

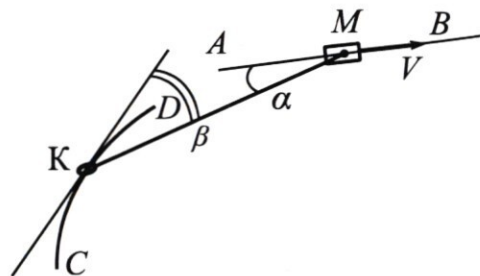
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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

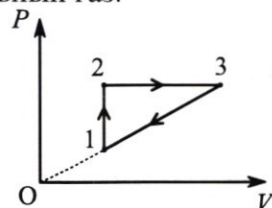
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной 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.



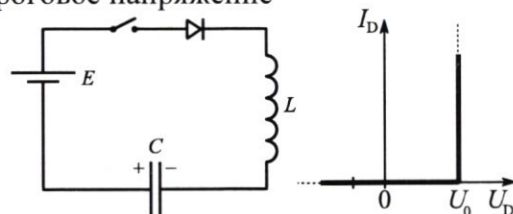
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица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

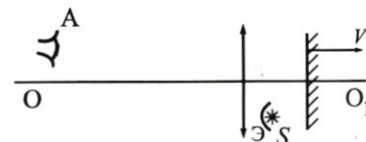
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.



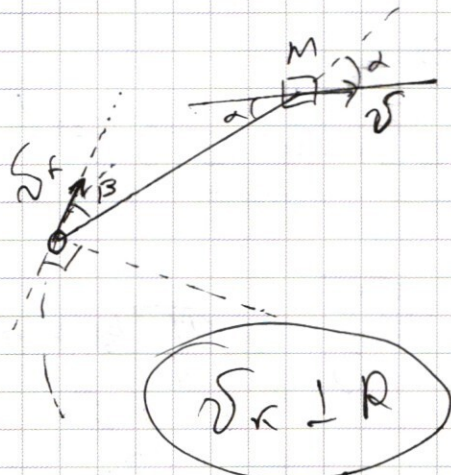
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

№1



т.к. кольцо
движется
по окр

① т.к. нить нить
нерастяжима то

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

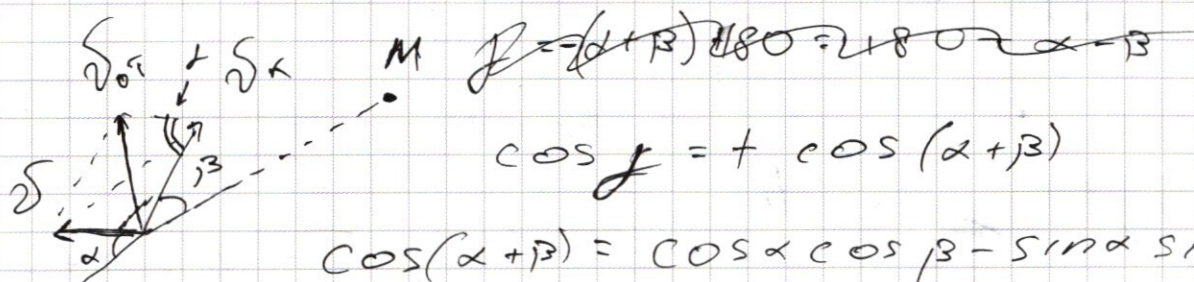
$$\Rightarrow v_k = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$v_k = 34 \cdot \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 5} \text{ см/с}$$

$$v_k = 2 \cdot 25 = 50 \text{ (см/с)}$$

② v_k относ! перейдем в с/о
мудоты

$$\angle = \alpha + \beta$$



$$\cos \angle = + \cos (\alpha + \beta)$$

$$\cos (\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta =$$

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

$$\cos \angle = + \frac{13}{17 \cdot 5} \quad \text{по } \gamma \text{ косинусов}$$

$$(v_{от})^2 = v_k^2 + v^2 - 2 \cos \angle v_k v$$

$$v_{от} = 34^2 + 50^2 - \frac{2 \cdot 13}{17 \cdot 5} 50 \cdot 34 = 34^2 + 50^2 - \frac{2 \cdot 13 \cdot 10 \cdot 2}{1}$$

ω_1 прогоняем

$$v_{01}^2 = 34^2 + 50^2 - 10 \cdot 52 = 3136 = 56^2$$

$$\begin{array}{r} \times 34 \\ \times 34 \\ \hline 136 \\ 102 \\ \hline 1156 \\ 2500 \\ \hline 3656 \\ - 520 \\ \hline 3136 \end{array}$$

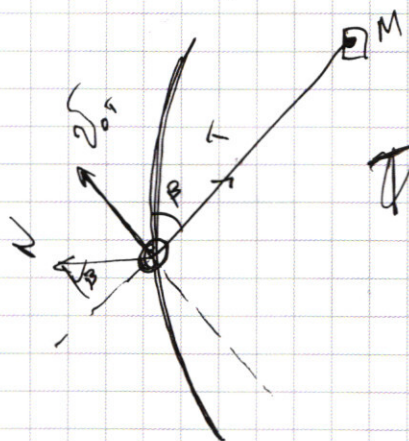
$$\sqrt{3136} = 56$$

$$v_{01} = 56 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

3) $a_g = \frac{v^2}{R}$

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

Если мы сидим в системе отсчета муфты то кольцо движется по окр.



в этом случае

$$\frac{v_{0m}^2 m}{\frac{5}{4} R} = T - N \sin \beta$$

в 1-ом случае

$$T \sin \beta - N = \frac{v^2 m}{R} \Rightarrow N = T \sin \beta - \frac{v^2 m}{R}$$

$$\frac{0,8 v_{0m}^2 m}{R} = T - T \sin^2 \beta + \frac{v^2 m}{R} 0,8$$

$$T = \frac{m 0,8 (v_{01}^2 - v^2)}{R \cos^2 \beta} = \frac{0,3 \cdot 0,8 \cdot 6 \cdot 106}{0,53 \cdot 0,6} = \frac{100,106 \cdot 86}{2 \cdot 33 \cdot 10}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T = \frac{1}{\frac{1}{100} + \frac{1}{53} + \frac{1}{10}} = 10 \cdot 8 \cdot 6 \frac{\text{H}}{10^4}$$

т.к. $v_{\text{ст}} = 56 \text{ см/с}$
 $v_{\text{ст}} = 50 \text{ см/с}$

так $v_{\text{ст}}^2$ и $v_{\text{ст}}$ квадрат возводим

$$\frac{4,80}{10000} = 0,048 \text{ Н}$$

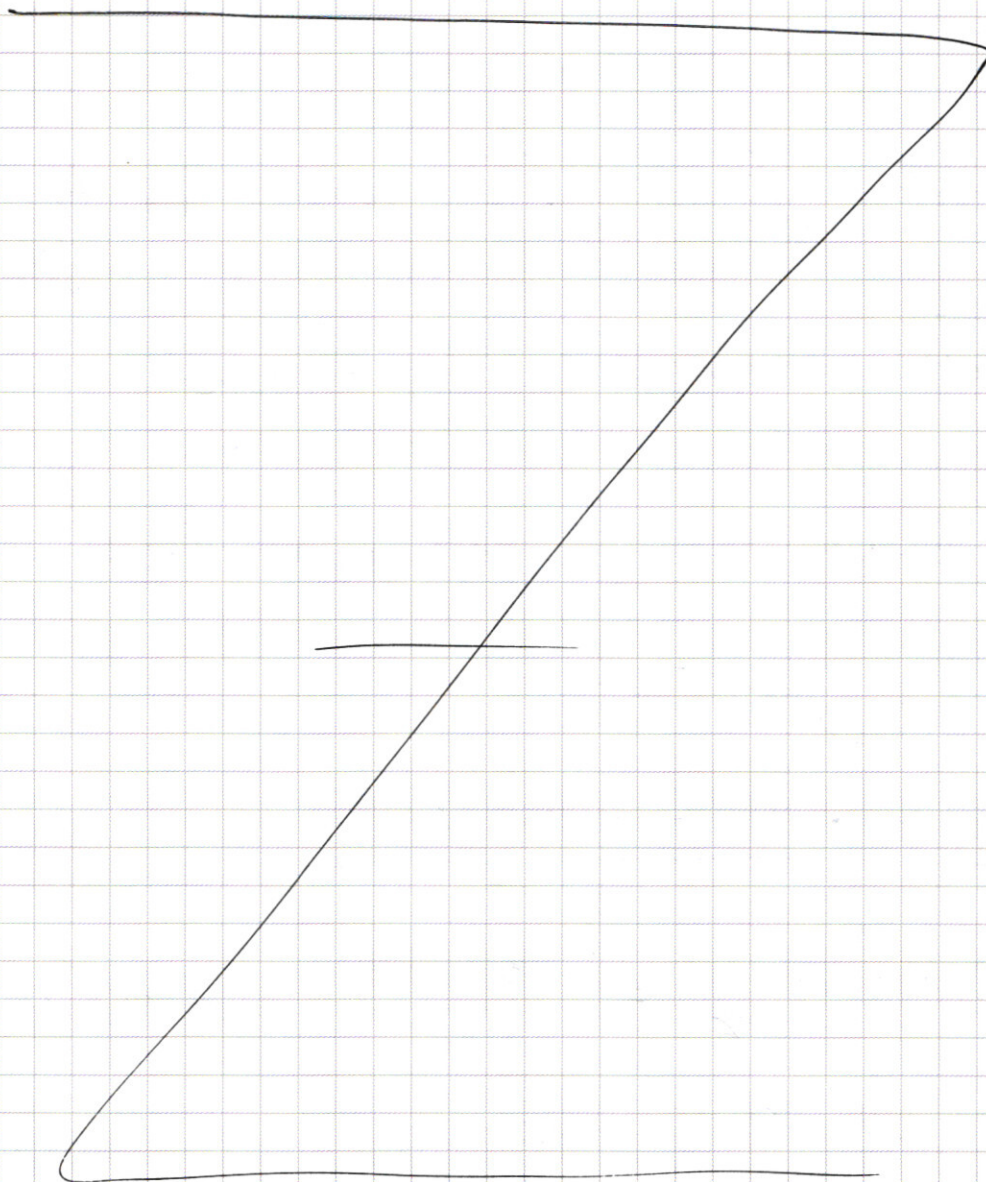
$$T = \frac{0,3 \cdot 0,8 \cdot 0,06 \cdot 1,06}{0,53 \cdot 0,36} =$$

$$= 0,3 \cdot 0,8 \cdot 2 \frac{1}{6} = \frac{0,6 \cdot 8}{6} = 0,8 (\text{H})$$

Ответ: 1) $0,5 \text{ м/с}$

2) $0,5 \text{ см/с}$

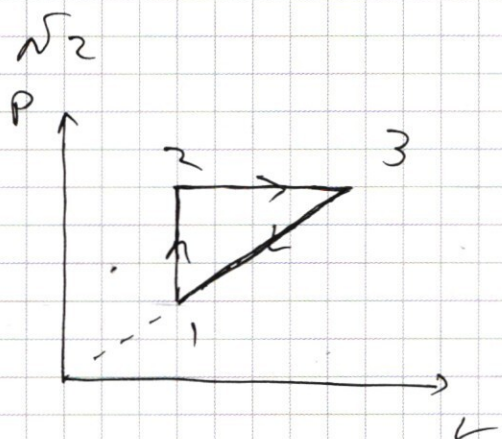
3) $0,8 \text{ Н}$



см dance

стр 5

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) T возросла
на T_2 T_3

$$\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{C_p}{C_v} = 1 + \frac{R}{C_v} =$$

$$= 1 + \frac{2}{3} = \frac{5}{3} \text{ т.к. } i=3$$

2) $Q_{23} = \Delta U + A = \underbrace{C_v \Delta T}_\Delta + \underbrace{R \Delta T}_A, A > 0$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{C_v}{R} = \frac{3}{2} \text{ т.к. } i=3$$

3) $\eta = \frac{A}{Q_+} = 1 - \frac{|Q_-|}{Q_+} = 1 - \frac{|Q_{31}|}{Q_{123}}$

т.к. в н-се 31 $P = \alpha V$, где $\alpha = \text{const}$

то $PV^{-1} = \text{const}$

$$\Rightarrow n = \frac{C - C_p}{C - C_v} = -1 \Rightarrow n = 2R$$

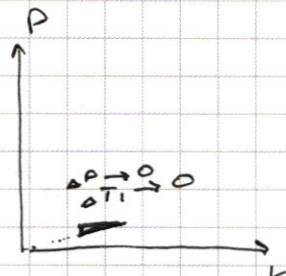
это "процесс Риндберга"

$$\eta = 1 - \frac{2R(\Delta T_1 + \Delta T_2)}{C_v \Delta T_1 + C_p \Delta T_2}$$

т.к. $c_p > c_v$,
то в предельном случае
 $\Delta T_1 = 0$ т.к. мы хотим
получить наибольший знаменатель.
т.е. наибольшее η

$$\eta = 1 - \frac{2R \Delta T_1 + \Delta T_2}{\frac{3}{2}R \Delta T_1 + \frac{5}{2}R \Delta T_2}$$

$$\Delta T_2 = \Delta T_1 + \Delta T_2 \Rightarrow \Delta T_1 = 0$$

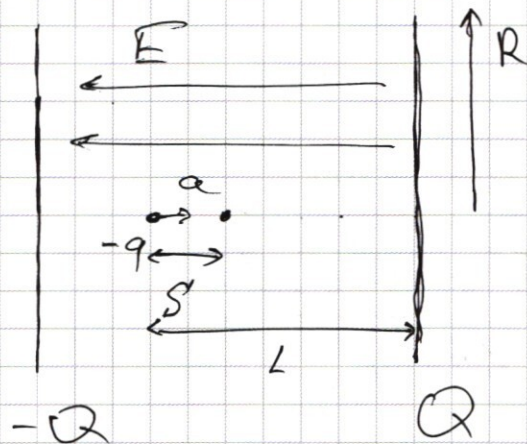


$$\eta = 1 - \frac{2R}{\frac{5}{2}R} = 1 - 0,8 = \boxed{0,2}$$

Ответ: 1) $5/3$
2) $3/2$
3) $0,2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3



$$Q > 0$$

$$a < 0$$

$$E = \frac{Q}{S \epsilon_0}$$

немного теории

$$\Delta \varphi = \frac{q}{c} = E d$$

$$1) a = \frac{F_{\text{эл}}}{m} = E \cdot \frac{q}{m}$$

$$E = 2 \frac{Q}{2 \epsilon_0} = \frac{Q}{S \epsilon_0}$$

$$\frac{1}{c} = \frac{d}{S \epsilon_0} \Rightarrow c = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$S = 0,2d = \frac{d^2}{2}$$

$$\frac{a t^2}{2}$$

$$L = 0,7d = \frac{v_1^2}{2a}$$

$$\frac{v_1^2}{2a}$$

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

$$t^2 = \frac{0,4d}{a} = \frac{0,4d \cdot 1,4d}{v_1^2}$$

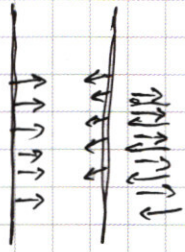
$$t = \frac{d}{v} \sqrt{0,56} = \frac{2d\sqrt{14}}{10} = \frac{d\sqrt{14}}{5}$$

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

$$Q = E S \epsilon_0 = \frac{a S \epsilon_0}{\frac{1}{d}}$$

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

3)



т.к. $d \ll R$

то снаружи от

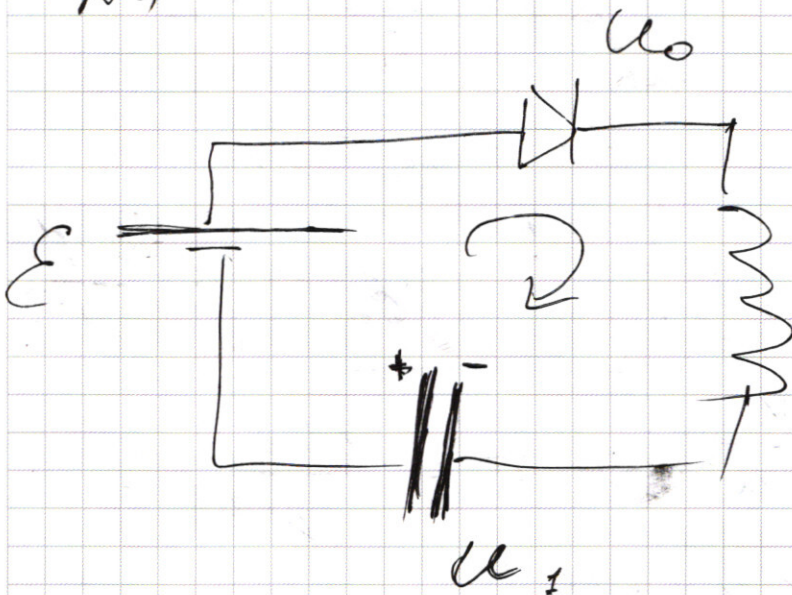
конденсатора $\{E=0 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

3.4 $a = E_f = 0$

3.4 $\Delta V = 0 \Rightarrow V_2 = V_1$

Ответ: $\frac{dV\sqrt{14}}{5}$; $Q = \frac{\epsilon_0 S V_1^2}{1,4d}$; V_1

5.4



$$E + U_1 - U_0 = 7 \text{ В}$$

$$1) E = U_0 + U_1 + U_L \Rightarrow U_L = E - U_0 - U_1 = 3 \text{ В}$$

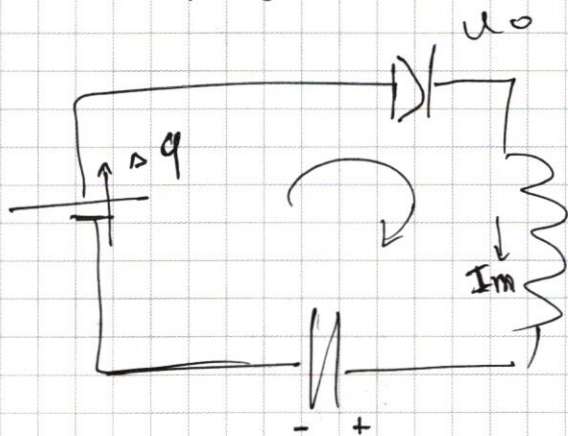
$$U_L = L \dot{I} \quad \dot{I} = \frac{U_L}{L} = \frac{3 \text{ В}}{1 \text{ Гн}} = 3 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) $I_{\max} \Rightarrow \dot{I} = 0 \Rightarrow U_L = 0$

$$E = U_1 + U_L + U_C \Rightarrow U_C = (6 - 1) \text{ В} = 5 \text{ В}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 продолжение



$$\Delta q = (U_1 + U_c) C$$

$$\Delta q = [U_c - (-U_1)] C$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

изначальное $I = 0$

$3 \text{ с} \Rightarrow$

$$A_{\text{ист}} = Q + \Delta W_c + \Delta W_r$$

$$A_{\text{ист}} = Q + \frac{C}{2} (U_c^2 - U_1^2) + \frac{L}{2} (I_m^2 - 0)$$

$$Q = \Delta q U_0 = (U_1 + U_c) U_0 C$$

$$A_{\text{ист}} = \Delta q \mathcal{E} = (U_1 + U_c) \mathcal{E} C$$

$$\frac{L}{2} I_m^2 = A - Q - \frac{C}{2} (U_c^2 - U_1^2) =$$

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

$$= (2 + 5) 5 \cdot \frac{40}{1000 \cdot 1000} - \frac{20}{1000000} (25 - 4) =$$

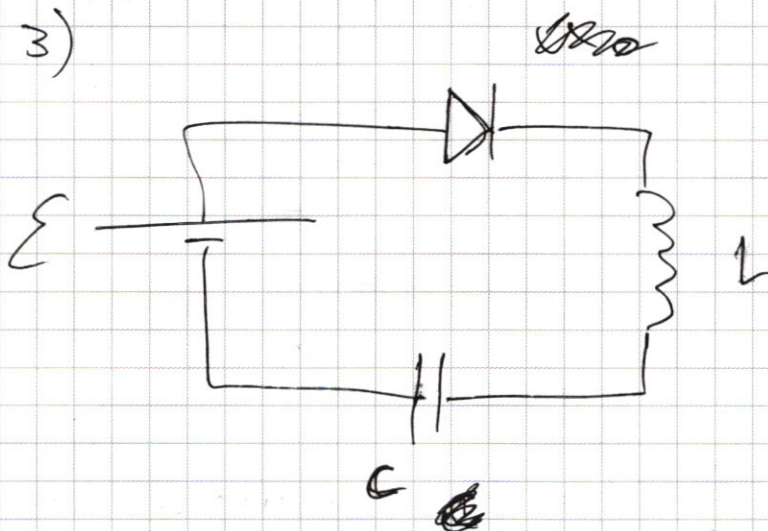
$$= \frac{35 \cdot 2 \cdot 20 - 20 \cdot 21}{10^6} = \frac{20 \cdot 49}{10^6} \text{ (А}^2 \cdot \text{Гн)}$$

$$I_m^2 = \frac{2}{L} (\dots)$$

$$I_m^2 = \frac{40 \cdot 49 \cdot 10}{10^6 \cdot 1} = \frac{2^2 \cdot 7^2}{10^4} (A^2)$$

$$I_m = \sqrt{\frac{2^2 \cdot 7^2}{10^4}} A = \frac{2 \cdot 7}{100} = 0,14 A$$

3)



установившееся
карп

это случай
стационарный

$$U_C = \text{const}$$

$$\Rightarrow I = 0$$

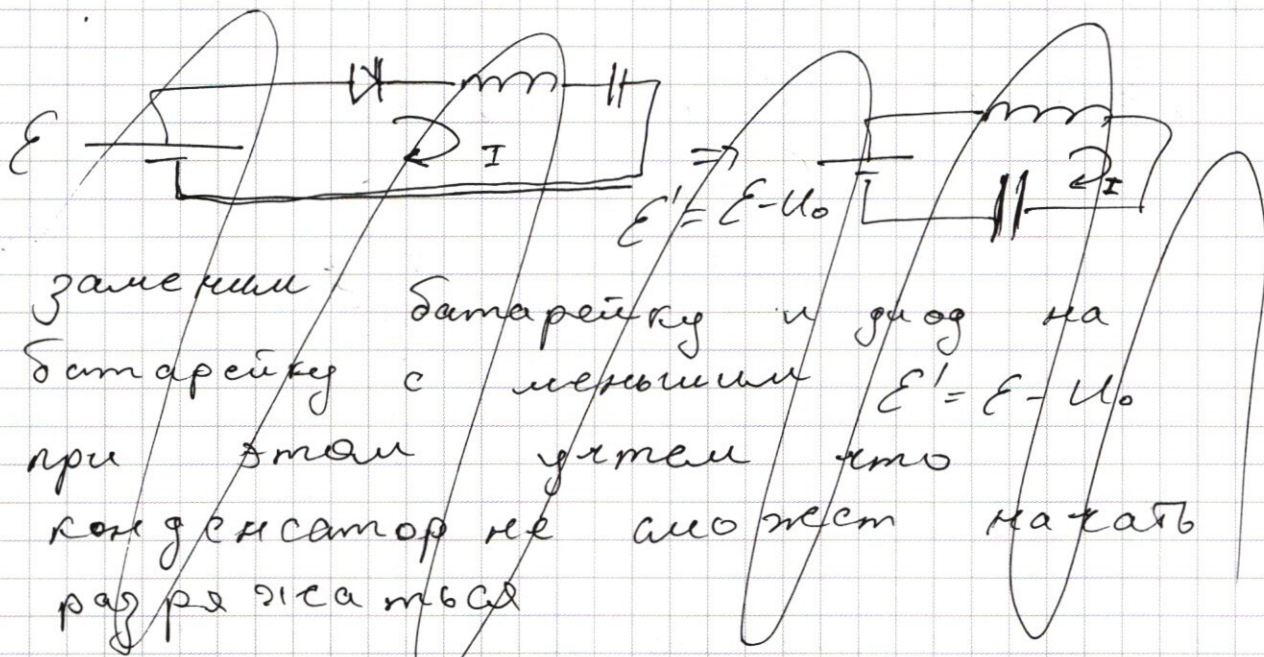
а т.к. случай
стационарный,
то $\dot{I} = 0 \Rightarrow U_L = 0$

при этом неизвестно U_D
т.к. при $I = 0 \quad U_C \in (-\infty; U_0]$
но в предыдущем случае ток был $\neq 0$
 $U_0 = U_C$ и $U_{C, \text{max}} = E \quad U_D = 6 - I = 5(V)$

при этом мы не знаем U_D
рассмотрим случай непосредственно
перед стационарным режимом.

в цепи еще есть ток а значит и $\dot{I}$
т.к. через диод $I = 0$

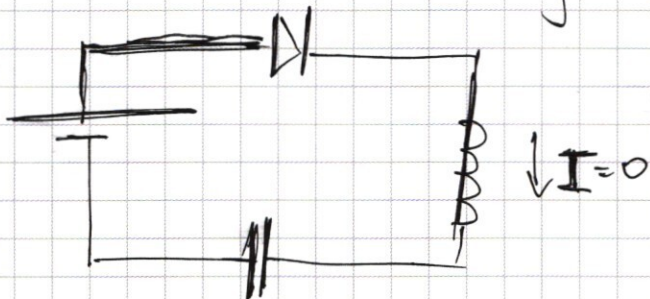
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



в таком случае $U_{\text{max}} \text{ конден} = 2\varepsilon'$

$$\Rightarrow U_0 = 2(\varepsilon - U_0) = 10 \text{ В}$$

$U_{C \text{ max}} \Rightarrow I = 0$ конденсатор зарядится до $U_{C \text{ max}}$, а разрядиться не сможет
 $\Delta q = (U_C + U_1) C$



$$U_{C \text{ max}} \quad 0 = (0 - 0)$$

$$A_{\text{ист}} = Q + \Delta W_C + \Delta W_1 = \Delta q \varepsilon = \Delta q U_0 + \frac{\varepsilon U_{C \text{ max}}^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$\Delta q(\mathcal{E} - U_0) = \frac{\mathcal{E}}{2}(U_c^2 - U_1^2)$$

$$(U_c + 2) \cdot 5 = \frac{\mathcal{E}}{2}(U_c^2 - 4)$$

$$10 U_c + 20 = U_c^2 - 4 \quad U_c = x$$

~~$$x^2 - 10x - 24 = 0$$~~

$$x^2 - 10x - 24 = 0$$

$$(x - 12)(x + 2) = 0$$

$$\left[\begin{array}{l} x = -2 \\ x = 12 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{это } \text{начальный} \\ \text{случай} \end{array}$$

$$\Rightarrow U_c = 12 \text{ В} = U_2$$

Этот ответ можно было получить и другим путем

$$U_{c \min} = -2 \text{ В} \quad \left[\begin{array}{l} U_{c0} = 5 \text{ В} \\ I_{\max} \end{array} \right] \Rightarrow A_{uc} = 7 \text{ В}$$

$$\Rightarrow U_{c \max} = 12 \text{ В}$$

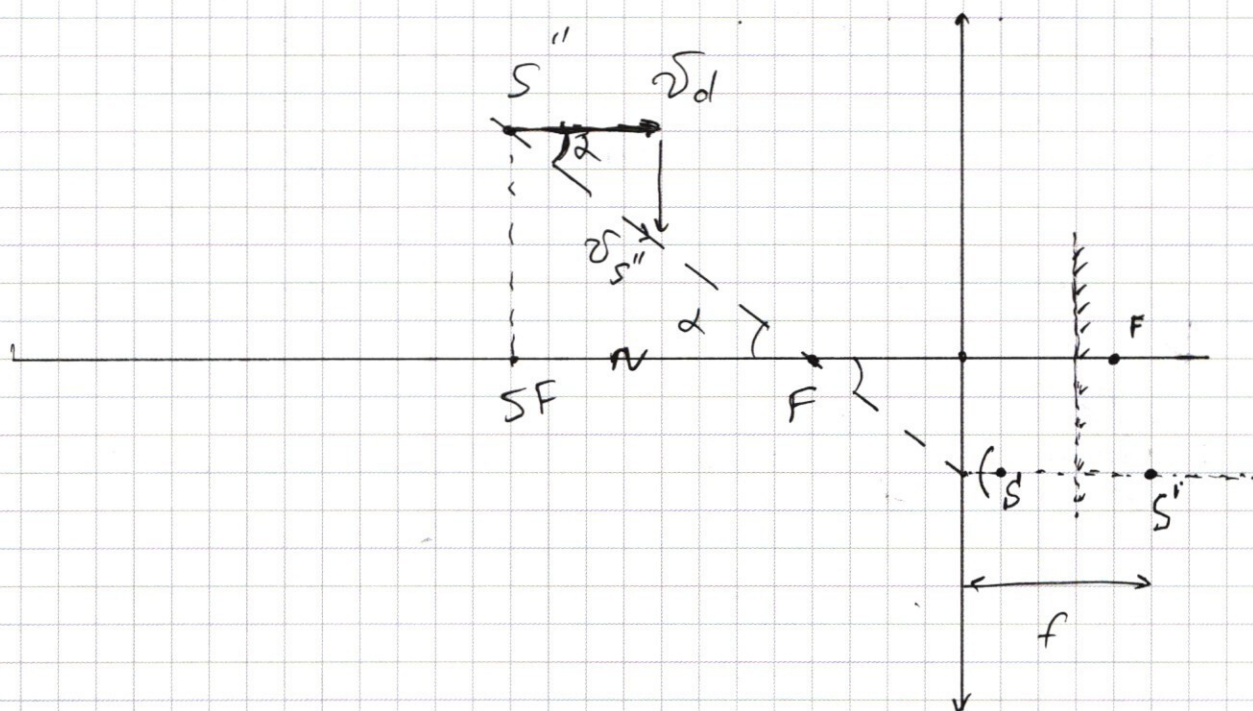
Ответ: 1) 70 А/с

2) 0,14 А

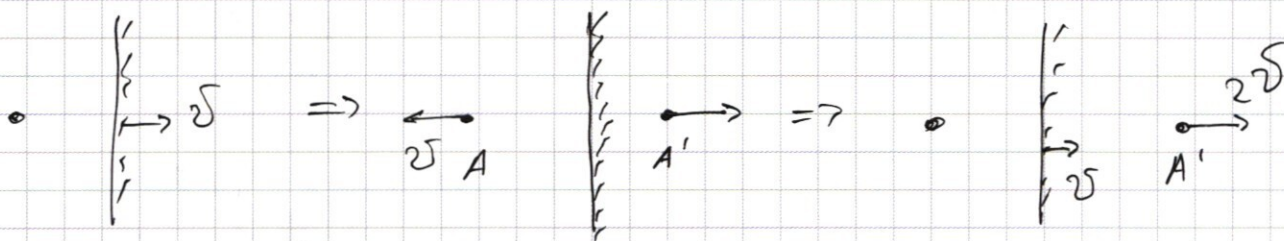
3) 12 В

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

55



если зеркало движется со скоростью v
то изобр в зеркале $2v$



$$F = \frac{F}{4} + 2 \left(\frac{3F}{4} - \frac{F}{4} \right) = \frac{5F}{4}$$

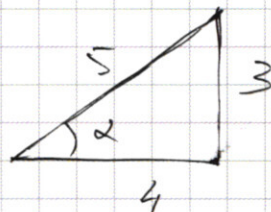
$$1) \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f} = \frac{1}{d} = \frac{5}{5F} - \frac{4}{5F} = \frac{1}{5F} \Rightarrow d = 5F$$

2) заметим, что все S' (в зеркале) будут ложиться на прямую $\parallel P.O.O$

пусть луч через эту точку ~~и~~
 этот луч пройдет через точку пройдет
 через F

Зн все ~~лучи~~ S'' (изобр S') будут
 лежать на этой прямой

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{3F}{4} \cdot \frac{1}{F} = 0,75$$



$$\cos \alpha = 0,8$$

$$3) \frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$$

$$-\frac{df}{(f)^2} - \frac{d(d)}{d^2} = 0$$

$$\frac{df}{dt} = 2\sqrt{\quad} \text{ (н 1)}$$

$$-\frac{df}{dt} f^2 = \frac{d(d)}{dt} (d)^2$$

$\frac{d(d)}{dt}$ — искомая
 скорость

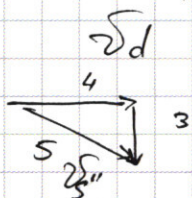
$$v_{S''} = \frac{d(d)}{dt} = \left| -\frac{d^2}{f^2} \right| 2\sqrt{\quad} = \frac{25 F^2}{\frac{25 F^2}{16}} 2\sqrt{\quad} =$$

$$= 16 \cdot 2\sqrt{\quad} = 32 \sqrt{\quad}$$

Ответ: 1) $5F$

2) $\operatorname{tg} \alpha = 0,75$

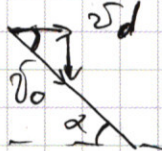
3) ~~32V~~
 $40V$



$$v_{S''} = \frac{5}{4} 32V = 40V$$

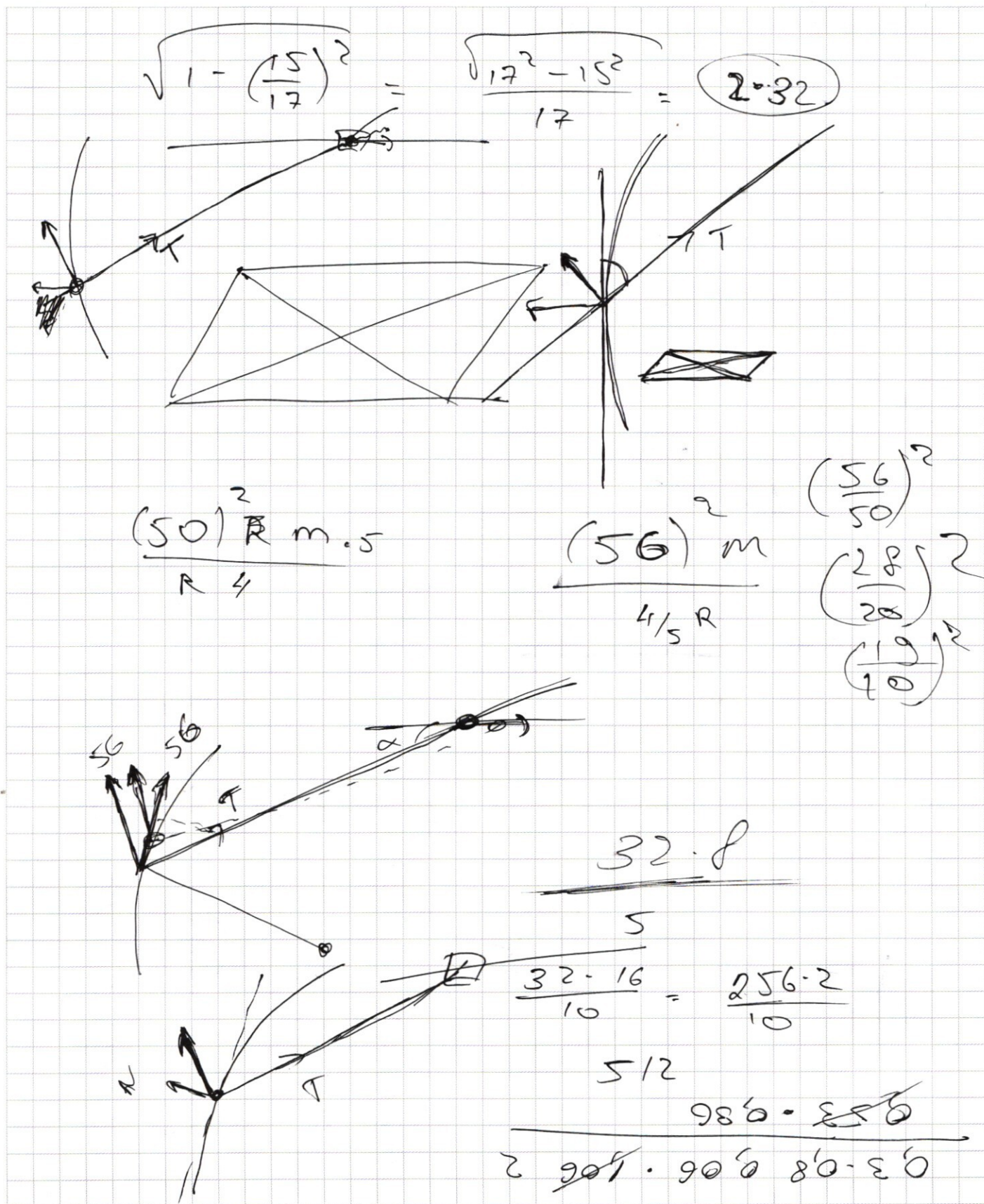
это скорость
 из v_d , а нам
 нужна полная

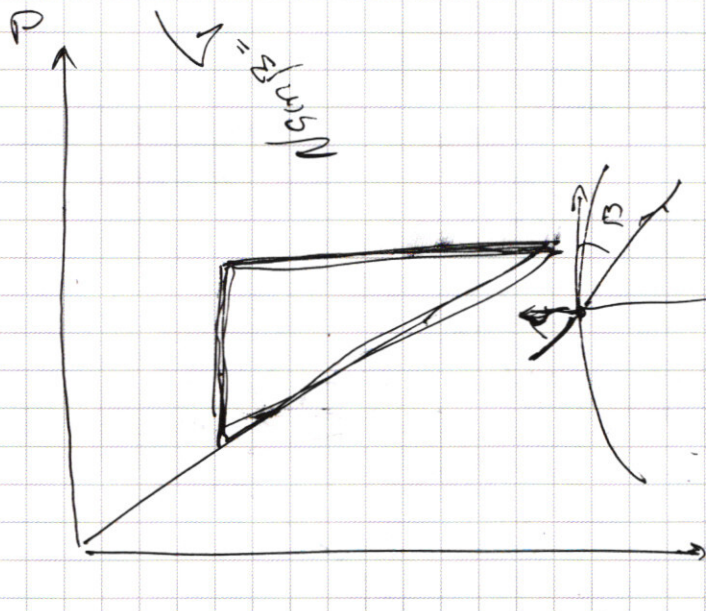
$$v_{S''} = \frac{32V}{\cos \alpha} =$$



$$= \frac{32V \cdot 5}{4} = 40V$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





$$\frac{q}{c} = Ed$$

$$\frac{v}{2\epsilon}$$

$$\frac{q}{c} = \frac{q}{5\epsilon_0} d$$

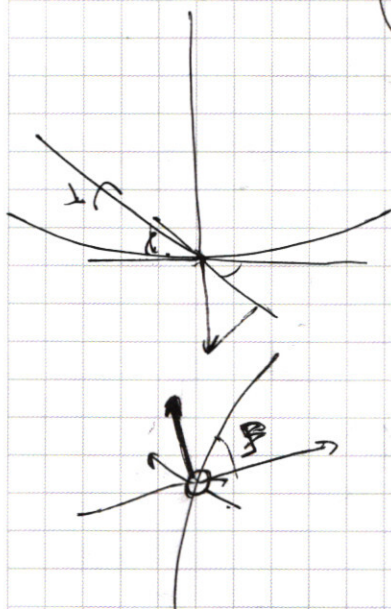
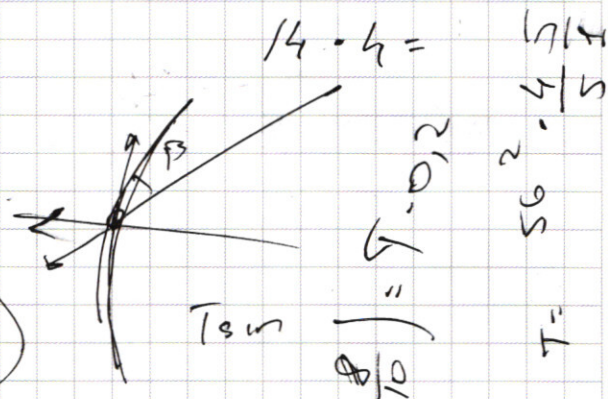
8/11
12-0.2

$$1 - \frac{2R \Delta T}{C_v \Delta T + C_p \Delta T_2}$$

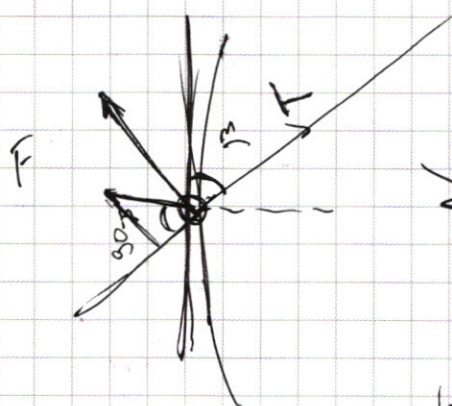
$C_p > C_v$

$$1 - \frac{2R}{\frac{5}{2}R} = 1 - \frac{4}{5}$$

$$1 - \frac{2R(x+y)}{C_x x + C_p y}$$



$$\frac{2R}{5/2} = \frac{4}{5}$$



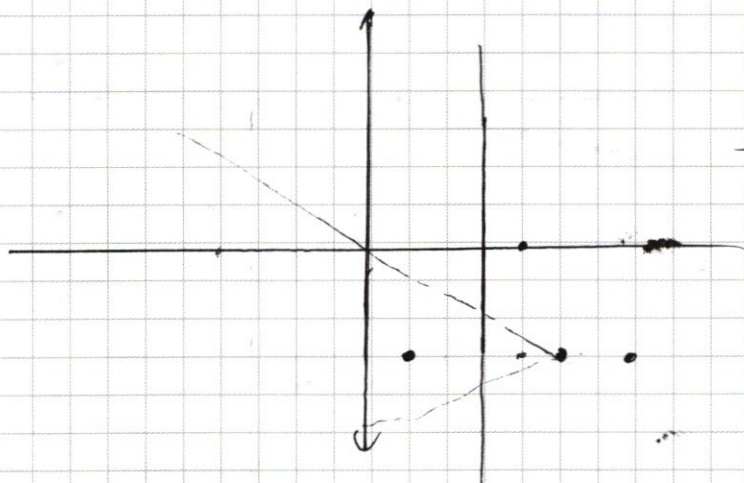
$$T \sin \beta = N$$

$$N = \frac{T}{\sin \beta}$$

$$T(1 - \frac{v_{gmp}}{\sin \beta}) = T(1 - \frac{8}{10}) = T \cdot 0.2$$

$$0.2T = m \cdot \frac{56^2}{5/4R}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{1}{5F} = \frac{4}{5F} + \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{5F} = \frac{1}{0}$$

$$\frac{4}{5F} + \frac{1}{x} = \frac{5-1}{5F}$$

$$\left(\frac{1}{x}\right) = \left(\frac{1}{5F}\right)$$

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

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

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

$$\Gamma = \frac{F}{F-f}$$

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

$$\frac{1}{x} = -\frac{1}{x^2}$$

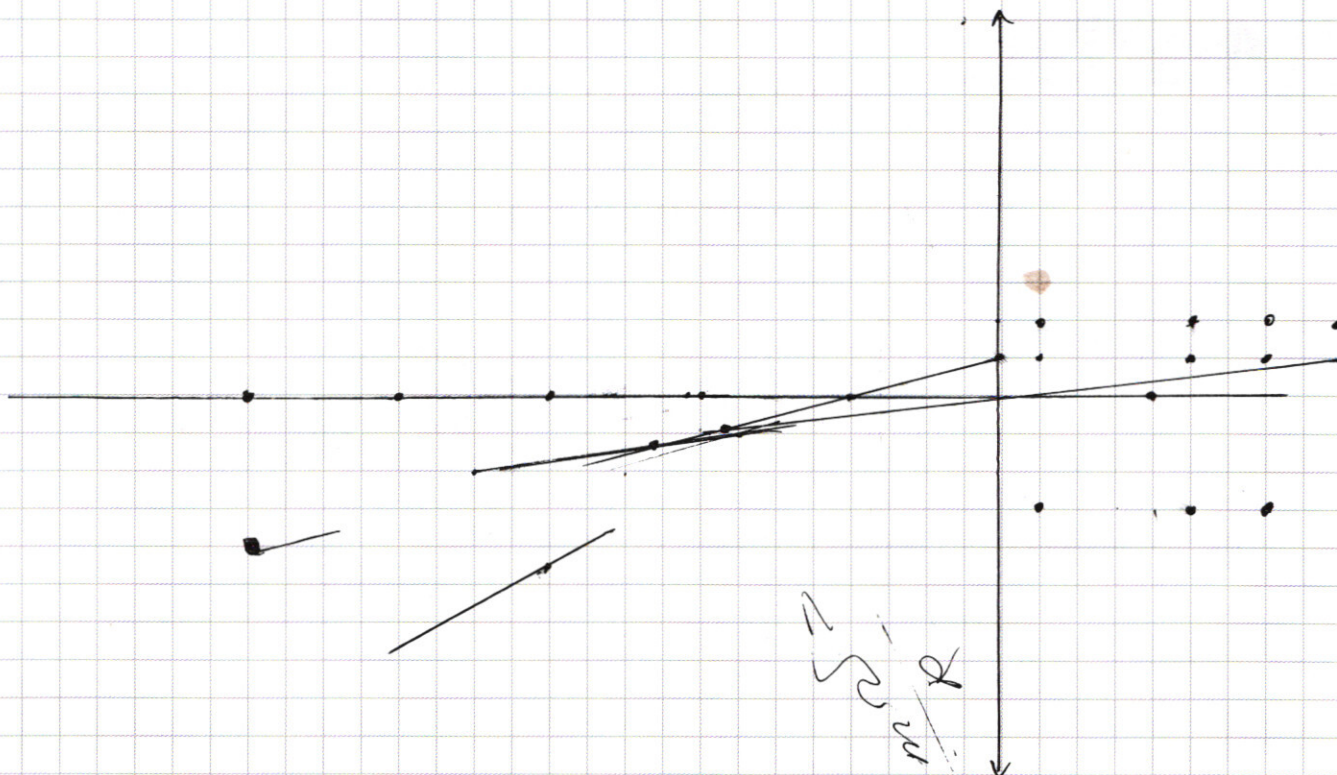
$$\frac{1}{f+df} + \frac{1}{d+dd} = \frac{1}{F}$$

$$-\frac{df}{f^2} = \frac{d(d)}{d^2}$$

$$\frac{16.02V}{25} = \frac{5'}{25}$$

$$5' = 32$$

$$df = 2.5 \cdot 2V$$

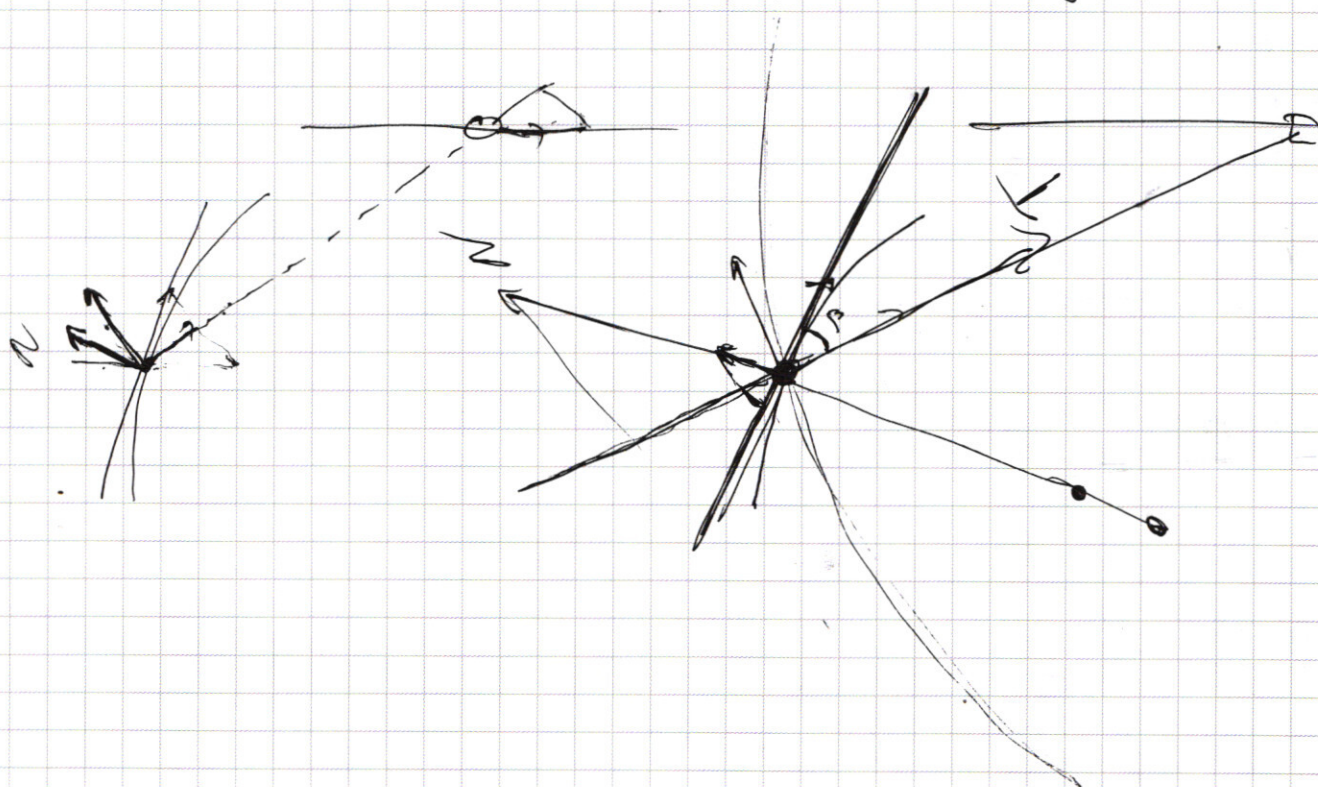


$$\frac{7}{7F} = \frac{48}{7F} + \frac{1}{9}$$

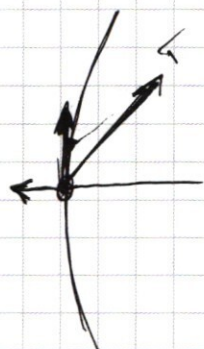
$$\frac{1}{d} = \frac{3}{7F}$$

$$7 \cdot 41 = \frac{28}{3} =$$

$$\frac{1}{d} = \frac{3}{7F} = \frac{1}{N \cdot 10^3} = \frac{1}{N} \cdot 10^{-3}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$m \frac{v_1^2}{R} = (T \sin \beta - N)$$

$$4 m \frac{v_2^2}{5R} = (T - N \sin \beta)$$

$$N = T \sin \beta - \frac{m v_1^2}{R}$$

$$0,8 \frac{m v_2^2}{R} = T - T \sin^2 \beta + \frac{m v_1^2}{R} \sin \beta$$

$$\frac{m}{R} (50^2 - 56^2) \cdot 0,8$$

$$T = \frac{636 \cdot 0,8}{0,36}$$

$$\begin{array}{r} \times 56 \\ 56 \\ \hline \times 336 \\ 280 \\ \hline \times 3136 \\ 8 \\ \hline 2508,8 \end{array}$$

$$636 \cdot 0,8$$

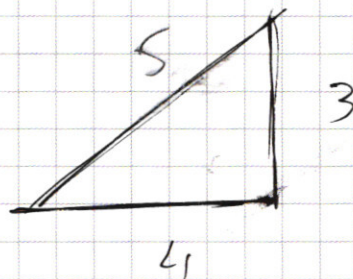
$$\begin{array}{r} \times 636 \\ 8 \end{array}$$

$$508,8 = 0,36 \cdot \frac{m}{R}$$

$$\begin{array}{r} 5088 \quad | \quad 53 \\ - 477 \quad | \quad 56 \\ \hline 318 \end{array}$$

$$\frac{4^2 \cdot 25}{5^2} = \frac{v_x}{25}$$

$$32 \cdot v_x$$



$$v_n \cdot \frac{4}{5} = 32$$

$$v_n = \frac{32 \cdot 5}{4} = 40$$