

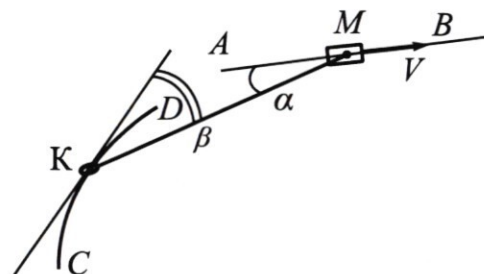
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-03

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка задания не принимаются.

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



1) Найти скорость кольца в этот момент.

2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.

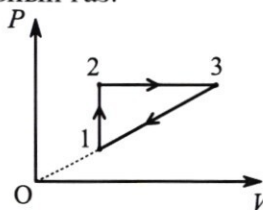
3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.

2) Найти в изобарном процессе отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

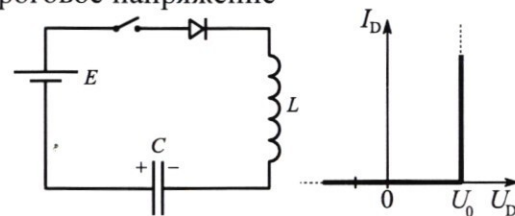
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

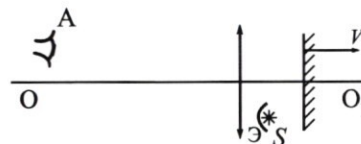


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



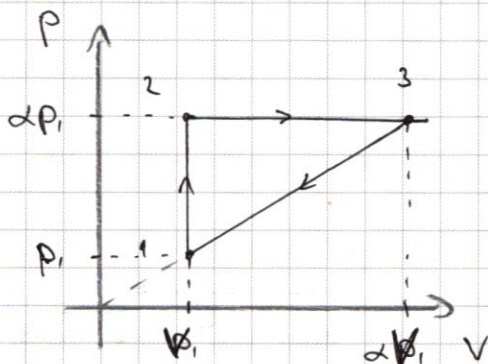
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №2

1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = ?$

2) 2-3: $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}}$

3) $\eta_{\max} = ?$



1) Рассмотрим процесс 1-2:

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$Q_{12} = C_{12} \nu (T_2 - T_1)$$

поэтому, $C_{12} = \frac{3}{2} R$

Рассмотрим процесс 2-3:

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = \alpha p_1 (\alpha V_1 - V_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) =$$

$$= \alpha p_1 \alpha V_1 - \alpha p_1 V_1 + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \nu R (T_3 - T_2) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$Q_{23} = C_{23} \nu (T_3 - T_2) \Rightarrow C_{23} = \frac{5}{2} R$$

тогда: $\boxed{\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5} = 0,6}$

2) Расс-м процесс 2-3.

из пункта 1: $A_{23} = \nu R (T_3 - T_2)$
 $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$ $\Rightarrow \boxed{\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}}$

3) $\eta = \frac{A_0}{Q_{\text{пол}}}$, где A_0 - работа газа за цикл

$Q_{\text{пол}}$ - количество тепла подведенное к газу

$$A_0 = \oint p dV = \frac{1}{2} (\alpha V_1 - V_1) (\alpha p_1 - p_1) = \frac{1}{2} p_1 V_1 (\alpha - 1)^2$$

$$Q_{\text{пол}} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{3}{2} (\alpha p_1 V_1 - p_1 V_1) + \frac{5}{2} (\alpha^2 p_1 V_1 - \alpha p_1 V_1) = p_1 V_1 (\alpha - 1) \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \alpha \right)$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} p_{\text{в}} (\alpha - 1)^2}{p_{\text{в}} (\alpha - 1) \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \alpha \right)} = \frac{\frac{1}{2} (\alpha - 1)}{\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \alpha} = \frac{\alpha - 1}{3 + 5\alpha}$$

$$\lim_{\alpha \rightarrow \infty} f(\alpha) = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \left(\frac{\alpha - 1}{3 + 5\alpha} \right) = \frac{1}{5}$$

Ответ: $\frac{C_{12}}{C_{23}} = 0,6$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{3}{2}$$

$$\eta_{\text{max}} = 20\%$$

$$\eta_{\text{max}} = 20\%$$

5

$$x = \frac{3F}{4}$$

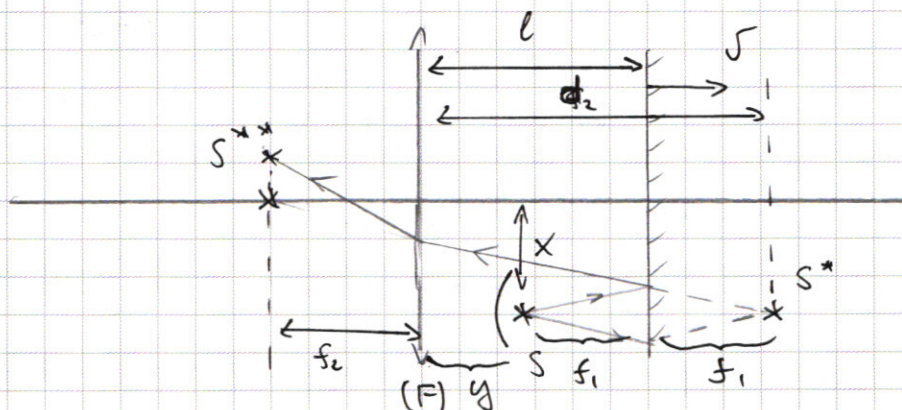
$$y = \frac{F}{4}$$

$$l = \frac{3F}{4}$$

$$f_2 = ?$$

$$\alpha = ?$$

$$s^{**} = ?$$



1) S - предмет для зеркала, тогда S^* - изображение этого предмета в зеркале.

$$f_1 = l - y = \frac{3F}{4} - \frac{F}{4} = \frac{F}{2}$$

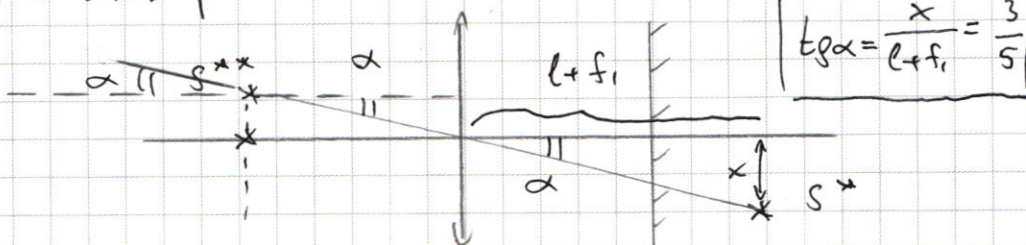
S^* также является предметом для линзы.

$$d_2 = y + 2f_1 = \frac{F}{4} + 2 \cdot \frac{F}{2} = \frac{5F}{4}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \rightarrow \frac{f_2}{d_2 - F} = \frac{F \cdot \frac{5F}{4}}{\frac{5F}{4} - F} = 5F$$

$$\boxed{f_2 = 5F} ; \quad \Gamma = \frac{f_2}{d_2} = 4$$

2) ~~Матрица~~ расс-м изогн. и изображение: в 1.

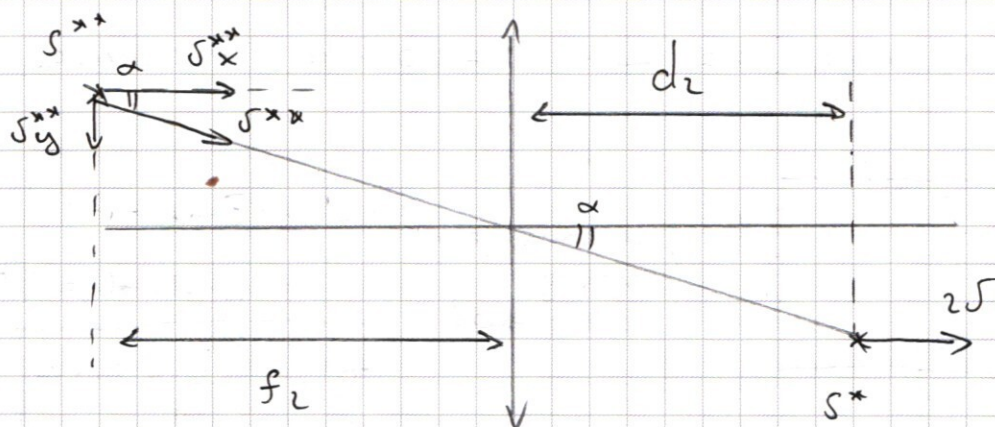


$$\boxed{\tan \alpha = \frac{x}{l + f_1} = \frac{3}{5}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) расс-м движение S^* относительно линзы

S^* будет двигаться со скоростью 25 вправо в с.о
линзы, тогда и S^{**} будет двигаться вправо



$$\frac{v_y^{**}}{v_x^{**}} = \tan \alpha ; \quad \frac{v_x^{**}}{25} = r^2$$

$$v_x^{**} = 25 \cdot r^2 = 25 \cdot 16 = 325$$

$$v_y = v_x^{**} \cdot \tan \alpha = 325 \cdot \frac{3}{5}$$

$$v^{**} = \sqrt{(v_y^{**})^2 + (v_x^{**})^2} = \sqrt{(325)^2 + \left(\frac{96}{5} \cdot 25\right)^2} = 5 \sqrt{1024 + \frac{1024 \cdot 9}{25}} =$$

$$= 325 \sqrt{1 + \frac{9}{25}} = 325 \sqrt{\frac{34}{25}} = 325 \cdot \frac{\sqrt{34}}{5}$$

$$v^{**} = \frac{32 \sqrt{34}}{5} \cdot 5$$

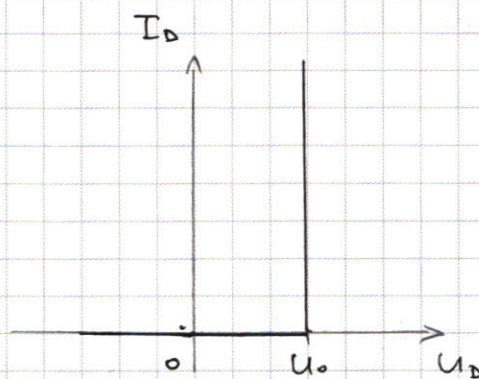
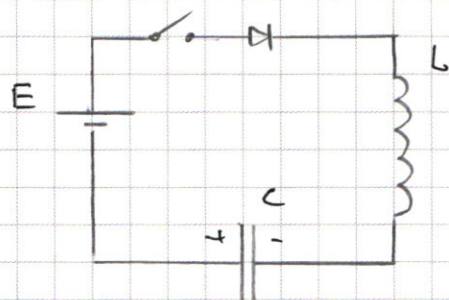
Ответ: $f_2 = 5F$

$$\tan \alpha = \frac{3}{5}$$

$$v^{**} = \frac{32 \sqrt{34}}{5} \cdot 5$$

~ 4
 $E = 6 \text{ В}$
 $C = 40 \text{ мкФ}$
 $U_1 = 2 \text{ В}$
 $L = 0,1 \text{ Гн}$
 $U_0 = 1 \text{ В}$

- 1) $I' = ?$
- 2) $I_{\text{max}} = ?$
- 3) $U_2 = ?$



1) $U_L = LI' ; I' = \frac{U_L}{L}$

рассмотрим цепь сразу после замык. К.
напряжение на ---||--- скачком не изменится.

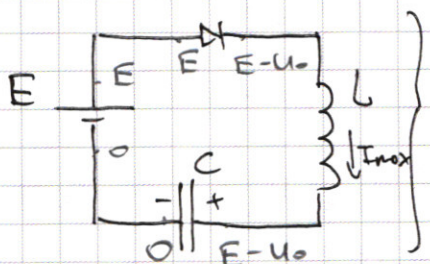


используем
закон
потоков.

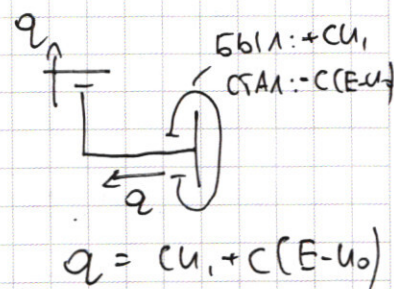
$$U_L = E - U_0 - (-U_1) = E - U_0 + U_1 = 7 \text{ В}$$

$$I' = \frac{7 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 70 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$$

- 2) Если $I = I_{\text{max}}$, то $U_L = 0$



используем
закон
потоков.



З.С.Э: $As + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{C(E - U_0)^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$

$$EC(U_1 + E - U_0) + \frac{CU_1^2}{2} = \frac{C(E - U_0)^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{LI_{\text{max}}^2}{2} = EC(U_1 + E - U_0) + \frac{CU_1^2}{2} - \frac{C(E - U_0)^2}{2} \quad | \cdot 2$$

$$LI_{\text{max}}^2 = 2EC(U_1 + E - U_0) + CU_1^2 - C(E - U_0)^2$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C(2EU_1 + E^2 + U_1^2 - U_0^2)}{L}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6} (6^2 + 2^2 - 1^2)}{0,1}} = 0,02 \sqrt{63} \text{ А}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) После замыкания K , конденсатор налёт зарядом до некоторого напряжения U_2 , после разрядки которого тока в цепи не будет.

$$U_2 = E - U_0 = 5 \text{ В}$$

Ответ: $I' = 20 \frac{\text{В}}{\Omega_n}$

$$I_{\max} = 0,02 \sqrt{63} \text{ А} \approx 0,16 \text{ А}$$

$$U_2 = 5 \text{ В}$$

~ 11

$$U = 34 \text{ мВ}$$

$$m = 0,3 \text{ м}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$l = \frac{5R}{4}$$

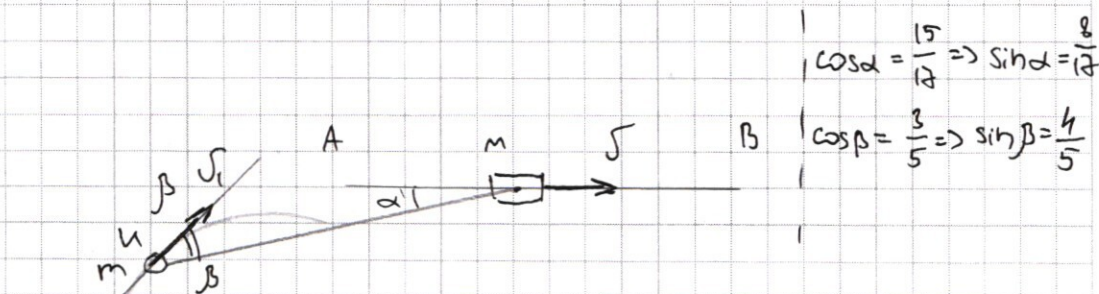
$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\cos \beta = \frac{3}{5}$$

$$I_1 = ?$$

$$I_{\text{огн}} = ?$$

$$I_1 = ?$$



1) Трос не растягиваем $\Rightarrow$

$$I \cos \alpha = I_1 \cos \beta$$

$$I_1 = \frac{I \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{34 \cdot \frac{15}{17}}{\frac{3}{5}} = \frac{25}{8 \cdot 18} = 50 \text{ мВ}$$

2) Перегружен в с.о. и муфты.

$$\vec{I}_{\text{пер}} = \vec{I}$$

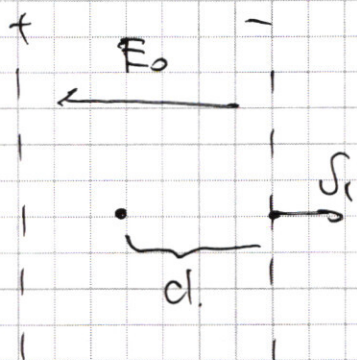
$$\vec{I}_{\text{адс}} = \vec{I}_1$$

$$\vec{I}_{\text{огн}} = ?$$

$$\vec{I}_{\text{адс}} = \vec{I}_{\text{огн}} + \vec{I}_{\text{пер}}$$

$$\vec{I}_{\text{огн}} = \vec{I}_{\text{адс}} - \vec{I}_{\text{пер}}$$

$$\vec{I}_{\text{огн}} = \vec{I}_1 - \vec{I}$$



$$\varphi =$$

$$W = q(\varphi)$$

$$W = q(\varphi - \varphi_0)$$

$$\varphi = 0$$

$$\varphi = E_0 \cdot d$$

$$E = \frac{181}{8.5}$$

W

$$\frac{m \sqrt{s}}{c}$$

$$\begin{array}{r} 3^2 \\ \times 46 \\ \hline 1236 \\ 104 \end{array}$$

$$\varphi = \frac{q}{R}$$

$$\frac{q}{R}$$

$$\frac{W_0}{\varphi_0}$$

$$1.58d$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 34 \\ \hline 34 \\ + 136 \\ \hline 102 \\ + 1156 \\ \hline 2502 \\ - 3656 \\ \hline 120 \\ 1536 \end{array}$$

$$5.2$$

$$1806$$

F · d

$$35 - 32 = \frac{3}{12.5}$$

$$\frac{3}{12.5} \cdot 2.24 \cdot 10^{10} \text{ no.}$$

$$3536$$

$$(50+6)^2 =$$

$$= 50^2 + 2 \cdot 50 \cdot 6 + 6^2$$

$$56^2 = (50+6)^2 =$$

$$45 - 32 = 13$$

$$3136$$

$$2500 + 600 + 36$$

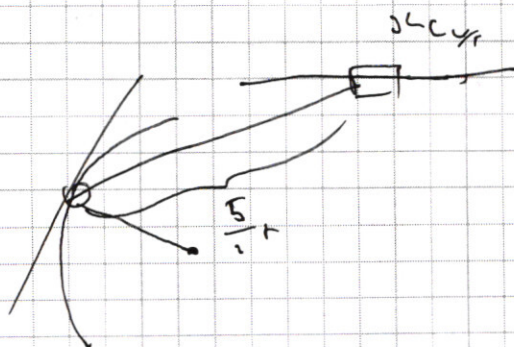
$$66$$

$$40$$

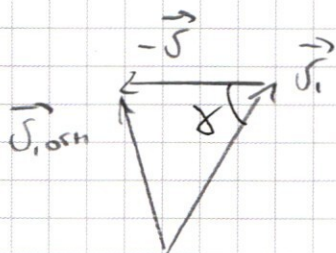
$$520$$

$$40 \cdot 13$$

$$13 \cdot 4 =$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



из геометрии: $\gamma = \alpha + \beta$

Th. cos:

$$J_{1,огн}^2 = J_1^2 + J_2^2 - 2J_1J_2 \cos(\alpha + \beta)$$

$$J_{1,огн}^2 = 34^2 + 50^2 - 2 \cdot 34 \cdot 50 \cdot \left(\frac{15}{13} \cdot \frac{3}{5} - \frac{8}{13} \cdot \frac{4}{5} \right)$$

$$J_{1,огн}^2 = 34^2 + 50^2 - 2 \cdot 34 \cdot 56 \cdot \frac{13}{13 \cdot 5}$$

$$J_{1,огн}^2 = 1156 + 2500 - 520 = 3136$$

$$\boxed{J_{1,огн} = 56 \frac{\text{см}}{\text{с}}}$$

3) 2-й груз колыца:

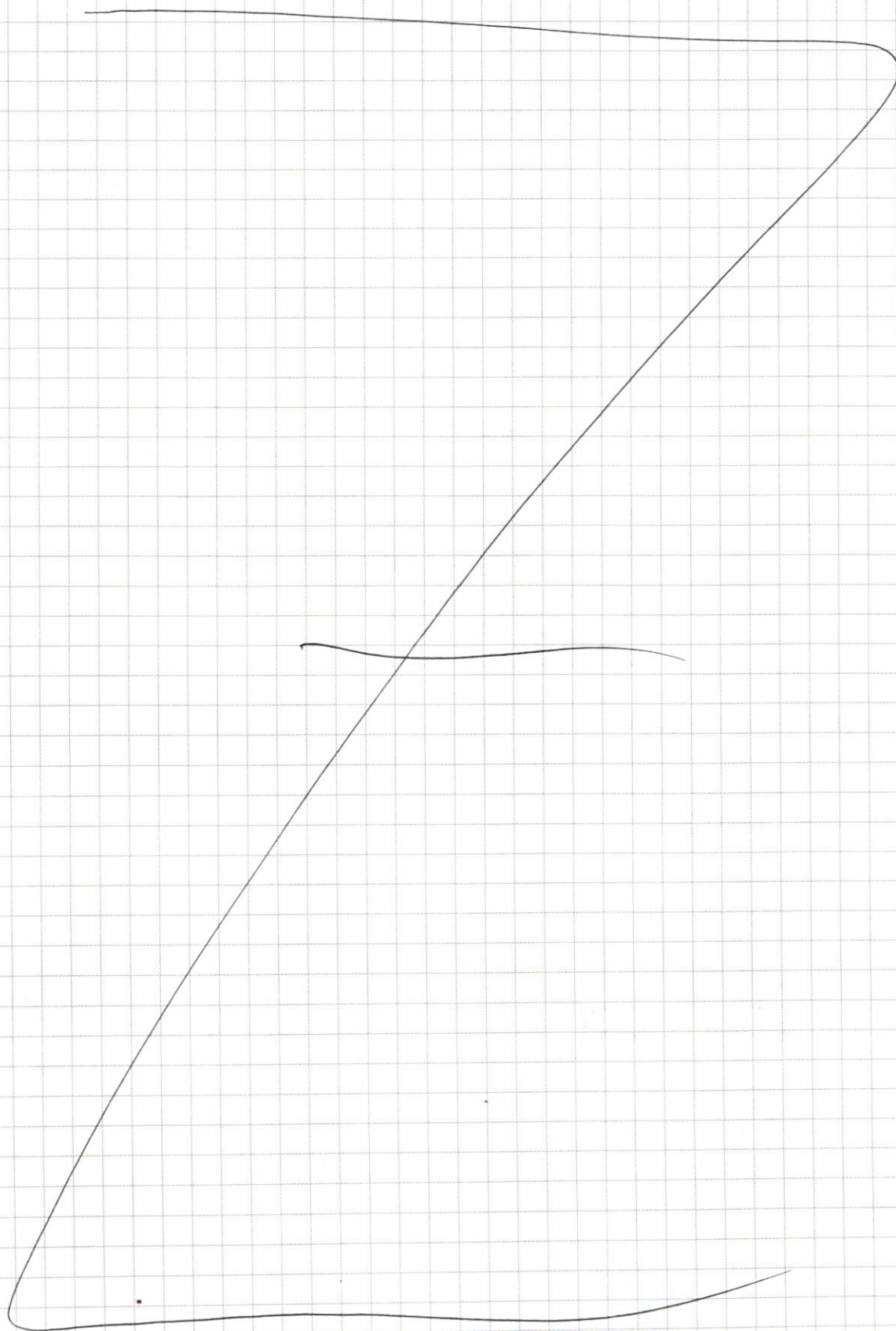
$$m a_{y,c} = T \sin \beta$$

$$m \frac{J_1^2}{R} = T \sin \beta$$

$$T = \frac{m J_1^2}{R \sin \beta} = \frac{m}{R \sin \beta} \cdot \frac{J \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{0,3 \cdot 0,34 \cdot \frac{15}{13}}{0,53 \cdot \frac{6}{13} \cdot \frac{4}{5}} = \frac{0,3 \cdot 0,02 \cdot 15}{0,53 \cdot \frac{6}{13} \cdot \frac{4}{5}} =$$

$$= \frac{0,09}{0,2} \approx 0,45 \text{ Н}$$

Ответ: $J_1 = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$
 $J_{1,огн} = 56 \frac{\text{см}}{\text{с}}$
 $T \approx 0,45 \text{ Н}$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~31

d, S
 $0,3d$
 $\vec{J}_1$
 $\frac{|q|}{m} = \gamma$
 $T = ?$
 $Q = ?$
 $\vec{J}_2 = ?$

1) Рассмотрим поле в равновесии облучения

$$E_0 = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$E_0 \leftarrow$
 $\rightarrow F_3$
 $-q, m$
 $F_3 = E_0 |q|$
2.3.Н: $F_3 = ma$
 $E_0 |q| = ma$
 $a = \frac{E_0 |q|}{m} = \frac{Q \gamma}{\epsilon_0 S}$

из кинематики: $2as = (J^2 - J_0^2)$
 $2a \cdot 0,3d = J_1^2$
 $\frac{2Q\gamma \cdot 0,3d}{\epsilon_0 S} = J_1^2 \Rightarrow Q = \frac{\epsilon_0 S J_1^2}{1,4\gamma d}$

$s = J_0 t + \frac{at^2}{2}$
 $0,2d = 0 + \frac{aT^2}{2} \Rightarrow T^2 = \frac{0,4d}{a}$
 $T^2 = 0,4d \cdot \frac{\epsilon_0 S}{Q\gamma} = 0,4d \epsilon_0 S \cdot \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{1,4\gamma d}{\epsilon_0 S J_1^2}$

$$T^2 = 0,56 \frac{d^2}{\epsilon_1^2}$$

$$T = \frac{d}{\epsilon_1} \sqrt{0,56}$$

3) з.г.з.:

$$E_1 = E_2$$

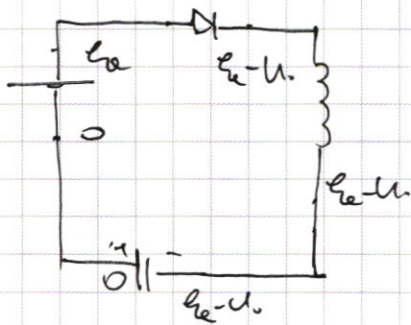
$$E_0 \cdot 0,2d \cdot 1q = \frac{m\epsilon_1^2}{2}$$

$$1,4 E_0 d |q| = m\epsilon_1^2$$

$$\epsilon_1^2 = 1,4 E_0 d \gamma$$

Ответ: $Q = \frac{\epsilon_0 S \epsilon_1^2}{1,48 d}$

$$T = \frac{d}{\epsilon_1} \sqrt{0,56}$$



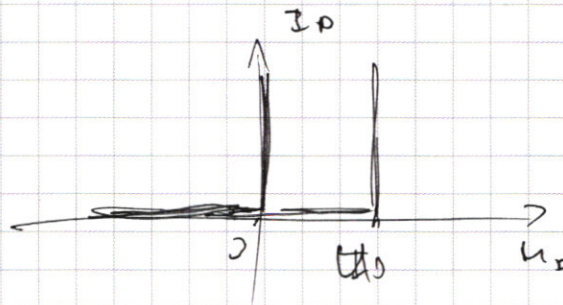
$$U_0 = \frac{CU_1^2}{L}$$

$$U_1 = \frac{CU_0^2}{2} + \frac{LI\omega^2}{2}$$

$$I = I_{max} \rightarrow U_0 = 0$$

$$I \rightarrow 0$$

$$U \neq 0$$



при \$U=0\$:

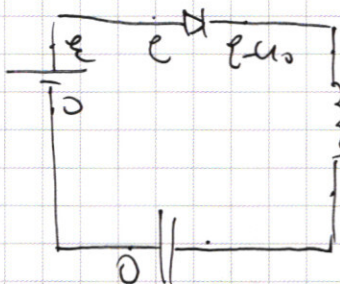
$$U_0 = 0$$

$$U_1 = 6V$$

при \$I=0\$:

$$U_0 < 0$$

$$I = 0$$



$$\frac{5}{10} - \frac{3}{10} = 0,2$$

$$E - U_0 + U_1 = 6 - 1 + 1$$

$$\varphi = \frac{U}{R} - F$$

$$E \cdot d$$

$$S = \int_0^t \omega dt$$

$$\phi = \frac{Q}{\epsilon} E_0$$

$$E_0 \cdot q \cdot ad = m \cdot \omega^2$$

$$F_{\text{гравит}}(-q) = \frac{m \cdot \omega^2}{\epsilon}$$

$$\xi = U_0 + U_1 - U_2$$

$$0,17 \cdot 0,24 = 0,04$$

$$U_0 = E + U_1 - U_2 = 6 - 1 - 1 = 4V$$

$$\frac{CU_1^2}{L} = \frac{CE - U_0^2}{L} + \frac{LI^2}{L}$$

$$CU_1^2 = C(E - U_0)^2 + LI^2$$

$$C(U_1^2 - (E - U_0)^2) = LI^2$$

$$C(U_1^2 - E^2 + 2EU_0 + U_0^2) = LI^2$$

$$I = \frac{U_1^2 - E^2 + 2EU_0 + U_0^2}{L/C}$$

$$I = \frac{16 - 25 + 2 \cdot 6 \cdot 4 + 4}{6}$$

$$I = \frac{16 - 25 + 48 + 4}{6} = \frac{43}{6}$$

$$m \cdot a = F_z$$

$$m \cdot a = F \cdot |q|$$

$$m \cdot a = \frac{Q}{\epsilon \omega} |q|$$

$$\omega = \frac{Q}{\epsilon \omega} |q|$$

$$\sqrt{2} \cdot \omega = \sqrt{2}$$

$$S = \int_0^t \omega dt + \frac{CU_1^2}{L}$$

$$S = \frac{CU_1^2}{L}$$

$$\frac{25}{6} \cdot 6$$

$$0,42$$

$$0,8$$

$$0,1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{l+s_1} = \frac{\frac{3F}{4}}{\frac{3F}{4} + \frac{F}{2}} = \frac{\frac{3F}{4}}{\frac{5F}{4}} = \frac{3}{5}$$

(черновик)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{5}$$

3) $6 \cdot 0,016 = 0,16$

$268 - 115 = 153$

относительно земли s^* будет двигаться со скоростью

$4 \cdot 10$

$AS = \frac{1}{2} c \frac{1}{c}$

$$2cEu_1 + \cancel{cE^2} - \cancel{2cEu_0} + cu_1^2 - \cancel{cE^2} + \cancel{2cEu_0} - cu_0^2 =$$

$$2 \cdot 6 \cdot 2 + 6^2 + 4 - 1 = 24 + 36 + 4 - 1 =$$

$$= 24 + 36 + 4 - 1 = 63$$

$$4 \cdot 10^{-5}$$

$$4 \cdot 10^{-2}$$

$$2 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{63}$$

$$= 2cEu_1 + cE^2 + cu_1^2 - cu_0^2 =$$

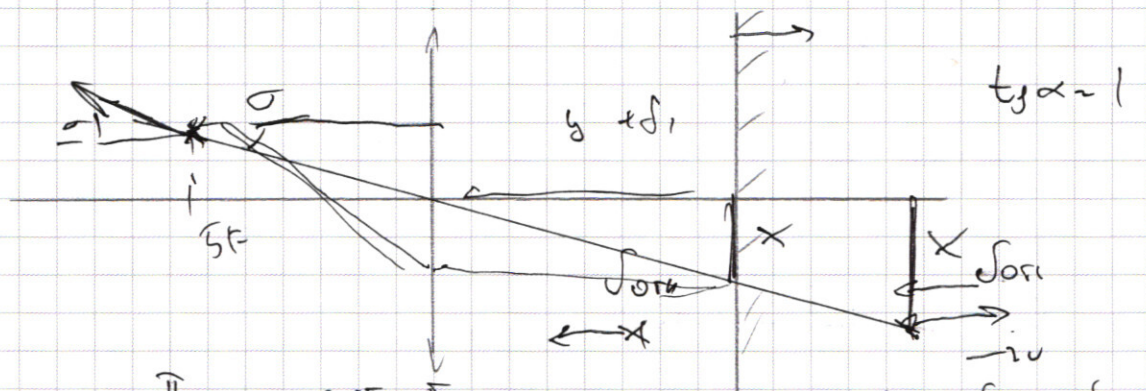
$$= \sqrt{c(2Eu_1 + E^2 + u_1^2 - u_0^2)}$$

$$\frac{1}{100} \sqrt{63} \cdot 0,01 \sqrt{63}$$

$$f(x) = \frac{x-1}{3+5x}$$

$$f'(x) = \frac{1(3+5x) - 5(x-1)}{(3+5x)^2} = \frac{3+5x-5x+5}{(3+5x)^2} = \frac{8}{(3+5x)^2}$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x-1}{3+5x} = \frac{1 - \frac{1}{x}}{5 + \frac{3}{x}} = \frac{1-0}{5+0} = \frac{1}{5}$$



$$\frac{5F}{\frac{\pi}{4}F} = \frac{5}{\frac{\pi}{4}} = \frac{20}{\pi}$$

$$J_{ad} = J_{om} J_{np} \quad J_{ad} = J_{om} - J_{np}$$

$$25 \cdot 3$$

$$32^2 + \left(\frac{3 \cdot 32}{5}\right)^2 =$$

$$32 \cdot 3 = \frac{86}{25}$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ 32 \\ \hline 1024 \end{array}$$

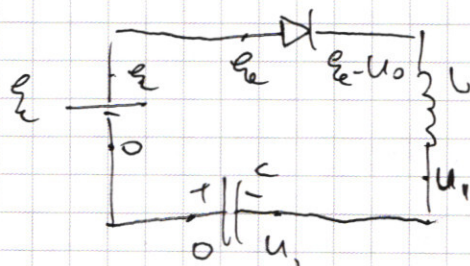
$$1024 + \frac{86}{25} =$$

$$U_L = LI'$$

$$U_L \quad I' = \frac{U_L}{L}$$

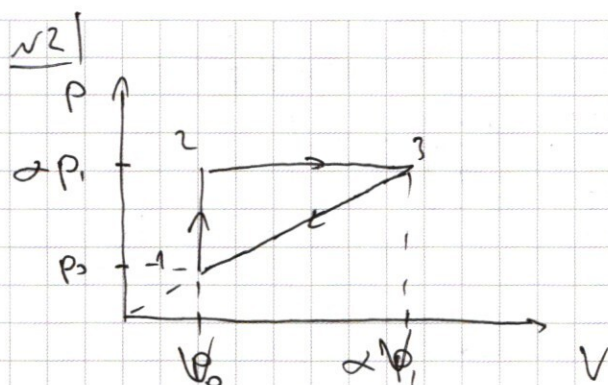
$$25 + 5 = 30$$

$$U_0 = \epsilon - U_0 - U_L = 6 - 2 - 1 = 3$$



$$I_L = \frac{30}{0.1} = 300 \text{ A}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{C_{12}}{C_{13}}$$

процесс 1-2:

$$1) V = \text{const}$$

$$C_{12} = C_V = \frac{3}{2}R$$

$$\frac{C_{12}}{C_{13}} = \frac{3}{5}$$

$$C_{13} = C_P = \frac{5}{2}R$$

2) Вещи процесс 2-3:

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2}R \Delta T = \frac{5}{2}R(T_3 - T_2)$$

$$A_{23} = p_2 V_2 - p_3 V_3 = JR(T_3 - T_2)$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2}JR(T_3 - T_2)$$

$$3) \eta = \frac{A_0}{Q_{\text{max}}}$$

$$A_0 = \frac{1}{2}(p_1 - p_0)(V_1 - V_0) = \frac{1}{2}(p_1 V_1 - p_1 V_0 - p_0 V_1 + p_0 V_0)$$

$$Q_{\text{max}} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2}JR(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}JR(T_3 - T_2)$$

$$A_0 = S_{\text{гр}} \cdot \frac{1}{2}(\alpha V_1 - V_1)(\alpha p_1 - p_1) = \frac{1}{2}p_1 V_1 (\alpha - 1)^2$$

$$Q_{\text{max}} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2}JR(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}JR(T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{3}{2}(p_1 V_1 - \alpha p_1 V_1) + \frac{5}{2}(\alpha p_1 \alpha V_1 - \alpha p_1 V_1) =$$

$$= \frac{3}{2}p_1 V_1 (\alpha - 1) + \frac{5}{2}p_1 V_1 (\alpha^2 - \alpha) = p_1 V_1 (\alpha - 1) \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \alpha \right)$$