



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

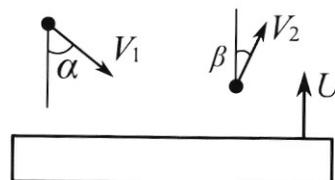
Класс 11

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  $\alpha$  ( $\sin \alpha = \frac{3}{4}$ ) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью  $V_2$ , составляющей угол  $\beta$  ( $\sin \beta = \frac{1}{2}$ ) с вертикалью.

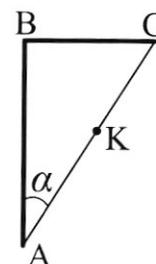


- 1) Найти скорость  $V_2$ .
- 2) Найти возможные значения скорости плиты  $U$  при таком неупругом ударе. Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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?

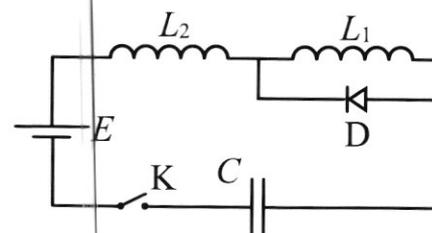
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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

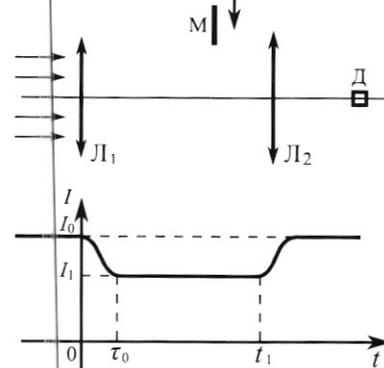
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда  $\sigma_1 = 2\sigma$ ,  $\sigma_2 = \sigma$ , соответственно. Угол  $\alpha = \pi/7$ . Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

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 К 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  $L_1$  и  $L_2$  (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  $L_1$  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  $L_1$ . На рисунке показана зависимость тока  $I$  фотодетектора от времени  $t$  (секундомер включен в момент начала уменьшения тока).  $I_1 = 3I_0/4$ .

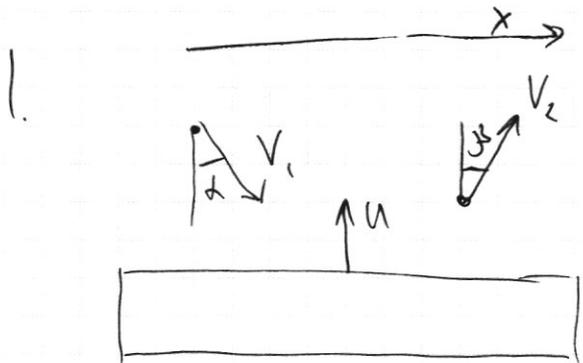


- 1) Найти расстояние между линзой  $L_2$  и фотодетектором.
- 2) Определить скорость  $V$  движения мишени. 3) Определить  $t_1$ .

Известными считать величины  $F_0$ ,  $D$ ,  $\tau_0$ .



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



ЗСУ на ось x

$$1) mV_1 \sin \alpha = mV_2 \sin \beta$$

$$V_2 = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} V_1 = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{1}{2}} V_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 8 = 12 \text{ м/с}$$

2) Перейдем в С.О. движущую со скоростью u вверх

$$\downarrow V_1 \cos \alpha + u \quad \uparrow V_2 \cos \beta - u$$

$$m(V_1 \cos \alpha + u) = m(V_2 \cos \beta - u)$$

$$u = \frac{V_2 \cos \beta - V_1 \cos \alpha}{2} = \frac{12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 8 \cdot \frac{\sqrt{7}}{4}}{2} =$$

$$= 3\sqrt{3} - \sqrt{7} = \sqrt{27} - \sqrt{7} \quad \text{по т.к. удар не упругий}$$

Ответ: 1)  $V_2 = 12 \text{ м/с}$  2)  $u = \sqrt{27} - \sqrt{7}$

$$V_1 = 8 \text{ м/с}$$

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

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

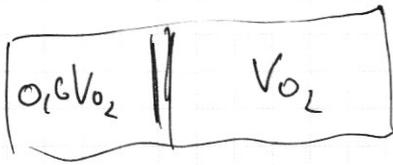
$$1) V_2 = ?$$

$$2) u = ?$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{16}} = \frac{\sqrt{7}}{4}$$

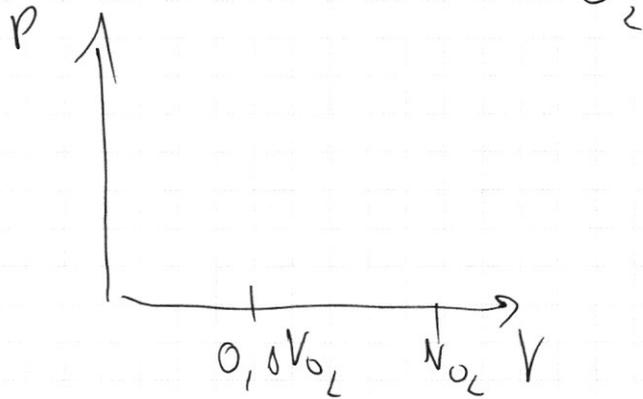
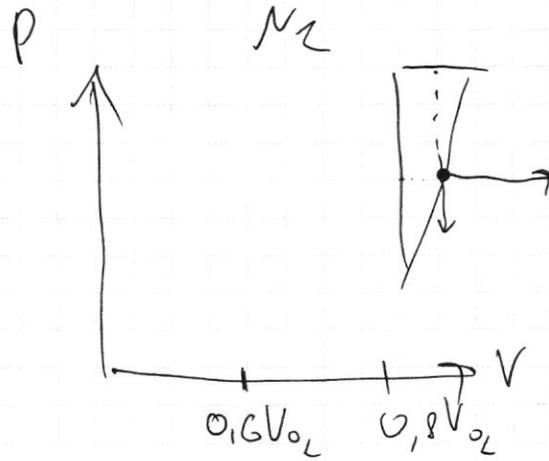
$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{1}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$Q = A + U$$



$$d_3$$

$$1,6V_{O_2}$$



$$Q_{N_2} = A_{N_2} + U_{N_2}$$

$$Q_{O_2} = A_{O_2} + U_{O_2}$$

$$0 = A_{N_2} + A_{O_2} + U_{N_2} + U_{O_2} = U_{N_2} + U_{O_2}$$

$$A_{N_2} = -A_{O_2}$$

$$\int R(T - T_1) + \int R(T_{\text{ср}} - T_2) = 0$$

$$A > 0$$

$$Q_{O_2} = A - U$$

$$Q_{N_2} = -A + U$$

$$A = U - Q_{N_2}$$

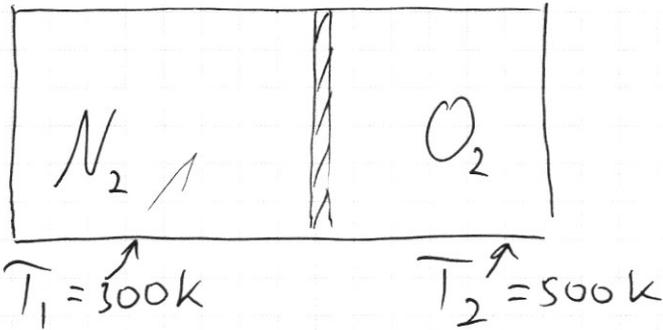
$$Q_{O_2} = U - Q_{N_2} - U = -Q_{N_2}$$

$$U = C_v (T_{\text{ср}} - T_1) \cdot 100$$

$$-U = C_v (T - T_2) \cdot 100$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2.



$$J = \frac{3}{7} \text{ моль}$$

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

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$1) \begin{cases} P V_{N_2} = J R T_1 \\ P V_{O_2} = J R T_2 \end{cases} \quad \frac{V_{N_2}}{V_{O_2}} = \frac{T_1}{T_2} =$$

$$= \frac{300}{500} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$V_{N_2} = 0,6 V_{O_2} = V_1 \quad V_2 = 1 V_{O_2}$$

$$1) \frac{V_{N_2}}{V_{O_2}} = ?$$

$$2) T = ? \text{ - усн.}$$

$$3) Q = ?$$

кишорог → ают

$$2) \text{ В конце } P_{N_2} = P_{O_2} = P, \quad T_{N_2} = T_{O_2} = T$$

$$\begin{cases} P V_{N_2} = J R T \\ P V_{O_2} = J R T \end{cases} \rightarrow V_{N_2} = V_{O_2} = V$$

$$Q_{N_2} = A_{N_2} + U_{N_2}$$

$$Q_{O_2} = A_{O_2} + U_{O_2}$$

$$Q_{N_2} + Q_{O_2} = 0 =$$

Т.к. ушли теплоту.

$$= A_{N_2} + A_{O_2} + U_{N_2} + U_{O_2} =$$

$$= U_{N_2} + U_{O_2}$$

$$A_{N_2} = -A_{O_2}$$

2.

$$C_v \nu (T - T_1) + C_v \nu (T - T_2) = 0$$

$$T - T_1 = T - T_2 = 0$$

$$2T = T_1 + T_2$$

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{500 + 500}{2} = 500 \text{ K}$$

3) в момент момент

$$\delta Q_{O_2} + \delta Q_{N_2} = 0 = \delta A_{O_2} + dU_{O_2} + \delta A_{N_2} + dU_{N_2}$$

$$\delta A_{O_2} + \delta A_{N_2} = 0 = dU_{O_2} + dU_{N_2}$$

то есть  $dT_{O_2} = -dT_{N_2} \rightarrow T_2' - T_2 = T_1 - T_1'$   
 $T_2' + T_1' = T_2 + T_1 = \text{const}$

$$P dV_{O_2} + P dV_{N_2} = 0$$

$$dV_{O_2} = -dV_{N_2}$$

$$\frac{dP_{O_2}}{P} + \frac{dV_{O_2}}{V_{O_2}} = \frac{dT_{O_2}}{T} = -\frac{dT_{N_2}}{T} = -\frac{dP_{N_2}}{P} = -\frac{dV_{N_2}}{V_{N_2}}$$

то есть, если  $N_2$  уб. тогда  $\Delta T$ ,  
 то  $O_2$  уб. на  $\Delta T$ .

тогда  $P(V_1 + \Delta V) = \nu R(T_1 + \Delta T) - N_2$   
 $P(V_2 - \Delta V) = \nu R(T_2 - \Delta T) - O_2$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$(V_1 + \Delta V)(T_2 - \Delta T) = (T_1 + \Delta T)(V_2 - \Delta V)$$

$$V_1 T_2 - \Delta T V_1 + \Delta V T_2 - \Delta T \Delta V = T_1 V_2 - T_1 \Delta V + \Delta T V_2 - \Delta T \Delta V$$

$$V_1 T_2 + \Delta V (T_2 + T_1) = T_1 V_2 + \Delta T (V_2 + V_1)$$

$$0,6 V_{02} \cdot 500 + \Delta V \cdot 300 = 300 \cdot V_{02} + \Delta T \cdot 1,6 V_{02}$$

$$\underbrace{300 V_{02}} \quad \Delta V (T_2 + T_1) = \Delta T (V_2 + V_1)$$

$$\Delta V \cdot 300 = \Delta T \cdot 1,6 V_{02}$$

$$\Delta T = \frac{\Delta V}{V_{02}} \cdot \frac{300}{1,6} = 500 \frac{\Delta V}{V_{02}}$$

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

умножит

$$V = kT + \beta$$

$$P(V_1 + \Delta V) = \mathcal{O}R (T_1 + \Delta T)$$

$$P = \frac{\mathcal{O}R (T_1 + \Delta T)}{V_1 + \Delta V}$$

подставим  $V=0, T=0$

$$\frac{-0,6 V_{02}}{-T_1} = \frac{1,6 V_{02}}{T_2 + T_1}$$

$$300 \cdot 0,6 = 1,6 \cdot \left( \frac{300}{V = kT} \right) \quad 48 = 48$$

умножит

тогда

$$PV = PKT = \nu RT$$

$$P = \frac{\nu R}{K} = \text{const.}$$

тогда  $Q = A + U = -P(V_{O_2} - 0,8V_{O_2}) + C_V \nu (T_2 - T) =$

$$= -\nu R (T_2 - T) + \nu \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T) =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T) = \frac{3}{2} \nu R (500 - 400) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{7} \cdot 8,31 \cdot 100 = \frac{9}{2} \cdot \frac{831}{7} \approx 120 \cdot \frac{9}{2} =$$

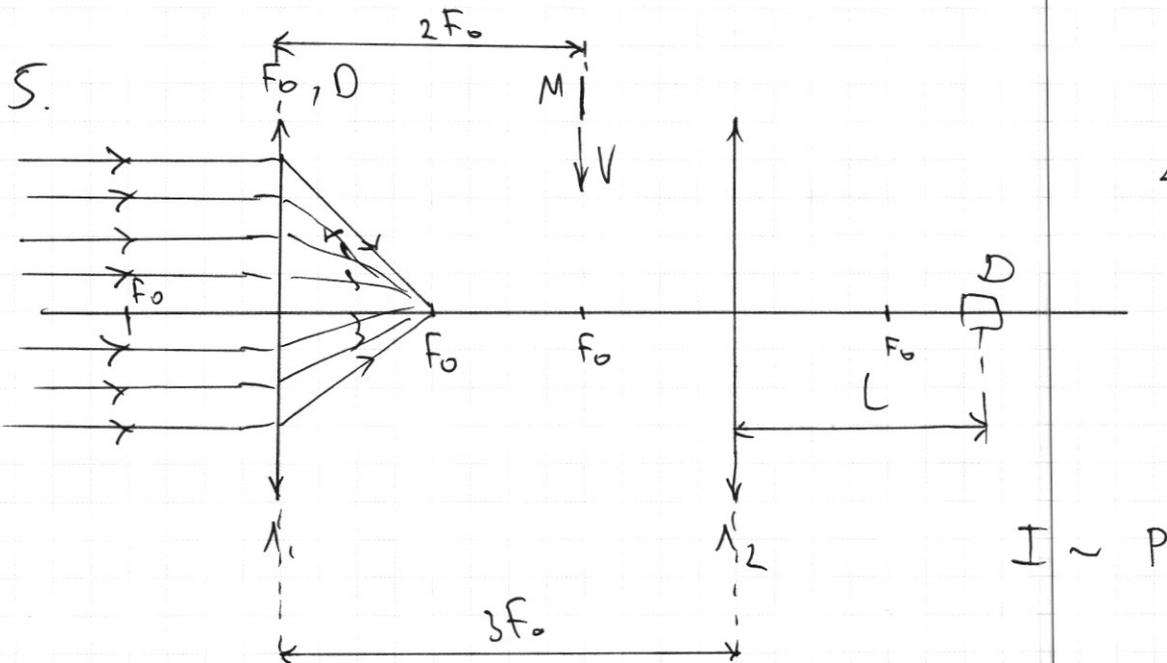
$$= 60 \cdot 9 = 540 \text{ Дж}$$

Ответ: 1)  $\frac{V_{N_2}}{V_{O_2}} = 0,6$

2)  $T = 400 \text{ K}$

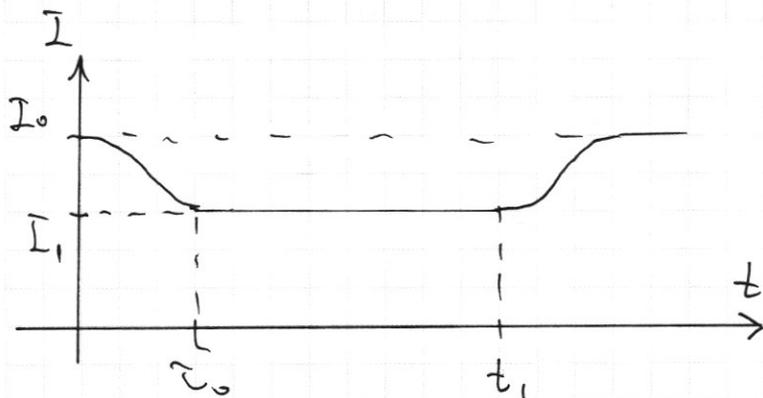
3)  $Q = 540 \text{ Дж.}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1)  $L = ?$   
2)  $V = ?$   
3)  $t_1 = ?$

$I \sim P$



$$I_1 = \frac{3}{4} I_0$$

1) Параллельный пучок собирается в фокусе 1 линзы  
тогда  $\frac{1}{2F_0} + \frac{1}{L} = \frac{1}{F_0}$   $L = \frac{F_0 \cdot 2F_0}{2F_0 - F_0} = 2F_0$

2)  $\frac{I_0}{P_0} = \frac{I_1}{P_1}$   $P_1 = \frac{I_1^2}{d^2}$   $\frac{P_1}{P_0} = \frac{I_1^2}{I_0^2} = \frac{d^2 - d^2}{d^2}$

$d$  - диаметр линзы

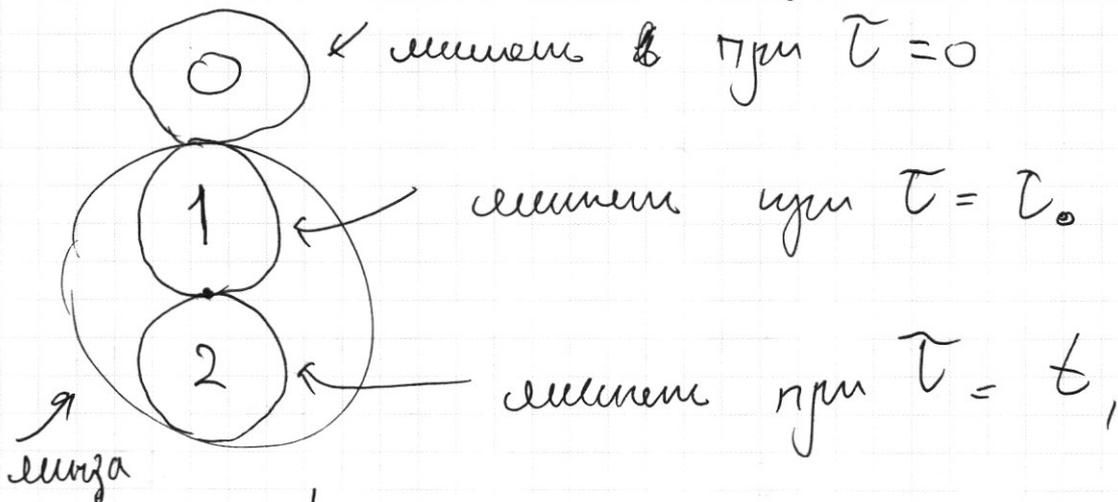
$$5. \quad D^2 \frac{I_1}{I_0} = b^2 - d^2$$

$$d^2 = D^2 \left( 1 - \frac{I_1}{I_0} \right)$$

$$d = D \sqrt{\frac{I_0 - I_1}{I_0}} =$$

$$= D \cdot \sqrt{1 - \frac{3}{4}} = \frac{1}{2} D$$

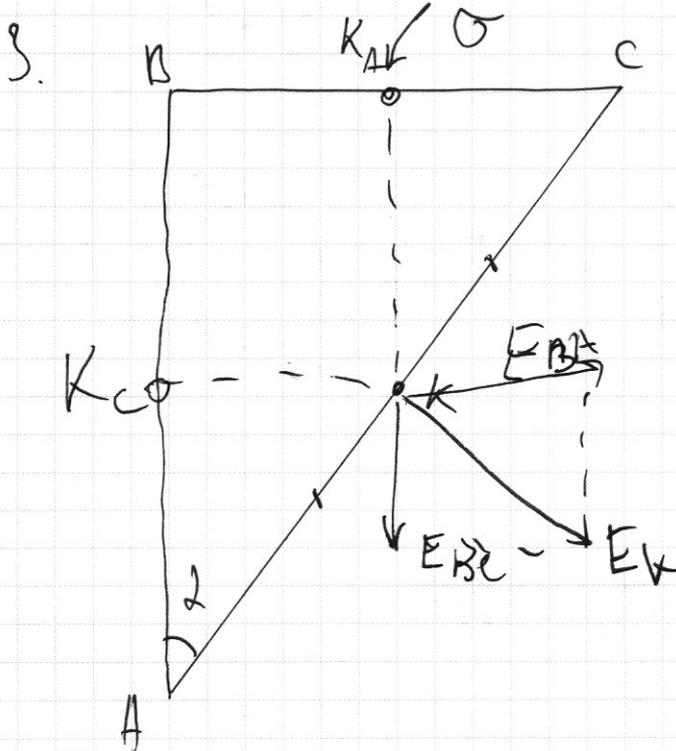
Поскольку  $\tau_0$  — минимальная толщина  
 прошедшего излучения = ее диаметру,  
 то есть  $\frac{1}{2} D$ , тогда  $v = \frac{\frac{1}{2} D}{\tau_0} = \frac{D}{2\tau_0}$



3) Если  $t_1$  — минимальный пройденный путь =  $D$   
 Тогда  $t_1 = \frac{D}{v} = \frac{D}{\frac{D}{2\tau_0}} = 2\tau_0$

Ответ: 1)  $l = 2F_0$  2)  $v = \frac{D}{2\tau_0}$  3)  $2\tau_0$ .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\alpha = \frac{\pi}{4}$$

$$1) \frac{E_{K_2}}{E_{K_1}} = ?$$

если  $AB \perp BC$

$$2) \sigma_1 = 2\sigma - BC$$

$$\sigma_2 = \sigma - AB$$

$$\alpha = \frac{\pi}{4}$$

$$E_K = ?$$

$$1) E_{BC} = 2\pi k \sigma$$

$$E_{AB} = 2\pi k \sigma$$

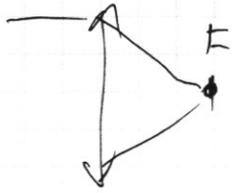
В центре  
 $E_K = E_{BC}$

В центре  
 $E_K =$

1) нуль  $k_c, k_a$  — заряды  
на  $AB$  и  $BC$

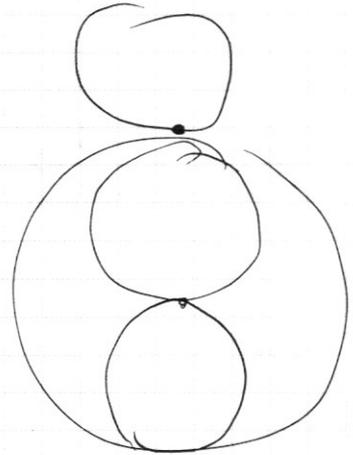
и в точке  $K_A$  заряд  $q$

тогда  $E_{K_1} = \frac{kq}{KKA}$



$$\frac{l}{2F} + \frac{l}{L} = \frac{l}{F}$$

$$L = \frac{2FF}{2F - F} = 2F$$



$$I_0 = k P_1$$

$$\frac{I_0}{P_0} = \frac{I_1}{P_1}$$

$$P_1 = \frac{I_1}{I_0} P_0 = \frac{1}{5} P_0$$

$$L = \frac{M_T}{\omega^2}$$

$$P_1 = L \frac{D^2}{4}$$

$$P_2 = L \frac{D^2}{4} - \frac{1}{5} P_0$$

$$\frac{1}{4} D^2 = \frac{1}{4} L \left( \frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4} \right)$$

$$D^2 = \frac{1}{4} (D^2 - d^2)$$

$$\frac{1}{4} D^2 = \frac{1}{4} d^2$$

$$\frac{1}{4} L \frac{D^2}{4} = L \left( \frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4} \right)$$

$$\frac{1}{4} D^2 = D^2 - d^2$$

$$d^2 = \frac{1}{4} D^2$$

$$d = \frac{1}{2} D$$

из симметрии, когда зарядов  $Q$ , на  
КС одна заряда  $Q$

$$E = \frac{kq}{k_2} + \frac{kq}{k_2}$$

$$1) E_{BC} = 2\pi k_2 \sigma$$

$$E_{AB} = 2\pi k_2 \sigma$$

сумма из симметрии

$$E_{AB} = E_{BC}$$

$$E_{k_1} = 2\pi k_2 \sigma$$

$$E_{k_2} = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2} = \sqrt{2} E_{k_1}$$

$$\frac{E_{k_2}}{E_{k_1}} = \sqrt{2}$$

Ответ:  $\sqrt{2}$

1/2/1

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. Соединим ток через  $b=0$ .

тогда через  $L_1$  и  $L_2$  будет течь  
одинаковый ток

$$\mathcal{E} = \frac{L_1 dI}{dt} + \frac{L_2 dI}{dt}$$

$$\mathcal{E} = L_1 \dot{I} + L_2 \dot{I} + \frac{q}{C}$$

$$0 = L_1 \ddot{I} + L_2 \ddot{I} + \frac{I}{C}$$

$$\ddot{I} + I \frac{1}{C(L_1+L_2)} = 0$$

тогда

$$\omega^2 = \frac{1}{C(L_1+L_2)}$$

$$T_1 = 2\pi \sqrt{C(L_1+L_2)}$$

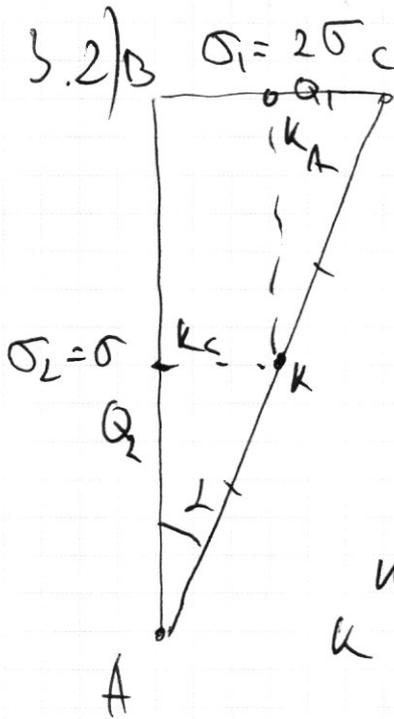
тогда конца конденсатора на  $C$   $U_C = \mathcal{E}$   
ток на ток в катушках будет 0, те.

$$U_C = \mathcal{E} = \mathcal{E} - \frac{L_2 dI}{dt}$$

и график откруивает

тогда. пройдем время  $t_1 = \frac{T_1}{2}$ .

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\text{дл. } L = \frac{\pi}{7}$$

$$E_K = ?$$

$$3) k k_c = \frac{1}{2} BC$$

$$\frac{2q \cdot BC}{BC^2} = \sigma = \frac{2q}{\frac{1}{2} k k_c} =$$

$$= \frac{4q}{k k_c^2}$$

1) Заметим, что на поле  $E_K$  влияют только заряды, находящиеся на продолжении точки  $K$ ,  $K_A$  и  $K_C$

2) так как поверхность мысленная для отсчёта в 2 раза, то и заряды в продолжении тоже.

$$\frac{Q_2}{a_1} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{1}{2}$$

тогда  $E_K = \sqrt{\frac{k q_1^2}{k k_A^2} + \frac{k q_2^2}{k k_C^2}} =$

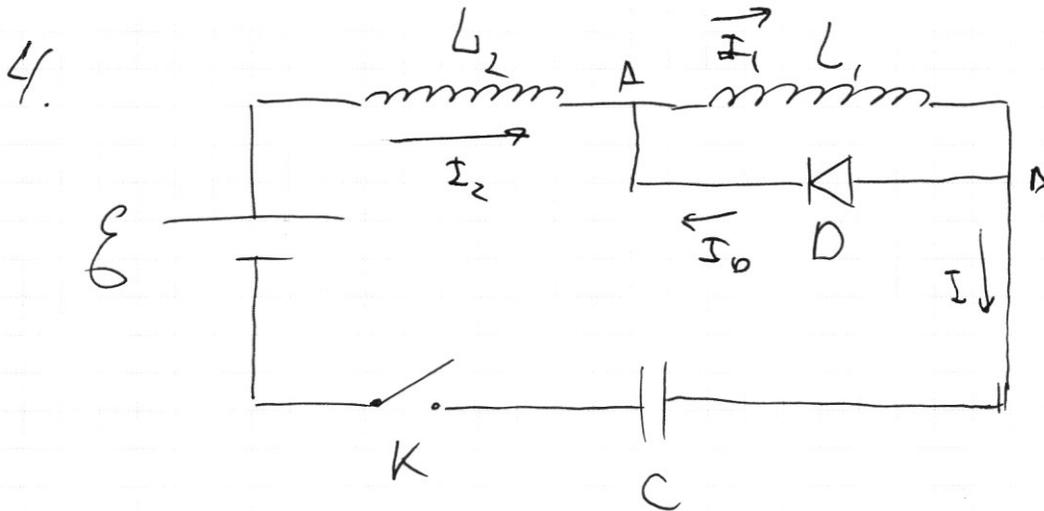
$$\text{tg } \alpha = \frac{k k_C}{k k_A}$$

$$= \frac{k q_2^2}{k k_C^2} \left( 1 + \frac{\frac{k q_1^2}{k k_A^2}}{\frac{k q_2^2}{k k_C^2}} \right) = \frac{k q_2^2}{k k_C^2} (1 + \text{tg}^2 \alpha \cdot 4) =$$

$$= \frac{q}{k k_C} \sqrt{k (1 + \text{tg}^2 \alpha \cdot 4)} = \frac{\sigma}{\delta} \sqrt{k (1 + \text{tg}^2 \alpha \cdot 4)}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\varepsilon - \frac{L_2 dI_2}{dt} - \frac{L_1 dI_1}{dt} = U_C$$

$$\left. \begin{aligned} I_2 + I_0 &= I_1 \\ I_1 &= I + I_0 \end{aligned} \right\} I = I_2$$

Если ключ открыт, то

$$L_1 \frac{dI_1}{dt} = 0$$

$$\frac{dI_1}{dt} = 0$$

значит  $I_1 = \text{const}$

$$\varphi_A = \varepsilon - \frac{L_2 dI_2}{dt}$$

ключ открыт  
при  $U_C = \varepsilon$

$$\varepsilon - \frac{L_2 dI_2}{dt}$$

$$\varphi_D = U_C$$

то, если ключ открыт, то

$$\varepsilon = \frac{L_2 dI_2}{dt} + U_C$$

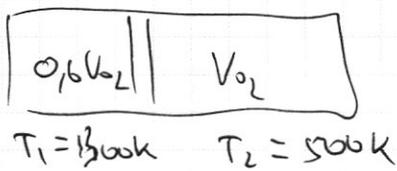
$$L_1 = 2L$$

$$L_2 = L$$

1)  $T = ?$

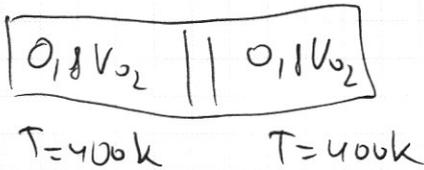
2)  $I_{m1} = ?$   
через  $L_1$

3)  $I_{m2} = ?$   
через  $L_2$



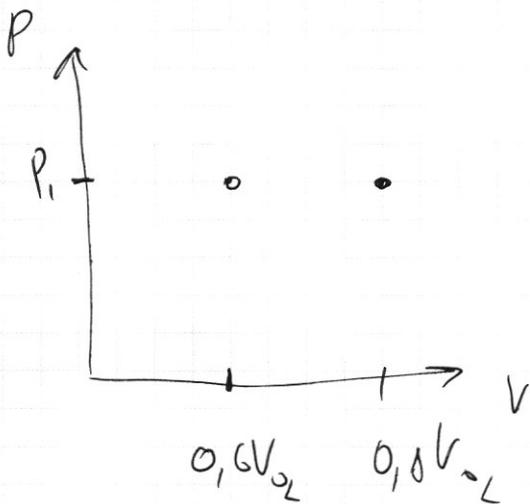
$$P_1 = \frac{0,6RT_1}{0,6V_{O_2}}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{0,6RT_1}{0,6V_{O_2}}}{\frac{0,8RT}{0,8V_{O_2}}} =$$



$$P_2 = \frac{0,8RT}{0,8V_{O_2}}$$

$$= \frac{T_1 \cdot 0,6}{T \cdot 0,8} = \frac{300 \cdot 4}{400 \cdot 3} = 1$$



в любой момент

$$\delta Q_{N_2} + \delta Q_{O_2} = 0$$

$$\delta A_{N_2} dU_{N_2} + \delta A_{O_2} dU_{O_2} = 0$$

$$dU_{N_2} = -dU_{O_2} \quad dT_{N_2} = dT_{O_2}$$

$$C_V N_2 (T_2 - T_1) = -C_V N_2 (T_2 - T_1)$$

$$P = \frac{RT}{V}$$

$$T_{N_2} + T_{O_2} = T_1 + T_2$$

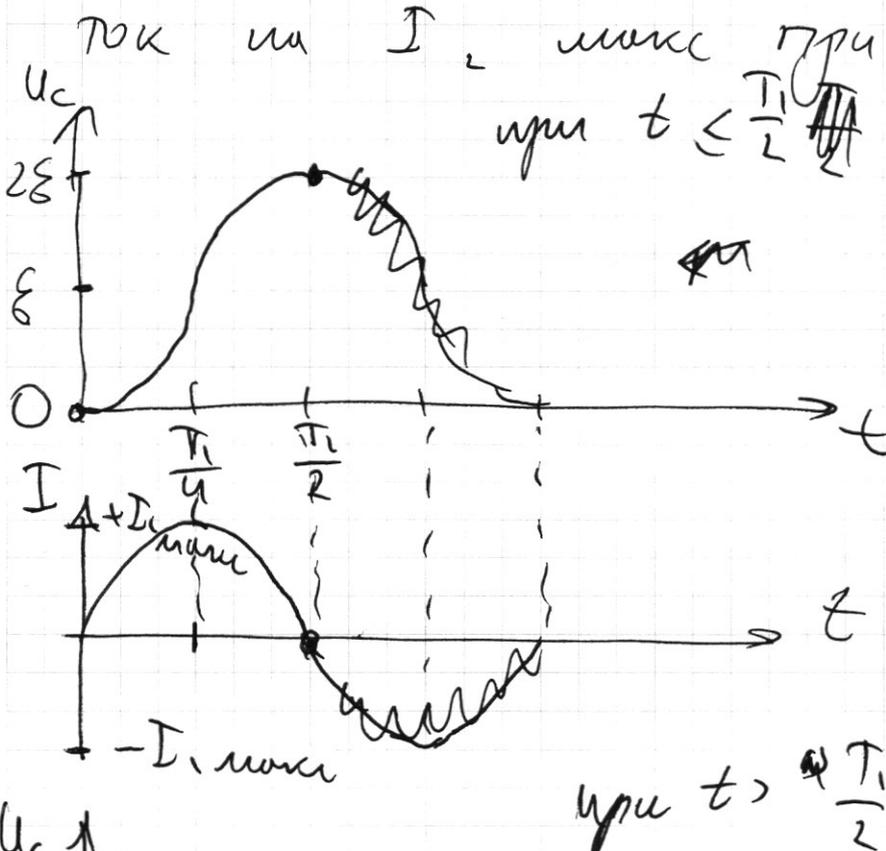
$$\frac{dP_{N_2}}{P} + \frac{dV_{N_2}}{V_{N_2}} = \frac{dT}{T} = \frac{dP_{O_2}}{P} + \frac{dV_{O_2}}{V_{O_2}}$$

$$P dV_{N_2} = P dV_{O_2}$$

$$\frac{dP_{N_2} - dP_{O_2}}{P} = dV_{O_2} + dV \left( \frac{1}{V_{O_2}} - \frac{1}{V_{N_2}} \right) = dV \frac{V_{N_2} - V_{O_2}}{V_{O_2} V_{N_2}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

У. Ответ: 1)  $T = \pi \sqrt{CL_2} + \pi \sqrt{C(L_1 + L_2)}$



$$T = \pi \sqrt{CL_2} + \pi \sqrt{C(L_1 + L_2)}$$

$$t = \frac{T_1}{2} + \frac{T_2}{4}$$

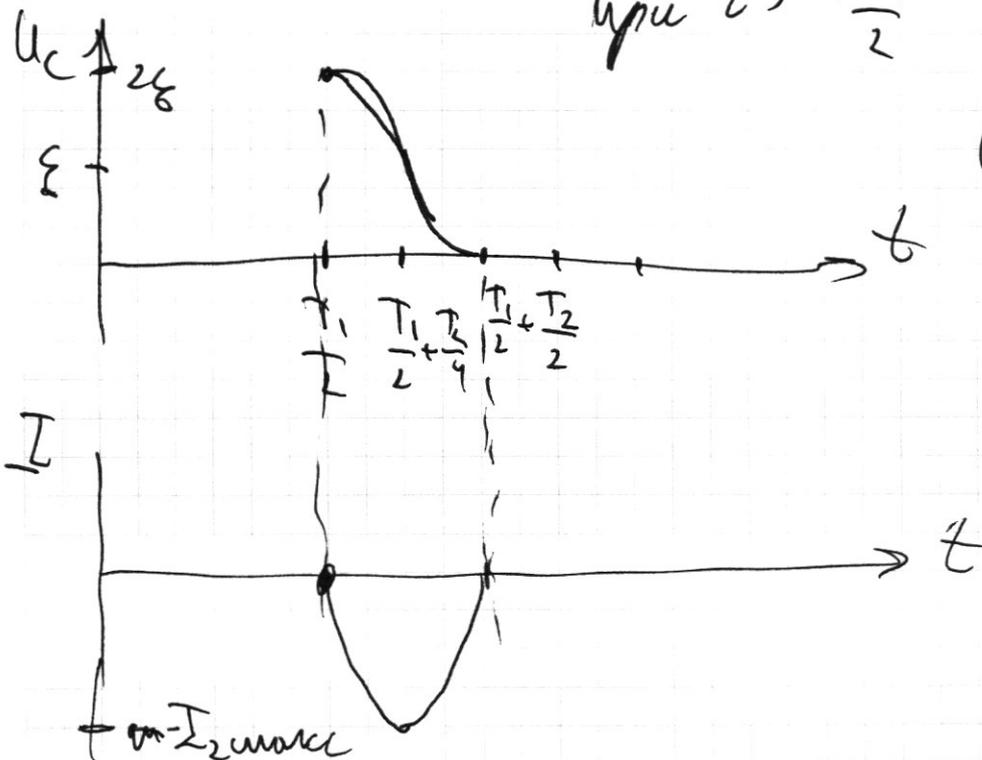
тогда заряд  $q = \epsilon C U_C$

$$U_C = \epsilon$$

$$A = \epsilon q = \epsilon^2 C$$

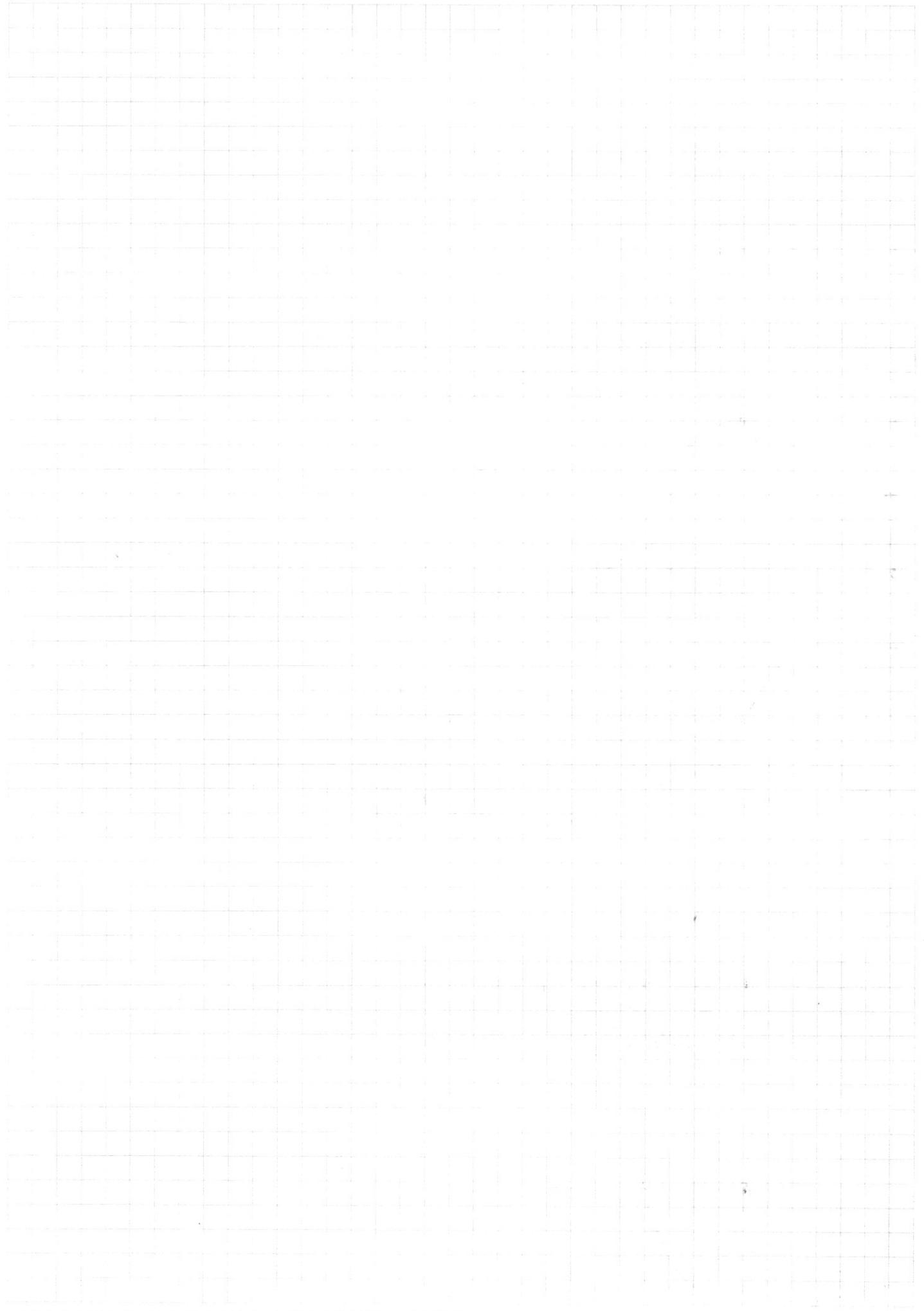
$$W = \epsilon^2 C = \frac{C \epsilon^2}{2} + \frac{L_2 I_{2m}^2}{2}$$

$$I_{2m} = \sqrt{\frac{C \epsilon^2}{L_2}}$$



Ответ:

$$3) I_{2m} = \sqrt{\frac{C \epsilon^2}{L_2}}$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

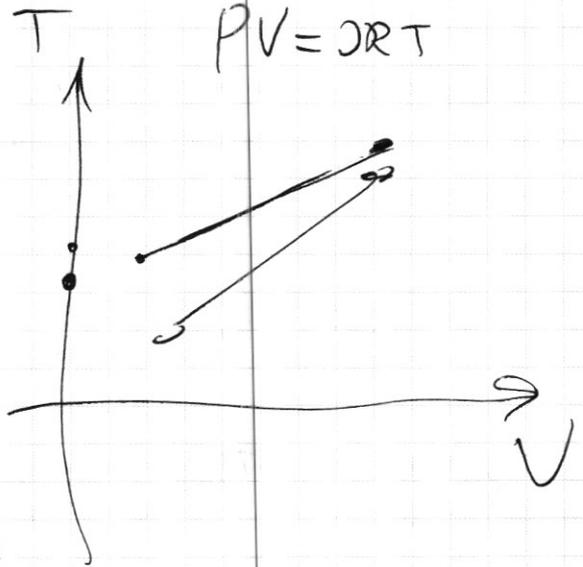
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q = A + U = 1$$

$$\delta Q = p dV + \frac{\nu}{2} \nu R dT$$

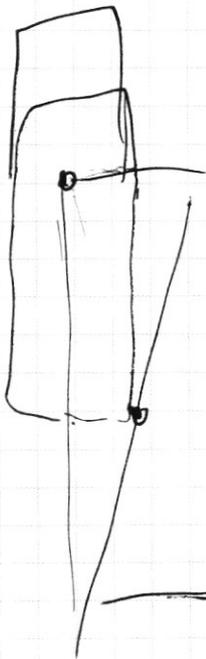
нуль  $I_m$ ,

$$\frac{L_1 dI_1}{dt} = 0$$



$$\xi = \frac{L_2 dI_2}{dt} + U_c$$

$$pV = \nu kT = \nu RT$$



$$\frac{0,6 V_{01}}{300} = \frac{1,6 V_{02}}{800}$$

120

$$0,6 \cdot 300 = 1,6 \cdot 200$$

$$0,6 \cdot 3 = 1,6 \cdot 2$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta T} = k$$

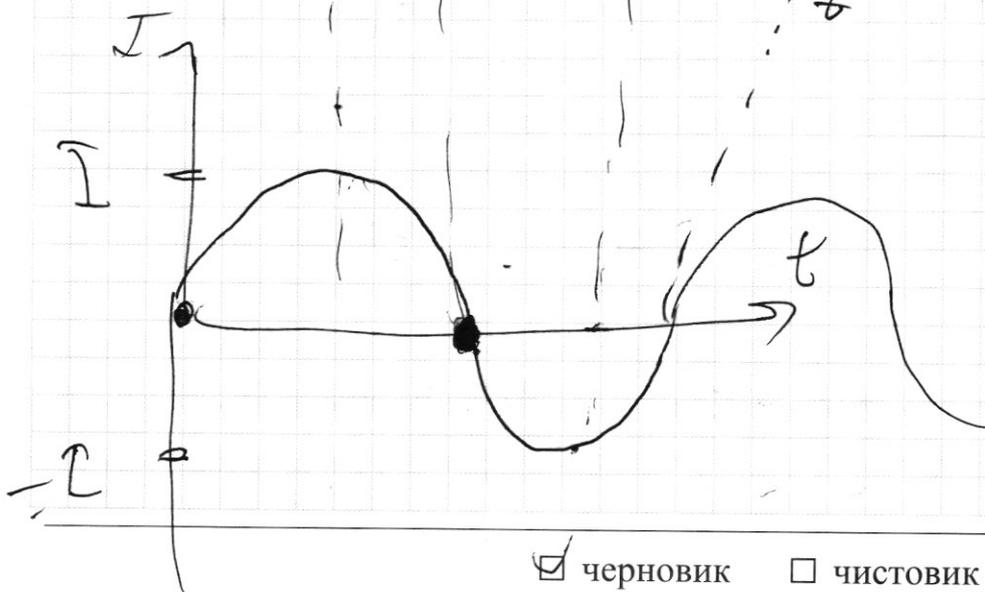
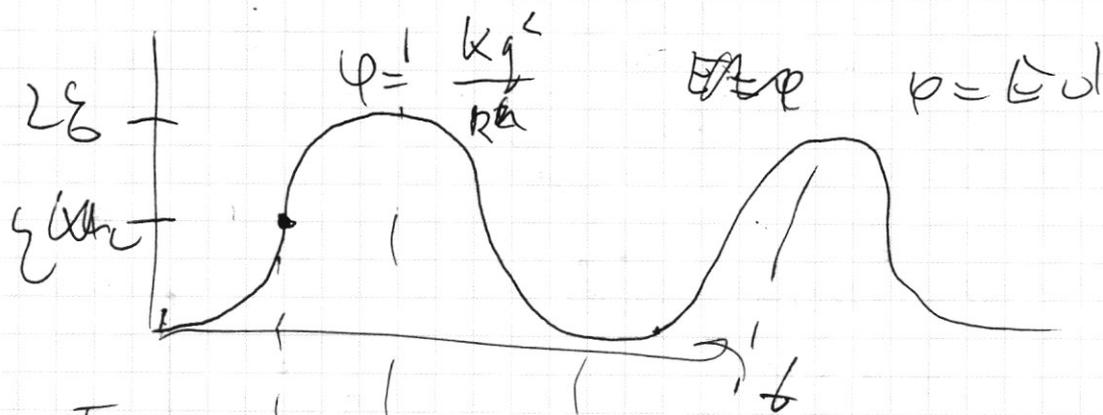
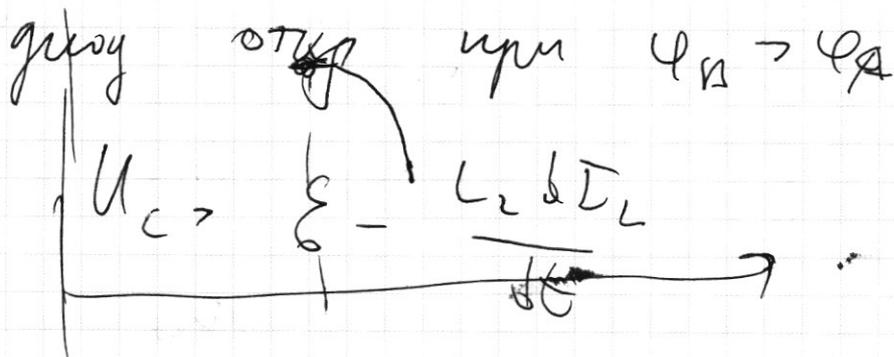
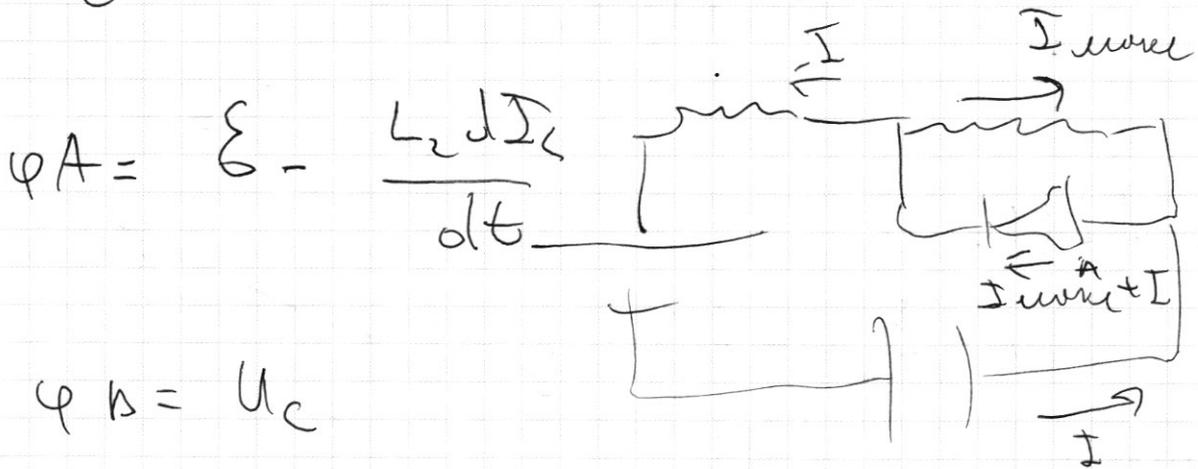
$$\Delta V = k \Delta T$$

$$V - V_1 = k(T - T_1)$$

$$V = V_1 + kT_1 + kT - kT_1 = kT + C$$

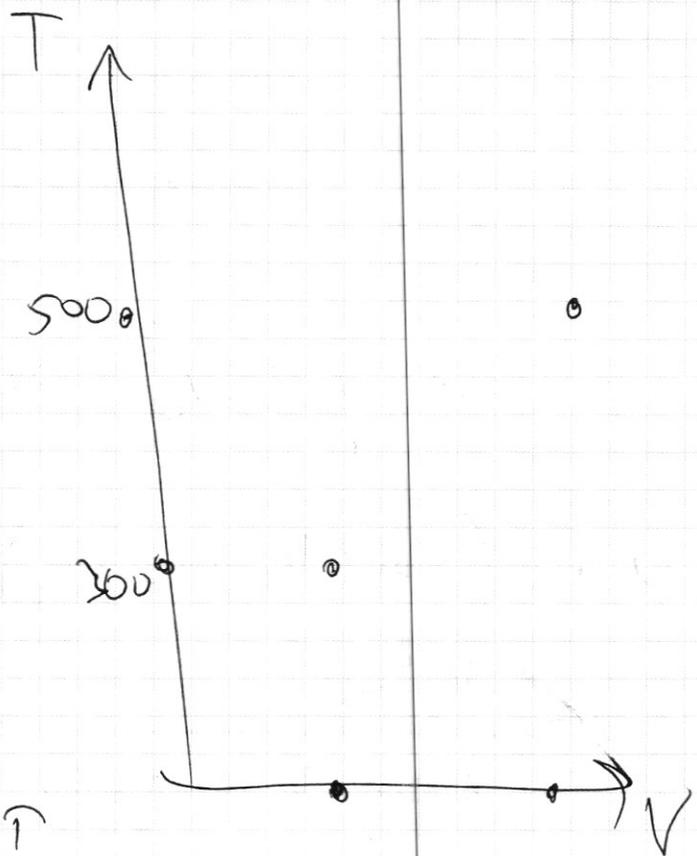
Схема ток реж  $L_2, L_1$  0

$$U_C = 0$$



$$\int dV_{O_2} = \int -dV_{N_2}$$

~~$V_{O_2}$~~   $V_{N_2}$



$$V_{O_2} - V_{O_2} = V_{N_2} - V_{N_2}$$

$$V_{O_2} + V_{N_2} =$$

$$\frac{0,6V_{O_2} + V}{V_{O_2} - V} = \frac{T_1 + T}{T_2 - T}$$

~~$$0,6V_{O_2} T_2 - 0,6V_{O_2} T + T_2 U - T U =$$~~

~~$$0,6V_{O_2} T_2 - 0,6V_{O_2} T + T_2 U - T U = T_1 V_{O_2} + T V_{O_2} - U T_1 - U T$$~~

~~$$0,6V_{O_2} T_2 - 0,6V_{O_2} T + T_2 U = T_1 V_{O_2} + T V_{O_2} - U T_1$$~~

$$V(T_1 + T_2) = T_1 V_{O_2} - 0,6V_{O_2} T_2$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$u \cdot 2 (\cos \alpha V_1 + \cos \beta V_2) = V_2^2 - V_1^2$$

$$u = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 (\cos \alpha V_1 + \cos \beta V_2)} = \frac{(12 - 3)(12 + 3)}{2 \left( \frac{\sqrt{7}}{4} \cdot 3 + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 12 \right)} =$$

$$= \frac{4 \cdot 10}{2\sqrt{7} + 6\sqrt{3}} = \frac{20}{\sqrt{7} + 3\sqrt{3}} = \frac{20(3\sqrt{3} - \sqrt{7})}{27 - 7} = 3\sqrt{3} - \sqrt{7}$$

$$\int_{T_2}^{T_2^0} dT_{O_2} = - \int_{T_1}^{T_1^0} dT_{N_2}$$

$$T_2^0 - T_2 = T_1 - T_1^0$$

$$T_2^0 + T_1^0 = T_1 + T_2 = 300 \text{ K}$$

$$p V_{N_2}^i = \nu R (T_1 + T)$$

$$p V_{O_2}^0 = \nu R (T_2 - T)$$

$$\frac{V_{N_2}^i}{V_{O_2}^0} = \frac{T_1 + T}{T_2 - T}$$

O<sub>2</sub>

$$Q = A - U$$

$$-Q = -A + U$$

$$\frac{100}{500} \cdot 500$$
  
$$\frac{100}{500} \cdot 500$$

$$0,6 \cdot 500 = 6 \cdot 50 = 300$$

в любой момент

$$\delta Q_{N_2} + \delta Q_{O_2} = 0$$

$$\delta A_{N_2} + \delta A_{O_2} + \delta U_{N_2} + \delta U_{O_2} = 0$$

$$dU_{N_2} = -dU_{O_2}$$

$$dT_{N_2} = -dT_{O_2}$$

$$\delta A_{N_2} + \delta A_{O_2} = 0$$

$$P dV_{N_2} + P dV_{O_2} = 0$$

$$dV_{N_2} = -dV_{O_2}$$

$$\frac{dP_{N_2}}{P} + \frac{dV_{O_2}}{V_{N_2}} = \frac{dT_{N_2}}{dT} =$$

$$= -\frac{dT_{O_2}}{dT} = -\frac{dP_{O_2}}{P} - \frac{dV_{O_2}}{V_{O_2}}$$

$$dP_{N_2} = -dP_{O_2}$$

$$\frac{dP_{O_2} + dP_{N_2}}{P} = \cancel{dP} - \frac{dV_{N_2}}{V_{N_2}} - \frac{dV_{O_2}}{V_{O_2}} =$$

$$= dV_{O_2} \left( \frac{1}{V_{N_2}} - \frac{1}{V_{O_2}} \right) = \frac{V_{O_2} - V_{N_2}}{V_{N_2} V_{O_2}} dV_{O_2}$$

$$P V_{O_2} = \nu R T_{O_2}$$

$$P V_{N_2} = \nu R T_{N_2}$$

$$(V_{O_2} - V_{N_2})P = \nu R (T_{O_2} - T_{N_2})$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

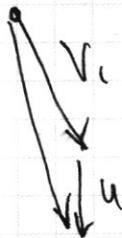
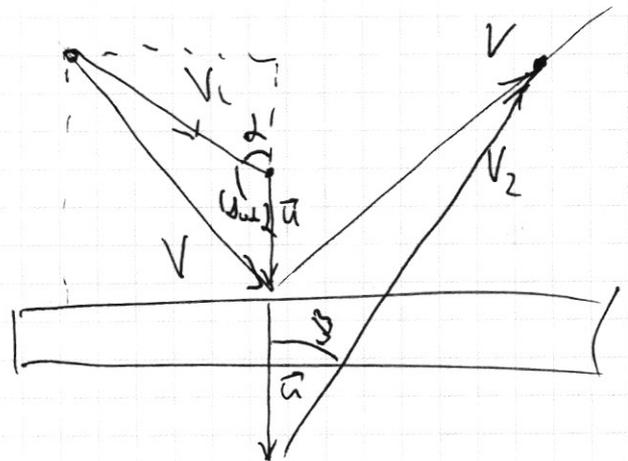
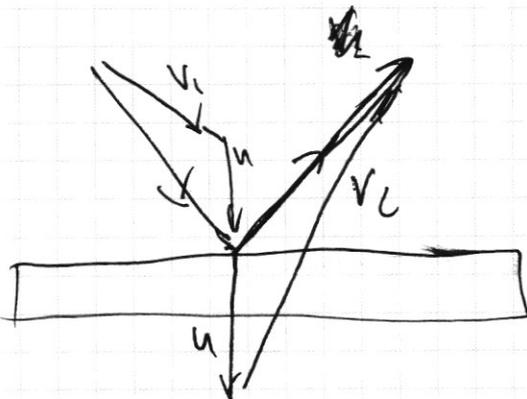
$$m V_1 \cos \alpha + M u = m V_2 \cos \beta + M(u - du)$$

$$m(V_1 \cos \alpha + u) + 0 = m(V_2 \cos \beta + (u - du)) + M du$$

$$V_1 \cos \alpha + u = V_2 \cos \beta + u - du$$

$$u = \frac{V_1 \cos \alpha - V_2 \cos \beta - V_1 \cos \alpha}{2} = \frac{\frac{\sqrt{7}}{4} + 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2} =$$

$$= -\sqrt{7} + 3\sqrt{3} = \sqrt{27} - \sqrt{7}$$



$$V_1^2 + u^2 - 2 \cos(180 - \alpha) V_1 u =$$

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