac{3}{4} \cdot 2 \cdot V_1 = \frac{3}{2} \cdot 8 \frac{м}{с} = 12 \frac{м}{с}$

$V_2 = 12 \frac{м}{с}$



$\vec{V}_1^0 = \vec{V}_1 + \vec{u}$

$\vec{V}_2^0 = \vec{V}_2 + \vec{u}$

$V_1^{0y} = -V_1 \cos\alpha - u$

$V_2^{0y} = V_2 \cos\beta - u$

$V_2^{0y} > 0$

$u < V_2 \cos\beta$

$u < 6\sqrt{3}$

$$\frac{mV_1^{0\,2}}{2} - \frac{mV_2^{0\,2}}{2} = \frac{m}{2}\left(V_1^2 \cos^2\alpha + 2V_1 u \cos\alpha + \cancel{u^2} - V_2^2 \cos^2\beta + 2V_2 u \cos\beta - \cancel{u^2}\right) > 0$$

(т.к. удар неупр.)

$$\frac{7}{16}V_1^2 + \frac{\sqrt{7}}{2}V_1 u - \frac{3}{4}V_2^2 + \sqrt{3}V_2 u > 0$$

$$u\left(\frac{\sqrt{7}}{2}V_1 + V_2\sqrt{3}\right) > \frac{3}{4}V_2^2 - \frac{7}{16}V_1^2 = \frac{12V_2^2 - 7V_1^2}{16}$$

$$u > \frac{12V_2^2 - 7V_1^2}{16} \cdot \frac{2}{V_1\sqrt{7} + 2V_2\sqrt{3}} = \frac{(2\sqrt{3}V_2 - \sqrt{7}V_1)(2\sqrt{3}V_2 + \sqrt{7}V_1)}{8(\sqrt{7}V_1 + 2\sqrt{3}V_2)}$$

$$u > \frac{2\sqrt{3}V_2 - \sqrt{7}V_1}{8} = \frac{2\sqrt{3}\cdot 12 - \sqrt{7}\cdot 8}{8} = 3\sqrt{3} - \sqrt{7}$$

$6\sqrt{3} > u > 3\sqrt{3} - \sqrt{7}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

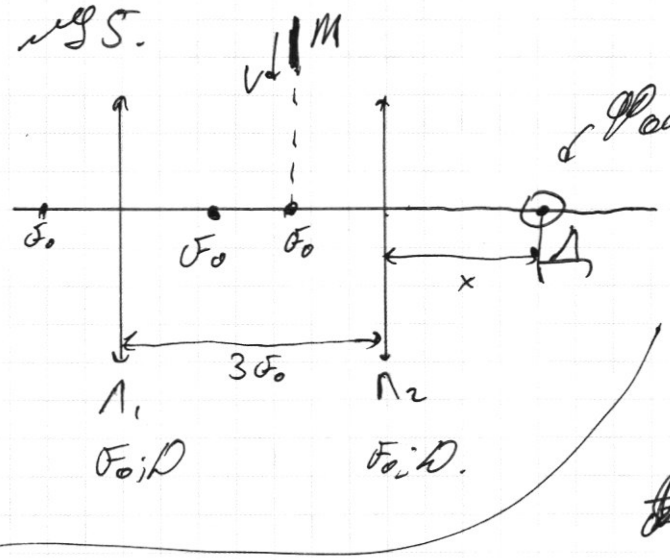
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.



Дано: F_0; D; t_0

Фокусируются!

$I_m = I_0$

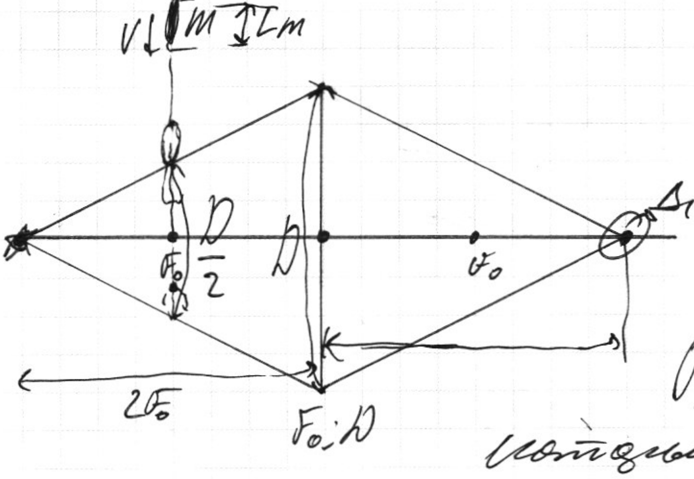
$I_{с\ тенью} = I_1 = \frac{3}{4} I_0$

$I \sim P_{света}^{на\ Д}$.

1) x - ?; 2) V - ? 3) t_1 - ?

Т.к. $D_{Л_1} = D_{Л_2} = D$; и

Лучи, проходя через $Л_1$, соберутся в фокусе $Л_1$ в любом случае => Представим ситуацию как будто свет испускается точечным источником.



Т.к. лучи собираются в Д, то:

$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{2F_0} + \frac{1}{x}$; => $x = 2F_0$

Построим крайний луч, который попадёт в глаз.

Мощность света начнёт уменьшаться сразу после прохождения М этого луча.

$I_1 = \frac{3}{4} I_0$, момент, когда М полностью освещена. М загораживает $\frac{1}{4}$ всего света => $L_m = \frac{1}{4} \cdot \frac{D}{2} = \frac{D}{8}$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

За время T_0, М полностью входит в ~~область~~ освещаемую область.:

$L_m = V\cdot T_0$ $\quad V = \frac{L_m}{T_0} = \frac{D}{8T_0}$

За время t_1, М пройдёт всю освещ. область и начнёт вылезать.

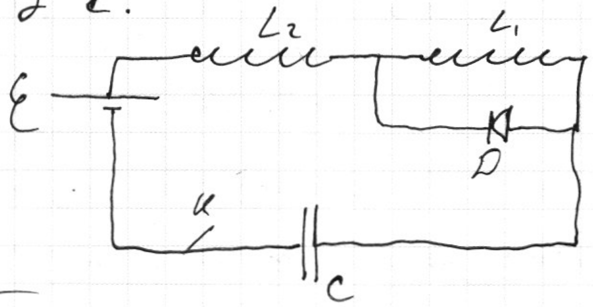
за t_1 М прошла $\frac{D}{2}$ $\quad \frac{D}{2} = V\cdot t_1 = \frac{D}{8T_0}\cdot t_1$

$\frac{1}{2} = \frac{t_1}{\underset{4}{8}T_0}$ $\quad t_1 = 4T_0$

№ 4.

$L_1 = 2L; L_2 = L; C$

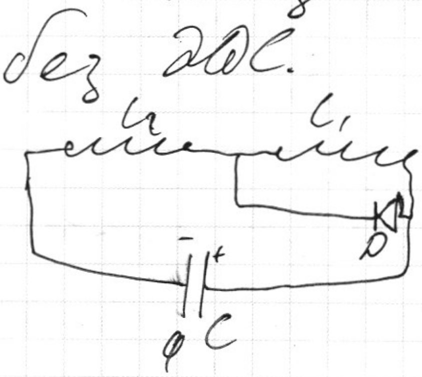
1) T-?; 2) I_{m1}-?; 2) I_{m2}-?



При замыкании возникают колебания в цепи

Колебания со смещ. полож. равновесия из-за ЭДС.

T не зависит от ЭДС. $\Rightarrow$ Рассм цепь без ЭДС.



Пусть $q_c^m = q$. При колебаниях против. часовой стрелки ток идёт через диод, не заходя на L_1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

В обратную сторону – через L_2 и L_1.

Если рассм. колеб. процесс, то:

$$\frac{q^2}{2C}+\frac{L_2 I^2}{2}=const \Rightarrow \frac{\dot q q}{C}+\cancel{\dot q}\cdot\ddot q L_2=0$$

$$\ddot q+\frac{q}{L_2 C}=0 \quad \omega_1=\frac{1}{\sqrt{L_2 C}}$$ ~~Отсюда~~

Время t_1, ~~через~~ ~~...~~ когда ток идёт через диод $t_1=\frac{\pi}{\omega_1}=\pi\sqrt{L_2C}$ | $t_1=\pi\sqrt{L_2C}=\pi\sqrt{LC}$.

Когда ток идёт по главной стр.:

$$\frac{q^2}{2C}+\frac{L_1 I_1^2}{2}+\frac{L_2 I_2^2}{2}=const. \quad I_1=I_2=I'$$

$$\frac{q^2}{2C}+\frac{I'^2}{2}(L_1+L_2)=const \Leftrightarrow \frac{q\cdot\dot q}{C}+\cancel{\dot q}\cdot\ddot q(L_1+L_2)=0$$

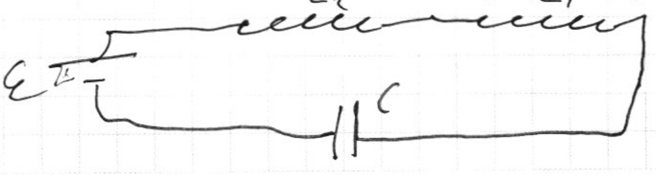
$$\ddot q+\frac{q}{(L_1+L_2)C}=0 \quad \omega_2=\frac{1}{\sqrt{(L_1+L_2)C}}$$ Время, когда ток идёт по главной стр.: $t_2=\pi\sqrt{(L_1+L_2)C}$

$$t_2=\pi\sqrt{3LC}$$

$$\Rightarrow T=t_1+t_2=\pi\sqrt{LC}+\pi\sqrt{3LC}=\pi\sqrt{LC}(1+\sqrt{3})$$ //

г) I_{m_1} – ? $\quad I_{m_1}=I_y+I_{L_1}^{max}$;

Рассм. цепь в уст. режиме.



$I=0 \quad U_C=\mathcal{E}$

$A_u=\Delta W+Q^{0}$ $\quad C\mathcal{E}^2=\frac{C\mathcal{E}^2}{2}+\frac{(L_1+L_2)I_y^2}{2}$

$I_y^2(L_1+L_2) = C\mathcal{E}^2 \quad I_y = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_1+L_2}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$

В послед. I_{1max}, когда ток по часовой стр.

$A_\mathcal{E} = \Delta W + Q^0 \quad q_m$ – когда $I=0$

(Посл. соед. $\Rightarrow I_{L_1} = I_{L_2}$)

$\mathcal{E} q_m = \frac{q_m^2}{2C} \quad 2\mathcal{E}C = q_m \quad q_m = 2\mathcal{E}C.$

$q_m = q_u + q_y; \quad q_u = C\mathcal{E}.$

$\Rightarrow \frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{(L_1+L_2)I_{m_1}^{u2}}{2} \qquad C\mathcal{E}^2 = 3L I_{m_1}^{u2} \quad I_{m_1}^u = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$

$I_{m_1} = I_{m_1}^u + I_y = 2\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$ //

$I_{m_2} = I_{m_2}^u + I_y$; против часовой:

$\frac{C\mathcal{E}^2}{2} = \frac{L_2 I_{m_2}^{u2}}{2} \quad I_{m_2}^u = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L_2}}$

$I_{m_2}^u = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}$

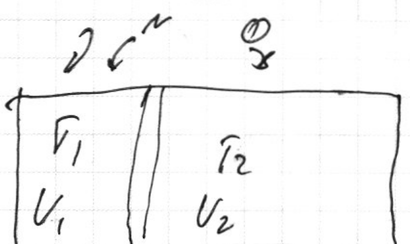
т.к. против часовой

$I_2 = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}} - \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$, что меньше тока

вправо $I_2' = 2\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$

$\Rightarrow I_{m_2} = I_{m_1} = 2\mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$ //

№ 2.



$T_1 = 300К; T_2 = 500К.$

$C_V = \frac{5}{2}R; \ \nu = \frac{3}{4}$ моль

1) $\frac{V_1}{V_2}$ – ? 2) T_y – ? 3) Q – ?

$P_1 V_1 = \nu R T_1$, $\quad P_1 = P_2 = P_0 \quad \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300}{500} = \frac{3}{5}$

$P_2 V_2 = \nu R T_2$ (т.к. поршень ~~[illegible]~~ в равновесии (в начале))

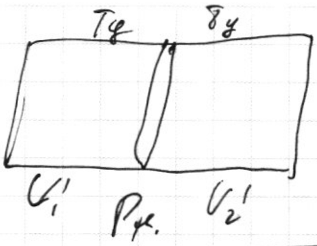
$\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{5}$ //

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$V_1' = V_2'$; т.к. $P_к V_1' = \nu R T_у$ ($P_к' = P_к$ из равновесия)

$P_к V_2' = \nu R T_у$

$V_1' = V_2' = \frac{V_0}{2}$; $V_0 = V_1 + V_2 = V_1 + \frac{5}{3}V_1 = \frac{8}{3}V_1$; $V_1 = \frac{3}{8}V_0$

$Q_1 = \Delta U_1 + A_1$ – для азота

$Q_2 = \Delta U_2 + A_2$ – для кислорода.

$Q_1 + Q_2 = 0$; $A_1 = -A_2$ ($V_0 = const$; $dV_1 = -dV_2$)

$\Rightarrow \Delta U_1 = -\Delta U_2 \Leftrightarrow \nu C_v(T_у - T_1) = \nu C_v(T_2 - T_у)$

$\Leftrightarrow 2T_у = T_1 + T_2$ $T_у = \frac{T_1 + T_2}{2}$. $T_у = 400$ К

3) Q_0 – ? Рассм. левую часть сосуда, где азот.

$P_0 V_1 = \nu R T_1 = P_0 \frac{3}{8} V_0 \Leftrightarrow P_0 V_0 = \frac{8}{3}\nu R T_1$

$P_к \frac{V_0}{2} = \nu R T_у$ $\frac{P_0}{P_к} = \frac{4}{3}\frac{T_1}{T_у} = \frac{4}{3}\cdot\frac{300}{400} = 1.$

$P_0 = P_к$. (Это справедливо и для всего процесса в целом.)

т.к. процесс „медленный" и в любой момент вр. процесс равновесный.

$\Rightarrow Q_0 = \Delta U_N + A_N = \nu C_v(T_у - T_1) + P_0 \cdot \left(\frac{V_0}{2} - \frac{3}{8}V_0\right)$

$$Q_0 = \nu C_V (T_4 - T_1) + \frac{P_0 V_0}{8} = \nu C_V (T_4 - T_1) + \frac{\nu R T_4}{4}$$

$$Q_0 = \frac{3}{7} \cdot \frac{5R}{\cancel{2}} \cdot \overset{50}{\cancel{100}} + \frac{3}{7} \cdot R \cdot \frac{\overset{100}{\cancel{400}}}{\cancel{4}} = \frac{750R}{7} + \frac{300R}{7} = \frac{1050R}{7}$$

$$Q_0 = \frac{\overset{150}{\cancel{1050}} \cdot 8{,}31}{\cancel{7}} = 150 \cdot 8{,}31;$$

$$1050 : 7 = 150$$

$$150 \cdot 8{,}31 = 1246{,}50$$

$$Q_0 = 1246{,}5 \text{ Дж.}$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

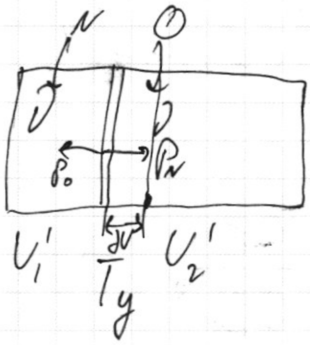
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$T_y - ?$



$P'\cdot V_1' = \nu R T_y$ $\quad V_1' = V_2' = V_0'$

$P'\cdot V_2' = \nu R T_y$

$P_1 \cdot V_1 = \nu R T_1$

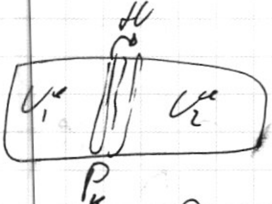
$P_2 V_2 = \nu R T_2 \quad P'\cdot V' = \nu R T_y$

$V' = \frac{V_1}{2} = \frac{4}{3} V_1^0 \quad 2\nu R T_y = P' V$

$P' \cdot \frac{4}{3} V_1^0 = \nu R T_y$

$T_y = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{1}{2\nu R}\left(P_H V_1^0 + P_0 V_2^0\right) =$

$T_y = 400K$



$Q = 0 = \Delta U + A_г.$ $\quad \Delta U = -A_г$

$\nu C_V (T_y - T_1) + \nu C_V (T_y - T_2) = A_г.$ $\quad P_к = \frac{\nu R T_к}{V_1^к}$

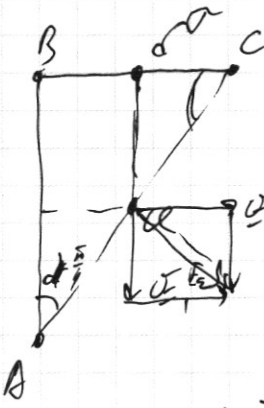
$dA_г = P_г dV = \frac{\nu R T_к}{V_1^к} dV$

~~$A = \int P \, dV =$~~

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

№13.



$E_{отл} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$E_ш \perp \sigma$

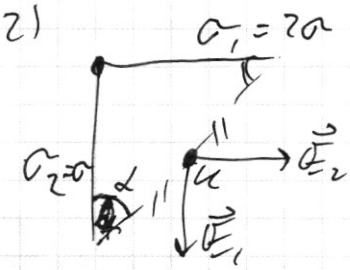
$E_ш^0 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ $\quad \vec{E}_\Sigma = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

$|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2| = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

$E_\Sigma = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{2}$ $\quad \frac{E_\Sigma}{E^0_ш} = \sqrt{2}.$

---

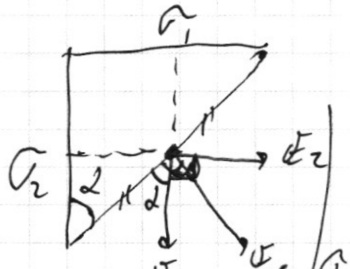
2) $\sigma_1 = 2\sigma$

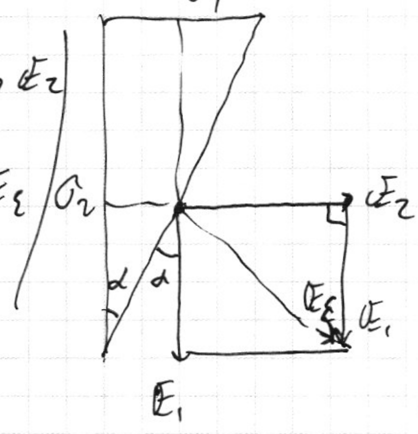


$\vec{E}_ш = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

$|\vec{E}_1| = \frac{\sigma_1}{2\varepsilon_0}$

$|\vec{E}_2| = \frac{\sigma_2}{2\varepsilon_0}$





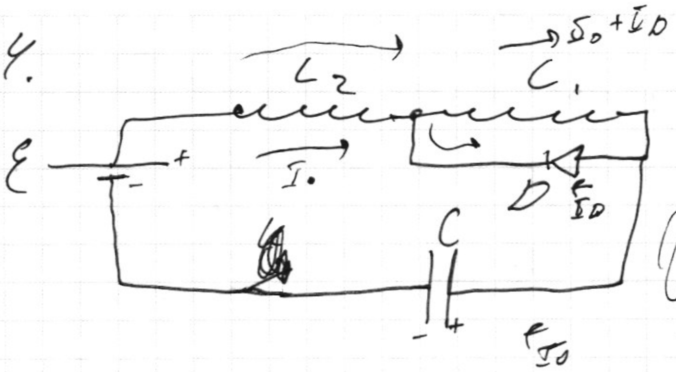
$E_\Sigma = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$

$E_\Sigma = \frac{1}{2\varepsilon_0}\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\sqrt{5}$

$E_\Sigma = \frac{\sqrt{5}}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4.



$L_1 = 2L \quad L_2 = L$

Замык. – колеб. в C_1

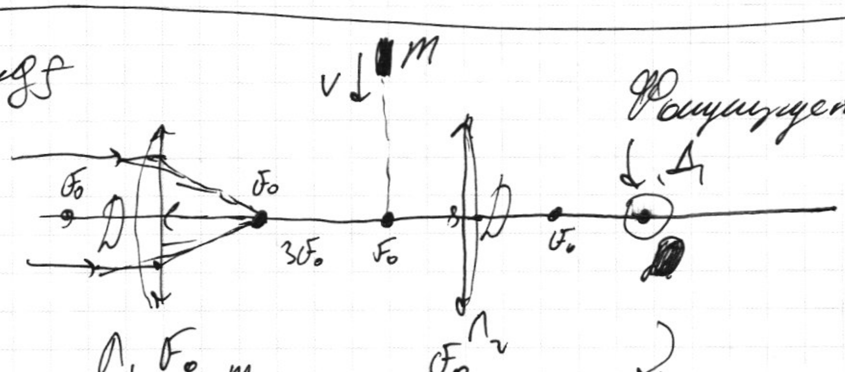
$\mathcal{E}_{s1} =$

$$\begin{cases} \mathcal{E} + \mathcal{E}_{si2} + \mathcal{E}_{si1} - U_c = 0 \\ \mathcal{E} + \mathcal{E}_{si2} - U_c = 0 \end{cases}$$

$T = \frac{2\pi}{\omega}$

$\omega - ?$

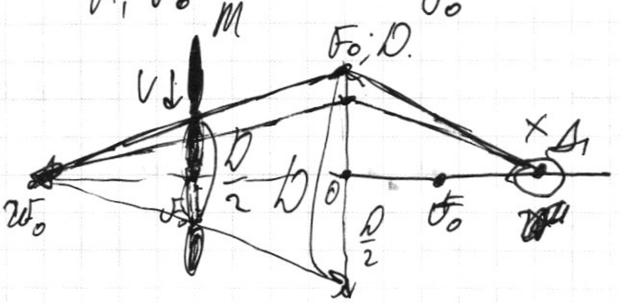
№5



Фокусируется.

$I \sim P_{света}$.

$I(t)$.



$\frac{1}{F_0} = \frac{1}{2F_0} + \frac{1}{x}$

$x = 2F_0$

$I' = \frac{3}{4} I_0$

$\Rightarrow$ Загораживает $\frac{1}{4}$ света

$\frac{1}{4}$ от $\frac{D}{2}$; $\frac{D}{8} = M$.

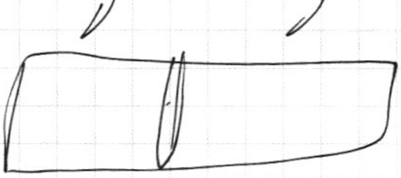
$V - ?$

За τ_0 она полностью ~~...~~ станет освещённой, т.е. будет загораживать постоянную „величину света".

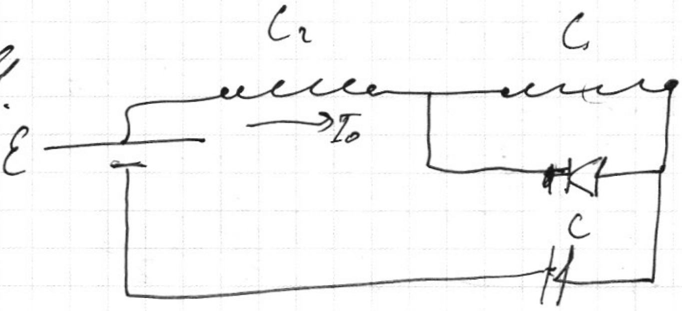
$t_1 - \tau_0$ – она целиком в свету.

т.е. за t_1 проходит $\frac{D}{2}$ –

№2



№4.



Колебания между L_1 и C.

$$\frac{L_1 I_{L_1}^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = const$$

В колеб $q_L = q_C = q$

$$\frac{L_1}{2} \cdot 2\dot{q}_L \cdot \ddot{q}_L + \frac{1}{2C} \cdot 2 \cdot q_C \cdot \dot{q}_C = 0$$

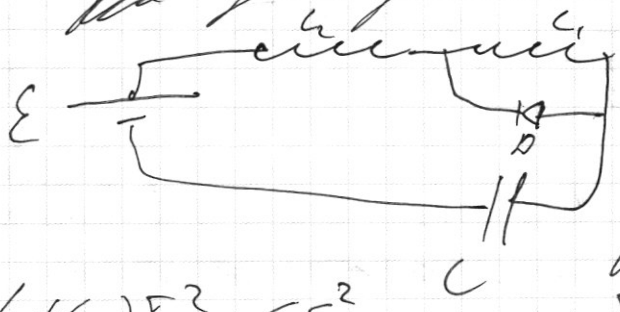
$$\Rightarrow L_1 \dot{q} \ddot{q} + \frac{1}{C} q \cdot \dot{q} = 0$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{L_1 C} q = 0 \quad \omega = \sqrt{L_1 C} \quad T = 2\pi\sqrt{L_1 C}$$

$$T = 2\pi\sqrt{2LC}$$

$I_{L_1} = I_{уст} + I_{колеб}$

В уст. режиме ток через диод не протекает, а $\mathcal{E}_{si_1} = \mathcal{E}_{si_2} = 0$



$\Rightarrow U_C = \mathcal{E} \quad q_C = C\mathcal{E}$

$$A_\mathcal{E} = C\mathcal{E}^2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{(L_1+L_2) I_y^2}{2}$$

$$(L_1+L_2) I_y^2 = C\mathcal{E}^2 \qquad I_y = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$$

Рассм. отд. колеб. $\frac{L_1 I^2}{2} + \frac{q^2}{2C} = const$

I max, когда $q = 0$

$$\frac{L_1 I_m^{к 2}}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{L_1 I_y^2}{2} \qquad I_m^{к} = \sqrt{\mathcal{E}^2 \frac{C}{L_1} + I_y^2}$$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

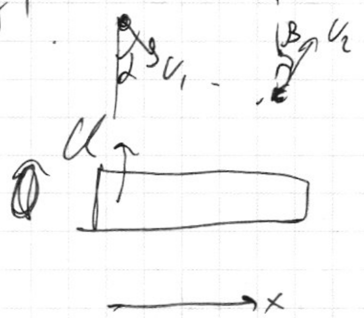
$V_2 - ?$ $\quad u - ?$

$\sin\alpha = \frac{3}{4}$

$\cos\alpha = \frac{\sqrt{7}}{4}$

$\sin\beta = \frac{1}{2}$

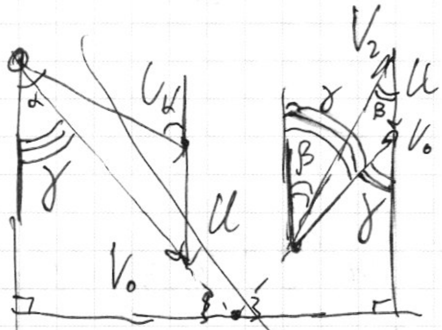
$\cos\beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$



ВСО пришлось

$V_1^0 = V_2^0 = V_0$

$\frac{7}{16} - \frac{3}{4} =$



$V_2 - ?$

$u^2 = V_1^2 + V_0^2 - 2V_1V_0\cos(\alpha-\gamma)$

$u^2 = V_2^2 + V_0^2 - 2V_2V_0\cos(\gamma-\beta)$

$V_1^2 - 2V_1V_0\cos(\alpha-\gamma) = V_2^2 - 2V_2V_0\cos(\gamma-\beta)$

$V_0^2 = u^2 + V_1^2 - 2uV_1\cos(\pi-\alpha)$

$V_0^2 = V_2^2 + u^2 - 2V_2u\cos\beta$

$V_1^2 + 2uV_1\cos\alpha = V_2^2 - 2V_2u\cos\beta$

Т.к. движ на Ox знаю, что Ксупр не работает

$V_x = \mathrm{const}$

$V_1^x = V_1\sin\alpha$; $\quad V_2^x = V_2\sin\beta$

$V_1\sin\alpha = V_2\sin\beta \quad V_2 = V_1\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = V_1\cdot\frac{3}{4}\cdot\frac{2}{1} = \frac{3}{2}V_1 = \frac{3}{2}\cdot 8\frac{м}{с}$

$V_2 = 12\frac{м}{с}$

$V_2^2 - u\sqrt{3}\cdot V_2 - V_1^2 - u\frac{\sqrt{7}}{2}V_1 = 0$

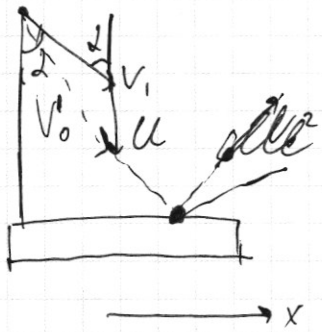
$D = 3u^2 + 4V_1^2 + 2u\sqrt{7}V_1 = 3u^2 + 2u\sqrt{7}V_1 + 4V_1^2$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

№3 !

$V_0^1 \neq V_0^2$



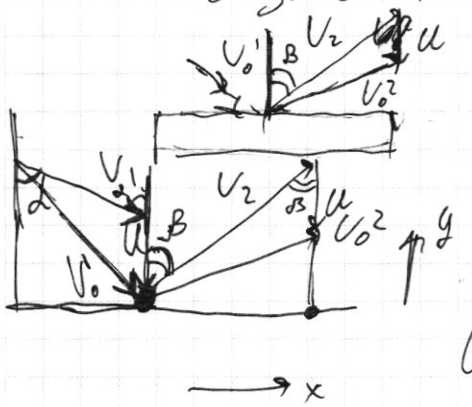
Трения нет $\Rightarrow V^x = const$

$\Rightarrow V_1 \sin\alpha = V_2 \sin\beta$

$V_2 = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} V_1 = \frac{3}{4}\cdot 2 \cdot 8 \frac{м}{с} = 12 \frac{м}{с}$

$V_2 \cos\beta = ?$

2) U возможные ?



$V_0^{1x} = V_0^{2x} = V_1 \sin\alpha$

$V_0^{1y} = -(V_1 \cos\alpha + U)$

$V_0^{2y} = V_2 \cos\beta - U$

$(V_0^1)^2 = V_1^2 + U^2 - 2V_1 U \cdot \cos(\pi-\alpha) = V_0^{1x^2} + V_0^{1y^2} = V_1^2 \sin^2\alpha + (V_1\cos\alpha + U)^2$

$(V_0^2)^2 = V_2^2 + U^2 - 2V_2 U \cdot \cos\beta = V_0^{2x^2} + V_0^{2y^2} = V_1^2 \sin^2\alpha + (V_2\cos\beta - U)^2$

$V_1^2 + \cancel{U^2} - 2V_1 U\cos(\pi-\alpha) - V_2^2 - \cancel{U^2} + 2V_2 U\cos\beta = (V_1\cos\alpha + U)^2 - (V_2\cos\beta - U)^2$

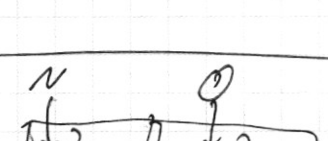
$V_1^2 - V_2^2 + 2V_1 U\cos\alpha + 2V_2 U\cos\beta = V_1^2\cos^2\alpha + 2V_1\cos\alpha U + \cancel{U^2} - V_2^2\cos^2\beta + 2V_2\cos\beta U - \cancel{U^2}$

$V_1^2 + V_2^2 + 2U^2 + \cancel{2V_1 U\cos(\alpha) - 2V_2 U\cos\beta} = 2V_1^2\sin^2\alpha + (V_1\cos\alpha + U)^2 + (V_2\cos\beta - U)^2$

U^2

№2.

$C_V = \frac{5}{2}R.$



$P_A V_1 = \nu R T_1 \qquad P_A = P_0$ (процесс медленный)

$P_0 V_2^0 = \nu R T_2$

$\frac{V_1^0}{V_2^0} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300К}{500К} = \frac{3}{5}$ | $V_2^{0y} - V_1^{0y} =$

$\nu R(T_1 + T_2) = P_A V_1 + P_0 V_2 = V_1(P_A + \frac{5}{3}P_0) \quad V_2^0 = \frac{5}{3}V_1^0$

$V_1\cos\alpha = 8\cdot\frac{2\sqrt{7}}{4}$ | $2\sqrt{7}$

$V_2\cos\beta = 18\cdot\frac{6\sqrt{3}}{2}$ | $6\sqrt{3}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$I_m^u = \sqrt{\mathcal{E}^2 \frac{C^3}{2L} + \mathcal{E}^2 \cdot \frac{C^2}{3L}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{5}{6}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{5C}{6L}}$$

$$\frac{1}{2}^3 + \frac{1}{3}^2 = \frac{5}{6}$$

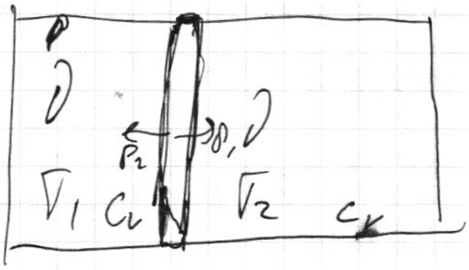
$$I_{m1} = I_y + I_u^n = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}} + \mathcal{E}\sqrt{\frac{5C}{6L}} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}}\left(\frac{1}{\sqrt{3}} + \sqrt{\frac{5}{6}}\right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}} + \sqrt{\frac{5}{6}} = \frac{\sqrt{2}+\sqrt{5}}{\sqrt{6}} \qquad I_{m1} = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \left(\frac{\sqrt{2}+\sqrt{5}}{\sqrt{6}}\right)$$

I_{m2} — ?

$$I_{m2} = I_y = \mathcal{E}\sqrt{\frac{C}{3L}}$$

№2.



$P_1 = P_2 = P$

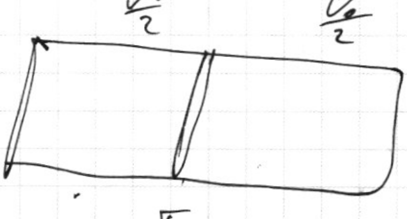
$PV_1 = \nu R T_1$

$PV_2 = \nu R T_2$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5}$$

$$V_2 = \frac{5}{3}V_1$$

$$V_0 = V_1 + \frac{5}{3}V_1 = \frac{8}{3}V_1 \qquad V_1 = \frac{3}{8}V_0$$



$P_1' = P_2' = P'$

$P'\frac{V_0}{2} = \nu R T_y$ — для обеих сторон.

$Q_1 = \Delta U_1 + A_1 \qquad Q_2 = \Delta U_2 + A_2 \qquad A_1 = -A_2$

$Q_1 + Q_2 = 0 = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \cancel{A_1 + A_2}^{\,0} \qquad \nu C_V(T_y - T_1) = \nu C_V(T_y - T_2)$

$2T_y = T_1 + T_2 \qquad T_y = \frac{T_1+T_2}{2} = 400^\circ K. \qquad \Delta U_1 = -\Delta U_2$

$Q_1 - Q_2 = 2Q_1 = 2\Delta U_2 + 2A_2 \qquad -Q_1 = \Delta U_2 + A_2$

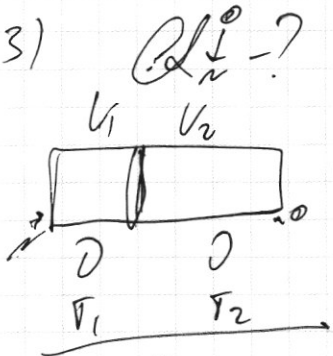
☑ черновик ☐ чистовик

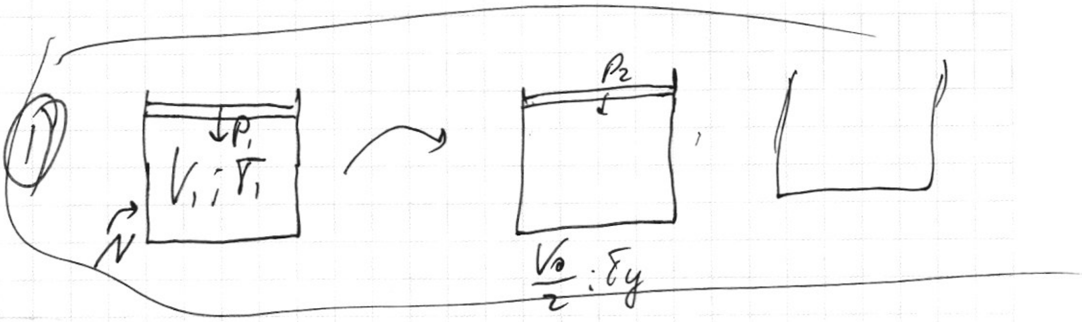
(Поставьте галочку в нужном поле)

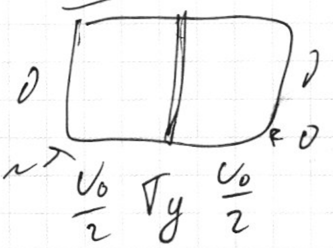
Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

3) Q_N^{1} – ?







$P_1V_1=\nu RT_1$ $\qquad$ $P_2\frac{V_0}{2}=\nu RT_y$

$\frac{3}{8}P_1V_0=\nu RT_1$

$$\frac{P_2}{P_1}=\frac{2\nu RT_y}{V_0}\cdot\frac{8V_0}{3\nu RT_1}=\frac{3}{4}\frac{T_y}{T_1}$$

$$\frac{P_2}{P_1}=\frac{3}{4}\cdot\frac{400}{300}=1 \qquad P_2=P_1=P_0$$

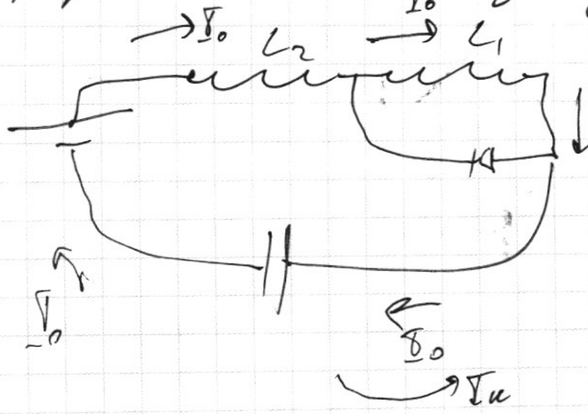
P = const. почему?

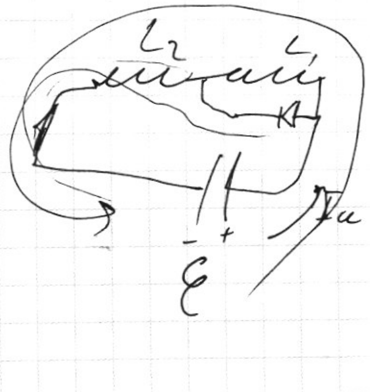
Т.к. процесс медленный и пренебрегаем действием внутр. сил.

$$\Rightarrow Q_1=\Delta U_1+A_1=\nu C_V(T_y-T_1)+P_0\cdot\left(\frac{V_0}{2}-\frac{3}{8}V_0\right)$$

$$Q_1=\nu C_V(T_y-T_1)+P_0V_0\left(\frac{1}{8}\right)=\nu C_V(T_y-T_1)+\frac{\nu RT_y}{4}$$

Пусть колеб. через L_2 и L_1





831
15
+ 4155
8310
1246 3

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)