

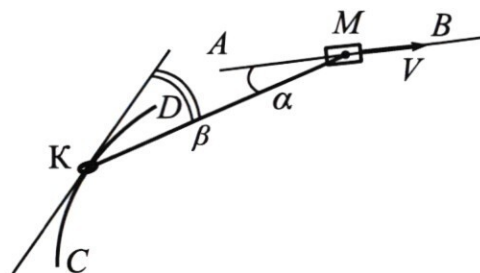
Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 11

Вариант 11-01

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

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K 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.



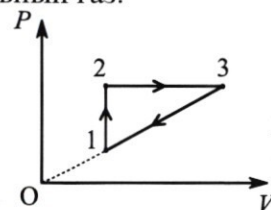
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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

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?

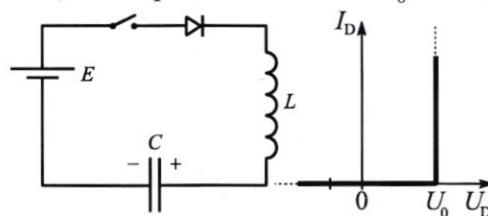
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

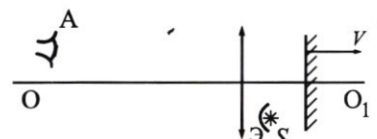


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник 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.



$$Q_{13} = \frac{1}{2} (2p_0 + p_0) (\alpha - 1) V_0 = \frac{1}{2} (\alpha^2 - 1) p_0 V_0 + \frac{3}{2} \rho R (1 - \alpha^2) T_0$$

$$(1 - \frac{3}{2}) \rho R (\alpha^2 - 1) T_0 = (\alpha^2 - 1) \rho R T_0 \cdot (-1)$$

$$\eta = \frac{A_{\text{yuen}}}{Q_{12} + Q_{23}} \cdot 100\% = \frac{\frac{1}{2} (\alpha - 1)^2 p_0 V_0}{p_0 V_0 \left(\frac{3}{2} (\alpha - 1) + \frac{5}{2} (\alpha^2 - 1) \right)} \cdot 100\%$$

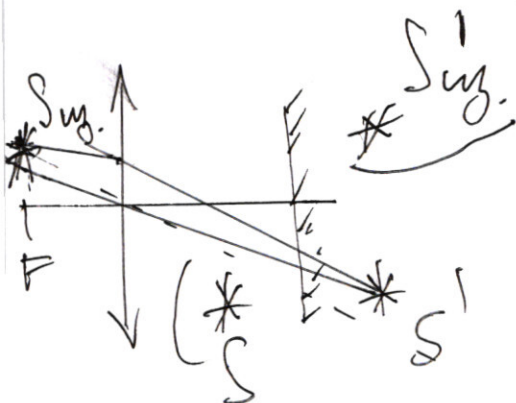
$$\frac{(\alpha - 1)^2}{2(\alpha - 1)(3 + 5\alpha)} = \frac{1}{5} - \frac{\frac{8}{5}}{3 + 5\alpha} =$$

$$\frac{\alpha - 1}{3 + 5\alpha} = \max$$

$$\alpha - 1 = \frac{1}{3 + 5\alpha}$$

$$5\alpha^2 - 2\alpha - 4 = 0$$

$$\frac{1(3 + 5\alpha) - 5(\alpha - 1)}{(3 + 5\alpha)^2} = 0 \quad \alpha = \frac{1 \pm \sqrt{1 + 20}}{5}$$



$$p V^{\frac{5}{3}} = \text{const}$$

$$B V^{\frac{8}{3}} = \text{const}$$

$$\beta V^{\frac{5}{3}} = 0$$

$$\begin{array}{r} 2,1 \quad 2,05 \\ \times 2,1 \quad 2,05 \\ \hline 2,1 \quad 2,05 \\ 4,2 \quad 4,10 \end{array}$$

$$\frac{\text{const}}{V^{\frac{5}{3}}} = \beta$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 1

Дано:

$$v = 68 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,68 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

$$l = \frac{5R}{3}$$

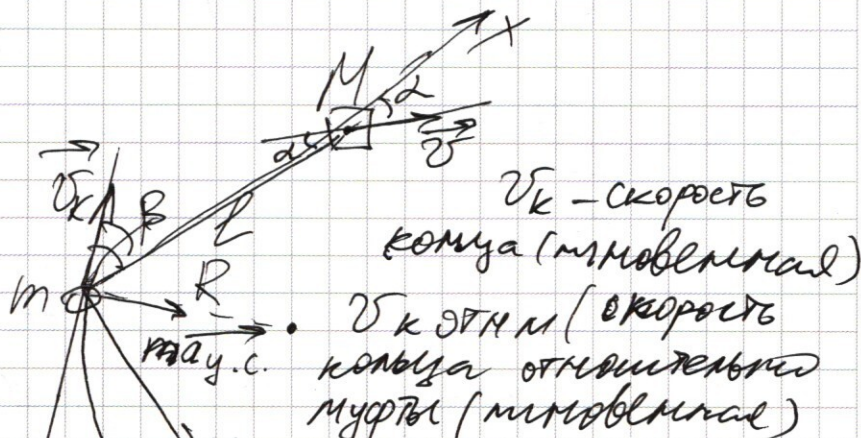
$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

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

1) $v_k = ?$

2) $v_{\text{котн.м}} = ?$

3) $T = ?$



Проекция скоростей на ось нитки равны:

$$v_k \cdot \cos \beta = v \cdot \cos \alpha$$

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

$$v_k = 0,68 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_{\text{котн.м}} = \sqrt{v_{\text{хотн}}^2 + v_{\text{уотн}}^2}$$

$v_{\text{хотн}}$ — проекция $v_{\text{котн.м}}$ на ось x и y .

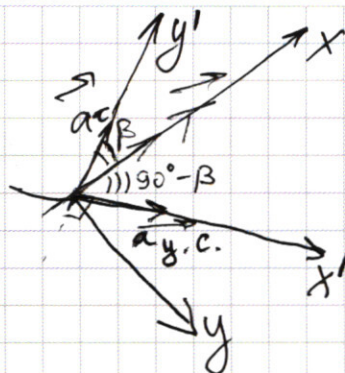
$$v_{\text{хотн}} = v_k \cdot \cos \beta - v \cdot \cos \alpha = 0$$

$$v_{\text{уотн}} = -v_k \cdot \sin \beta - v \cdot \sin \alpha$$

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

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \frac{8}{17}$$

$$v_{\text{котн.м}} = |v_{\text{уотн}}| = \left| -0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{3}{5} - 0,68 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{8}{17} \right| = 0,72 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



$$\vec{T} = m(\vec{a}_{y.c.} + \vec{a}_c)$$

$$x': T \cdot \cos(90^\circ - \beta) = m a_{y.c.}$$

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

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

$$T = \frac{0,1 \text{ кг} \cdot (0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{1,9 \text{ М} \cdot \frac{3}{5}} = \frac{5,625}{57} \text{ Н} \approx 0,051 \text{ Н}$$

Ответ: 1) $v_k = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) $v_{\text{котел}} = 0,77 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

3) $T = 0,05 \text{ Н}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

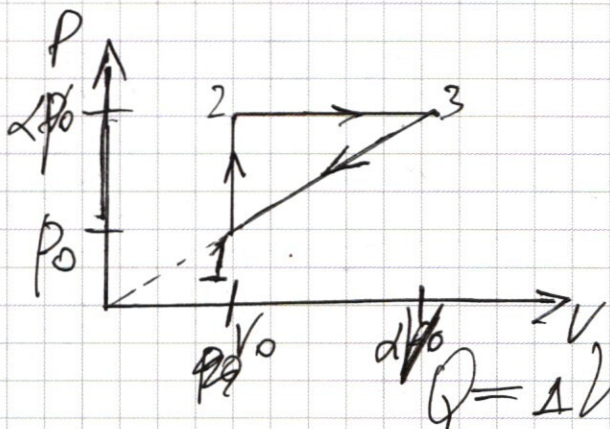
N 2

Дано:

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

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = ?$

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



$$\frac{pV}{T} = \text{const}$$

1-2: $V = \text{const}$,
 $p \uparrow \Rightarrow T \uparrow$

$$Q = \Delta U + A_{\text{заг}}$$

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

$$\Rightarrow Q_{12} > 0$$

2-3: $p = \text{const}$, $V \uparrow \Rightarrow T \uparrow$, $A_{23} > 0$

$$pV = \nu RT \quad Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + A_{23}$$

$$Q_{23} > 0$$

Пусть

$$p_1 = p_0$$

$$1: p_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$V_1 = V_0$$

$$2: 2p_0 V_0 = \nu R T_2 \quad T_2 = 2T_0$$

т.к. 1-3: $p \propto V \Rightarrow$

$$\Rightarrow p_3 = 2p_0; V_3 = \alpha V_0; p_3 = p_2$$

$$3: \alpha^2 p_0 V_0 = \nu R T_3$$

$$T_3 = \alpha^2 T_0$$

$$A_{\text{цикл}} = \frac{1}{2} \cdot (\alpha V_0 - V_0) \cdot (\alpha p_0 - p_0) =$$

$$= \frac{1}{2} (\alpha - 1)^2 p_0 V_0$$

$$\Delta Q = \nu C_V \Delta T$$

$$C_V = \frac{\Delta Q}{\nu \Delta T}$$

$$\frac{C_{V12}}{C_{V23}} = \frac{Q_{12}}{Q_{23}} \frac{\nu (T_3 - T_2)}{\nu (T_2 - T_1)}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (\alpha - 1) T_0$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \alpha p_0 (\alpha V_0 - V_0) =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R (\alpha^2 - \alpha) T_0 + (\alpha - 1) p_0 V_0 =$$

$$= 2(\alpha - 1) \frac{5}{2} \nu R T_0$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (\alpha - 1) T_0 \cdot (\alpha^2 - \alpha) T_0}{(\alpha - 1) T_0 \cdot (\alpha^2 - \alpha) \frac{5}{2} \nu R T_0} = \frac{3}{5}$$

$$A_{23} = \alpha p_0 (\alpha V_0 - V_0) = 2(\alpha - 1) p_0 V_0 =$$

$$= 2(\alpha - 1) \nu R T_0$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} 2(\alpha - 1) \nu R T_0}{2(\alpha - 1) \nu R T_0} = \frac{5}{2}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{укул}}}{Q^+} \cdot 100\% \quad \eta \quad Q^+ = Q_{12} + Q_{23}$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} (\alpha - 1)^2 p_0 V_0}{\frac{3}{2} (\alpha - 1) \nu R T_0 + \frac{5}{2} 2(\alpha - 1) \nu R T_0} \cdot 100\% = \frac{\alpha - 1}{3 + 5\alpha} \cdot 100\%$$

$$= \left(\frac{1}{5} - \frac{\frac{8}{5}}{3 + 5\alpha} \right) \cdot 100\% \quad \text{при } \alpha \rightarrow \infty$$

$$\eta \rightarrow \frac{1}{5} \cdot 100\% \quad \eta_{\text{max}} = 20\%$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3}{5} \quad 2) \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2} \quad 3) \eta_{\text{max}} = 20\%$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N3
Дано: $\epsilon_0, \epsilon = 1$

S
 d

$(d \ll \sqrt{S})$

$0,25d$

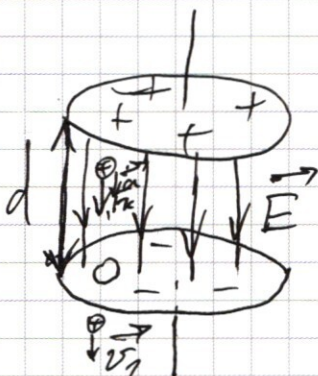
T

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

1) $v_1 = ?$

2) $Q = ?$

3) $v_2 = ?$



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

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

$$U = Ed$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = qE \cdot (d - 0,25d)$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2q}{m} E \cdot 0,75d} = \sqrt{1,5 \gamma d E}$$

$$\vec{F}_k = q\vec{E}$$

$$m\vec{a} = q\vec{E}$$

$$a = \frac{q}{m} E = \gamma E$$

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

$$a = \frac{1,5d}{T^2}$$

$$E = \frac{a}{\gamma}$$

$$E = \frac{1,5d}{T^2 \gamma}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{1,5 \gamma d \cdot 1,5d}{T^2 \gamma}} = \frac{1,5d}{T}$$

$$U = Ed$$

$$U = \frac{1,5d^2}{T^2 \gamma}$$

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

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

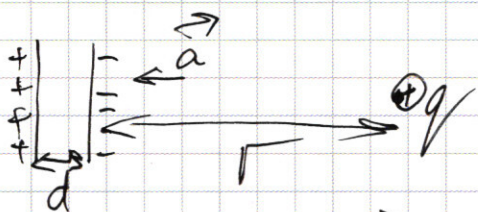
$$Q = CU$$

$$Q = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot \frac{1,5 d^2}{r^2}$$

$$Q = \frac{1,5 \epsilon_0 S d}{r^2}$$

$$E_{\text{вн}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$$

$$E_{\text{вн}} \sim \frac{1}{r^2}$$



При $r \rightarrow \infty$

$$r + d \rightarrow r \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_+ = E_-$$

$$ma = -(E_+ + E_-)q$$

$$a = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Q \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r^2 + d)^2} \right)$$

$$a_0 = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{d^2}$$

т.к. $E_- > E_+$ (при $r \neq 0$) $\Rightarrow$ частица
будет замедляться и v_2
на бесконечности будет равно
0.

Ответ: 1) $v_1 = \frac{1,5d}{r}$
2) $Q = \frac{1,5 \epsilon_0 S d}{r^2}$
3) $v_2 = 0$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

Дано:

$$C = 40 \text{ мкФ} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$E = 9 \text{ В} \quad U_1 = 5 \text{ В}$$

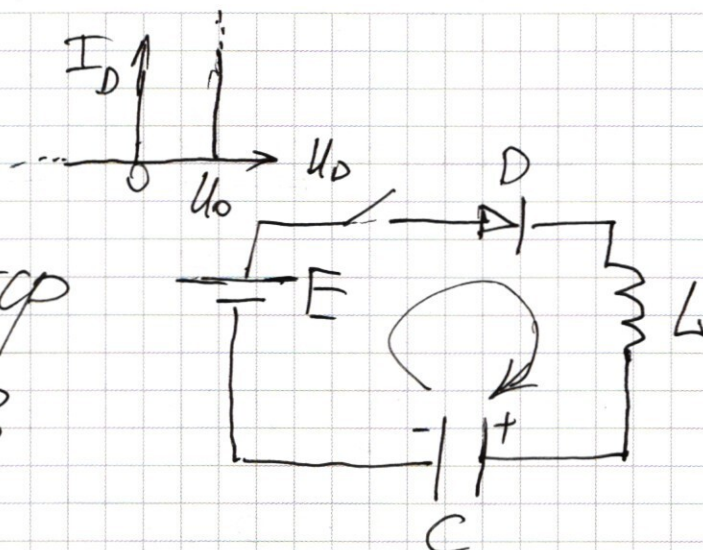
$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$1) \dot{I}_0 = ?$$

$$2) I_{\text{max}} = ?$$

$$3) U_2 = ?$$



$$q_1 = CU_1$$

$$E - U_0 - U_1 - L \dot{I}_0 = 0$$

$$\dot{I}_0 = \frac{E - U_0 - U_1}{L}$$

$$\dot{I}_0 = \frac{9 \text{ В} - 1 \text{ В} - 5 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 40 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

В установившемся режиме $U_L = -L \frac{dI}{dt} = 0$

$$E = U_0 + U_2$$

$$U_2 = E - U_0$$

$$U_2 = 9 \text{ В} - 1 \text{ В} = 8 \text{ В}$$

I_{max} , когда $U_C = 0$

$$\mathcal{E} q_1 - q_1 U_0 + \frac{C U_1^2}{2} = \frac{L I_{max}^2}{2}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{2C U_1 \mathcal{E}}{L} - \frac{2C U_1 U_0}{L} + \frac{C U_1^2}{L}}$$

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

$$I_{max} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-5} \text{ Ф} \cdot 5 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}}} \cdot \sqrt{(2 \cdot 9 \text{ В} - 2 \cdot 1 \text{ В} + 5 \text{ В})}$$

$$= \sqrt{4,2} \cdot 10^{-1} \text{ А} \approx 0,205 \text{ А} = 205 \text{ мА}$$

Ответ: ~~205 мА~~ 1) $\dot{I}_0 = 40 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

2) $I_{max} = 205 \text{ мА} = 0,205 \text{ А}$

3) $U_2 = 8 \text{ В}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 5

Дано: линза ω . (F - фокус.
расст.)

$$F = l_{\text{зерк.}}$$

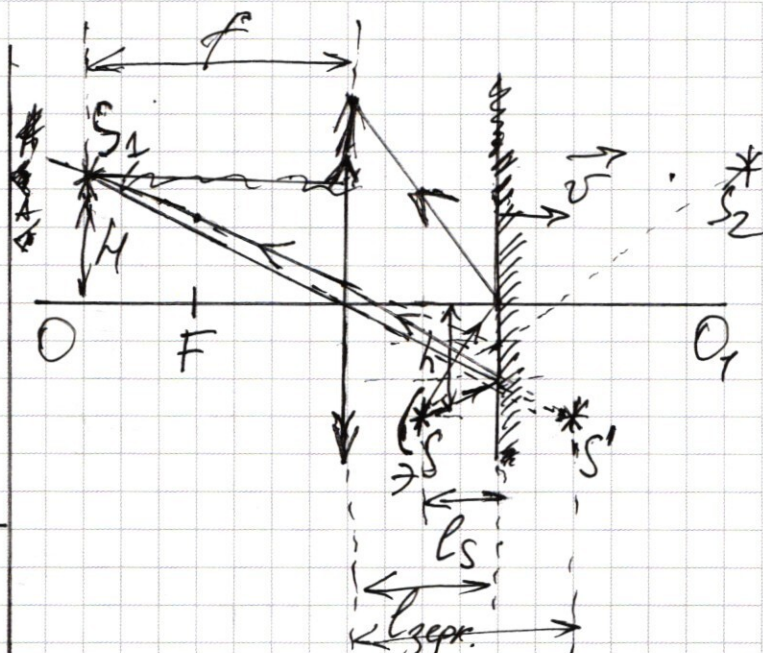
$$\frac{3F}{4} = l_{\text{ог}} \quad \text{и}$$

$$l_s = \frac{F}{2}$$

1) $l_{\text{изобр.}} = ?$

2) $L = ?$ (тригоном. ф-ла)

3) $U_{\text{изобр.}} = ?$



От источника S
создаётся изображение

S' в зеркале

лучи отражённые от зеркала

проходят через линзу и формируют
изображение S_1 , которое отражается в
зеркале, формируя изображение S_2 за
зеркалом

$l_{\text{изобр.}}$ - расстояние от S_2 до
линзы

$$f = l_{\text{изобр.}} - l_{\text{зерк.}} = l_{\text{изобр.}} - F$$

$$l_{\text{зоп}} = F + f$$

$$d = l_{\text{зеп.}} + l_s$$

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

$$d = F + \frac{F}{2} = \frac{3F}{2}$$

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

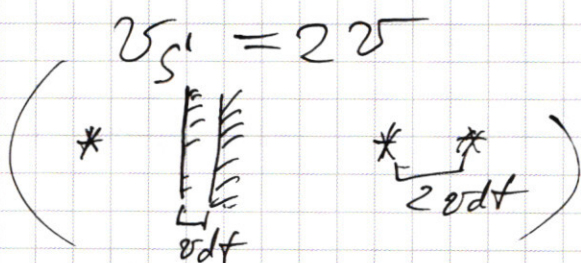
$$f = \frac{F \cdot \frac{3F}{2}}{\frac{3F}{2} - F}$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{\frac{3F}{2}}{\frac{3F}{2}} = 2$$

$$f = 3F$$

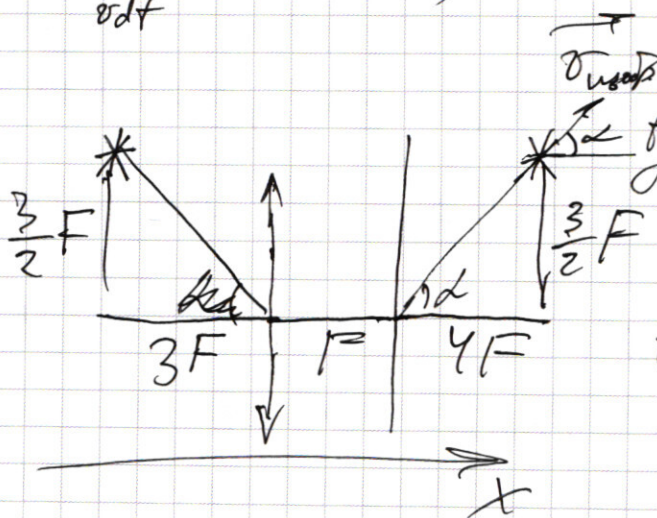
$$l_{\text{зоп}} = 3F + F = 4F$$

$$|v_{s1}| = \sqrt{\frac{2}{25}}$$



$$v_{s1} = \sqrt{\frac{2}{25}}$$

$$H = \Gamma h = \frac{3}{2} F$$



$$\tan \alpha = \frac{3/2 F}{4F} = \frac{3}{8}$$

$$\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{8}{\sqrt{73}}$$

$$|v_{s1x}| = 8v$$

$$v_{s2} = \frac{|v_{s2x}|}{\cos \alpha}$$

$$|v_{s2x}| = 16v (2|v_{s1x}|)$$

$$v_{s2} = 2\sqrt{73}v$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1) $L_{\text{изобр}} = 4 \text{ F}$

2) $\eta = \frac{3}{8}$

3) $U_{\text{изобр}} = 2\sqrt{73} \text{ В}$

$$\begin{array}{r}
 75 \\
 \times 75 \\
 \hline
 375 \\
 + 525 \\
 \hline
 5625 \\
 513 \\
 \hline
 495 \\
 - 456 \\
 \hline
 39
 \end{array}$$