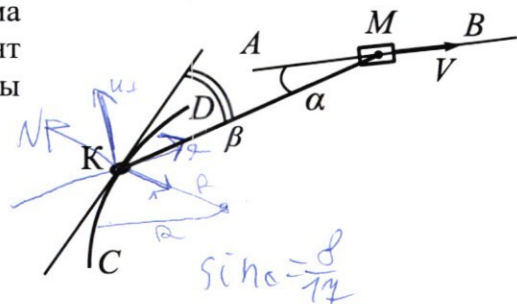


Олимпиада «Физтех» по физике, Вариант 11-01

Класс 11

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

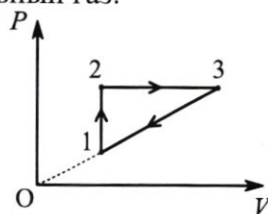
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) 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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы

$$\frac{q}{m} = \gamma.$$

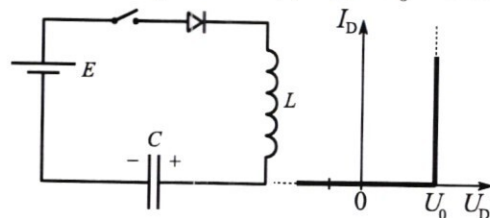
$$2(1,5 - 0,45)$$

- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 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 $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ 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.

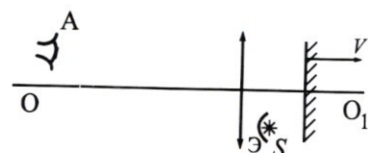


$$U = V \sqrt{(25^2)^2 + (27)^2}$$

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 $F/2$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F 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.)

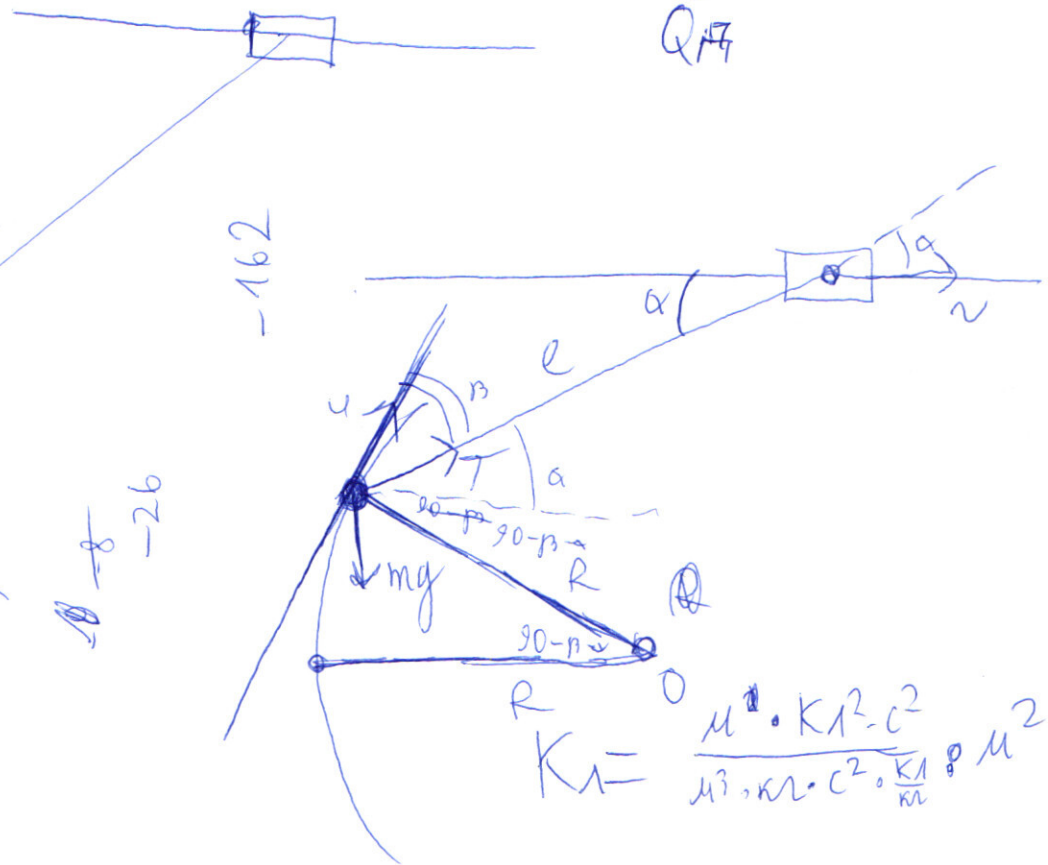


- 3) Найти скорость изображения в этот момент.

$$\tan \alpha = \frac{1}{F}$$

$$V = V \sqrt{1 + F^2} = 1$$

Q.17



$$K_1 = \frac{m^1 \cdot K_1^2 \cdot c^2}{m^3 \cdot K_1 \cdot c^2 \cdot \frac{K_1}{m}} \cdot m^2$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{r^2} = F$$

$$\epsilon_0 = \frac{q^2}{n^2 \cdot F} = \frac{K \lambda^2}{n^2 \cdot H} = \frac{K \lambda^2}{n^2 \cdot K \lambda \cdot \frac{H}{c}} = \frac{K \lambda^2 \cdot c}{n^3 \cdot K \lambda}$$

$$T \cdot \sin \alpha = mg \quad T = m \left(\frac{u_{\perp}^2}{e} - \frac{u^2}{R} \cdot \sin \beta \right) \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

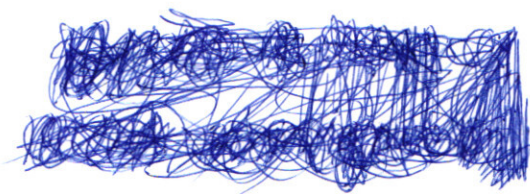
$$T = m \left(\frac{u_{\perp}^2}{e} - \frac{u^2}{R} \sin \beta \right) \cdot \frac{1}{\cos^2 \beta}$$

$$A = v R \Delta T$$

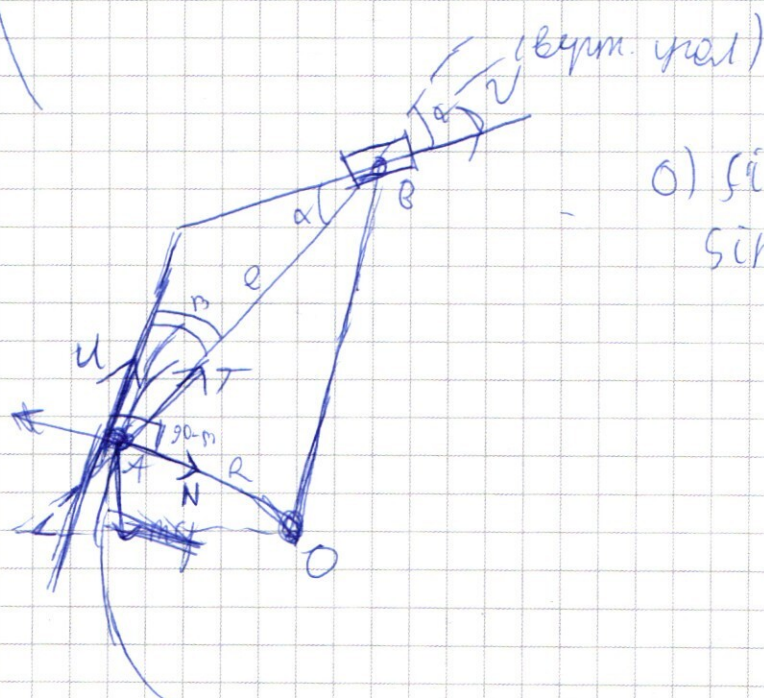
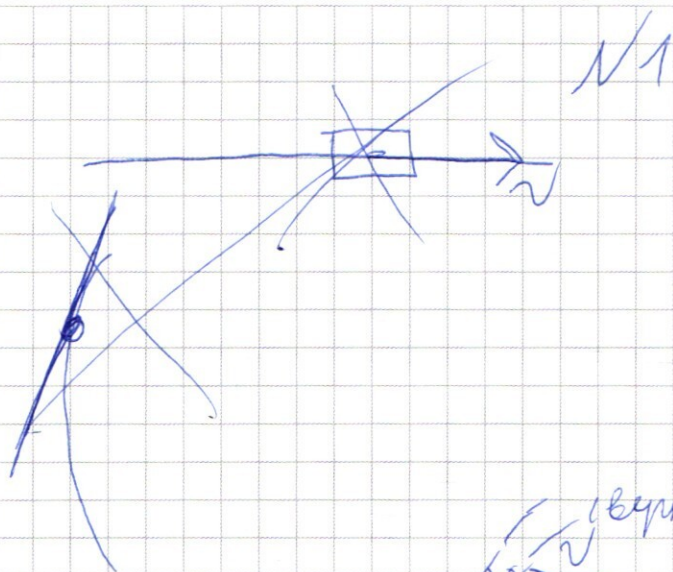
$$2,25 = 1,5 = m$$

$$2,25 - 1,5 = \sqrt{2}$$

$$U_0 - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \frac{d}{4} = \left(U_0 - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \cdot \frac{3d}{4} \right) = \frac{\sigma d}{4\epsilon_0}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{4}{5}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \frac{3}{5}$$

- 1) u - скорость каблука
- 2) т.к. шитье растяжимая, проекции u и v на шитье фактически будут равны
- $\Rightarrow u \cdot \cos \beta = v \cdot \cos \alpha \Rightarrow u = v \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$
- 3) чтобы найти скорость каблука относительно шитья, сидим в со шитьем, т.к. проекции их скоростей на шитье одинаковы

они убывают, следовательно нам надо сложить их скорости рассмотрим только скорости перп нити

$$u_1^* = u \sin p + v \cdot \sin \alpha = v \operatorname{tg} p \cos \alpha + v \sin \alpha$$

4) т.к. кольцо движется по окр, то II 3-М 2-м законом:

$$T \cdot \cos 90 - p = m \frac{u^2}{R}$$

$$T = m \frac{u^2}{R} \cdot \frac{1}{\sin p} = \frac{m}{R} \cdot v^2 \cdot \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 p} \cdot \frac{1}{\sin p}$$

Ответ: 1) $U = v \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos p} = 7.5 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

2) $u' = v \cdot \operatorname{tg} p \cos \alpha + v \sin \alpha =$

4) Когда мы сами в муфте кольцо движется по окружности от муфты (св. закон сохранения импульса) силы на нити должны давать $\vec{u}$ (из с. 4 ск.)

$$T + N \cdot \cos 90 - p = m \frac{u_1^2}{R} \quad (\text{II 3-М для кольца на нити})$$

5) в обычной со нить кольцо движ. по окр радиусом R:

$$N + T \cdot \cos 90 - p = m$$

5) в обычн. со кольцо движ по окр (св. закон импульса)

$$N + T \cdot \cos 90 - p = \frac{m u^2}{R}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$N = \frac{mu^2}{R} - T \cdot \cos(\alpha - \beta)$$

$$T + \frac{mu^2}{R} \cdot \cos \alpha - T \cdot \cos^2 \beta = \frac{mu_{\perp}^2}{e}$$

$$T - T \sin^2 \beta = \frac{mu_{\perp}^2}{e} - \frac{mu^2}{R} \cdot \sin \beta$$

$$T - T(1 - \cos^2 \beta) = \frac{mu_{\perp}^2}{e} - \frac{mu^2}{R} \cdot \sin \beta$$

$$T \cdot \cos^2 \beta = \frac{mu_{\perp}^2}{e} - \frac{mu^2}{R} \cdot \sin \beta$$

$$T = m \left(\frac{u_{\perp}^2}{e \cdot \sin \beta} - \frac{u^2}{R} \right) \cdot \frac{\sin \beta}{\cos^2 \beta}$$

$$u = v \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 75 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$$

$$u_{\perp} = u \cdot \sin \beta + v \cdot \sin \alpha = 75 \cdot \frac{3}{5} + 68 \cdot \frac{8}{17} = 45 + 32 = 77 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$$

$$T = 0,1 \cdot \left(\frac{0,77^2}{1} - \frac{0,75^2}{1,2} \right) \cdot \frac{1}{1,2} \cdot \frac{3}{5} =$$

$$= 0,1 \cdot 0,02 \cdot 1,52 \cdot \frac{1}{1,2} \cdot \frac{3 \cdot 5}{42} =$$

$$= 0,1 \cdot 0,02 \cdot 0,8 \cdot \frac{15}{16} = 0,1 \cdot 0,016 \cdot \frac{15}{16} =$$

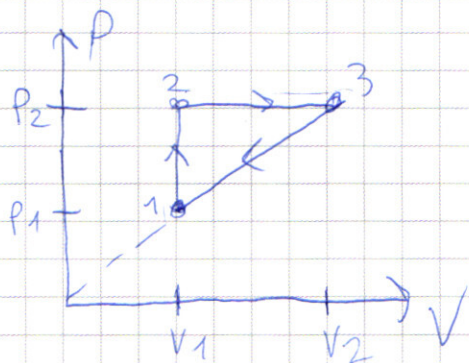
$$= 10^{-4} \cdot 1,5 \text{ H}$$

Ответ: 1) $u = v \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 75 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$

2) $u_{\perp} = u \sin \beta + v \cdot \sin \alpha = 77 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$

3) $T = m \left(\frac{u_{\perp}^2}{e \cdot \sin \beta} - \frac{u^2}{R} \right) \cdot \frac{\sin \beta}{\cos^2 \beta} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ H}$

№2



1) температура повышается на 12, 23 (увеличивается внутренняя энергия)

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$P_2 V_1 = \nu R T_2$ — 3-й закон Менделеева-Клапейрона

$$P_2 V_2 = \nu R T_3, \quad P_2 (V_2 - V_1) = \nu R (T_3 - T_2)$$

2) $\Delta Q = \Delta A + \Delta U$ — I закон термодинамики
процесс 12

$$\nu C_{12} (T_2 - T_1) = 0 + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\nu C_{12} (T_2 - T_1) = P_2 V_1 - P_1 V_1$$

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

процесс 23:

$$\nu C_{23} (T_3 - T_2) = P_2 (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\nu C_{23} (T_3 - T_2) = \nu R (T_3 - T_2) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$C_{23} = \frac{5}{2} R$$

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

3) в изобарном процессе кол-во теплоты

$$Q = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2), \quad A = \nu R (T_3 - T_2) \text{ (см. выше)} \Rightarrow \beta = \frac{5}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

температура проводников на 12 и 23 $\Rightarrow$

$$\Rightarrow Q_+ = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} V_1 (P_2 - P_1) + \frac{5}{2} P_2 (V_2 - V_1)$$

работа за весь цикл:

$$A = (V_2 - V_1) (P_2 - P_1) \cdot \frac{1}{2} (\text{площадь } \Delta)$$

м.к. 13 - прямая пропорция, то если $V_2 = k V_1$, то $P_2 = k P_1$

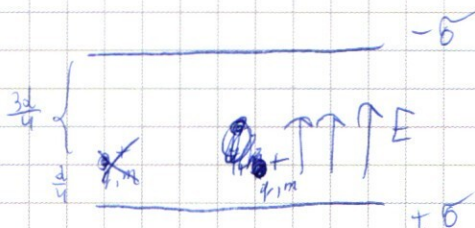
$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{(k-1)^2 \cdot P_1 V_1}{2 \cdot \left(\frac{3}{2} (k-1) P_1 V_1 + \frac{5}{2} k (k-1) P_1 V_1 \right)} =$$

$$= \frac{(k-1)^2}{3(k-1) + 5k(k-1)} = \frac{k-1}{3+5k} = \frac{1}{5} - \frac{\frac{4}{5}}{3+5k} - \text{предельная}$$

$$\kappa \text{ и } \mu = 0,2$$

ответ: 1) $\frac{5}{3}$, 2) $\frac{5}{2}$, 3) 0,2

№3



$$1) E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \text{ (поле внутри конденсатора)} \left(E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \right)$$

$$2) E \cdot q = ma \text{ (II закон Ньютона)}$$

$$a = \frac{\sigma \cdot q}{m \cdot \epsilon_0} - \text{const} \Rightarrow \text{равноускоренное движение}$$

$$3) \frac{at^2}{2} = (2 - 0,25x)$$

$$\frac{dT^2}{2} = 0,75d$$

$$T^2 = \frac{1,5d}{a} = \frac{1,5d \cdot m \cdot \epsilon_0}{\sigma \cdot q}, \quad T = \sqrt{\frac{1,5 d m \epsilon_0}{\sigma \cdot q}}$$

$$\sigma = \frac{1,5 d m \epsilon_0}{T^2 \cdot q}$$

$$V_1 = d \cdot T = \frac{\sigma \cdot q}{m \epsilon_0} \cdot T = \frac{1,5 d m \epsilon_0}{T^2 \cdot q} \cdot \frac{q}{m \epsilon_0} \cdot T = 1,5 \frac{d}{T}$$

$$Q = \sigma \cdot S = \frac{1,5 d m \epsilon_0}{T^2 \cdot q} \cdot S = \frac{1,5 d \epsilon_0}{T^2} \cdot S$$

3) (7)

$$q U_0 - q \frac{\sigma}{2 \epsilon_0} \frac{d}{4} = q U_0 + q \frac{\sigma}{2 \epsilon_0} \cdot \frac{3d}{4} = \frac{m V_2^2}{2} \Rightarrow$$

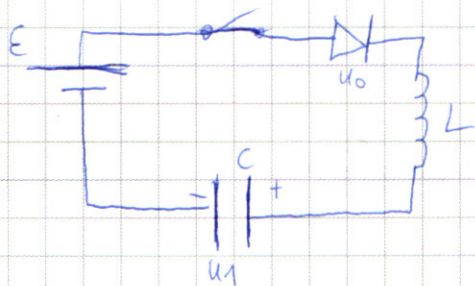
напряженность
и поле
н. л. E-const

$$\Rightarrow V_2^2 = \frac{q \sigma d}{2 m \epsilon_0} = \frac{3}{4} \cdot \frac{d^2 m q}{T^2 \cdot q / m} = \frac{3}{4} \frac{d^2}{T^2}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{3}{4}} \frac{d}{T}$$

Ответ:

- 1) $V_1 = 1,5 \frac{d}{T}$
- 2) $Q = \frac{1,5 d \epsilon_0 S}{T^2}$
- 3) $V_2 = \sqrt{\frac{3}{4}} \frac{d}{T}$



1) 3-й закон:

$$E = U_0 + L \dot{I} + U_1 \text{ (как только замкнем)}$$

$$\dot{I} = \frac{E - U_0 - U_1}{L} = 30 \frac{В}{Гн}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ток максимален, когда $\dot{I} = 0 \Rightarrow$ на катушке
напр $L \cdot \dot{I} = 0$

3-я змк:

$$\mathcal{E} = U_0 + U_K, U_K = \mathcal{E} - U_0$$

3-й змк:

$$C \mathcal{E} \cdot (U_K - U_1) = \frac{U_K^2}{2} C + \frac{L I^2}{2} + U_0 \cdot (U_K - U_1) \cdot C - \frac{U_1^2}{2} C$$

$$C \mathcal{E} \cdot (\mathcal{E} - U_0 - U_1) = \frac{(\mathcal{E} - U_0)^2}{2} C + \frac{L I^2}{2} + U_0 \cdot$$

$$2 C \mathcal{E}^2 - 2 C \mathcal{E} U_0 - 2 C \mathcal{E} U_1 = C \mathcal{E}^2 - 2 C \mathcal{E} U_0 + C U_0^2 + L I^2$$

$$\frac{C}{L} (2 \mathcal{E}^2 - \mathcal{E}^2 - 2 \mathcal{E} U_1 - U_0^2) = I^2, I = \sqrt{\frac{C}{L} (\mathcal{E}^2 - 2 \mathcal{E} U_1 - U_0^2)}$$

$$2 C \mathcal{E}^2 - 2 C \mathcal{E} U_0 - 2 C \mathcal{E} U_1 = C \mathcal{E}^2 - 2 C \mathcal{E} U_0 + C U_0^2 + L I^2 + 2 C U_0 \mathcal{E} -$$

$$- 2 C U_0^2 - 2 C U_0 U_1 - U_1^2 C$$

$$C \mathcal{E}^2 - 2 C \mathcal{E} U_1 - C U_0^2 - 2 C U_0 \mathcal{E} + 2 C U_0^2 + 2 C U_0 U_1 = L I^2$$

$$I = \sqrt{\frac{C}{L} (\mathcal{E}^2 - 2 \mathcal{E} U_1 + U_0^2 - 2 U_0 \mathcal{E} + 2 U_0 U_1)}$$

т.к. диод в змк ст. не откр., то на катушке
просто будет спадать ток до 0.

3-й змк:

$$C \cdot \mathcal{E} \cdot (U_2 - U_1) = \frac{U_2^2}{2} C + U_0 (U_2 - U_1) C - \frac{U_1^2}{2} C$$

$$2 \mathcal{E} (U_2 - U_1) = U_2^2 + 2 U_0 U_2 - 2 U_0 U_1 - \frac{U_1^2}{2}$$

$$18U_2 - 90 = U_2^2 + 2U_2 - 10 - 25$$

$$U_2^2 - 14U_2 + 60 = 0$$

$$U_2^2 - 16U_2 + 55 = 0$$

$$U_2 = \frac{14 \pm \sqrt{40}}{2}$$

$$U_2 = \frac{16 \pm \sqrt{36}}{2}$$

$U_2 = 11$ - коммутатор

$U_2 = 58$ - макс. ток

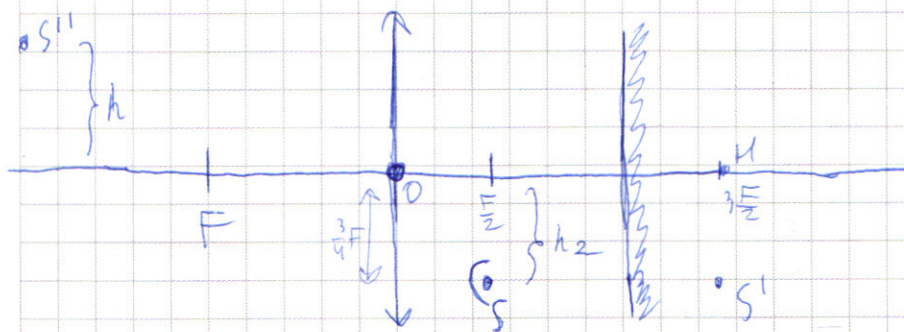
Ответ: 1) $I = \frac{\epsilon - U_0 - U_1}{L} = 30 \frac{B}{\Gamma \cdot \mu}$

$$2) I = \sqrt{\frac{c}{L} (\epsilon^2 - 2\epsilon U_1 + U_0^2 - 2U_0\epsilon + 2U_0U_1 + U_1^2)} =$$

$$= 20 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{9} = 60 \cdot 10^{-3} A = 60 \text{ мА}$$

$$3) U_2 = 11$$

$\sqrt{5}$



1) S' - изобр. S в зеркале $\Rightarrow$ расстояние $OS' = \frac{3F}{2} = F + (F - \frac{F}{2})$

2) $\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$ - формула для м. и м. изобр.

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{b}, b = 3F \Rightarrow \Gamma = \frac{b}{a} = 3 \Rightarrow h = \frac{3}{4} F \cdot \Gamma = \frac{3}{2} F$$

3) рассмотрим маленький промежуток времени
Зеркало на расстоянии $F + v \Delta t$

$$S' \text{ на расстоянии } a_2 = F + v \Delta t + (F + v \Delta t - \frac{F}{2}) = \frac{3}{2} F + 2v \Delta t$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{3}{2}F + 2vdt} + \frac{1}{b_2}$$

$$\frac{1}{b_2} = \frac{1}{F} - \frac{1}{\frac{3}{2}F + 2vdt} = \frac{\frac{3}{2}F + 2vdt - F}{(\frac{3}{2}F + 2vdt)F}$$

$$b_2 = \frac{(\frac{3}{2}F + 2vdt)F}{0,5F + 2vdt}$$

$$u_x = \frac{b_2 - b_1}{dt} = \frac{\frac{1,5F^2 + 2vdt}{0,5F + 2vdt}F - 3F}{dt} = \frac{1,5F^2 + 2vdtF - 1,5F^2 - 6Fvdt}{(0,5F + 2vdt) \cdot dt} = -\frac{4v}{0,5} = -8v$$

$$= \frac{1,5F^2 + 2vdtF - 1,5F^2 - 6Fvdt}{(0,5F + 2vdt) \cdot dt} = -\frac{4v}{0,5} = -8v$$

это по горизонт.

$$h_2 = \frac{b_2}{a_2} \cdot h_1 = \frac{(1,5F + 2vdt)F}{0,5F + 2vdt} \cdot \frac{2}{3F} \cdot \frac{3}{4}F =$$

$$= \frac{1,5F + 2vdt}{0,5F + 2vdt} \cdot \frac{1}{2}F = \frac{1,5F + 2vdt}{F + 4vdt}F$$

$$u_y = \frac{h_2 - h_1}{dt} = \frac{\frac{1,5F + 2vdt}{F + 4vdt}F - 1,5F}{dt} = \frac{1,5F^2 + 2vdtF - 1,5F^2 - 6Fvdt}{dt(F + 4vdt)} =$$

$$= -4v$$

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = \sqrt{80v^2} = 4\sqrt{5}v, \quad \text{tg} \alpha = \frac{u_y}{u_x} = \frac{1}{2}$$

Ответ: 1) $3F$
2) $\text{tg} \alpha = \frac{1}{2}$
3) $u = 4\sqrt{5}v$

$$h_{22} = \frac{b_2}{a_2} \cdot h_2 = \frac{(1,5F + 2vdt)F}{0,5F + 2vdt} \cdot \frac{1}{1,5F + 2vdt} \cdot \frac{3}{4}F =$$

$$= \frac{(1,5F + 2vdt)F^2 \cdot 3}{(F + 4vdt)(3F + 4vdt)}$$

$$h_{22} - h_2 = \frac{(1,5F + 2vdt)F^2}{3F^2 + 16Fvdt + 16v^2dt^2} - 1,5F =$$

$$= \frac{4,5F^3 + 6F^2vdt - 4,5F^3 - 24F^2vdt - 24Fv^2dt^2}{3F^2} =$$

$$= -6vdt$$

$$u_{\perp} = \frac{h_{22} - h}{dt} = -6v$$

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_{\perp}^2} = 10v, \quad \text{tg} \alpha = \frac{u_{\perp}}{u_{||}} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$$

ответ: 1) $3F$
 2) $\text{tg} \alpha = \frac{3}{4}$
 3) $10v$