

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

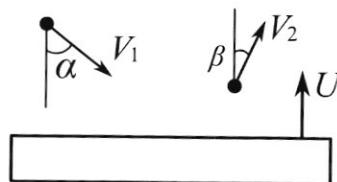
Класс 11

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

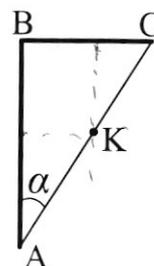


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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?

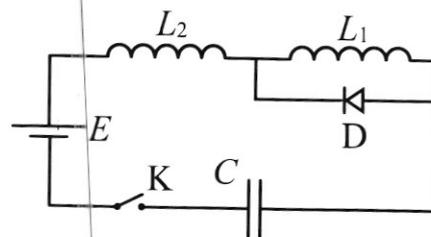
3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



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?

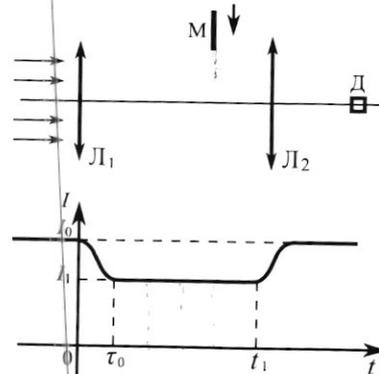
2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/7$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

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). $I_1 = 3I_0/4$.

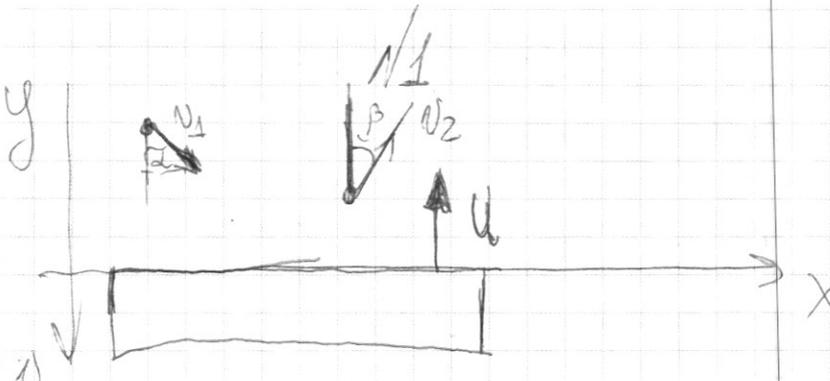


- 1) Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.
- 2) Определить скорость V движения мишени. 3) Определить t_1 .

Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $v_1 = 8 \frac{м}{с}$
 $\sin \alpha = \frac{3}{4}$
 $\sin \beta = \frac{1}{2}$
 1) $v_2 = ?$
 2) $u = ?$



т.к. нить гладкая $F_{тр} = 0 \Rightarrow$ На ось x можно написать закон сохранения импульса.

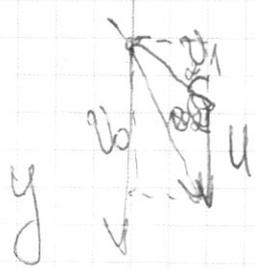
ЗУИ:

$$m v_1 \sin \alpha = m v_2 \sin \beta$$

$$v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$v_2 = \frac{8 \cdot 3}{4 \cdot 1} = 12 \frac{м}{с}$$

2) Перейдем в СО нити, тогда v_0 найдем



По т. косинусов

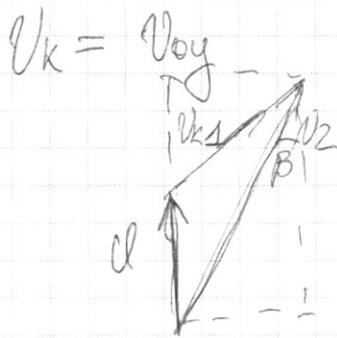
~~$$v_0^2 = v_1^2 + u^2 + 2 v_1 u \cos \alpha$$~~

$$v_{0y} = u + v_1 \cos \alpha$$

ЗУИ:

~~$$m v_{0y} = m v_1 \cos \alpha + m u$$~~

~~4~~



Проекции на CO :

$$v_k + u = v_2 \cos \beta$$

$$2u + v_1 \cos \alpha = v_2 \cos \beta$$

$$2u = \frac{v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha}{1}$$

$$u = \frac{12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 2 \cdot \frac{\sqrt{7}}{4}}{2} = \frac{6\sqrt{3} - 2\sqrt{7}}{2} = 3\sqrt{3} - \sqrt{7}$$

Ответ: 1) $v_2 = 12 \frac{m}{c}$ 2) $u = \frac{3\sqrt{3} - \sqrt{7}}{\sqrt{2}}$

Решо:

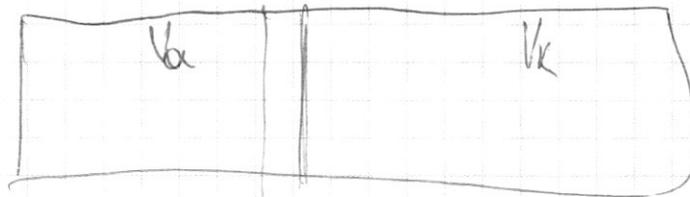
$$v_1 = v_2 = v = \frac{3}{7} \text{ м/с}$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 500 \text{ K}$$

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

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



1) $p_A = p_B$
Упр-ие Менделеева-Клапейрона:

$$p_A v_A = \nu R T_1$$

$$p_B v_B = \nu R T_2$$

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5}$$

$$v_B = \frac{5}{3} v_A$$

$$V = v_B + v_A = \frac{8}{3} v_A \quad v_A = \frac{3}{8} V$$

2) Т.к. поршень легко движется, то $p = \text{const}$

$$p_{A2} = p_A = p_B = p_{B2}$$

$$p_{A2} = p_{B2} \Rightarrow \frac{p_{A2} v_{A2}}{p_{B2} v_{B2}} = \frac{\nu R T_A}{\nu R T_B} \Rightarrow v_{A2} = v_{B2} = \frac{V}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ур-ие Максвелла-Клапейрона ^{№2 (продолжение)}

$$\begin{cases} p a_2 \frac{V}{2} = \nu R T_k \\ p a \frac{3}{2} V = \nu R T_1 \end{cases}$$

$$\frac{3}{4} = \frac{T_1}{T_k}$$

$$T_k = \frac{4}{3} T_1 = 400 \text{ K}$$

3) Первое начало термодинамики.

$$Q_k = \Delta U_k + A_2$$

$$A_2 = p(V_k - V_H) = \nu R T_k - \nu R T_H$$

$$\Delta U_k = \frac{5}{2} \nu R (T_k - T_H)$$

$$Q_k = \frac{7}{2} \nu R (T_k - T_H)$$

$$Q_k = -\frac{7}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot 8,31 \cdot 100 = -1246,5 \text{ Дж}$$

кислород потеряет $Q_k = -1246,5$ и по 3-му началу вся энергия
пойдет на азот.

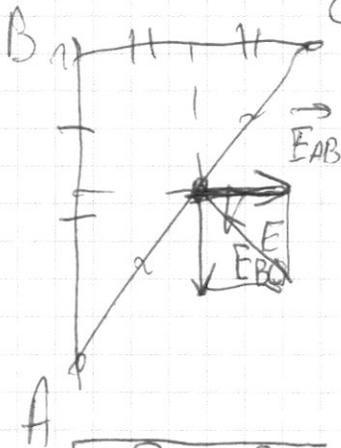
Ответ: 1) $\frac{V_a}{V_k} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{5}$

2) $T_k = \frac{4}{3} T_1 = 400 \text{ K}$

3) $Q = 1246,5 \text{ Дж}$.

1/3

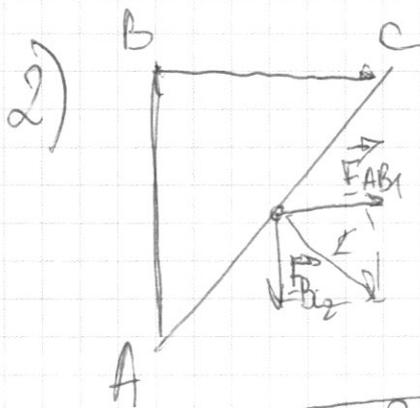
1) Даны стороны треугольника $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$



$$G_1 = G_2 = G \Rightarrow E_{BC} = E_{AB} = E$$

$$E_1 = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2} = \sqrt{2E^2} = \sqrt{2}E$$

$$\frac{E_1}{E} = \frac{\sqrt{2}E}{E} = \sqrt{2}$$



$$E_{AB1} = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$E_{BC} = \frac{\sigma_1}{2\epsilon_0} = \frac{2\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

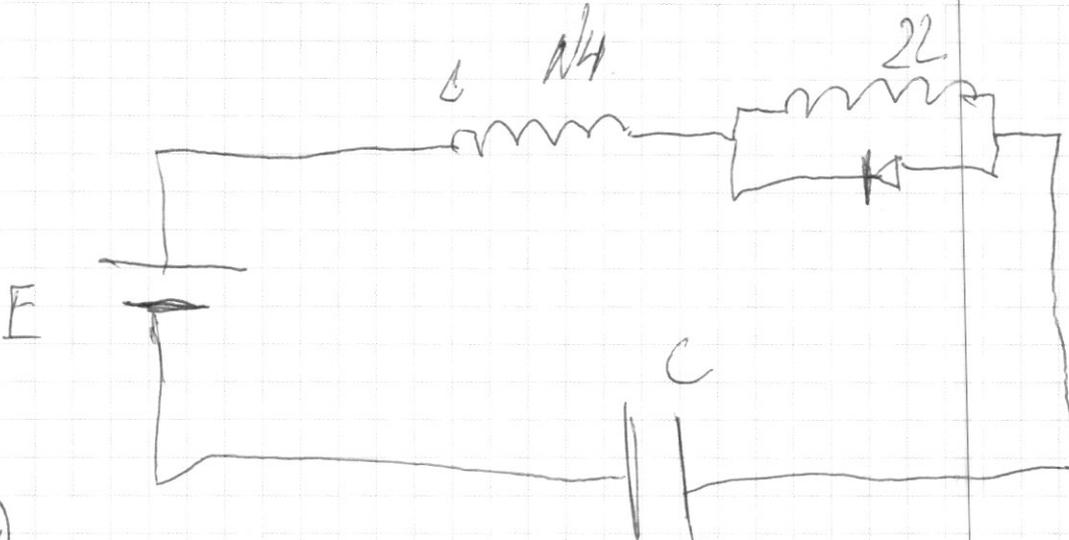
$$E_2 = \sqrt{E_{AB1}^2 + E_{BC}^2} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4\epsilon_0^2} + \frac{\sigma^2}{\epsilon_0^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{\sigma^2 \sqrt{5}}{\epsilon_0^2 \sqrt{4}}} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \sqrt{5}$$

Ответ: 1) $\frac{E_1}{E} = \sqrt{2}$

2) $E_2 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \sqrt{5}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



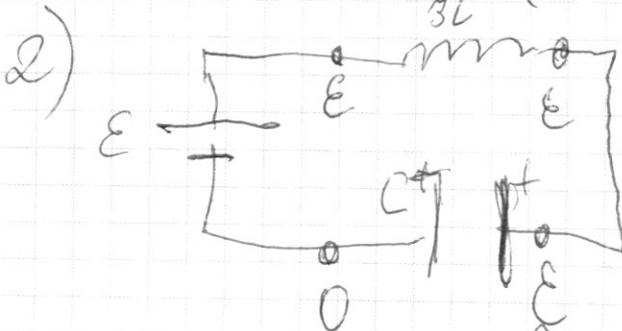
1) Выключатель по-прежнему первого диода закрыт, поэтому
одним периодом равен $T = 2\pi \sqrt{L_{\text{эв}} C}$, $L_{\text{эв}} = 3L$

$$T_{\text{п1}} = \pi \sqrt{3LC}$$

Затем в обратную сторону, т.к. диод идеальной, то
ток через $2L$ катушку L_2 - равен 0.

$$T_{\text{п2}} = \pi \sqrt{LC}$$

$$T = T_{\text{п1}} + T_{\text{п2}} = \pi \sqrt{LC} (\sqrt{3} + 1)$$



$$U_L = L \cdot \ddot{q}$$

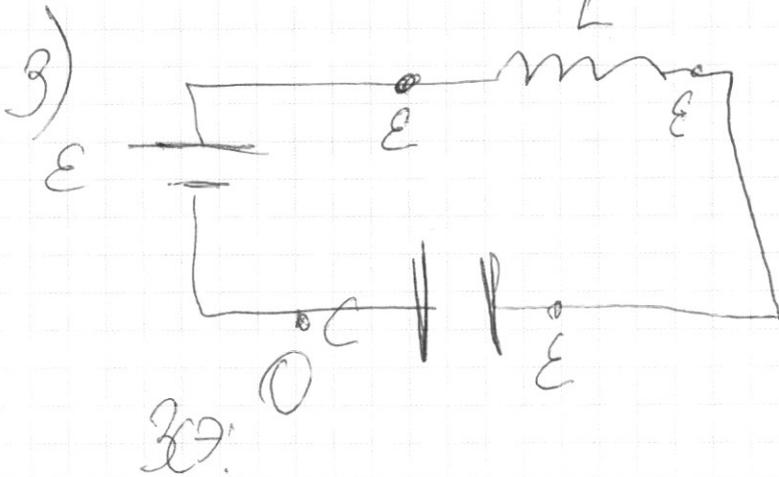
при I_{max} $U_L = 0 \Rightarrow U_C = E$

$$q = CE$$

$$CE^2 = \frac{CE^2}{2} + \frac{3L I_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{CE^2}{2} = \frac{3LI_{\max 1}^2}{2}$$

$$I_{\max 1} = E \sqrt{\frac{C}{3L}}$$



$$U_L = 0, \text{ так } I_{\max 2}$$

$$q = CE$$

ЗЭЭ:

$$A_{\text{ист}} = W_E + W_K$$

$$CE^2 = \frac{CE^2}{2} + \frac{LI_{\max 2}^2}{2}$$

$$I_{\max 2} = E \sqrt{\frac{C}{L}}$$

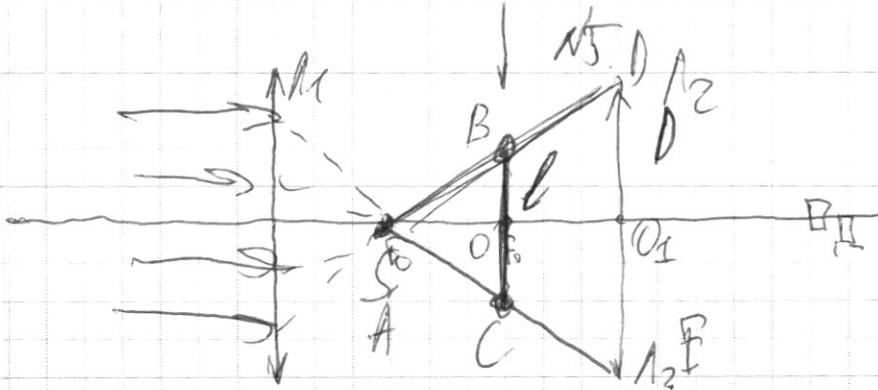
$I_{\max 2} > I_{\max 1} \Rightarrow$ максимальный ток в цепи $I_{\max 2}$
 $= E \sqrt{\frac{C}{L}}$

Ответ: 1) $T = \pi \sqrt{2C} (\sqrt{3} + 1)$

2) $I_{m1} = E \sqrt{\frac{C}{3L}}$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1)

После прохождения L_1 все соберётся в фокусе линзы L_1 , это будет источник для второй линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

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

$$f = 2F_0$$

2) $\triangle ABC \sim \triangle ADE$

$$\frac{BC}{DE} = \frac{AO}{AO_1} = \frac{F_0}{2F_0} = \frac{1}{2}$$

$$BC = \frac{1}{2} D \quad BC = l = \frac{1}{2} D$$

$\Gamma_1 = \frac{3F_0}{4}$ это значит, что когда линза закрывает полностью диафрагму закрывает $\frac{1}{4}$ т.е. S -длина линзы

$$S = \frac{l}{F} = \frac{1}{8}$$

№5 (продолжение)

Когда лифта закончил подниматься, после этого зависимость станет постоянной \Rightarrow

$$S = v t_0$$

$$v = \frac{D}{8 t_0}$$

$$3) v(t_1 - t_0) = \frac{3}{4} l$$

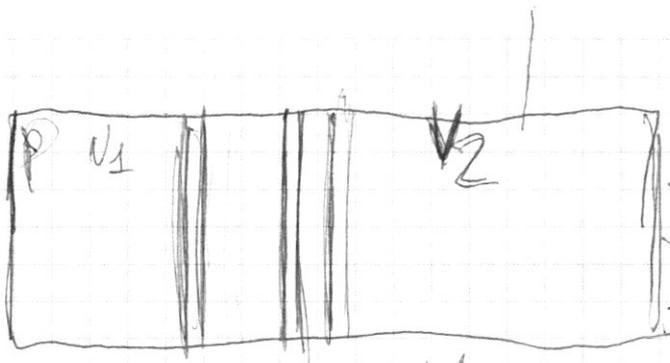
$$\frac{D}{8 t_0} (t_1 - t_0) = \frac{3}{8} D$$

$$t_1 = 4 t_0$$

Ответ: 1) $F = 2 F_0$

2) $v = \frac{D}{8 t_0}$

3) $t_1 = 4 t_0$



$$V = \frac{3}{7} \mu_0 m$$

$$T_1 = 300 \text{ K} \quad R = 8.31$$

$$T_2 = 500 \text{ K}$$

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

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad p_2 V_2 = \nu R T_2$$

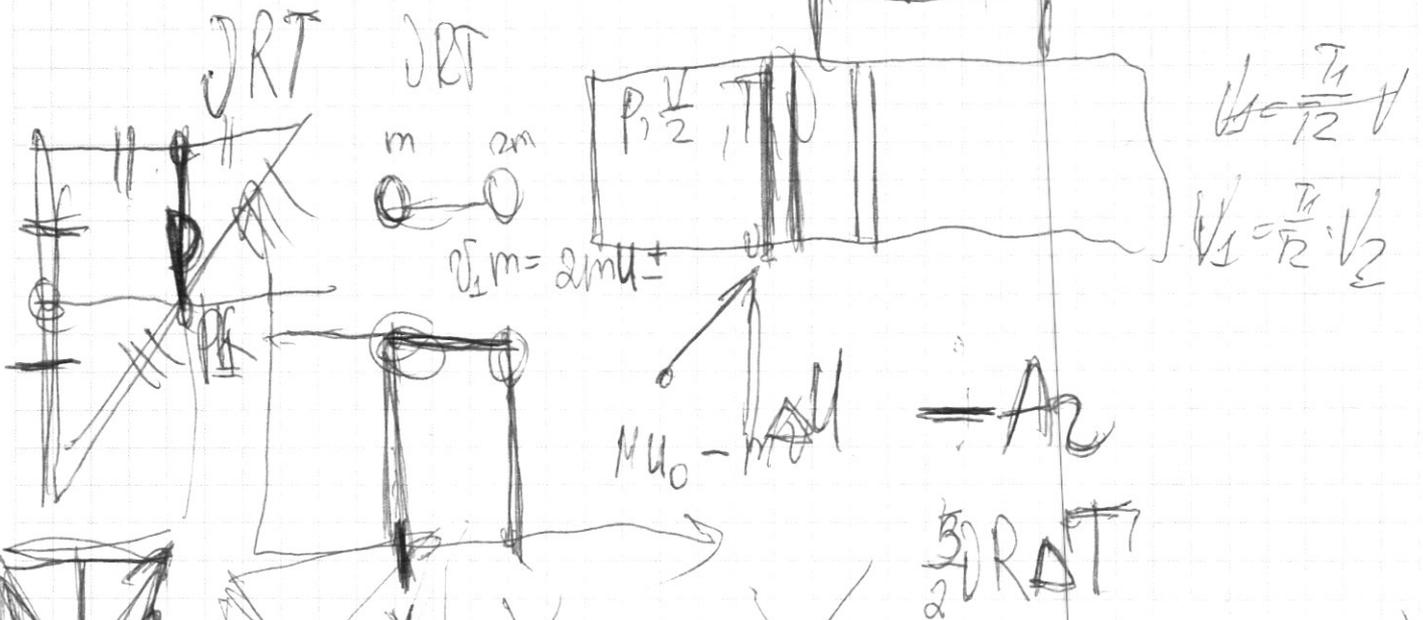
$$V_2 + V_1 = V$$

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

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

$$\frac{8}{3} V_1 = \frac{3}{8} V$$

$$V_1 = \frac{3}{8} V$$



$$p V_1 = \nu R T_1$$

$$p \cdot \frac{3}{8} V = \nu R T_1$$

$$p \cdot \frac{4}{8} V = \nu R T_k$$

$$Q = \frac{5}{2} \nu R (T_k - T_H) = p(V_k - V_H)$$

$$p_k - p_H$$

$$\nu R T_k - \nu R T_H$$

$$\frac{3}{4} = \frac{T_1}{T_k} \quad \frac{5}{4} = \frac{T_2}{T_k}$$

$$T_k = \frac{4}{3} T_1 \quad T_k = \frac{4}{5} T_2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sin \alpha = \frac{3}{4}$
 $\cos \alpha = \frac{\sqrt{7}}{4}$
 $\sin \beta = \frac{1}{2}$
 $\cos \beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$16 = 9 + v^2$
 $v = 4$

$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$
 $v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{8 \cdot \frac{3}{4}}{1} = 6$

$M v_0 = m v_1 \cos \alpha = m v_2 \cos \alpha + M v_3$

$v_2 = 6$

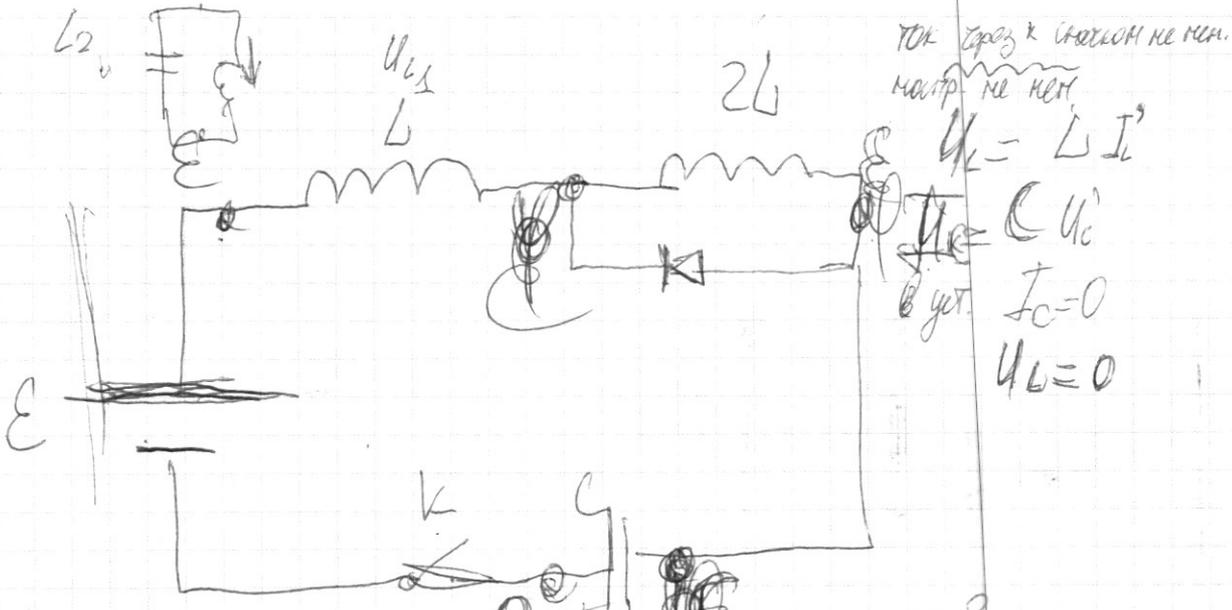
$M v_0 = m(v_4 - v_3)$
 $v_0 = \frac{m(v_4 - v_3)}{M}$

$\frac{m v_3^2}{2} = \frac{m v_4^2}{2} + \frac{M v_0^2}{2}$

$\frac{m v_3^2}{2} = \frac{m v_4^2}{2} + \frac{m^2 (v_4 - v_3)^2}{2 M^2}$

$v_3 = v_4$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



ток через K в момент не мен.
магн. не нет
 $U_C = \Delta I'$
 $U_C = U_C'$
в уст. $I_C = 0$
 $U_L = 0$

$$\frac{\pi \sqrt{3LC} + \pi \sqrt{LC}}{\pi \sqrt{LC} (3+1)} = \frac{2LI_{max}^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2}$$

$$U_{L1} = \varepsilon - \varphi$$

$$U_{C1} = \varphi$$

$$CE^2 = \frac{\varepsilon^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2}$$

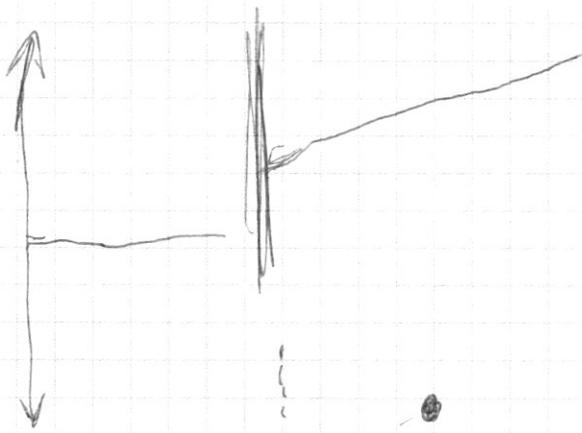
$$\frac{CE^2}{2} = \frac{\varepsilon^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2}$$

$$CE^2 = \varepsilon^2 + LI_{max}^2$$

$$I_{max} = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{3L}}$$

1
831
x 15
4755
831

12465



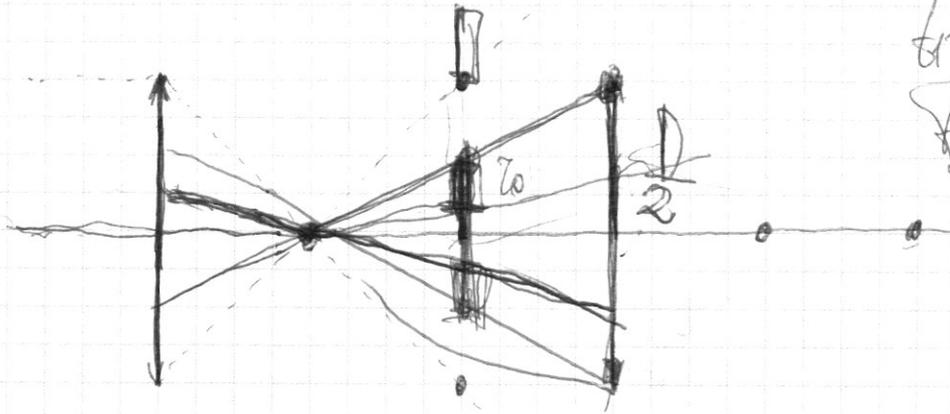
$$v(t_1 - z_0) = \frac{3}{4}l$$

$$\frac{D}{8z_0} (t_1 - z_0) = \frac{3D}{8}$$

$$t_1 - z_0 = 3z_0$$

$$t_1 = 4z_0$$

3z_0



$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} \left(1 - \frac{1}{2}\right)$$

$$f = 2F_0$$

$$\frac{F_0}{2F_0} = \frac{l}{D}$$

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

$$S = \frac{D}{8}$$

$$\frac{D}{8} = v \frac{D}{8z_0}$$

$$v = \frac{D}{8z_0}$$