

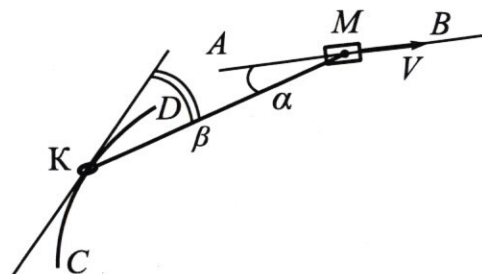
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-03

Класс 11

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

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.



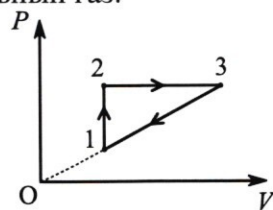
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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

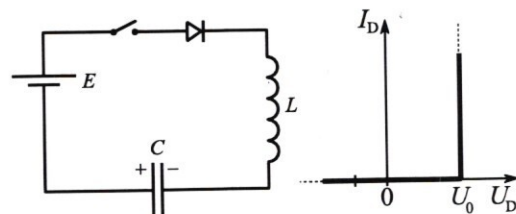
- 1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

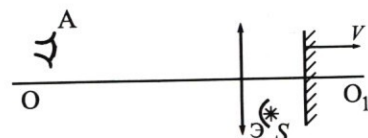


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

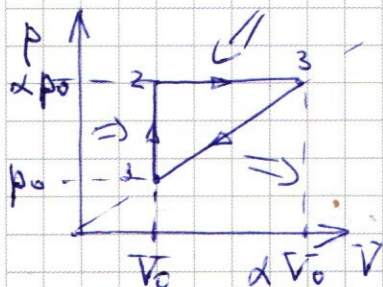
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N2)



$$(1-2): V = \text{const}$$

$$(2-3): p = \text{const}$$

$$(3-1): p = \alpha V, \text{ где } \alpha - \text{коэффициент}$$

1) Повышение T происходит на участках: (1-2), (2-3).

$$C_m = \frac{\Delta Q}{V \Delta T}, \text{ молярная теплоемкость}$$

рассмотрим (1-2): $Q = \Delta U + A$, $A = 0$, т.к. $V = \text{const}$

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2} V R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (\alpha p_0 V_0 - p_0 V_0) = \frac{3}{2} p_0 V_0 (\alpha - 1).$$

$$\Delta T = \frac{2Q}{3VR}$$

рассмотрим (2-3):

$$Q = \Delta U + A$$

$$Q = \frac{3}{2} V R (T_3 - T_2) + \alpha p_0 (\alpha V_0 - V_0) = \frac{3}{2} (\alpha^2 p_0 V_0 - \alpha p_0 V_0) + \alpha p_0 V_0 (\alpha - 1) = \frac{5}{2} \alpha p_0 V_0 (\alpha - 1)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} V R \Delta T = \frac{3}{5} Q \Rightarrow \Delta T = \frac{2}{5} \frac{Q}{VR}$$

итого:

$$C_{12} = \frac{\frac{3}{2} p_0 V_0 (\alpha - 1)}{V \cdot \frac{2Q}{5VR}} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{23} = \frac{Q}{V \cdot \frac{2Q}{5VR}} = \frac{5}{2} R$$

$$C_{23} = \frac{Q}{V \cdot \frac{2Q}{5VR}} = \frac{5}{2} R$$

$$\text{и.о. } \frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} = 0,6.$$

2) рассмотрим (2-3), $p = \text{const}$

$$\Delta U = \frac{3}{2} V R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} p_0 V_0 (\alpha^2 - \alpha) \Rightarrow \frac{\Delta U}{A} = \frac{3}{2}$$

$$A = p_0 V_0 (\alpha^2 - \alpha)$$

$$3) \eta = \frac{Ar}{Q_{\text{подб}}}$$

$$Q_{\text{подб}} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} p_0 V_0 (\alpha - 1) + \frac{5}{2} \alpha p_0 V_0 (\alpha - 1) =$$

$$= p_0 V_0 \left(\frac{3}{2} \alpha - \frac{3}{2} + \frac{5}{2} \alpha^2 - \frac{5}{2} \alpha \right) = p_0 V_0 \left(\frac{5}{2} \alpha^2 - \alpha - \frac{3}{2} \right)$$

$Ar = S_{123}$ площадь фигуры 1-2-3.

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

$$\eta = \frac{\frac{p_0 V_0 (\alpha - 1)^2}{2}}{p_0 V_0 \left(\frac{5}{2} \alpha^2 - \alpha - \frac{3}{2} \right)} = \frac{(\alpha - 1)^2}{(5\alpha^2 - 2\alpha - 3)}$$

$\eta(\alpha) - \text{max.}$

$$\eta'(\alpha) = \left(\frac{(\alpha^2 - 2\alpha + 1)}{(5\alpha^2 - 2\alpha - 3)} \right)' = \frac{(2\alpha - 2)(5\alpha^2 - 2\alpha - 3) - (10\alpha - 2) \cdot (\alpha - 1)^2}{(5\alpha^2 - 2\alpha - 3)^2} = 0$$

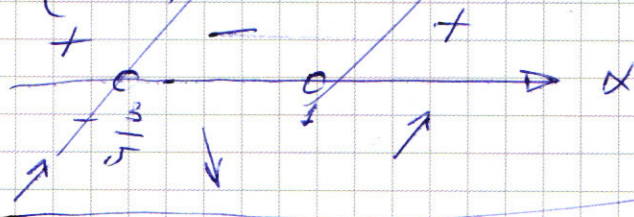
~~0 ребро, $\alpha \geq 0$ (из графика) ОДЗ: $\alpha \neq 1; -\frac{3}{5}$~~

$$(\alpha - 1)(5\alpha^2 - 2\alpha - 3) - (10\alpha - 2)(\alpha - 1)^2 = 0$$

$$(\alpha - 1)(5\alpha^2 - 2\alpha - 3 - 5\alpha^2 + 6\alpha - 1) = 0$$

$$(\alpha - 1)(4\alpha - 4) = 0$$

$$(\alpha - 1)^2 = 0$$

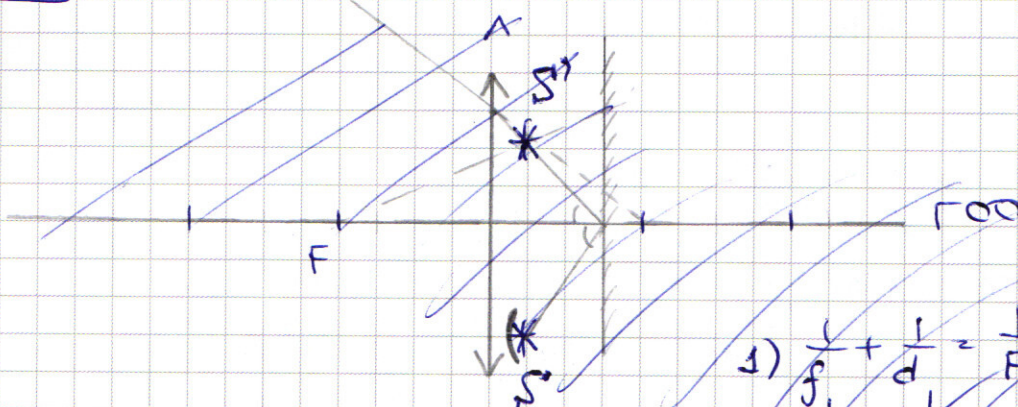


$$\eta(\alpha) = \frac{1}{5} - \frac{8\alpha + 2}{5(5\alpha^2 - 2\alpha - 3)}$$

м.о. max $\eta = \frac{1}{5}$

Ответ: 1) 0,6 2) 1,5 3) 0,2

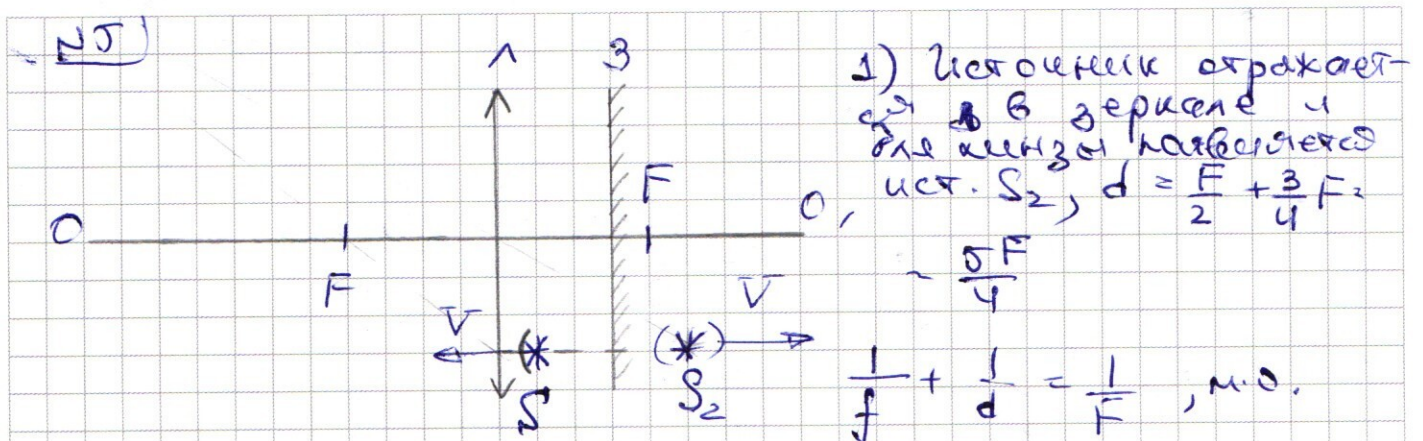
NS



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

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{4}{3F} = -\frac{1}{3F}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{4}{5F} \quad | \Rightarrow f = 5F$$

А сможет увидеть исл. на $\delta = 5^\circ$ от лунной (московск.)

2) Переднее в 10 зеркала, тогда S_1 движется
с V влево, а S_2 с V вправо;

Построим изображение светящегося S_2 (для удобства берем).

$$\cancel{\sin \alpha} = \tan \alpha = \frac{3}{4}$$

$$\alpha = \arctan \frac{3}{4} - \gamma_{\text{pole}},$$

под которым дворянство

изображений к 00.

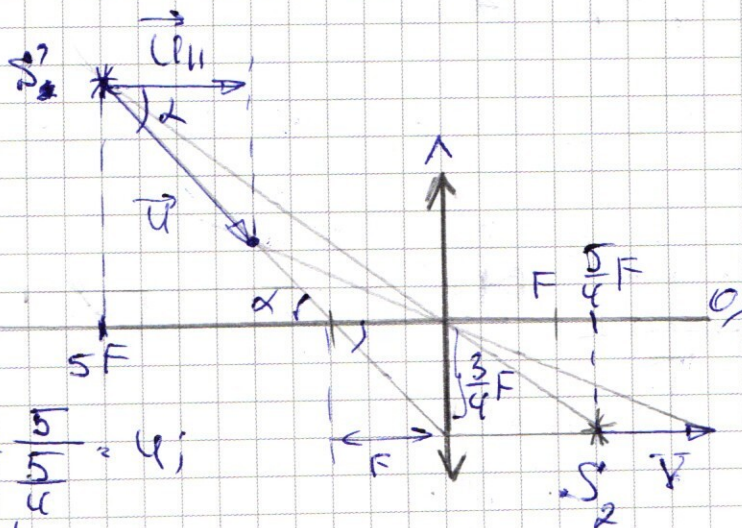
$$3) \Gamma^2 = \frac{U_{II}}{V} \cdot 2de \Gamma = \frac{f}{2f} \cdot \frac{5}{5} = 1$$

$$U_{II} = 16 \text{ V} \quad \text{2de} \quad U_{II} = U_{\text{gesd}}$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{4} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

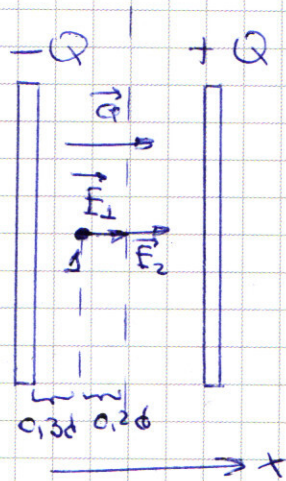
$$C_1 = \frac{16V}{\frac{4}{5}} = 20V; \quad ;$$

Answers: 1) $5F$ 2) out by $\frac{3}{4}$ 3) $20V$



N3)

2 ВН для расчета:



$Q \cdot \lambda \cdot \eta = q E_1 + q E_2$

$E_1 = \frac{G}{2\epsilon_0} ; E_2 = \frac{G}{2\epsilon_0} , \text{ где } G = \frac{Q}{S},$

где S — площадь обкладки конденсатора.

$\vec{U}_k = \vec{U}_0 + q\vec{E}$
 $U_2 = qE$
 $t = \frac{U_1}{a}$

$a = \frac{U_k^2 - U_0^2}{2S} = \frac{U_1^2}{2 \cdot 0,2d}$

$a = \delta \cdot \frac{G}{\epsilon_0} = \frac{U_1^2}{0,4d}$

$G = \frac{\epsilon_0 U_1^2}{\delta \cdot 0,4d} \Rightarrow Q = \frac{S \epsilon_0 U_1^2}{0,4 \delta d}$

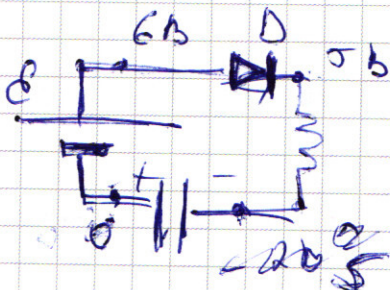
$\vec{U}_k = \vec{U}_0 + q\vec{E} \Rightarrow t = \frac{U_1}{a} = \frac{U_1^2}{U_1^2} \cdot 0,4d = \frac{0,4d}{U_1}$

Зат:

$\varphi_0 = \frac{m \bar{V}_x^2}{2} + \varphi_{\text{пот}} , \varphi_{\text{пот}} = 0$
 $2 \varphi_1 \delta = \bar{V}_x^2$

6	8
x 18	x 19
108	181
144	171
18	19
524	361

$\bar{V}_x = \sqrt{2 \varphi_1 \delta} , \text{ где } \varphi_1 - \text{потенциал в мВ.}$



80

1) $\frac{dI}{dt} = - \frac{\delta}{L}$
 2)

$-L \frac{dI}{dt} = 0$

$\varphi_{\text{пот}} = \frac{e U_1^2}{2}$
 как полев.

7.480

5
x 48
336
336.10
10 ⁻⁴

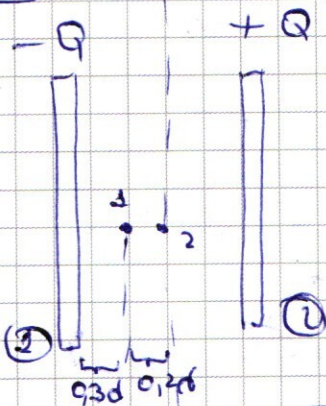
320
10²

336

361
19²

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3



1) $\Delta E_k = A$, где $A = qEd$

$E = E_1 + E_2 = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$, где $\sigma = \frac{Q}{S}$, где

S - площадь обкладки.

$\frac{MV_1^2}{2} = q \cdot \frac{\sigma}{\epsilon_0} \cdot 0,2d$

$V_1^2 = 2 \cdot 0,2d \cdot \frac{\sigma}{\epsilon_0} \Rightarrow \sigma = \frac{\epsilon_0 V_1^2}{0,4d} \Rightarrow$

$\Rightarrow Q = \frac{S \epsilon_0 V_1^2}{0,4d}$

~~1) $\vec{v}_k = \vec{v}_0 + a \cdot t$~~

2) $\vec{v}_k = \vec{v}_0 + a \cdot t$

$v_1 = at \Rightarrow t = \frac{v_1}{a} \quad (1)$

$a = \frac{v_k^2 - v_0^2}{2S} = \frac{v_1^2}{2 \cdot 0,2d} \quad (2)$

(1) и (2) $\Rightarrow \left(t = \frac{v_1}{v_1^2} \cdot 0,4d = \frac{0,4d}{v_1} \right)$

3) ЗСЭ:

$\varphi_2 q + \frac{MV_0^2}{2} = \varphi_1 q + \frac{MV_1^2}{2}, \quad \varphi_2 = 0, \quad V_0 = 0 \text{ (по условию)}$

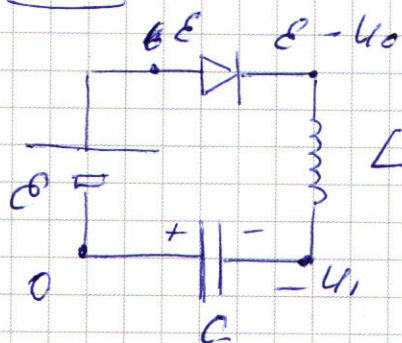
$2\varphi_1 d = V_1^2$

$V_1 = \sqrt{2\varphi_1 d}$, где φ_1 - потенциал в мВ.

~~$q(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{MV_1^2}{2} \Rightarrow \varphi_1 = \frac{V_1^2}{2d}$~~

~~$t = \frac{0,4d}{V_1}$~~ Ответ: 1) $\frac{0,4d}{v_1}$ 2) $\frac{S \epsilon_0 V_1^2}{0,4d}$ 3) $\sqrt{2\varphi_1 d}$

№4)



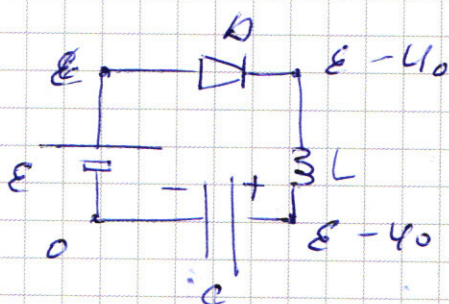
1) Первоначально диод открыт
метод контуров сразу после замыкания ключа.

$$U_L = -L \frac{dI}{dt}, \text{ где } \frac{dI}{dt} - \text{ скорость нарастания тока}$$

$$\frac{U_0 - E - U_1}{L} = \frac{1}{0,1} = -\frac{7}{0,1} = -70.$$

2) ток через катушку (т.е. ток в цепи) максимален $\Leftrightarrow \frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow U_L = 0$

Рассмотрим цепь в момент, когда ток максимален:

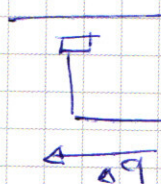


Получили: $U_C = E - U_0$ - напряжение конденсатора в этот момент.

$$A_{ист} = \Delta W$$

$$A_{ист} = E \Delta q$$

рассмотрим левую обкладку конденсатора:



заряд был: $q_1 = C U_1$
заряд стал: $q_2 = -C(E - U_0)$

заряд на левой обкладке конденсатора уменьшился, т.е. он ушел влево

$$\text{Тогда: } A_{ист} = E(C U_1 + C E - C U_0) = C E (U_1 + E - U_0)$$

$$W_H = \frac{C U_1^2}{2}; W_K = \frac{C (E - U_0)^2}{2} - \text{нач. \& конеч. энергии конденсатора}$$

$$W_{LK} = 0; W_{LK} = \frac{L I_m^2}{2}, \text{ где } I_m - \text{ макс. ток через катушку.}$$

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

$$6 \cdot 40 \cdot 10^{-6} (2 + 6 - 1) = \frac{0,1}{2} \cdot I_m^2 + \frac{10^{-6}}{2} \cdot 25 - \frac{10^{-6}}{2} \cdot 4$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$240 \cdot 10^{-6} \cdot 7 - \frac{21 \cdot 10^{-6}}{2} = \frac{0,1}{2} \cdot I_m^2$$

$$(480 \cdot 7 - 21) \cdot 10^{-6} = 0,1 \cdot I_m^2$$

$$7(480 - 3) \cdot 10^{-5} = I_m^2$$

$$I_m \approx \sqrt{836 \cdot 10^{-4}} \approx 18 \cdot 10^{-2} \approx 0,18 \text{ A.}$$

в) Воспользуемся ЗЭД:

в нач. момент: $W_{\text{нч}} = \frac{C U_1^2}{2}$

в конц. момент: $W_{\text{кк}} = \frac{C U_2^2}{2}$

в конц. момент: $W_{\text{кк}} = \frac{C U_2^2}{2}$

$q_{\text{кк}} = C U_2$

$$A_{\text{ист}} = \Delta W + Q$$

$$EC(U_{\text{ист}} - U_1)^2 = \frac{C U_{\text{ист}}^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$2E(U_{\text{ист}} - U_1) = (U_{\text{ист}} - U_1)(U_{\text{ист}} + U_1)$$

$$U_{\text{ист}} = 2E - U_1 = 12 - 2 = 10$$

Защепим, это на конденсаторе не может быть

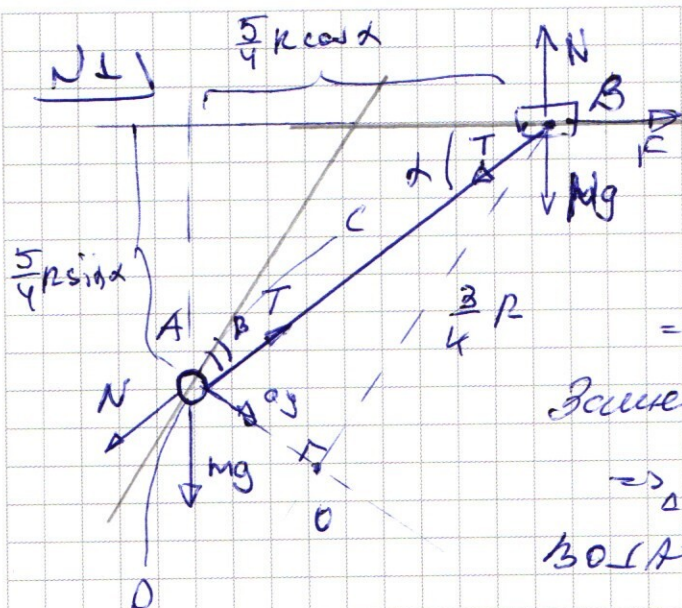
$U_{\text{ист}} = 10$, т.к. в максим. случае $U_0 = -4$

Напряжения отсчитываем от нуля — 1 В (напр. диода)

$\Rightarrow \text{Max } U_2 = 5 \text{ В}$, прежде чем диод закроется.

Ответ: 1) — 70 2) 0,18 А 3) 5 В.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Рассмотрим $\triangle OAB$, где
O — центр окружности,
дуга которой — CD

$$\angle BAO = 90^\circ - \alpha, \cos(90^\circ - \alpha) =$$

$$= \sin \alpha = \frac{4}{5}$$

$$\text{Заметим, что } \frac{OA}{AB} = \frac{4}{5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \triangle BOA \sim \triangle AOB$$

$$BO \perp AO$$

Запишем моменты сил относительно центра масс.

$$Mg \cdot \frac{3}{4} R = F \cdot \frac{5}{4} R \cos \alpha$$

$$a_y = \frac{4}{5} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{15}{17} g = \frac{25}{17} g$$

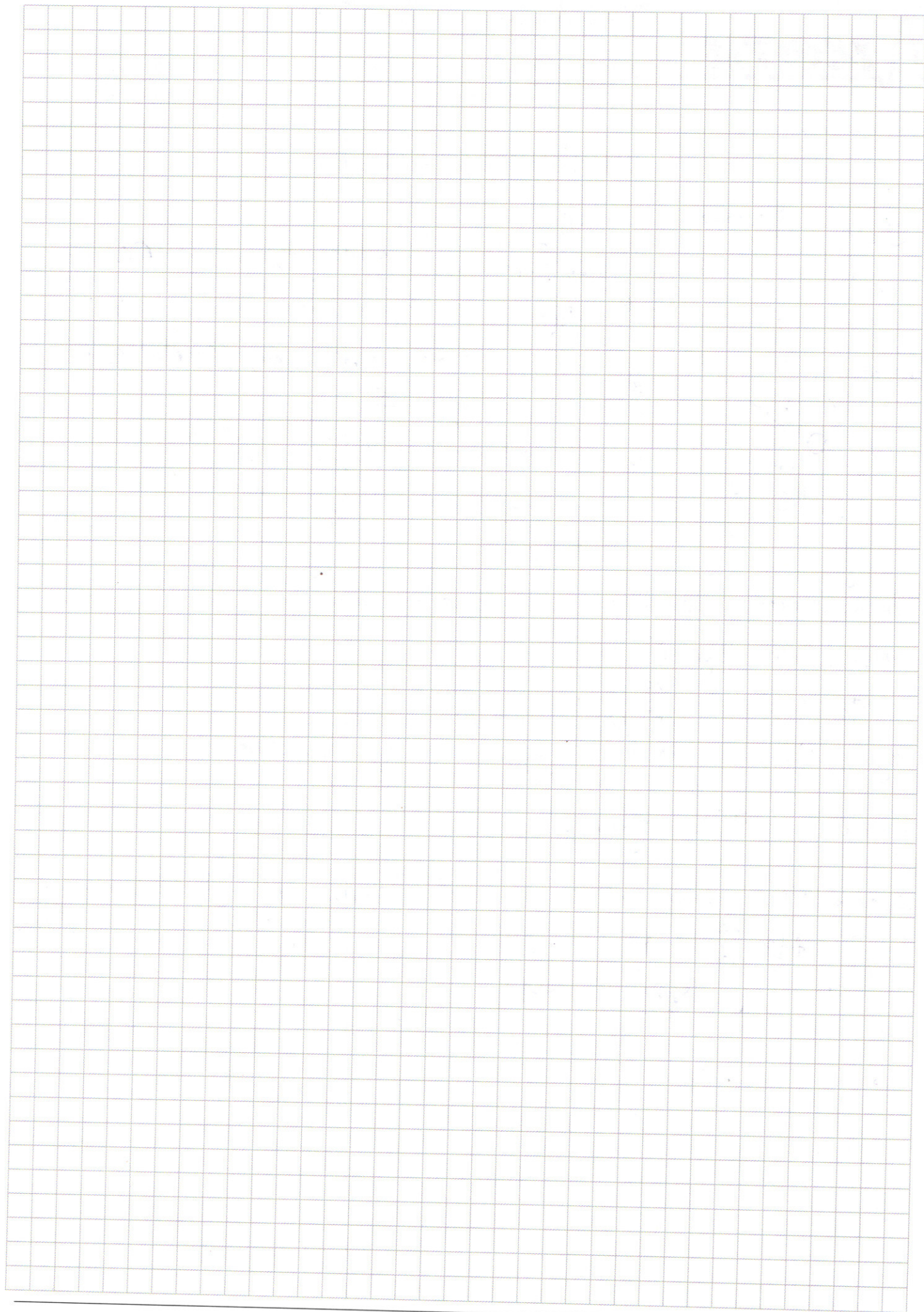
$$a_y = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{25}{17} g R} = \sqrt{\frac{25}{17} \cdot 0,53 \cdot 10}$$

$$\approx \sqrt{5^2 \cdot 3 \cdot 10} \approx 27,5 \text{ м/с}$$

Моменты сил относительно A: $F \cdot \frac{5}{4} \sin \alpha R + Mg \cdot \frac{5}{4} R \cos \alpha = N \cdot \frac{5}{4} R \cos \alpha$

$$F \cdot \frac{8}{17} + Mg \cdot \frac{15}{17} = N \cdot \frac{15}{17}$$

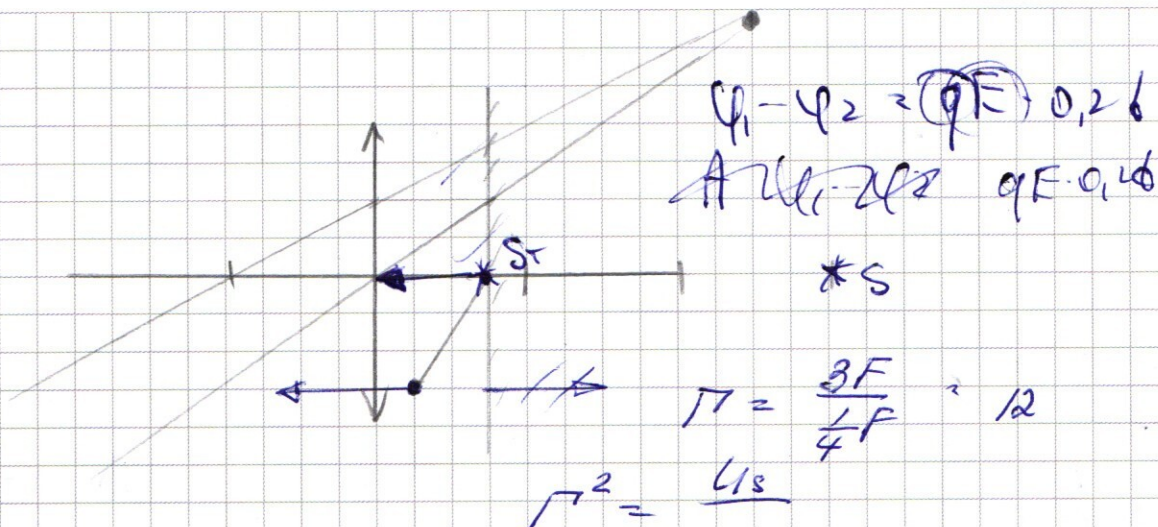
$$F = \frac{15}{8} (N - Mg)$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{3F} + \frac{1}{f}$$
$$f = \frac{3}{2}F$$

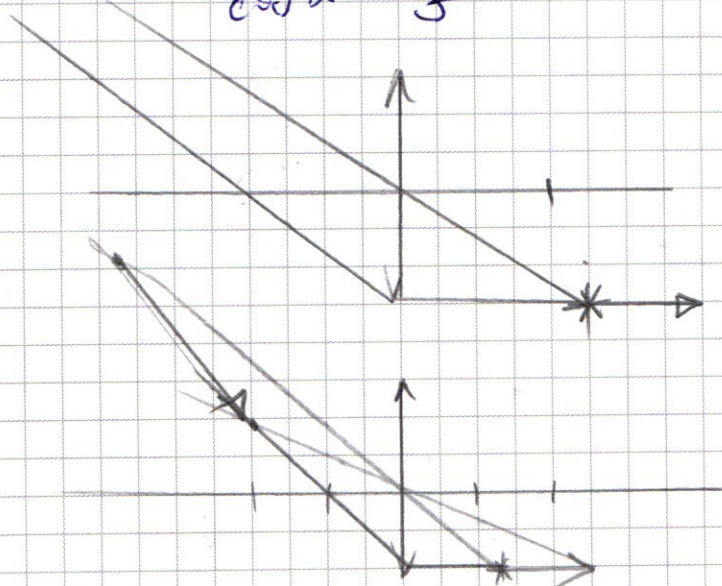
$$\frac{1}{F} = \frac{4}{5F} + \frac{1}{f}$$

$$1 + \frac{g}{16} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{25}{16} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$
$$\cos^2 \alpha = \frac{4}{5}$$

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

$$\frac{3}{4}F + F =$$



$$\frac{F}{2} + \frac{3}{4} F_2 = \frac{5}{4} F$$

$$\frac{4}{5K} + \frac{1}{\cancel{2}} = \frac{1}{\sqrt{}}$$

$$u \cdot \frac{1}{\sqrt{}} = \frac{5-4}{5\sqrt{}}$$

$$\rightarrow f = 5\sqrt{}$$

$$\cos z = \frac{u \cos v}{u}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{25}{10} = \frac{9}{10} + \frac{16}{10} = \frac{25}{10}$$

$$m a_y = -N + m g \cos \alpha + T \sin \beta$$

$$F \neq -T \cos \alpha = 0$$

$$F = T \cos \alpha$$

$$\frac{d p}{d t} = m g$$

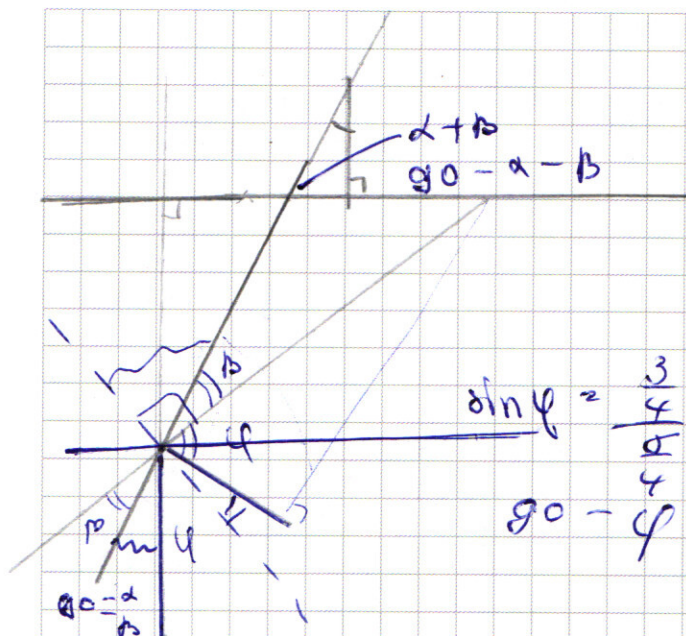
вверх: $T \sin \beta \cos(\beta + \alpha) = \alpha \times \gamma$

$$\sin \beta = 1$$

$$\frac{5}{4} = 1$$

$$F = ?$$

$$a = \text{дуга}$$



$$\varphi + \beta + 90 - \alpha - \beta = 90$$

$$\varphi = \alpha$$

$$\sin \varphi = \frac{3}{5} = \frac{3}{5}$$

$$90 - \varphi$$

$$\frac{53}{17}$$

$$3 \cdot 10 \cdot 25$$

$$30 \sim 5,5$$

$$\times \frac{5,5}{5}$$

$$2,77$$

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

$$= \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} = \frac{1}{5 \cdot 17} (45 - 32) = \frac{13}{5 \cdot 17}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q = \frac{5}{2} p_0 V_0 \quad 10^8 \cdot \frac{3}{5}$$

$$Q_{\text{из}} = \frac{3}{2} p_0 V_0 \quad \frac{8}{2} \cdot \frac{3}{5} = \frac{3}{2}$$

$$Q_{\text{из}} =$$

$$\frac{5}{2} p_0 V_0 = Q \cdot \frac{3}{5}$$

$$\frac{3}{2} p_0 V_0 = \frac{3}{5} Q$$

$$\frac{5}{2} V R_4 T = \frac{3}{5} Q \quad - \quad \frac{x^2 - 2x + 1}{x^2 - \frac{2}{5}x - \frac{3}{5}} \Big/ \frac{5x^2 - 2x - 3}{5}$$

$$4T = \frac{Q}{V R_4} \cdot \frac{2}{5}$$

$$5x^2 - 2x - 3 = 0$$

$$x = 4 + 3 \cdot 4 \cdot 5 = 4(1 + 3 \cdot 5) = 4 \cdot 16 =$$

(8)

$$x = \frac{2+8}{10} = 1, \quad \frac{2}{5} - 2 = \frac{2-10}{5} = -\frac{8}{5}$$

$$x = \frac{2-8}{10} = -\frac{1}{4}, \quad -\frac{6}{10} = -\frac{3}{5}$$

$$(5x-1)/(x-1) = \frac{5x^2 - x - 5x + 1}{5x^2 - 6x + 1}$$

$$(x-1)^2$$

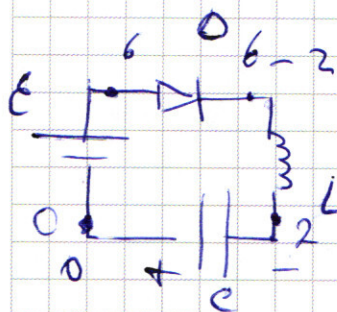
$$(x-1)(x + \frac{3}{5})$$

$$\frac{1}{4} \quad \frac{1}{1} \quad \frac{1}{1} \quad \frac{1}{1} \quad \frac{1}{1} \quad \frac{1}{1} \quad \frac{1}{1} \quad \frac{1}{1} \quad \frac{1}{1} \quad \frac{1}{1}$$

$$\frac{A}{B} \Big/ \frac{C}{D}$$

$$+ 10C + 8 = A$$

$$\frac{A}{B} = \frac{10C + 8}{B} = C + \frac{8}{B}$$

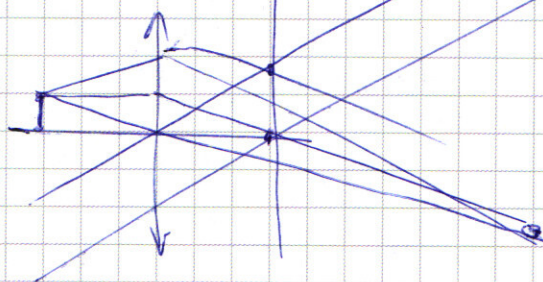
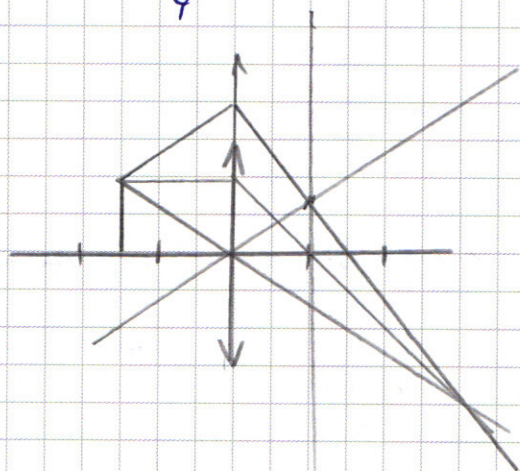
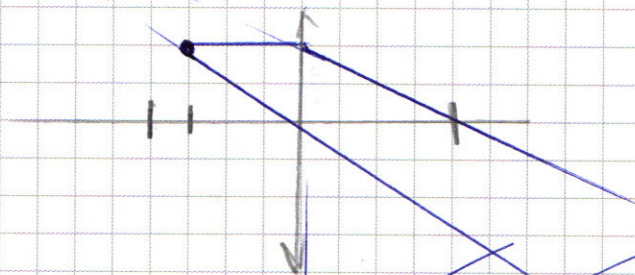
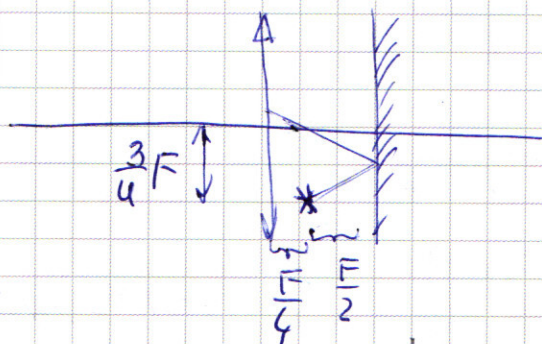


U₀ - нап. открыт.

кон. с. 3Ф подает н.а. U₀ = 8

$$\frac{dI}{dt}$$

$$L \frac{dI}{dt} = U_0$$

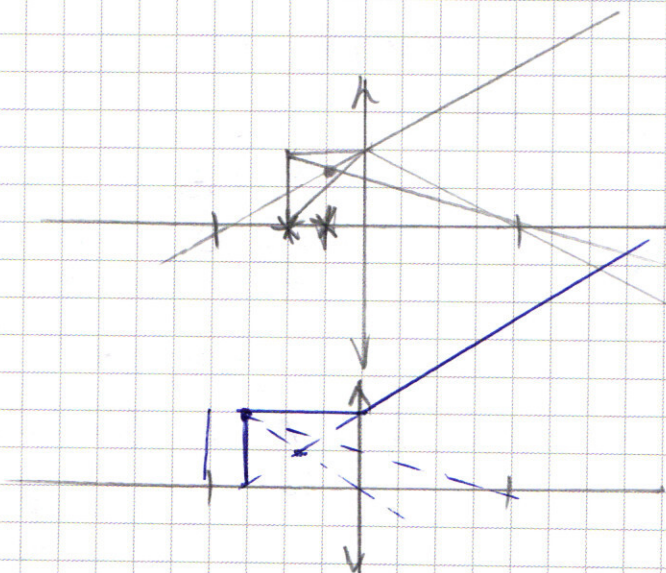


$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{F} - \frac{1}{3F} = \frac{1}{F} - \frac{4}{2F}$$

$$= \frac{3-4}{3F} = -\frac{1}{3F}$$

$$f = 3F$$



$$\frac{1}{F} = \frac{4}{3F} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{3-4}{3F} = -\frac{1}{3F}$$

$$f = 3F$$