

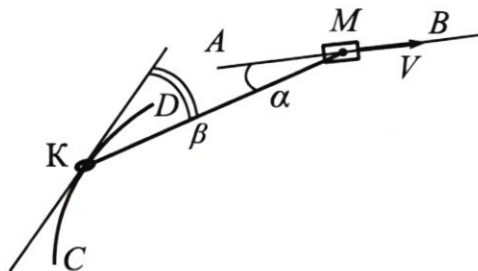
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-03

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без влож

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.



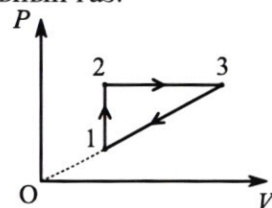
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.



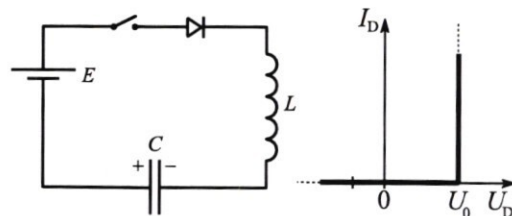
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица 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.



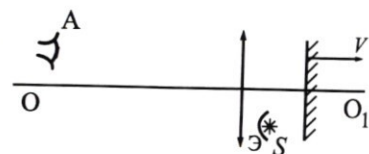
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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?

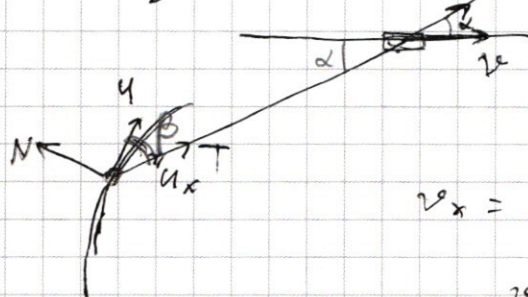
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



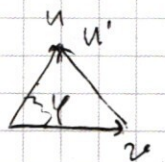
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta = \frac{\frac{3}{2} \Delta T_{12} \cdot \frac{5}{2} \Delta T_{23} \Delta R}{\rho_2 V_2 \left(\frac{3}{2} \Delta T_{12} + \frac{5}{2} \Delta T_{23} \right)} = \frac{15 \Delta T_{12} \Delta T_{23} \Delta R}{24 \rho_2 V_2 T_{23} (3 \Delta T_{12} + 5 \Delta T_{23})}$$



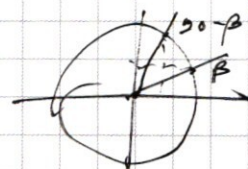
$$v_x = v \cos \alpha = u_x = u \cos \beta$$

$$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$$



$$\vec{u} = \vec{u'} + \vec{v}$$

$$\vec{u'} = \vec{u} - \vec{v}$$

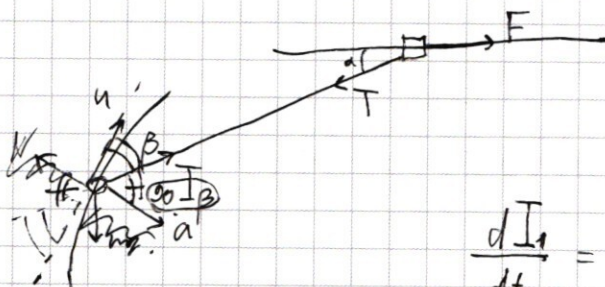


$$u' =$$

$$\eta = \frac{15}{2} \frac{\Delta T_{12} \Delta T_{23}}{3 \Delta T_{12} + 5 \Delta T_{23}} \cdot \frac{1}{T_2}$$

$$T \cos(90 - \beta) = m a = m \frac{u^2}{R}$$

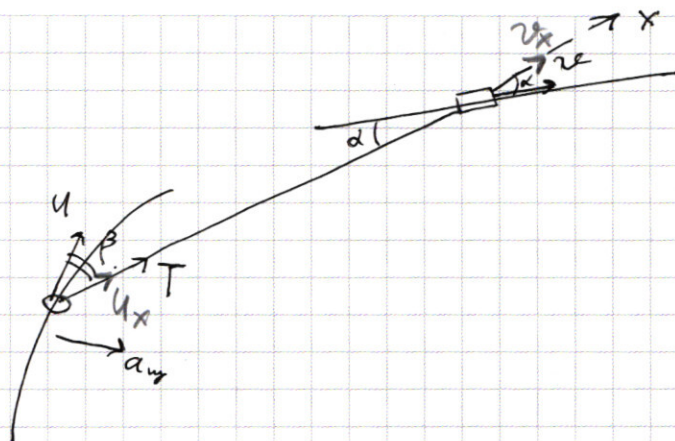
$$T \cos$$



$$\frac{dI_1}{dt} = \frac{\mathcal{E} + U_1 - U_0}{L}$$

$$\frac{dI}{dt} =$$

21.



$$v = 34 \frac{\text{km}}{\text{c}}$$

$$m = 0,3 \text{ м}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

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

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

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

u - ?

u' - ?

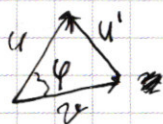
T - ?

1) $v_x = u_x$ (м. к. нити растяжима)

$$v \cos \alpha = u \cos \beta$$

$$u = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 34 \cdot \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 3} = 50 \left(\frac{\text{km}}{\text{c}} \right)$$

2) $\vec{u} = \vec{u'} + \vec{v}$



по м. cos:

$$u'^2 = v^2 + u^2 - 2vu \cos \varphi$$

$$\varphi = \alpha + \beta$$

$$\cos \varphi = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} =$$

$$= \sqrt{\frac{64}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \frac{4}{5}$$

$$\cos \varphi = \frac{15 \cdot 3}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 4}{17 \cdot 5} = \frac{45 - 32}{85} = \frac{13}{85}$$

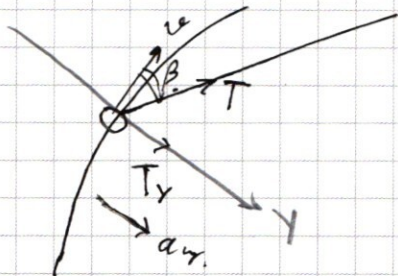
$$u'^2 = 12^2 \cdot 2^2 + 5^4 \cdot 2^2 - 2 \cdot 17 \cdot 5^2 \cdot 2^2 \cdot \frac{13}{85} =$$

$$= 4(289 + 625 - 520) = 4(289 + 105) = 4 \cdot 394 \approx 4 \cdot 400$$

$$u' \approx 40 \left(\frac{\text{km}}{\text{c}} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)



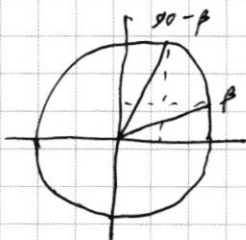
$$O_y: T \cos(90 - \beta) = m a_y$$

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

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

$$T = \frac{0,3 \cdot 0,5 \cdot 95 \cdot 5}{0,53 \cdot 4} \approx \frac{3 \cdot 25 \cdot 10^{-2}}{4} =$$

$$= \frac{75 \cdot 10^{-2}}{4} \approx 0,19 \text{ (Н)}$$



23.

d

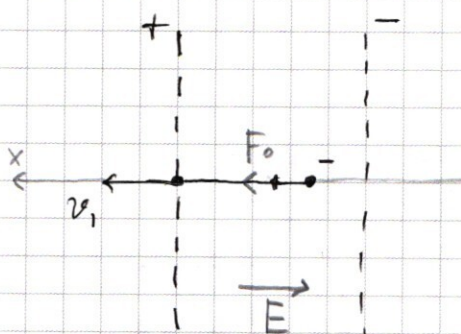
v_1

$$x = \frac{191}{m}$$

T_1

$Q - ?$

$v_2 - ?$



$$1) \left. \begin{aligned} v_1 &= at_1 \\ 0,2d &= \frac{at_1^2}{2} \\ 0,2d &= \frac{aT^2}{2} \end{aligned} \right\}$$

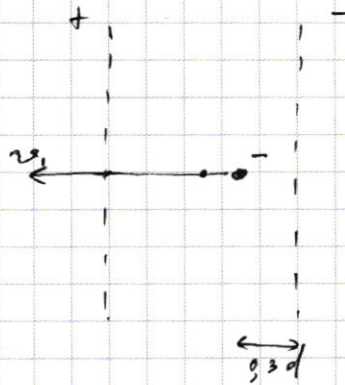
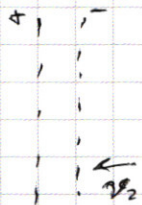
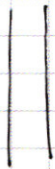
$$t_1^2 = \frac{v_1^2}{a^2} = \frac{1,4d}{a}$$

$$a = \frac{v_1^2}{1,4d}$$

$$0,2d = \frac{v_1^2 T^2}{2,8d}$$

$$v_1^2 T^2 = 0,56 d^2$$

$$T = \frac{0,2d \sqrt{14}}{v_1}$$



$$E = -\frac{\partial \varphi}{\partial t}$$

$$v_1 =$$

$$E = -\frac{\partial \varphi}{\partial t}$$

$$E = -\nabla \varphi$$

$$Ed = U$$

$$U = \frac{Q}{C}$$

$$Q =$$

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

$$F_0 = k \frac{qQ}{0,49 d^2}$$

$$F_0 = ma$$

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

$$\Delta p_n V = \nu R \Delta T_{12}$$

$$\eta = \frac{Q_{n1} + Q_{n2}}{Q_{n1}}$$

$$\text{прпр. } \frac{\nu R \Delta T_{12} \cdot \nu R \Delta T_{13}}{V_2 p_2} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} + \frac{3}{2} \cdot \nu R \Delta T_{13}}{}$$

$$= \frac{\nu \Delta T_{12} \Delta T_{23} \nu R}{(2,5 \Delta T_{23} + 1,5 \Delta T_{12}) p_2 V_2} = \frac{(T_2 - T_1)(T_3 - T_2)}{(2,5 T_3 - 2,5 T_2 + 1,5 T_2 - 1,5 T_1) T_2}$$

$$= \frac{(T_2 - T_1)(T_3 - T_2)}{(2,5 T_3 - 1,5 T_1 - T_2) T_2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) 0x: $F_0 = ma$

$$F_0 = k \frac{|q| \cdot 2Q}{(0,7d)^2}$$

$$a = \frac{v_1^2}{1,4d}$$

$$k \frac{|q| \cdot 2Q}{(0,7d)^2} = m \frac{v_1^2}{2 \cdot 0,7d}$$

$$4k\gamma Q = v_1^2 \cdot 0,7d$$

$$k\gamma Q = v_1^2 \cdot 0,175d$$

$$Q = \frac{v_1^2 \cdot 0,175d}{k\gamma} = \frac{v_1^2 \cdot 7d}{40k\gamma}$$

$$[Q] = \frac{\frac{m^2}{s^2} \cdot \frac{m}{s} \cdot \frac{N \cdot m^2}{C^2} \cdot \frac{m}{s}}{\frac{C^2}{s^2} \cdot \frac{1}{N} \cdot \frac{m^2}{s^2} \cdot \frac{N}{C}} = \frac{N \cdot m}{C}$$

3) з. с. э.:

$$k \frac{|q|Q}{0,7d} + k \frac{|q|Q}{0,3d} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$\frac{k|q|Q}{d} \left(\frac{10}{7} + \frac{10}{3} \right) = \frac{mv_2^2}{2}$$

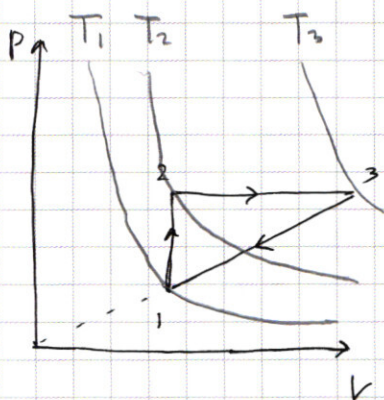
$$2 \frac{k\gamma Q}{d} \frac{100}{21} = v_2^2$$

$$v_2 = 10 \sqrt{\frac{k\gamma Q \cdot 2}{21d}} = 10 \sqrt{\frac{\frac{40 \cdot k\gamma \cdot 7d}{40} \cdot 2}{21d}} = \sqrt{\frac{100}{63}} v_1$$

$$v_2 = \frac{v_1}{\sqrt{0,6}}$$

$$U_x = \frac{d\phi}{dt} =$$

2.



$$1) \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}$$

$$2) \underbrace{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}}_{Q_{23}} = \underbrace{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}}_{\Delta U_{23}} + \underbrace{\nu R \Delta T_{23}}_{A_{23}}$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}$$

$$3) \eta = \frac{A_{\text{cy.}}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{\cancel{\Delta p_{12} \Delta V_{23}}}{\cancel{2f}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) ~~tg α =~~ $\frac{u_y}{u_x}$

$$u_y = \frac{dh}{dt}$$

$$u_x = \frac{df}{dt}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{d' - F}{Fd'}$$

$$2v = \frac{dd'}{dt}$$

$$u_y = \frac{dh}{dt}$$

$$h = \frac{3F}{4} \Gamma$$

$$\Gamma = \frac{f}{d'}$$

d' — расстояние изображения в зеркале.

$$u_x = \frac{df}{dt} = \frac{d}{dt} \frac{Fd' - (d' - F)F}{F^2 d'^2} =$$

$$= \frac{2v F d' - d' F \cdot 2v + 2v F^2}{F^2 d'^2}$$

$$u_x = \frac{2v F^2}{F^2 d'^2} = \frac{2v}{d'^2}$$

$$u_y = \frac{dh}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{3F}{4} \cdot \frac{f}{d'} \right) = \frac{3F}{4} \cdot \frac{2v}{d'^2}$$

$$u_x = \frac{df}{dt} = \frac{d}{dt} \frac{Fd'}{d' - F} = \frac{F \frac{dd'}{dt} (d' - F) - F d' \frac{dd'}{dt}}{(d' - F)^2}$$

$$u_x = \frac{F d' \cdot 2v - F^2 \cdot 2v + F d' \cdot 2v}{(d' - F)^2} = - \frac{2v F^2}{(d' - F)^2}$$

~~tg α =~~

$$u_y = \frac{d}{dt} \left(\frac{3F}{4} \cdot \frac{f}{d'} \right) = \frac{3F}{4} \left(\frac{- \frac{2v F^2}{d' - F^2}}{d'^2} d' - f \cdot 2v \right)$$

$$u_x = - \frac{2v F^2}{\left(\left(\frac{5}{4} - 1 \right) F \right)^2} = - 32v$$

$$u_y = \frac{3F}{4} \left(\frac{- 32v \cdot \frac{5F}{4} - 5F \cdot 2v}{\left(\frac{5}{4} F \right)^2} \right) = \frac{3F}{4} \left(\frac{- 5F (10v)}{25 F^2} \right) \cdot 16 =$$

$$= - \frac{15^3 F^2 \cdot 4v}{25 F^2} \cdot 4 = - 24v$$

$$\tan \alpha = \frac{- 24v}{- 32v} = \frac{3}{4}$$

$$3) u = v \sqrt{2^6 3^2 + 2^6 2^2} = 8v \sqrt{25} = 40v$$

$$3) u = v \sqrt{2^6 3^2 + 2^6 2^2} = 8v \sqrt{13}$$

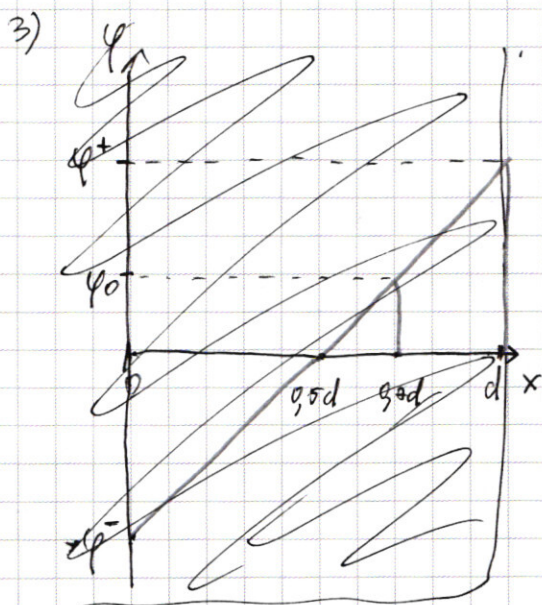
$$\begin{aligned}
 2). \quad 0_x: \quad & F_0 = ma. \\
 & F_0 = +qE \\
 & a = \frac{v_1^2}{1,4d} \\
 & E = \frac{U}{d} \\
 & Q = CU. \\
 & C = \epsilon_0 \frac{S}{d}
 \end{aligned}$$

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{Qd}{\epsilon_0 S}$$

$$F_0 = \frac{qQd}{\epsilon_0 Sd} = \frac{qQ}{\epsilon_0 S} = ma.$$

$$\delta Q = \epsilon_0 S a.$$

$$Q = \frac{\epsilon_0 S v_1^2}{1,4d\delta}$$



$$U = \varphi^+ - \varphi^- = 2\varphi^+$$

$$\varphi^+ = \frac{U}{2}; \quad \varphi^- = -\frac{U}{2} = -\frac{Qd}{2\epsilon_0 S}$$

$$\frac{\varphi_0}{0,2d} = \frac{\varphi^-}{0,5d} \quad (\text{из графика видно})$$

$$\varphi_0 = \frac{2}{5} \varphi^- = -\frac{Qd}{5\epsilon_0 S}$$

3. с. 2:

$$q\varphi_0 = \frac{mv_2^2}{2}.$$

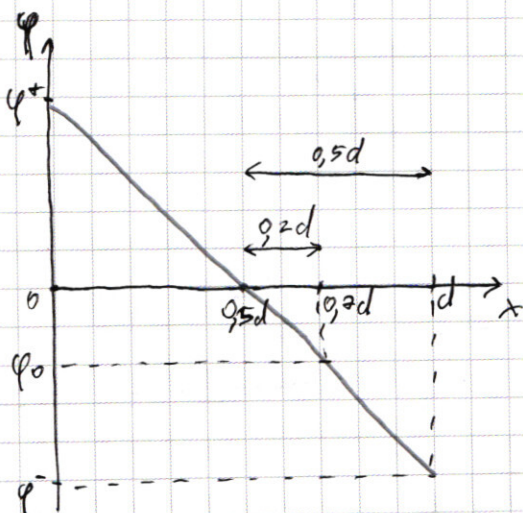
$$v_2^2 = \frac{-2q|\varphi_0}{m}$$

$$v_2^2 = -2\varphi_0\delta$$

$$v_2^2 = 2 \frac{Qd\delta}{5\epsilon_0 S} = \frac{2\epsilon_0 S v_1^2 \delta \sigma}{5\epsilon_0 S \cdot 1,4d\delta}$$

$$v_2^2 = \frac{2}{7} v_1^2.$$

$$v_2 = v_1 \sqrt{\frac{2}{7}}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{T_2(T_3 - T_2)}{2,5 T_3}$$

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

$$= \frac{3}{2} (p_2 - p_1) V_2.$$

$$\eta = \frac{p_2 (p_2 - p_1) (V_3 - V_2)}{\frac{3}{2} (p_2 - p_1) V_2 + \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_2)}$$

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

$$= \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_2).$$

$$\eta = \frac{p_2 V_2 (C_{12} \Delta T_{12} + C_{23} \Delta T_{23})}{p_2 V_2 (C_{12} \Delta T_{12} + C_{23} \Delta T_{23})}$$

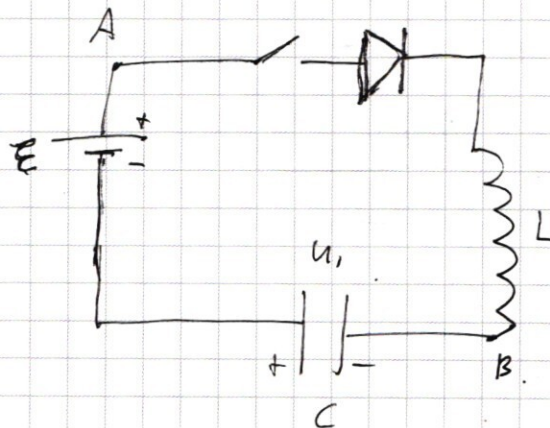
$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5}.$$

$$\Delta p V_2 = C_V \nu \Delta T$$

4.

$$U_{AB} = \mathcal{E} + U_1 = L \dot{I}_1 + U_0$$

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



$$\frac{L I_m^2}{2} = C U_1 \mathcal{E} + \frac{C U_1^2}{2}.$$

$$A_{E1} = \Delta q_1 \mathcal{E}$$

$$\Delta q_1 = C U_1 - 0.$$

$$L I_m^2 = C U_1 (2 \mathcal{E} + U_1)$$

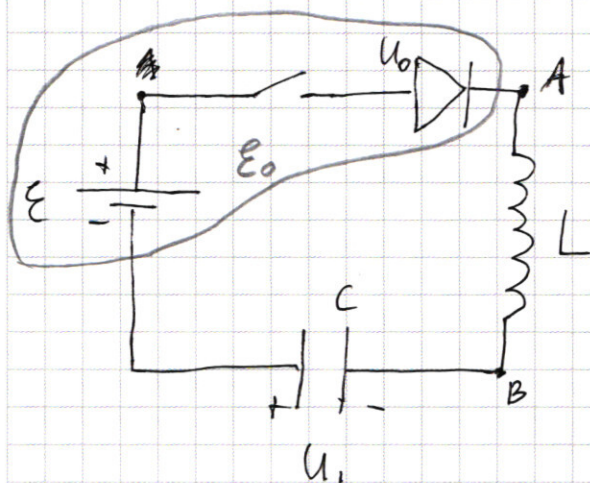
4

$$A_{E2} = \Delta q_2 \mathcal{E}.$$

$$I_m^2 \cdot C U_2^2$$

$$\Delta q_2 = C U_2.$$

$$\frac{C U_2^2}{2} = C U_1 \mathcal{E} + \frac{C U_1^2}{2} + C U_2 \mathcal{E}.$$



$$E = 6 \text{ В}$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$I_1 - ?$$

$$I_m - ?$$

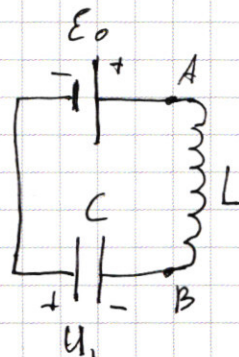
$$U_2 - ?$$

$E > U_0 \Rightarrow$ напряжение источника всегда будет падать на диод (когда ключ замкнут).

пусть $E_0 = E - U_0$ — источник источника и диод.

$$1) U_{AB} = E_0 + U_1 = L \dot{I}_1$$

$$\dot{I}_1 = \frac{E + U_1 - U_0}{L} = \frac{6 + 2 - 1}{0,1} = 70 \left(\frac{\text{А}}{\text{с}} \right)$$



2) з. с. э:

$$\left. \begin{aligned} \frac{L I_m^2}{2} &= A_{E_0} + \frac{C U_1^2}{2} \\ A_{E_0} &= E_0 \Delta q_1 \\ \Delta q_1 &= C U_1 - 0 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} L I_m^2 &= 2 E_0 C U_1 + C U_1^2 \\ L I_m^2 &= C U_1 (2 E - 2 U_0 + U_1) \\ I_m &= \sqrt{\frac{C U_1 (2 E - 2 U_0 + U_1)}{L}} \end{aligned}$$

$$I_m = \sqrt{\frac{40 \cdot 2 (12 - 2 + 2)}{10^{-5} \cdot 0,1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 12}{10^{-4}}}$$

$$I_m = 0,04 \sqrt{6}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) 3. c. d:

$$\frac{CU_2^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} + A_{E02}$$

$$A_{\epsilon_2} = \epsilon_2 \circ q_2.$$

$$\circ q_2 = Cu_2$$

$$CH_2^2 = LI_m^2 + 2E_0 CH_2$$

$$CU_2^2 - 2E_0 CU_2 - 2E_0 CU_1 - CU_1^2 = 0.$$

$$\frac{D}{G} = \epsilon_0^2 C^2 + C(2 \epsilon_0 C U_1 + C U_1^2) =$$

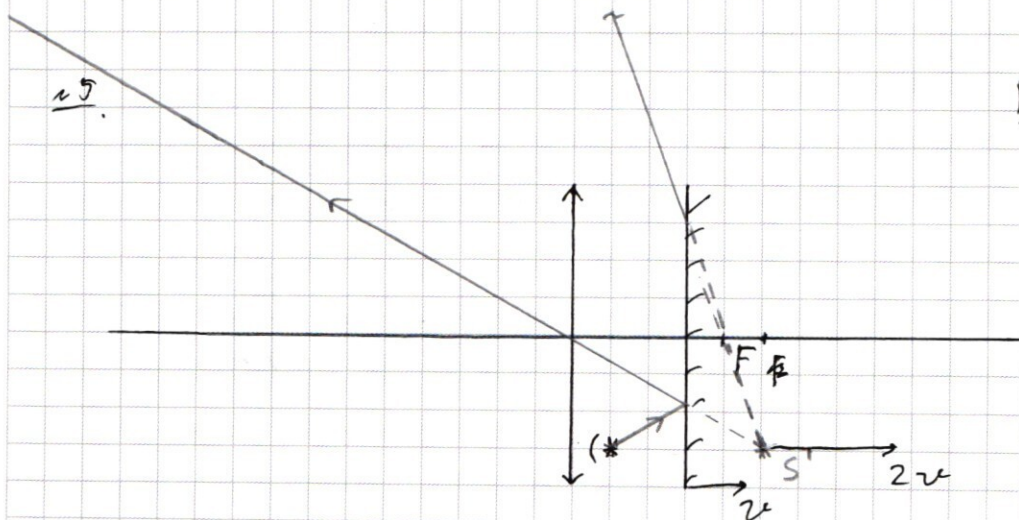
$$= C^2 (\mathcal{E}_0^2 + 2 \mathcal{E}_0 u_1 + u_1^2) =$$

$$= C^2 (\epsilon_0 + U_1)^2$$

$$U_2 = \frac{E_0 X + X(E_0 + U_1)}{X} = 2E_0 + U_1$$

$$U_2 = 2E - 2U_0 + U_1$$

$$u_2 = 12 - 2 + 2 = 12 \text{ B}$$



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

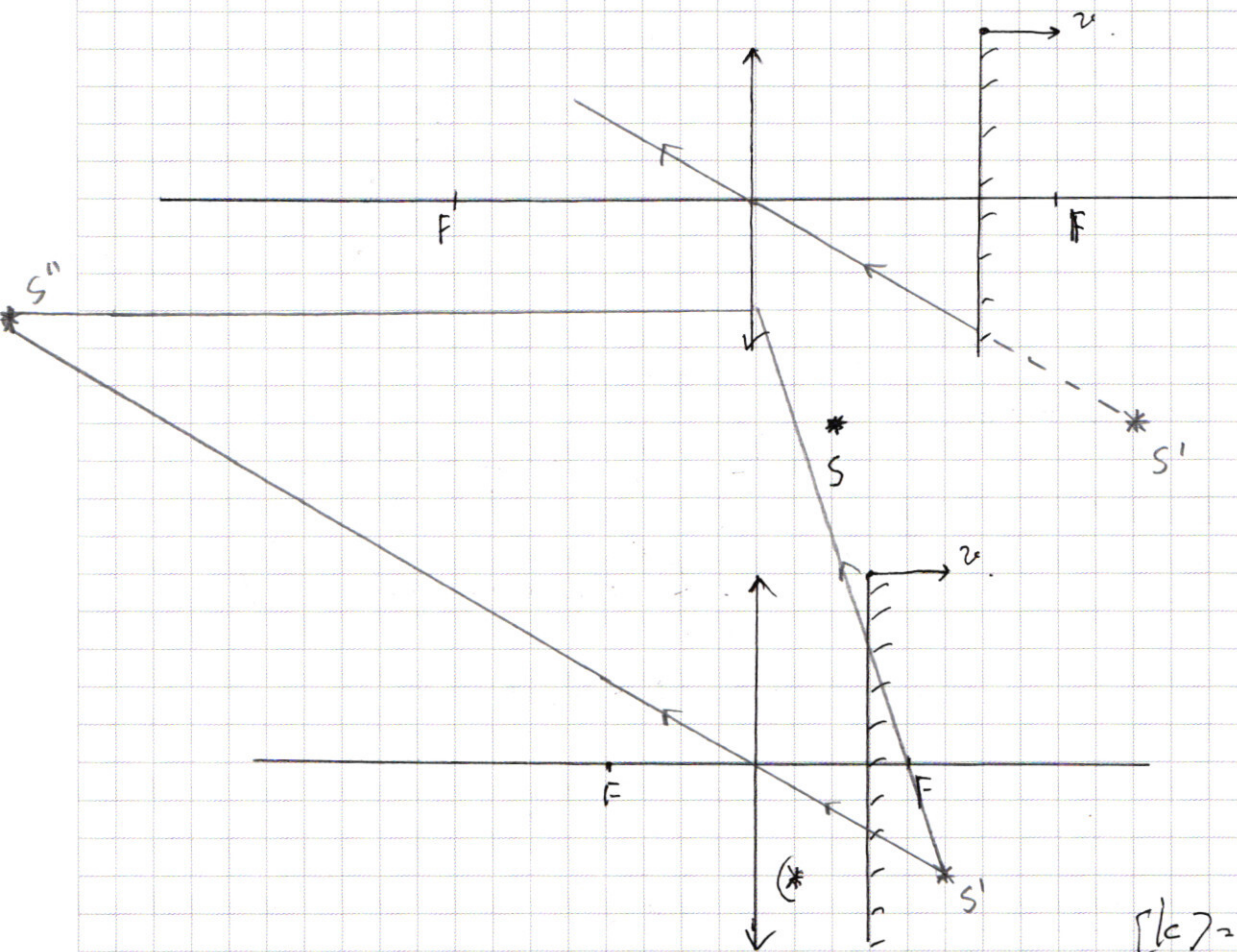
$$d = \frac{F}{4} + 2\left(\frac{3F}{4} - \frac{F}{4}\right)$$

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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{4}{5F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{5f}$$

$$f = 5F$$



$$[C] = \frac{\text{H} \cdot \text{m}^2}{\text{V}}$$

$$[\epsilon_0] = \frac{\text{H} \cdot \text{m}^2}{\text{V}^2}$$

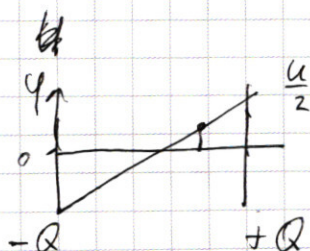
23.

$$Ed = U. \quad U = \frac{Q}{C}. \quad C = \epsilon_0 \frac{S}{d}. \quad [C] = \text{H}$$

$$F = qE$$

$$[C] = \frac{\text{H} \cdot \text{m}^2}{\text{V}} = \frac{\text{H} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^2}{\text{V}^2}$$

$$\frac{\text{H} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^2}{\text{V}^2} = \frac{\text{H} \cdot \text{m}^2}{\text{V}^2} = \epsilon_0$$



$$\varphi^+ = \frac{U}{2}$$

$$U = \varphi^+ - \varphi^- = 2\varphi^+$$

$$q\varphi_0 =$$