

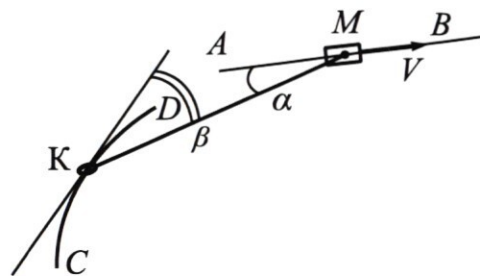
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

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.



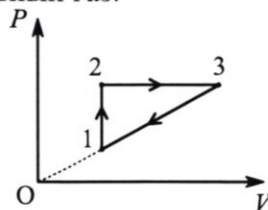
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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

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

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.

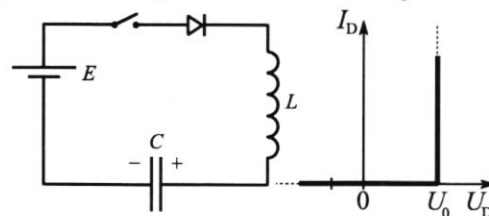
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

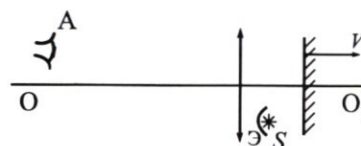


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

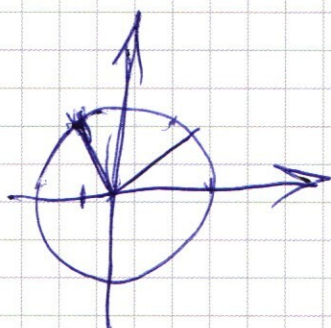
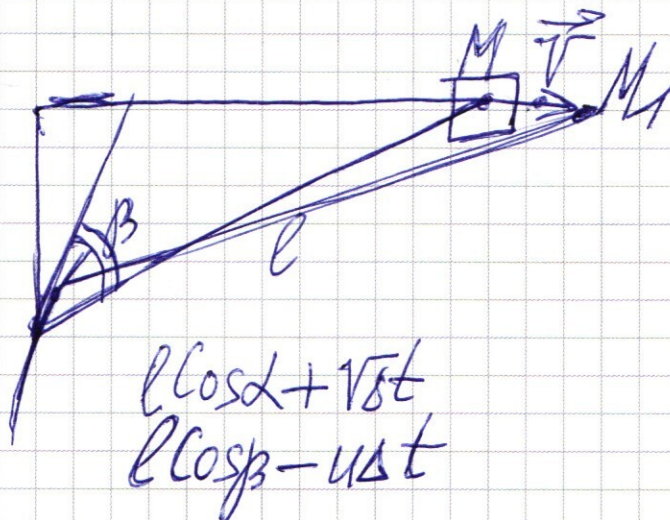
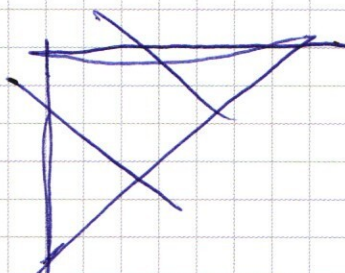
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

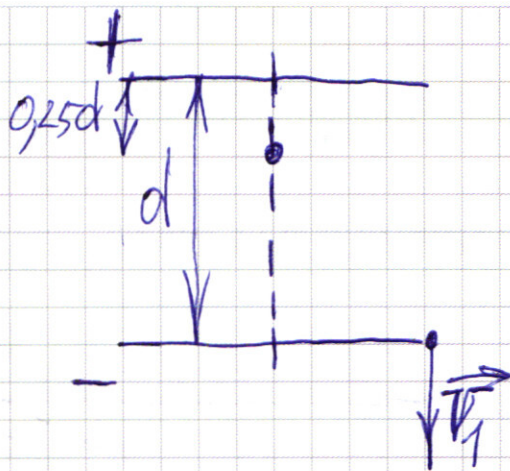


$$180^\circ - \alpha_1 - \beta_1 =$$

$$\cos(180^\circ - (\alpha_1 + \beta_1)) = -\cos(\alpha_1 + \beta_1) =$$

$$=$$

~~$Q = C \delta t$~~
 $C_{\text{ст}} Q = v C_{\text{ст}} \delta t$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

Дано:

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

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

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

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

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

1) $u = ?$

2) $u_{\text{от}} = ?$

3) $T = ?$

Пусть муфта M за малое
время Δt совинется
на малый отрезок
 Δx на AB

$$\Delta x = V \Delta t$$

$$\Delta x = V \Delta t$$

тогда кольцо
пройдем дугу $\sim KC \approx KC$ (дуга очень мала).

$$\Delta OKM - \text{прямоугольн.} \quad KS = \Delta y$$

$$OM = l \cos \alpha$$

$$KR = l \cos \beta$$

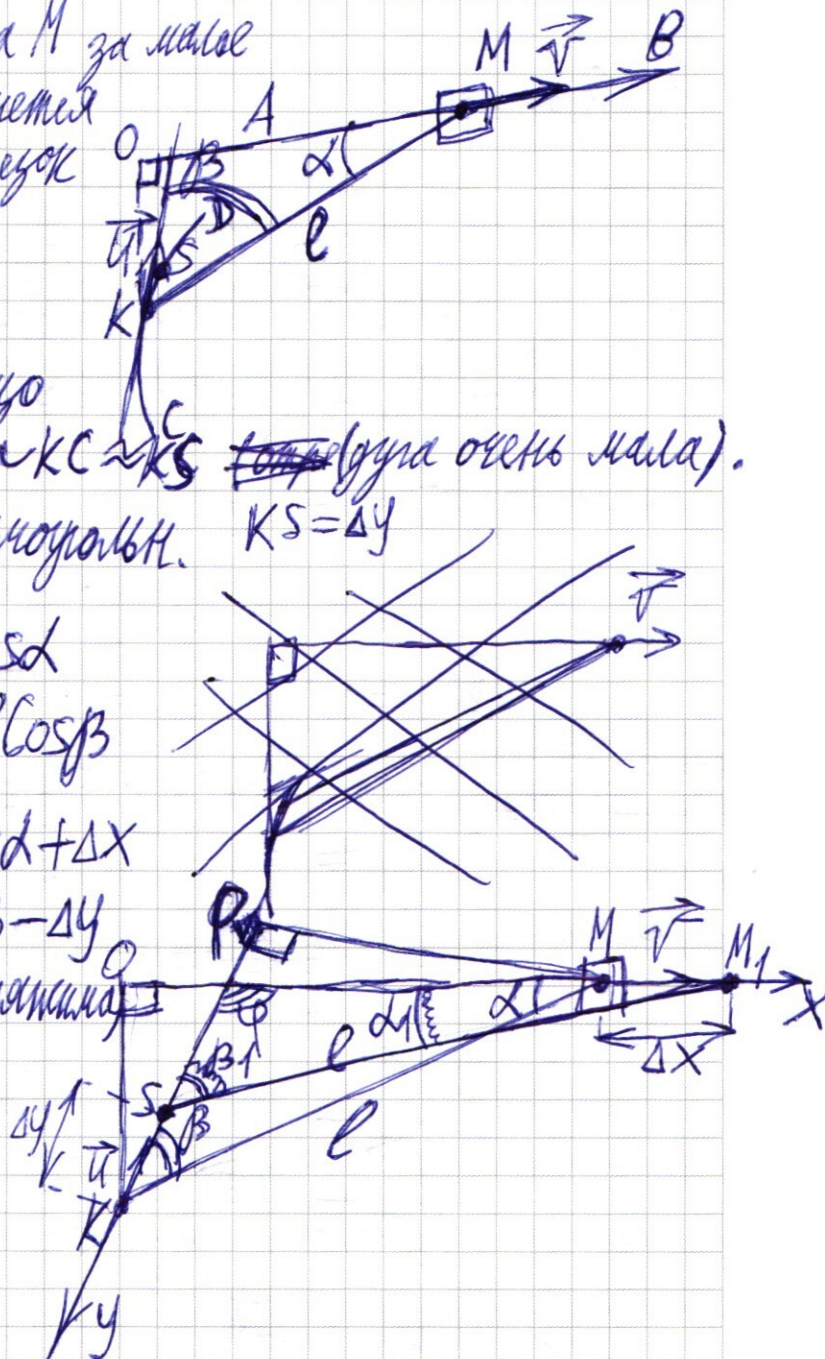
$$OM_1 = OM + \Delta x = l \cos \alpha + \Delta x$$

$$SP = KR - \Delta y = l \cos \beta - \Delta y$$

$$KM = SM_1 = l \text{ (нить нерастяннута)}$$

оси X и Y не меняют
направления $\Rightarrow \angle \varphi = \text{const}$

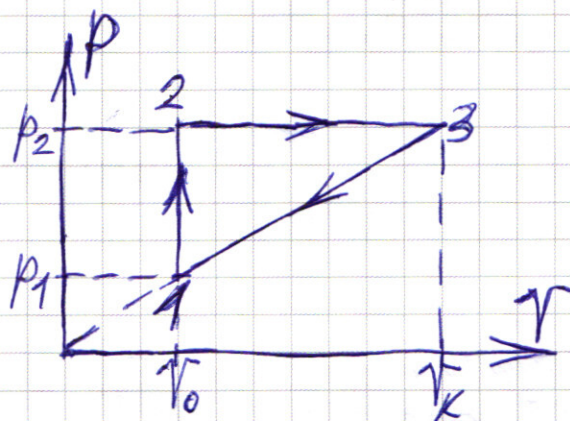
$$\cos \beta_1 = \frac{SP}{S_1}$$



N2

Дано:

$i = 3$ — степеней свободы



1) $\frac{C_{vk}}{C_{vn}} = ?$

2)

3) $\frac{Q}{A_2} (p = \text{const})$

$v = \text{const}$

(A_{12}, A_{23} — работы газа!)

1) 1-2: $v = \text{const} \Rightarrow A_{12} = \sum p_i \Delta V_i = 0$ ($p_i = \text{const}, \Delta V = 0$)

$p \sim v$ (Закон Шарля)

$p \uparrow \Rightarrow T \uparrow \Rightarrow Q_{12} > 0 \Rightarrow T_2 > T_1$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_0 - p_1 V_0) =$$

$$C_{v12} = \frac{Q_{12}}{v(T_2 - T_1)} = \frac{3}{2} R$$

$$= \frac{3}{2} V_0 (p_2 - p_1) > 0$$

2-3: $p = \text{const} \Rightarrow v \sim T \Rightarrow v \uparrow \Rightarrow T \uparrow \Rightarrow Q_{23} > 0 \Rightarrow T_3 > T_2$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} R (T_3 - T_2) + p_2 (V_1 - V_0) = \frac{5}{2} R (T_3 - T_2) > 0$$

$$A_{23} = \sum p_i \Delta V_i = p_2 (V_1 - V_0) = v R T_3 - v R T_2 = v R (T_3 - T_2)$$

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

Закон
Бей-Мессака $C_{v23} = \frac{Q_{23}}{v(T_3 - T_2)} = \frac{5}{2} R$

3-1:

$p \sim v$

$T_2 > T_1$

$T_3 > T_2$

$\Rightarrow T_3 > T_1$

$$Q = \frac{3}{2} v R (T_1 - T_3) < 0$$

$A_{31} =$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} v R (T_1 - T_3)$$

$T_3 \rightarrow T_1 \Rightarrow T \downarrow$ (понижение темпер. газа $\Rightarrow$ газ не подводится)

$$\frac{C_{vk}}{C_{vn}} = \frac{C_{v23}}{C_{v12}} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3}$$

Ответ: $\frac{C_{v23}}{C_{v12}} = \frac{5}{3}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $p = \text{const}$ — процесс 2-3

$$A_2 = A_{23} = p_2(V_k - V_0) = \nu R(T_3 - T_2)$$

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

$$\star \frac{Q}{A_2} = \frac{\frac{5}{2} \nu R(T_3 - T_2)}{\nu R(T_3 - T_2)} = \frac{5}{2} \quad \text{Ответ: } \frac{Q}{A_2} = \frac{5}{2}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad \eta &= \frac{A_2}{Q_H} = \frac{A_{23} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{\cancel{\nu R(T_3 - T_2)} + \cancel{\nu R(T_3 - T_2)}}{\frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) + \frac{5}{2} \nu R(T_3 - T_2)} \\ &= \frac{\frac{1}{2} (p_2 - p_1)(V_k - V_0)}{\frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) + \frac{5}{2} \nu R(T_3 - T_2)} = \frac{p_2 V_k - p_1 V_k - p_2 V_0 + p_1 V_0}{\cancel{\nu R(3T_2 - 2T_1)} + \nu R(3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2)} = \\ &= \nu R T_3 - \end{aligned}$$

Ответ: 1) $\frac{C_{V23}}{C_{V12}} = \frac{5}{3}$

2) $\frac{Q}{A_2} = \frac{5}{2} (p = \text{const})$

N3

Дано: $q > 0$

$$d \ll \sqrt{s}$$

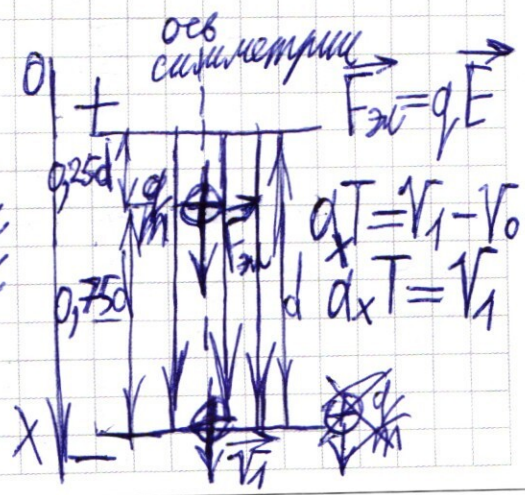
$$d \ll s$$

$$V_0 = 0$$

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

1) $V_1 = ?$ 2) Q 3) $V_2 = ? (r = \infty)$

частицу
представим
в виде материаль-
ной точки и точеч-
ного заряда.



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

вдоль оси симметрии поле однородно

$$a_x = \frac{2 \cdot 0,75d}{T^2} = \frac{1,5d}{T^2}$$

$$V_1 = a_x T = \frac{1,5d}{T^2} \cdot T = \frac{1,5d}{T}$$

1) Ответ: $V_1 = \frac{1,5d}{T}$

~~$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{Q^2 d}{2\epsilon_0 S}$$~~

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}, \epsilon = 1$$

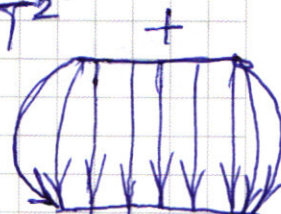
$$\frac{mV_1^2}{2} = qE \cdot 0,75d$$

$$\frac{V_1^2}{2} = \frac{q}{m} \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot 0,75d$$

$$\frac{V_1^2}{2} = \mu \frac{Q}{\epsilon_0 S} \cdot 0,75d$$

$$Q = \frac{\epsilon_0 S V_1^2}{2\mu \cdot 0,75d} = \frac{\epsilon_0 S}{1,5\mu d} \cdot \left(\frac{1,5d}{T}\right)^2 = \frac{1,5d\epsilon_0 S}{\mu T^2}$$

2) Ответ: ~~$Q = \frac{1,5d\epsilon_0 S}{\mu T^2}$~~ $Q = \frac{1,5d\epsilon_0 S}{\mu T^2}$



3) ~~$V_2 = V_1 = \frac{1,5d\epsilon_0 S}{\mu T^2}$~~ ~~но~~ (электрическое поле вне конденсатора отсутствует, ~~вызывает~~ ~~силы тяжести на частицу~~ ~~пренебрежимо~~)

$\vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \vec{v} = \text{const} \Rightarrow$ частица сохраняет свою скорость на сколь угодно большом расстоянии

$$V_2 = V_1 = \frac{1,5d\epsilon_0 S}{\mu T^2} = \frac{1,5d}{T}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1) $V_1 = \frac{1,5d}{T}$
 2) $Q = \frac{1,5d \epsilon_0 S}{\mu T^2}$
 3) $V_2 = \frac{1,5d}{T}$

N4.

Дано:

$E = 9 \text{ В}$

$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$

$U_1 = 5 \text{ В}$

$L = 0,1 \text{ Гн}$

$U_0 = 1 \text{ В}$

1) $I' = ?$

2) $I_m = ?$

3) $U_{2i} = ?$ установив.

К замкнули:

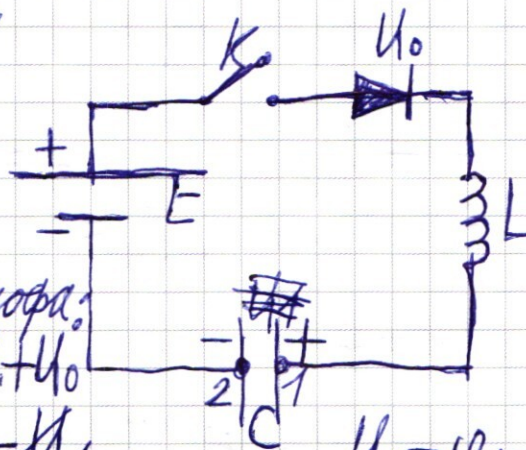
Правило Кирхгофа:

~~$E + E_{si} = U_1 + U_0$~~

~~$E - LI' = U_1$~~

~~$LI' = E - U_1$~~

~~$I' = \frac{E - U_1}{L} = \frac{9 - 5}{0,1} = 40 \text{ А}$~~



$U_1 = \varphi_1 - \varphi_2$
 в 1-ый момент времени
 из-за явления самоиндукции
 $I_0 = 0 \text{ А}$

~~I~~

~~$E - LI' = U_1 + U_0$~~

~~$LI' = E - U_1 - U_0$~~

Из-за явления самоиндукции (т.к. есть катушка индуктивности) в начальный момент времени $I_0 = 0$ по графику $\sqrt{\quad}$ при напряжении U_0 на диоде ток будет идти: $E - LI' = U_1 + U_0$ (конденсатор заряжен)

$$LI' = E - U_1 - U_0$$

$$I' = \frac{E - U_1 - U_0}{L} = \frac{9 - 5 - 1}{0,1} = \frac{9 - 6}{0,1} = \frac{3}{0,1} = 30 \frac{A}{C}$$

1) $I' = 30 \frac{A}{C}$

~~$I = \max$, когда конденсатор будет заряжаться~~
 Когда конденсатор с полностью зарядится $I_k = 0$ и будет иметь установившееся напряжение U_2

$$E = U_2 \quad U_2 = E = 9 \text{ В}$$

$E_{Si} = 0$, т.к. $I_k = 0 \Rightarrow$ нет напряжения на диоде.

3) $U_2 = 9 \text{ В}$

~~2) ток начнет возрастать половину времени, потом начнет убывать половину времени. в момент максимального тока конденсатор с имеет ток начнет возрастать половину времени, потом убывать (т.к. явление самоиндукции не может дать ток сразу определен. знач. но и конденсатор с будет перезаряжаться)~~

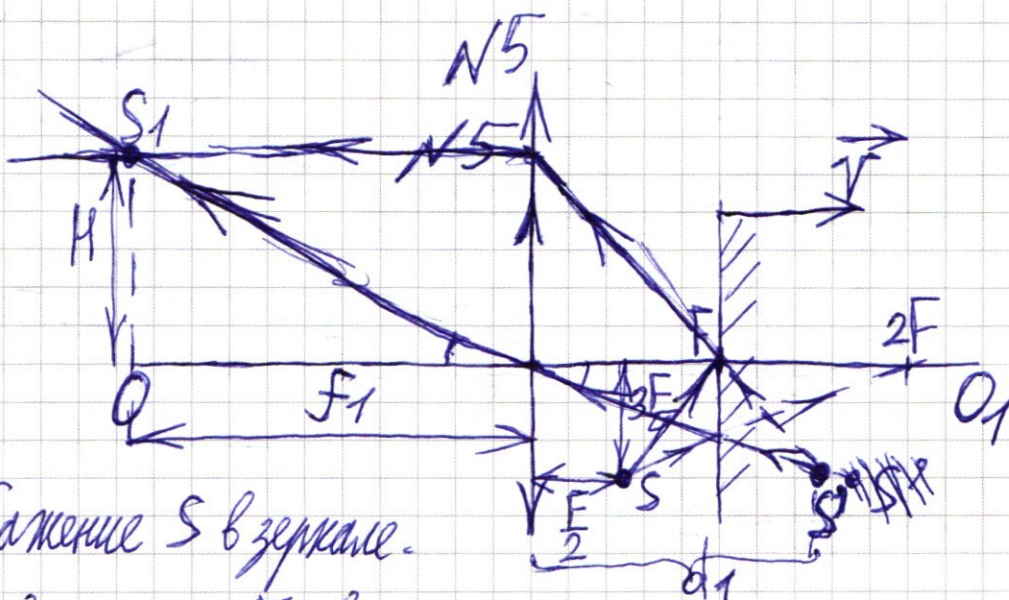
$$U_3 = \frac{U_1 + U_2}{2} = \frac{5 + 9}{2} = \frac{14}{2} = 7 \text{ В}$$

~~Нет сопротивления: $\frac{CU_1^2}{2} = \frac{CU_3^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2} \cdot 2$~~
 ~~$CU_1^2 = CU_3^2 + LI_m^2$~~
 ~~$LI_m^2 = C(U_1^2 - U_3^2)$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ambem: 1) $I' = 30 \frac{A}{cm^2}$
2) $U_2 = 98$

- 1) $f_1 = ?$
- 2) $\alpha = ?$
- 3) $u = ?$



S' — изображение S в зеркале.

S' будет являться действительным предметом для mnz .

$$d_1 = F + \frac{F}{2} = \frac{3F}{2}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$$

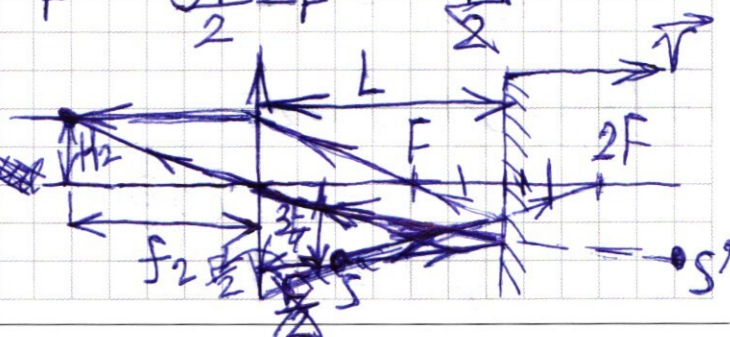
S_1 - изобразительное S_1'

$$\frac{H_1}{f_1} = \frac{\cancel{3} \cancel{2}}{\cancel{3} \cancel{2}} \cdot 4 \Rightarrow H_1 = \frac{f_1}{2}$$

$$f_1 = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{d_1}} = \frac{F d_1}{d_1 - F} = \frac{F \cdot \frac{3F}{2}}{\frac{3F}{2} - F} = \frac{\frac{3}{2} \cdot F^2}{\frac{1}{2} F} = 3F$$

1) Ambem: $f_1 = 3F$

2) Пусть зеркало сдвинулось:
 $L_1 = \frac{3F}{2}$ 



$$L = \frac{3F}{2} \quad d_2 = \frac{F}{2} + 2\left(\frac{3F}{2} - \frac{F}{2}\right) = \frac{F}{2} + 2F = \frac{5F}{2}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}$$

$$f_2 = \frac{Fd_2}{d_2 - F} = \frac{F \cdot \frac{5F}{2}}{\frac{5F}{2} - F} = \frac{F \cdot \frac{5F}{2}}{\frac{3F}{2}} = \frac{5F}{3}$$

~~$$\frac{H_2}{f_2} = \frac{\frac{3F}{4}}{\frac{5F}{3}} = \frac{9}{20}$$~~

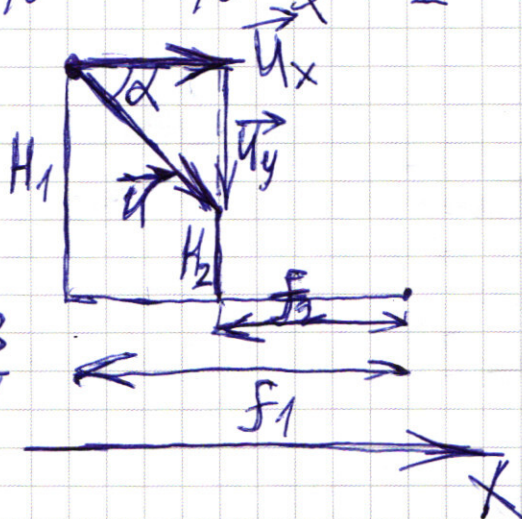
$$\frac{H_2}{f_2} = \frac{\frac{3F}{4}}{\frac{5F}{3}} = \frac{3}{10} \quad (\text{погодие } \Delta)$$

$$H_2 = \frac{3}{10} f_2 = \frac{3}{10} \cdot \frac{5F}{3} = \frac{F}{2}$$

$$H_1 = \frac{f_1}{2} = \frac{3F}{2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{H_1 - H_2}{f_1 - f_2} = \frac{\frac{3F}{2} - \frac{F}{2}}{3F - \frac{5F}{3}} =$$

$$= \frac{F}{\frac{9F - 5F}{3}} = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4}$$



$$2) \alpha = \operatorname{arctg} \frac{3}{4}$$

S' движется со скоростью $2V$

$$\frac{u_x}{2V} = \Gamma^2 \left(\frac{f_1}{d_1} \right)^2 = \left(\frac{\frac{3F}{2}}{\frac{3F}{2}} \right)^2 = 2^2 = 4$$

$$u_x = 8V \quad u_y = u_x \operatorname{tg} \alpha = 8V \cdot \frac{3}{4} = 6V$$

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = \sqrt{(8V)^2 + (6V)^2} = 10V$$

$$3) u = 10V = \text{---}$$

Ответ: 1) $f_1 = 3F$
2) $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{3}{4}$
3) $u = 10V$