

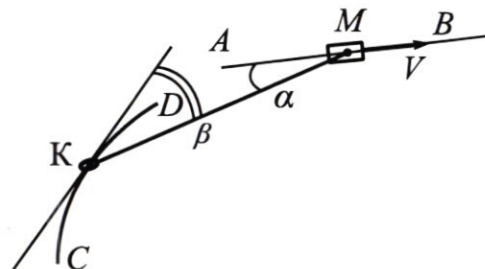
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-02

Класс 11

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



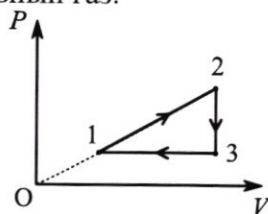
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между обкладками на расстоянии $0,2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

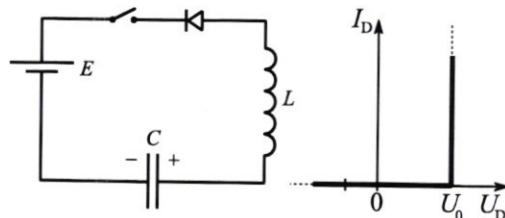
2) Найдите напряжение U на конденсаторе.

3) Найдите скорость V_0 частицы 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 $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ 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.

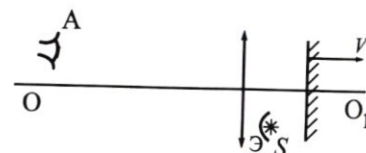


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/3$ от 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?

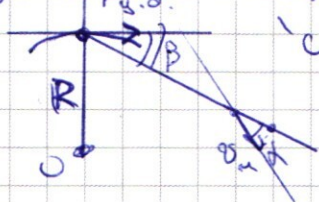
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1



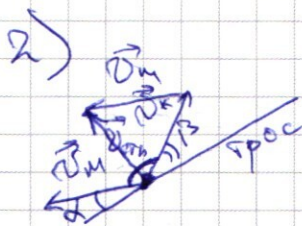
$$v_m = v$$

Решение:

1) очевидно, что скорость касательна к окружности. Т.к. трос неразрывный, то $v_m \cdot \omega \sin \alpha = v_k \cdot \omega \sin \beta$

(проекции скоростей на трос)

$$v_k = v_m \cdot \frac{\omega \sin \alpha}{\omega \sin \beta} = 40 \cdot \frac{3 \cdot 17}{5 \cdot 8} = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$



$$\vec{v}_{\text{кот}} = \vec{v}_k - \vec{v}_m$$

по Th косинусов:

$$v_{\text{кот}}^2 = v_m^2 + v_k^2 - 2 \cdot v_m \cdot v_k \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} =$$

$$= \frac{24 - 60}{5 \cdot 17} = \frac{-36}{5 \cdot 17} = -36 \cdot 48$$

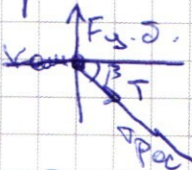
$$\begin{array}{r} 48 \\ \times 36 \\ \hline 288 \\ + 1440 \\ \hline 1728 \end{array}$$

$$v_{\text{кот}}^2 = 40^2 + 51^2 - 2 \cdot 40 \cdot 51 \cdot \frac{36}{8 \cdot 17} = 1600 + 2601 - 1728 =$$

$$= 4201 + 1728 = 5929 \Rightarrow v_{\text{кот}} \approx 78 \frac{\text{см}}{\text{с}}, \text{ т.к. } 78^2 = 6084$$

$$\begin{array}{r} 4201 \\ + 1728 \\ \hline 5929 \end{array}$$

3) очевидно, что проекция силы натяжения троса на радиус, приведет к кольцу, равна центростремительной силе



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

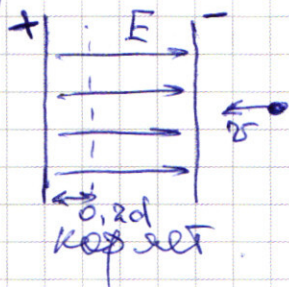
$$T = \frac{m \cdot v_k^2}{R \cdot \sin \beta} = \frac{17 \cdot 3^2 \cdot 17^2 \cdot 10^{-4}}{15 \cdot 1,7} = \frac{3^2 \cdot 17^3 \cdot 10^{-4}}{15 \cdot 1,7 \cdot 10^{-1}} =$$

$$= \frac{8 \cdot 289}{15} \cdot 10^{-3} = 173,4 \text{ мН}$$

$$\begin{array}{r} 289 \\ \times 8 \\ \hline 2312 \\ + 23120 \\ \hline 231200 \end{array}$$

Ответ: 1) $51 \frac{\text{см}}{\text{с}} \approx 0,51 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $0,78 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 3) $173,4 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$

Задача 3.



Очевидно, что частица вылетит в брызг. зар. обложку, т.е. при таком раскладе электр. поле внутри конденсатора не может остановить частицу, а не наоборот. Условие останова частицы:

(1) $q \cdot E \cdot 0,8d = \frac{mv_1^2}{2}$ — работа поля по остановке частицы
э. поле конденсатора

(2) $\frac{v_1 - 0}{T} = a = \frac{F}{m} = \frac{E \cdot q}{m} = E \cdot \gamma$, но из (1):

$$E = \frac{mv_1^2}{2 \cdot 0,8d \cdot q} = \frac{v_1^2}{1,6d \cdot \gamma}$$

$$\frac{v_1}{T} = \frac{v_1^2 \cdot 1,6d \cdot \gamma}{1,6d \cdot \gamma} \quad T = \frac{1,6d}{v_1}$$

2) напряжение на конденсаторе $U = E \cdot d =$
 $= \frac{v_1^2}{1,6 \cdot \gamma}$
т.е. т.к. $U = \frac{A}{q} = \frac{E \cdot q \cdot d}{q} = E \cdot d$
по определению

3) частица после останова начнет разогнаться под действием электр. поля, но уже в другом направлении. Очевидно, что при выходе из конденсатора у частицы будет скорость ~~v_1~~ v , аналогичная данной.

Напряжение на конденсаторе U — это разность потенциалов на его обложках. Они равны по величине, но противоположны по знаку.

$$\varphi + (-\varphi) = U$$

$$2\varphi = U \Rightarrow \varphi = \frac{U}{2}$$

$$\frac{U}{2} = \frac{m}{q} \cdot \frac{v_\infty^2}{2}$$

$$v_\infty = \frac{v_1}{1,6}$$

но $\varphi = \frac{A_\infty}{q}$

$$A_\infty = \frac{mv_\infty^2}{2} \text{ — работа, } \text{необх. для разгона частицы в бесконечность}$$

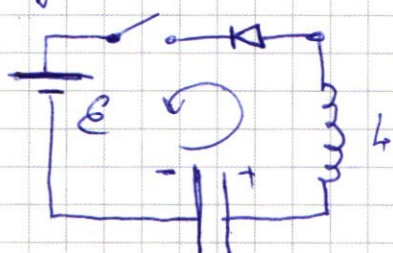
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

к задаче 3:

такая скорость v_∞ достигается, если поместить данную частицу на положительную обкладку конденсатора и отпустить

Ответ: 1) $T = \frac{1,6d}{v_1}$; 2) $\sigma = \frac{v_1 \epsilon_0}{1,6 \cdot q}$; 3) $v_\infty = \frac{v_1}{\sqrt{1,6}}$

Задача 4:



1) Запишем 3-е Кирхгофа для данной цепи. Очевидно, что при открытии диода на катушке будет падать напряжение $U_0 \Rightarrow$

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

$$U_1 - U_0 - L \frac{dI}{dt} = E$$

$$L \frac{dI}{dt} = U_1 - U_0 - E$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{U_1 - U_0 - E}{L} = \frac{6\text{В} - 1\text{В} - 3\text{В}}{0,2\text{Гн}} = \frac{2\text{В}}{0,2\text{Гн}} = 10 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) максимальной ток достигнет тогда, когда $\frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow E = U_0 \Rightarrow$

$$U_k - U_0 - E = 0 \Rightarrow U_k = E + U_0 = 4\text{В}$$

при таком напряжении на конденсаторе, через катушку будет течь максимальный ток. Запишем 3-е КЗ:

$$\frac{CU_1^2}{2} - \Delta q \cdot E = \frac{CU_k^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} \quad \left\{ \begin{array}{l} \Delta q = \\ = C(U_1 - U_k) \end{array} \right.$$

Работа источника катр. отрицательна, в.к. он разряжает конденсатор.

$$CU_1^2 - 2CE(U_1 - U_k) = CU_k^2 + 4I_{max}^2$$

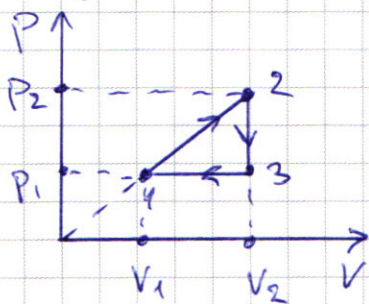
$$I_{max} = \sqrt{\frac{C}{4} \cdot \sqrt{U_1^2 - 2E(U_1 - U_k) - U_k^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-4}}} \cdot \sqrt{36 - 2 \cdot 3(6 - 4) - 16} = 10^{-2} \cdot \sqrt{8} \approx 2,8 \cdot 10^{-2} A$$

3) На конденсаторе установится напря-
жение $U_2 = 4 В$, при меньшем напря-
жении диод не будет открыт и ток
в цепи не будет идти.

Ответ: 1) $10 \frac{A}{C}$ 2) $2,8 \cdot 10^{-2} A$; 3) $U_2 = 4 В$

Задача 2:



Решение:
1) очевидно, что температура
уменьшается лишь на
участках 2-3 и 3-1
в.к. $P_2 > P_1$ и $V_2 > V_1$
Запишем первый закон
термодинамики для этих
процессов

2-3: $\Delta Q = \Delta U + A = 0$, в.к. $V = const$

$$\Delta Q = \Delta U + A$$

$$\gamma C_{23} \Delta T = \frac{i}{2} \gamma R \Delta T$$

$$C_{23} = \frac{i}{2} R - \text{молар. теплоемкость газа в этом процессе}$$

3-1:

$$\Delta Q = \Delta U + A$$

$$\gamma C_{31} \Delta T = \frac{i}{2} \gamma R \Delta T + P \Delta V = \frac{i}{2} \gamma R \Delta T + \gamma R \Delta T = \frac{i+2}{2} \gamma R \Delta T$$

в.к. $PV = \gamma RT$ (по уравнению Менделеева-Клапейрона)

$$C_{31} = \frac{i+2}{2} R$$

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{i}{i+2} = \frac{3}{5} = \frac{C_v}{C_p} - \text{искалие отношение}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

к Задаче 2:

2) Запишем первое начало термодинамики для процесса 1-2

$$\Delta Q = \Delta U + A$$

$>0 \quad >0 \quad >0$

$$\Delta Q = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$$

но $A = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1)$ (площадь под линией графика)

но $p = \alpha V$ (т.к. $p \sim V$ и линия 1-2 пересекает начало координат)

$$\Rightarrow A = \frac{\alpha V_1 + \alpha V_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{\alpha (V_2^2 - V_1^2)}{2} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2}$$

$$= \frac{\nu R T_2 - \nu R T_1}{2} = \frac{\nu R \Delta T}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta Q = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + \frac{\nu R \Delta T}{2} = \frac{i+1}{2} \nu R \Delta T = 2 \nu R \Delta T$$

$$\frac{\Delta Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \nu R \Delta T}{\frac{1}{2} \nu R \Delta T} = 4 \Rightarrow \Delta Q_{12} = 4 A_{12}$$

- изменение
отношение

3) КПД ~~максимально~~ ~~возно~~ ~~растением~~
меньше равен КПД такого цикла:

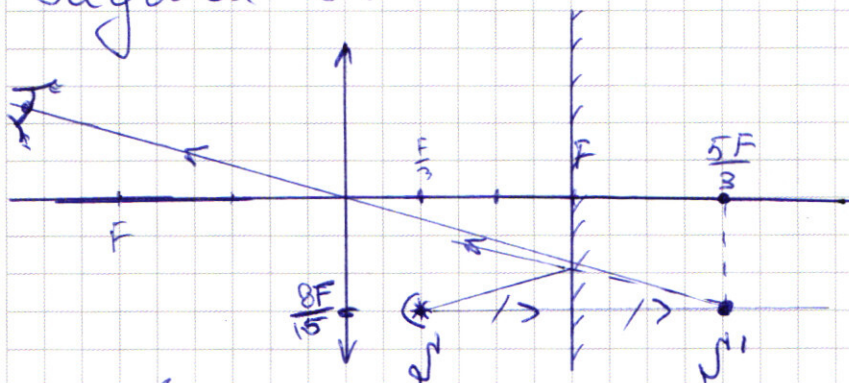
$$\eta = \frac{A_{12} + A_{31}}{Q_{12}}$$

Теплота к газу подводится лишь на участке 1-2.

На участке 3-1 над газом совершается работа, т.к. $V_1 < V_2 \Rightarrow A_{31} < 0$ поэтому предельное ~~максимально~~ ~~возно~~ ~~меньше~~ значение КПД этого цикла равно $\eta_{\text{пред}} = \frac{1}{4} \cdot 100\% =$

Ответ: $\boxed{1) \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{i}{i+2} = \frac{3}{5}; 2) 4; 3) \eta_{\text{пред}} = 25\%}$

Задача 5:



Решение:
1) построим изображение в зеркале. Очевидно из построения, что центр изобр. источника в зеркале находится на расстоянии, ~~равном~~ ^{равном} от источника ~~из~~

равном двойному расстоянию от источника до зеркала $\Rightarrow$ источник в зеркале находится на расст. $\frac{5F}{3}$ от ~~от~~ $= F + (F - \frac{F}{3})$ от оптического центра линзы. в дальнейшем используем модель, что S' движется со скоростью 2,5 (т.к. это изображение источника в зеркале)

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}, \text{ где } d = \frac{5F}{3}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{3}{5F} = \frac{2}{5F}$$

f - расст. от наблюдателя до плоскости линзы

$$f = \frac{5}{2} F = 2,5 F$$

3) скорость изображения в этот момент равна $v_{из} = v_{ист} \cdot \Gamma^2$ продольное увеличение

Докажем это:

пусть источник сдвинулся на $\Delta f \Rightarrow$ изобр. сдвинулось на Δf

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

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad (\text{изначальное положение})$$

$$\Delta d, \Delta f \ll d, f$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

к задаче 5:

$$\frac{f - \Delta f + d + \Delta d}{df + \Delta d f - d \Delta f} = \frac{f}{F}$$

$$\text{но } \frac{d+f}{df} = \frac{f}{F}$$

$$\frac{f - \Delta f + d + \Delta d}{df + \Delta d f - d \Delta f} = \frac{d+f}{df}$$

$$\begin{aligned} df^2 - df \cdot \Delta f + \cancel{d^2 f} + \Delta d df &= \cancel{d^2 f} + \Delta d df - d^2 \Delta f + \\ &+ df^2 + \Delta d f^2 - df \Delta f \\ - d f \Delta f + d^2 \Delta f + df \Delta f &= \Delta d df - \Delta d \Delta d f^2 \\ d^2 \Delta f &= \Delta d f^2 \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta f}{\Delta d} = \frac{f^2}{d^2} = \gamma^2 = \frac{v_{uz}}{v_{свет}} \quad \alpha. m. g.$$

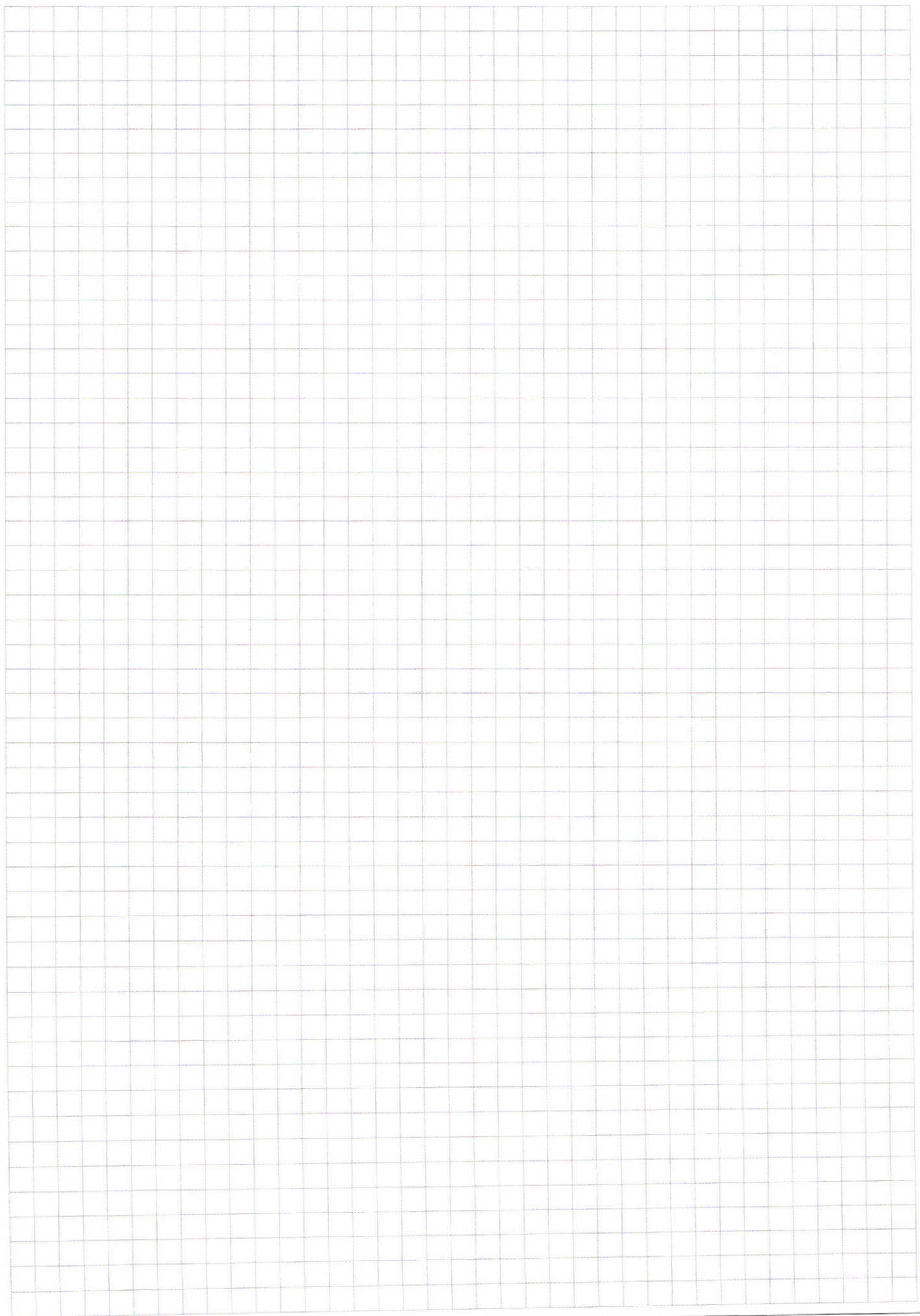
$$\Rightarrow v_{uz} = 2 \cdot v \cdot \left(\frac{f}{d}\right)^2 = 2 \cdot v \cdot \left(\frac{5F \cdot 3}{2 \cdot 5F}\right)^2 = 2v \cdot \frac{9}{4} = 3,5v$$

2) Требуется, что угол, под которым движется изобр. в линзе равен:

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{\frac{f^2 - d^2}{d^2}} = \sqrt{\gamma^2 - 1} = \sqrt{\frac{9}{4} - 1} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{\sqrt{5}}{2}\right)$$

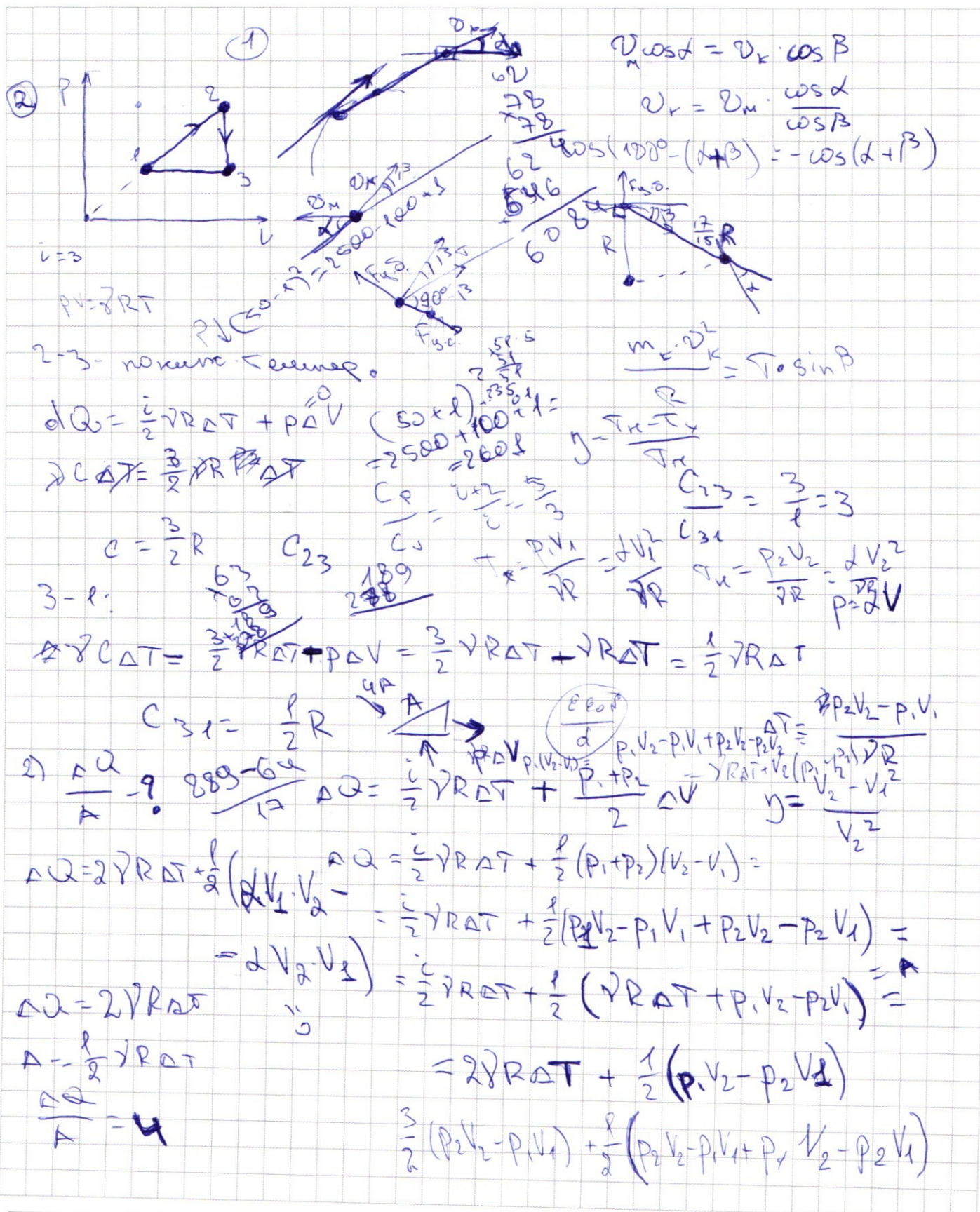
$$\boxed{\text{Ответ: 1) } 2,5F ; 2) \alpha = \arctg\left(\frac{\sqrt{5}}{2}\right); 3) 3,5v}$$



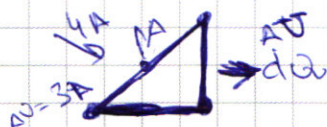
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



5) на паре. от ме-ста
нужно



$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A$$

$<0 \quad <0 \quad <0$

$$\eta = \frac{A + \Delta A}{4A} = \frac{A - (\Delta Q - \Delta U)}{4A + \Delta Q} = \frac{A + \Delta U - \Delta Q}{4A + \Delta Q}$$

$$\Delta Q = \frac{1}{2} \gamma R (P_1 V_1 - P_2 V_2)$$

$$\Delta U + \Delta U_{23} + \Delta U_{31} = 0$$

$$\Delta Q_{23} = \frac{1}{2} \gamma R (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$\Delta Q_{31} = \frac{1}{2} \gamma R (P_1 V_1 - P_2 V_2) + P_1 (V_1 - V_2)$$

$$\Delta Q_{31} =$$

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta U_{31} + \Delta A = 4A + \Delta U_{31} = \frac{1 + \gamma}{2} \gamma R P_1 (V_1 - V_2)$$

$$\frac{\Delta Q_{23}}{\Delta Q_{31}} = \frac{V_2 (P_1 - P_2)}{P_1 (V_1 - V_2)} = \frac{\gamma_2 (dV_1 - dV_2)}{\gamma_1 V_1 (V_1 - V_2)} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$\Delta Q_{31} = \Delta U + \frac{2}{3} \Delta U = \frac{5}{3} \Delta U_{31}$$

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

$$\Delta U \quad C = \frac{q \epsilon_0 d}{d}$$

$$\frac{3 \Delta U_{23}}{5 \Delta Q_{31}} = \frac{V_2}{V_1}$$



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{\Delta Q_{31}} = \frac{5}{3} \frac{V_2}{V_1} = \frac{5V_2}{3V_1}$$

$$E \cdot 0.2d = \frac{mv^2}{2}$$

$$q \cdot E \cdot 0.8d = \frac{mv^2}{2}$$

$$\eta = \frac{v}{E}$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = a = \frac{F}{m}$$

$$\eta = \frac{v}{E \cdot \gamma}$$

$$\eta = \frac{1.6d \cdot \gamma}{v^2 \cdot \gamma} = \frac{1.6d}{v^2}$$

$$E = \frac{mv^2}{1.6d \cdot q} = \frac{v^2}{1.6d \cdot \gamma}$$

$$\frac{v}{\gamma} = \frac{E \cdot q}{m} = E \cdot \gamma$$

$$C = \frac{q}{v}$$

$$B \cdot q \cdot \gamma$$

$$\psi - (-\psi) = v$$

$$2\psi = v$$

$$\psi = \frac{v}{2}$$

$$U = E \cdot d = E \cdot q \cdot d$$

$$U = \frac{v^2}{1.6 \cdot \gamma}$$

$$v^2 = \frac{U}{m}$$

$$\psi = \frac{mv^2}{2}$$

$$\frac{qU}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$U_1 - \mathcal{E} + \mathcal{E} = 0$$

$$U_1 - L \frac{dI}{dt} = \mathcal{E}$$

$$U_1 - \mathcal{E} = L \frac{dI}{dt}$$



$$\frac{U_1 - \mathcal{E}}{L}$$

$$U_2 = 4\text{ В}$$

$$U_1 = 6\text{ В}$$

$$\frac{CU_1^2}{2} - \Delta q \cdot \mathcal{E} = \frac{CU_2^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\Delta q = CU_2 - CU_1$$

$$\frac{CU_1^2}{2} - C\mathcal{E}(U_2 - U_1) = \frac{CU_2^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$48 - 16 \cdot 3 = 48 - 48 = 0$$

$$36 + 12 = 48$$

$$CU_1^2 - 2C\mathcal{E}(U_2 - U_1) - CU_2^2 = LI_{\text{max}}^2$$

$$C(U_1^2 - 2\mathcal{E}(U_2 - U_1) - U_2^2) = LI_{\text{max}}^2 \quad I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C}{L} (U_1^2 - 2\mathcal{E}(U_2 - U_1) - U_2^2)}$$

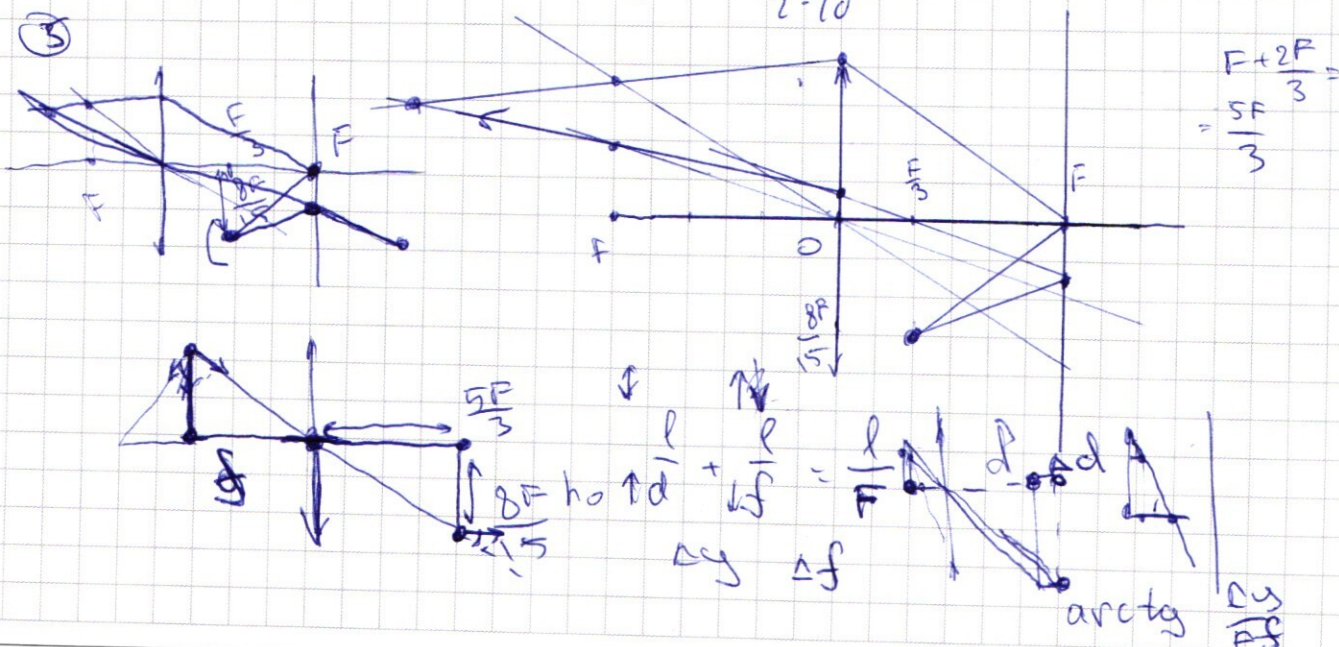
$$36 - 2 \cdot 3(6 - 4) - 16 = 20 - 6 \cdot 2 = 20 - 12 = 8$$

$$C = 20 \cdot 10^{-6}$$

$$L = 0,2$$

$$\frac{C}{L} = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-1}} = 10^{-4} \approx 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ А}$$

3



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

$$\frac{f - \Delta f}{h_0}$$

$$\frac{f - \Delta f}{h_0} = \frac{f - \Delta f}{d + \Delta d}$$

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

$$\frac{f - \Delta f}{d + \Delta d} = \frac{y_0 - \Delta y}{h_0}$$

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

$$F \cdot f - F \cdot \Delta f + F d + F \cdot \Delta d = f d + f \Delta d - d \Delta f$$

$$\Delta f (d - F) = f (d - F) + \Delta d (f - F) - F (d + f)$$

$$\Delta f = f \frac{d - F}{d - F} + \Delta d \frac{f - F}{d - F} - F \frac{d + f}{d - F}$$

$$F \frac{d + f}{d - F} - \Delta d \frac{f - F}{d - F} = \Delta d =$$

$$\frac{y_0 - \Delta y}{h_0} = \frac{y_0 - \Delta y}{h_0}$$

$$h_0 F \frac{d + f}{d - F} - \Delta d \frac{f - F}{d - F} = y_0 d - d \Delta y + y_0 \Delta d$$

$$\Delta f (d - F) + F d - f d = \Delta d (f - F) - F f$$

$$\Delta f (d - f) + F (d + f) - f d = \Delta d (f - F)$$

$$\Delta d = \Delta f \frac{d - f}{f - F} + F \frac{d + f}{f - F} - \frac{f d \cdot (f - F)}{f - F}$$

$$\frac{f - \Delta f}{d + \Delta d}$$

$$\frac{d + \Delta d}{f - \Delta f} + \frac{F d + f}{f - F} - f d (f - F) = \frac{y_0 - \Delta y}{h_0}$$

$$h_0 f - h_0 \Delta f = y_0 d + y_0 \Delta f \frac{d - f}{f - F} + y_0 F \frac{d + f}{f - F} - y_0 \frac{f d (f - F)}{f - F}$$

$$- d \Delta y + \Delta y (d + F \frac{d + f}{f - F} - \frac{f d (f - F)}{f - F})$$

$$\Delta y (d + F \frac{d + f}{f - F} - \frac{f d (f - F)}{f - F}) + h_0 f - y_0 d = \Delta f (h_0 + y_0 \frac{d - f}{f - F})$$

$$+ y_0 (d + F \frac{d + f}{f - F} - \frac{f d (f - F)}{f - F})$$

$$\sigma = \frac{A + \Delta A}{4A}$$



$$\eta = 1 - \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2$$

$$3A \rightarrow \frac{3V_1}{5V_1 + 5V_2} \cdot 3A = \Delta V_{3A}$$