

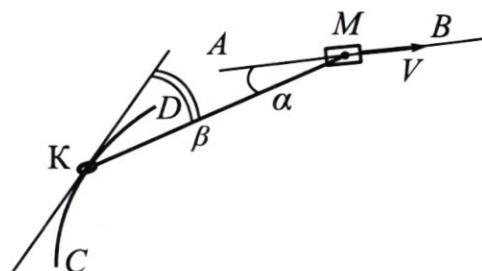
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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.



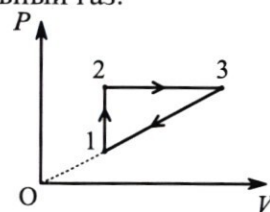
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

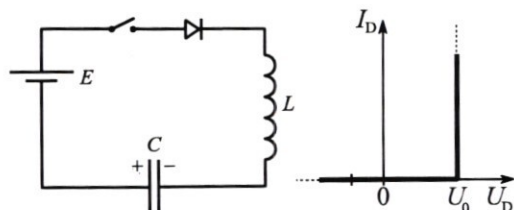
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

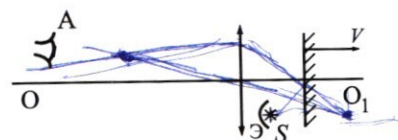


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

№1.

1) Так как катанута и переставлена,
проекции скоростей муфты
и каната на неё равны.

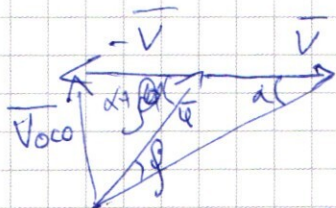
$$u \cos \beta = v \cos \alpha$$

$$\left| u = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \right| = 34 \text{ см/с} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{3} = 50 \text{ см/с}$$

$$\boxed{u = 50 \text{ см/с}}$$

2) $\vec{V}_{03} = \vec{V}_{00} + \vec{V}_{02}$

$$\vec{V}_{00} = \vec{V}_{03} - \vec{V}_{02} = \vec{U} - \vec{U}$$



$$\cos \alpha = \frac{15}{17} \quad \sin \alpha = \frac{8}{17}$$

$$\cos \beta = \frac{3}{5} \quad \sin \beta = \frac{4}{5}$$

$$= V^2 \left(\frac{25^2 + 17^2 - 130}{17^2} \right) = \left(\frac{28}{17} V \right)^2$$

$$\boxed{V_{00} = \frac{28}{17} V} = 56 \text{ см/с}$$

$$V_{00}^2 = u^2 + u^2 - 2uu \cos(\alpha + \beta) =$$

$$= u^2 + u^2 - 2uu(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) =$$

$$= 50^2 + 50^2 - 2 \cdot 50 \cdot 50 \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} \right) =$$

$$= 2 \cdot 25^2 \frac{25^2 + 17^2 - 130}{17^2} = V^2 \frac{2 \cdot 28^2}{17 \cdot 17 \cdot 5} =$$

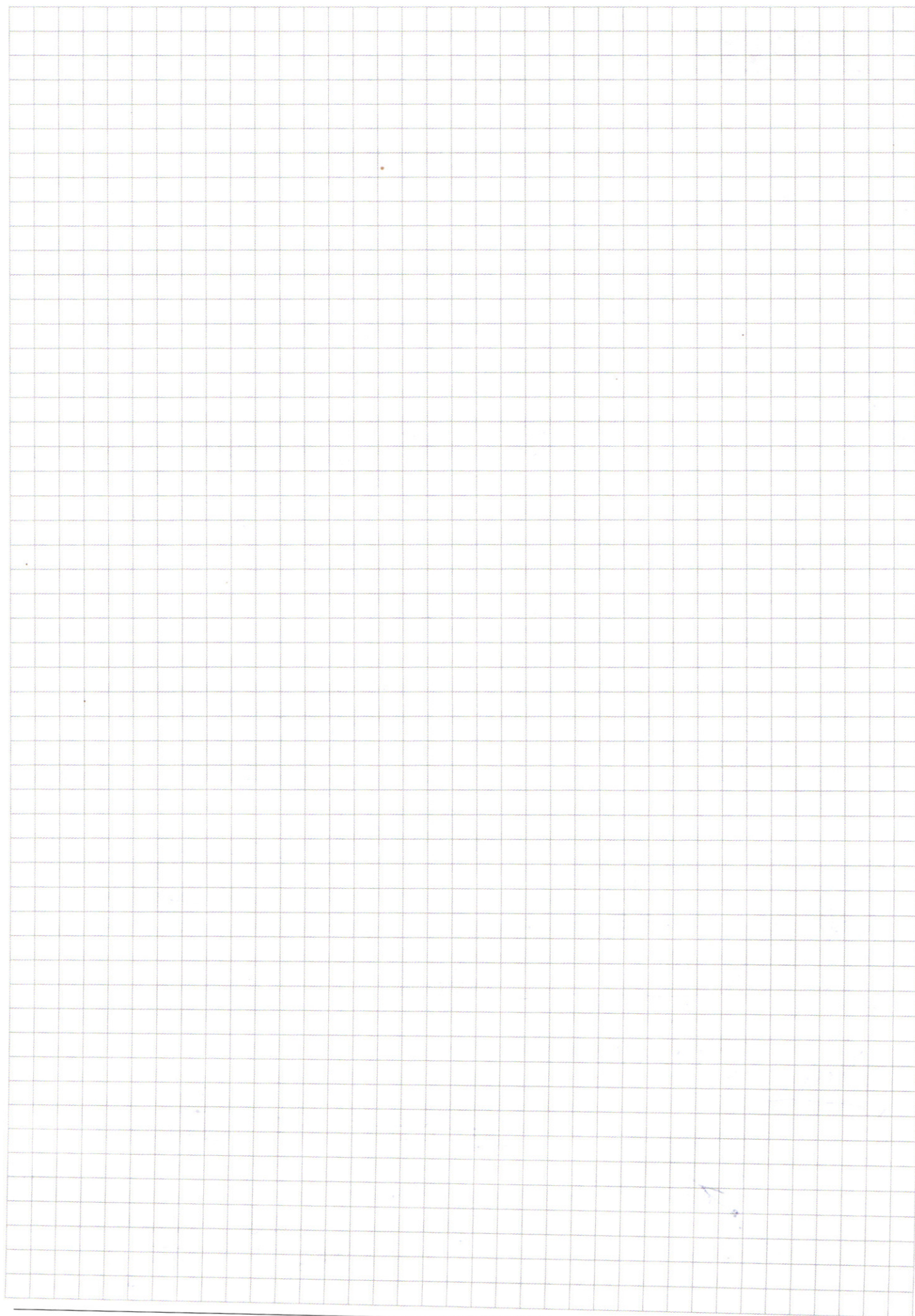
3)



$$a_T = \frac{du}{dt}$$

$$m a_T = T \cos \beta$$

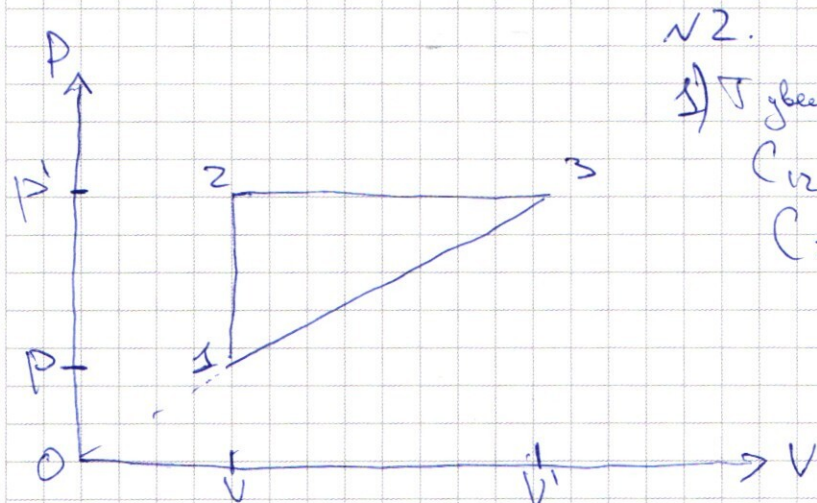
$$T = \frac{m a_T}{\cos \beta} = \frac{m du}{\cos \beta dt}$$



☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 2
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№2.

1) Т. постоянна на 1-2 и 2-3.

$$C_{12} = C_v = \frac{3}{2} R$$

$$C_{23} = C_p = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{5}{3}$$

2) в процессе 2-3:

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

$$A_{23} = p(V_3 - V_2) = \frac{1}{2} R(T_3 - T_2)$$

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

$$\eta = \frac{A}{Q^*}$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{C_v}{R} = \frac{3}{2}$$

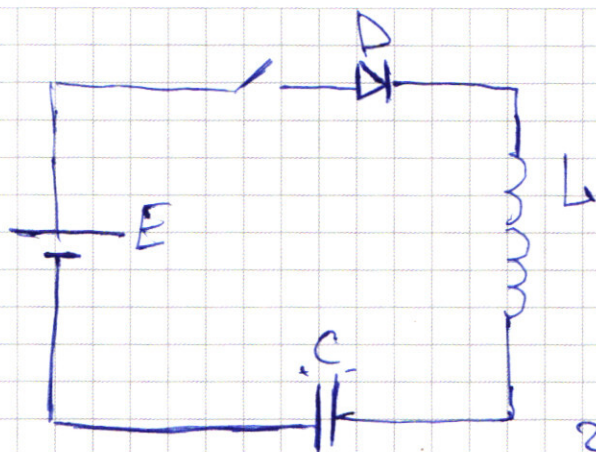
$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31}$$

$$Q_{32}^* = \frac{3}{2} R(T_2 - T_3) = \frac{3}{2} R(T_2 - T_3)$$

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

$$Q_{31} < 0 \Rightarrow Q^* = Q_{12} + Q_{23}$$

$$\frac{P}{V} = \frac{P'}{V'} \text{ , т.к. } p = \alpha V$$



н.ч.

1) в начальный момент времени $I=0$, т.к. ток через катушку мгновенно не меняется

а $U_C = -U_L$, так как $U_L = U_0$

2-й 3-й Кирхгофа:

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

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

$$\frac{dI}{dt} = I' = \frac{E + U_L - U_0}{L} = \frac{7}{0,1} = \boxed{70 \frac{A}{C}}$$

2) $I \rightarrow$ максимальный, когда $\frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow E_L = -L \frac{dI}{dt} = 0$

I_{max} , когда $U_C = E - U_0$

$$\frac{L I_{max}^2}{2} + \frac{C(E - U_0)^2}{2} - \frac{C(U_L)^2}{2} + U_0 \cdot q = E \cdot q, \text{ где } q -$$

заряд протекший через источник и равный $q_0 + C U_C$, $q_0 = C U_L$.

$$\frac{L I_{max}^2}{2} + \frac{C(E - U_0)^2}{2} - \frac{C(U_L)^2}{2} = C(U_C + U_L)(E - U_0)$$

$$\frac{L I_{max}^2}{2C} + \frac{25 - 4}{2} = 7 \cdot 5$$

$$L I_{max}^2 + 21C = 40C$$

$$\boxed{I_{max} = 7 \sqrt{\frac{C}{L}} = 10A}$$

3) после этого ток I в цепи начнет падать, а U_C будет расти пока I не станет равным 0. Это и будет установившееся состояние, т.к. заряд не даст току течь в другую сторону

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

14. (продолжение)

Каждый из конденсаторов из ЗСД:

$$\frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_2^2}{2} + U_0 \cdot q = \varepsilon q, \quad q = C(U_1 + U_2)$$

$$\frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_2^2}{2} = \varepsilon(U_1 - U_0)$$

$$\frac{U_1^2}{2} - \frac{U_2^2}{2} = \varepsilon(U_1 - U_0)$$

$$\frac{U_1^2}{2} + U_1(U_0 - \varepsilon) - \frac{U_2^2}{2} + \varepsilon U_2 + U_0 U_2 = 0$$

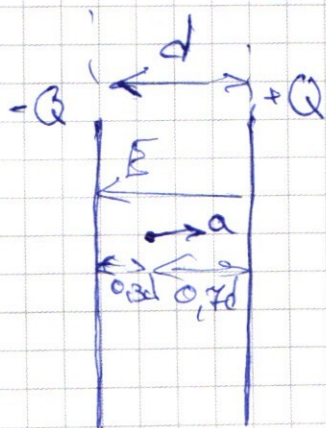
$$\frac{U_1^2}{2} + 9U_1 - 12 - 12 + 12 = 0$$

$$U_1^2 - 10U_1 - 24 = 0$$

$$U_1 = 5 \pm 7$$

$U_1 = -2$ - Макс. момент, $U_1 = 12$ - конечный момент.

Итак, $U_2 = 12$ В



З.З. заряд q - отриц., т.к. q движется
против линий E

И З.Н. для заряда: $ma = Eq$

$$a = \frac{Eq}{m}$$

$$\frac{U_1^2}{0,4 \cdot 2} = a = \frac{Eq}{m}$$

$$\frac{a \tau^2}{2} = 0,2d$$

$$\tau^2 = \frac{0,4d}{a} = \frac{0,4d \cdot 1,4d}{U_1^2} = \frac{14d^2}{25U_1^2}$$

$$T = \frac{d}{5V_1} [14.1]$$

$$2) E_{\text{эсконеч. плоскости}} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{S \cdot 2\epsilon_0} = E_0$$

$$E_{\text{м/у обкладок}} = 2E_0 = \frac{Q}{S\epsilon_0}$$

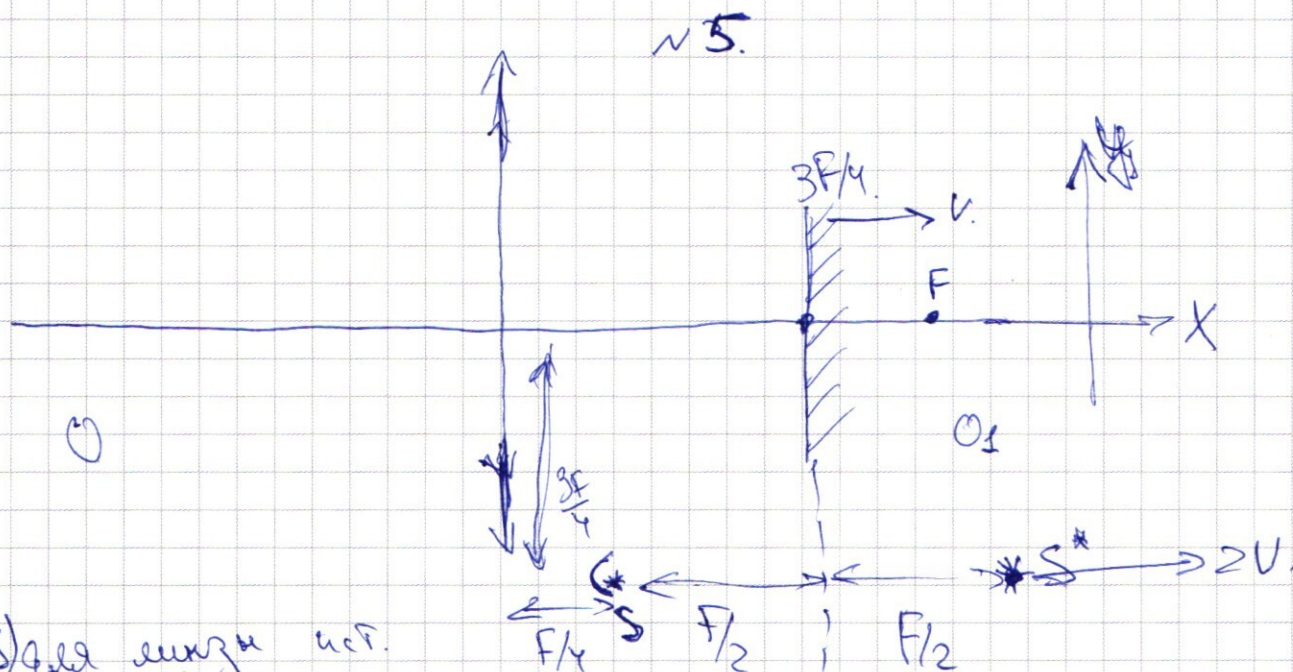
$$\alpha = \frac{V_2^2}{1.4d} = \gamma E_{\text{м/у обкладок}} = \frac{Q}{S\epsilon_0} \cdot \gamma$$

$$Q = \frac{V_1^2 \cdot S \epsilon_0}{1.4d \cdot \gamma} \quad \text{— заряд на пластинках конденсатора (по модулю)}$$

$$3) \Delta E_{\text{кин.}} = \Delta W_{\text{эл. сил.}}$$

$\Delta W_{\text{эл. сил.}} = U_0 - U_{\text{кон}} = q \cdot E$, но поле E зарядов конденсатора отсутствует $\Rightarrow V_2 = V_1$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) Для оценки ксф.

Второй вариант S^* - не заст. 5f от анализа.

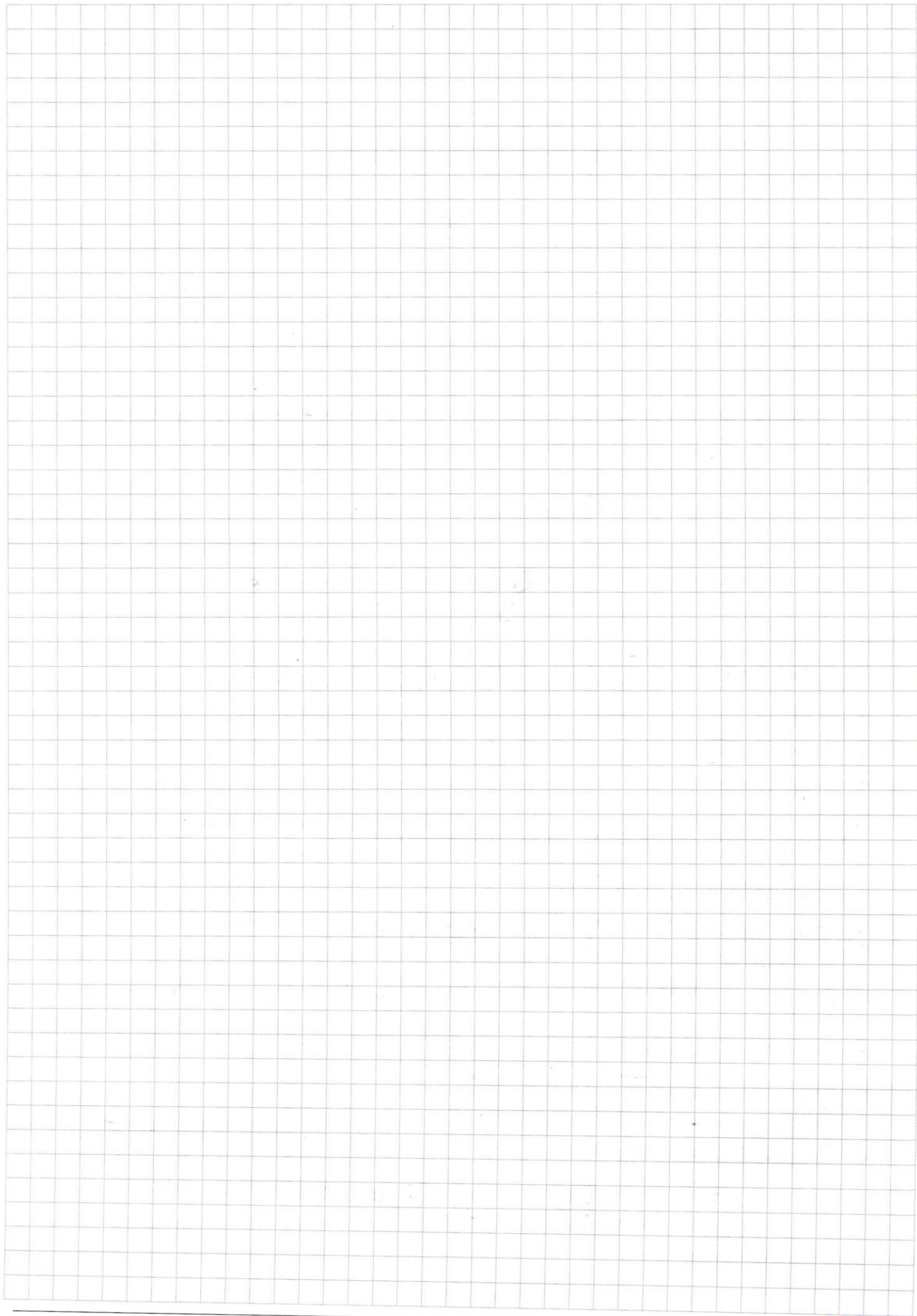
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{f} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d} = \frac{d-f}{df} \quad f = \frac{df}{d-f} = \frac{5/4 \cdot F^8}{\frac{1}{4}F} = 5F$$

Наблюдение можно увидеть на расстоянии 5F от плоскости линзы.

плоскости линзы.

2) В СО зеркале $V_s = V$, ~~тогда~~ $V_{s*} = V \Rightarrow$ в СО ~~зеркале~~
лабр. СО $V_{s*} = 2V$, при этом $V_y = 0, V_x = 2V$. Значит
скорость изображения также не имеет составляющей
полю. $\Rightarrow \boxed{\alpha = \pi, \sin \alpha = 0}$

3) Пусть скорость изобращения U , тогда $U = 2V\Gamma^2 =$
 $= 2V\left(\frac{f}{\lambda}\right)^2 = 2V\left(\frac{5f}{54\lambda}\right)^2 = \boxed{32V}$, направлена вправо



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$a = \frac{du}{dt}$

$\frac{dx}{dt} =$

$(v + \frac{dx}{dt}) \cos \alpha = u$

$v \cos(\alpha - \alpha) = u' \cos(\beta + \alpha\beta)$

$v \cos \alpha = u \cos \beta$

$\frac{u'}{u} = \frac{1 + \alpha x \tan \beta}{1 + \alpha x \tan \alpha}$

$\frac{u'}{u} = \frac{1 + \alpha x \tan \beta}{1 + \alpha x \tan \alpha} = \frac{u'}{u} \frac{\cos \beta \cos \alpha\beta + \sin \beta \sin \alpha\beta}{\cos \beta}$

$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 + x \tan \beta}{1 + x \tan \alpha} =$

$$\frac{1}{P} = \text{const} = \frac{1}{d} \cdot \frac{1}{f}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$625 + 289 - 130 = 625 + 159 = 784.59 \approx 785 + 9 = 794 = 2 \cdot 392 =$$

$$= 4 \cdot 196 = 818 \cdot 49 = 28^2$$

$$A_{\Sigma} = \frac{(p_2 p_3)(V_3 - V_2)}{2} = \frac{p_3 V_2 - p_3 V_1 - p_2 V_2 + p_2 V_3}{2}$$

$$\frac{p_2}{V_1} = \frac{p_3}{V_3} \quad p_1 V_3 = p_3 V_1 \quad p_1 V_3 = p_3 V_1 = p_2 V_2$$

$$A_{\Sigma} = \frac{p_2 V_3 - p_2 V_2 - p_3 V_3 + p_3 V_2}{2} \quad \xrightarrow{V=0} \quad \xrightarrow{p=0}$$

$$\frac{(p' - p)(V' - V)}{2} = \frac{p' V' - p' V - p V' + p V}{2} \quad C_{\Sigma} = 2R$$

$$22R(T_1 - T_3) = \frac{3}{2} R \Delta T \cdot A$$

$$\frac{p'}{V'} = \frac{p}{V}$$

$$pV = V'p'$$

$$2R(T_2 - T_3) = (p' - p)V$$

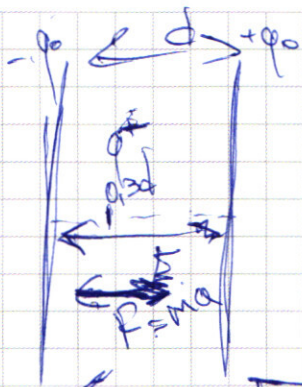
$$2R(T_3 - T_2) = p'(V' - V)$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{p' V' - p' V - p V' + p V}{\frac{3}{2} p' V - \frac{3}{2} p V + \frac{5}{2} p' V' - \frac{5}{2} p V} =$$

$$= \frac{p' V' - p' V - p V' + p V}{5 p' V' - 3 p V - 2 p' V}$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{2R(T_3 - T_2) + 2R(T_2 - T_3) + 2R(T_1 - T_3)}{\frac{3}{2} 2R(T_2 - T_3) + \frac{5}{2} 2R(T_3 - T_2)} = \frac{p' V' - 2 p' V + p V}{5 p' V' - 3 p V - 2 p' V}$$

$$= \frac{2T_3 - 2T_2 + T_3 - T_2}{3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2} = \frac{T_3 + T_1 - 2T_2}{5T_3 - 3T_1 - 2T_2}$$



$$F = E\phi$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$ma = E\phi$$

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

$$T = \sqrt{\frac{0,4d}{\gamma E}}$$

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

$$T = \sqrt{\frac{0,4d \cdot 1,4d}{V_s^2}}$$

$$T^2 = \frac{0,4d}{a}$$

$$= \sqrt{\frac{0,56d^2}{V_s^2}}$$

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

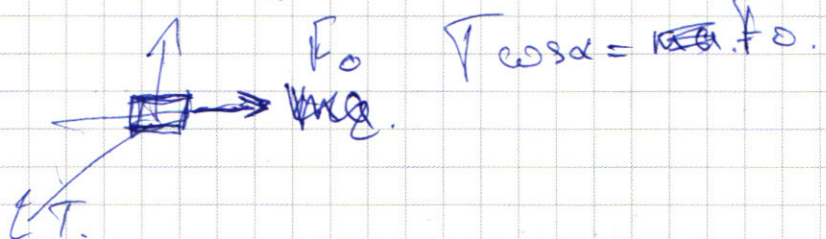
$$\frac{Q}{\epsilon_0} = E \cdot 2S$$

$$T = \frac{d}{V_s} \sqrt{\frac{56}{10}}$$

$$a \cdot 1,4d = V_s^2$$

$$E = \frac{k}{2\epsilon_0} \frac{Q}{S} = \frac{6}{280}$$

$$\gamma E = \frac{V_s^2}{1,4d}$$



$$U_c = \frac{5 \pm \sqrt{25 + 24}}{2} = 5 \pm 4,7$$

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

$$\phi = U_0 + U_L - U_C$$

$$U_L = \phi + U_C - U_0 = 6 + 2 - 5 = 3 \text{ В}$$

$$\phi_1 - \phi_2 = U_0$$

$$W_L' = \phi C - CU_C = 0$$

$$\phi = U_C$$

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

$$I_{\max}, \text{ когда } \frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow \phi = U_0 + U_C$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{U_L}{L} = \boxed{40 \frac{\text{A}}{\text{C}}}$$

$$U_C = 5 \text{ В}$$

$$q_C = CU_C'$$

$$q = q_C + q_0 = CU_C' + CU_C$$

$$L \frac{I_{\max}^2}{2} + \frac{CU_C'^2}{2} = \phi q = \phi C (U_C' + U_C)$$

$$W_L = \phi C (U_C' + U_C) - \frac{CU_C'^2}{2} = \phi C U_C' + \phi C U_C - \frac{CU_C'^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m a_{\tau} = T \cos \beta$$

$$m a_y = T \sin \beta - N$$

$$a_{\tau} = \lim_{\delta y \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$$

$$v \cos(\alpha + \Delta \alpha) = u' \cos(\beta + \Delta \beta)$$

$$v (\cos \alpha (\frac{1 - \Delta \alpha^2}{2}) - \Delta \alpha \sin \alpha)$$

$$l = (y - dy)^2 + (x + dx)^2 - 2 \cos \alpha (y - dy)(x + dx)$$

$$\frac{y - dy}{\sin(\beta + \Delta \beta)} = \frac{x + dx}{\sin(\alpha + \Delta \alpha)}$$

$$l = y^2 - 2ydy + dy^2 + x^2 + 2xdx + dx^2 - 2 \cos \alpha (xy - xdy - ydx + dx dy)$$

$$x^2 + y^2 - 2xy \cos \alpha = y^2 - 2ydy + x^2 + 2xdx - 2 \cos \alpha xy + 2 \cos \alpha (xdy + ydx)$$

$$ydy + xdx = \cos \alpha (x dy + y dx) \quad dy(y + x \cos \alpha) = dx'$$

$$\frac{LI^2}{2} + \frac{CU_c^2}{2} = \varepsilon q + \frac{CU_s^2}{2} - q \cdot U_D. \quad q_c = CU_s$$

$$\frac{LI^2}{2} + \frac{CU_c^2}{2} = \varepsilon CU_c + \varepsilon q_0 + \frac{CU_s^2}{2} \quad q = CU_c + q_0.$$

$$\frac{LI^2}{2} = \cancel{\varepsilon CU_c} \quad q(\varepsilon - U_D) + \frac{CU_s^2}{2} - \frac{CU_c^2}{2}.$$

$$W_D = L \frac{I^2}{2} = (CU_c + q_0)(\varepsilon - U_D) + \frac{CU_s^2}{2} - \frac{CU_c^2}{2}.$$

$$W'_D = (\varepsilon - U_D) \cdot C - 2CU_c = 0$$

$$U_c = \varepsilon - U_D.$$

$$\frac{LI_m^2}{2C} + \frac{(6-2)^2 - 2^2}{2} = (6-2+2)(6-5).$$

$$\frac{LI_m^2}{2C} + \frac{25^2 - 4}{2} = 35,$$

$$LI_m^2 + 21C = 40C.$$

$$LI_m^2 = 40C.$$

$$I_m = 4 \sqrt{\frac{C}{L}} = 4 \sqrt{400} = 100$$

