

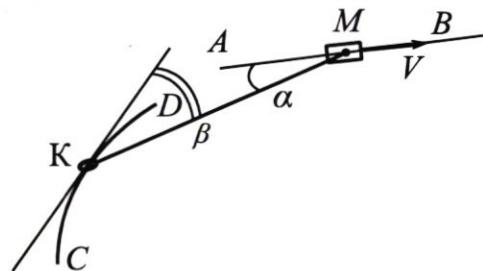
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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

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.



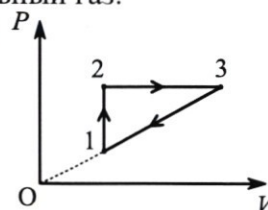
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

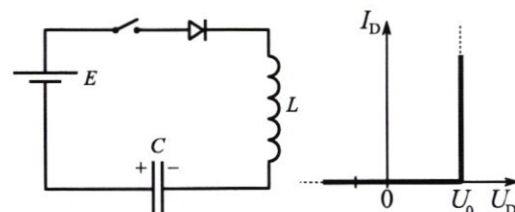
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

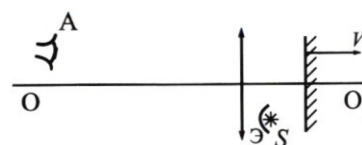


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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



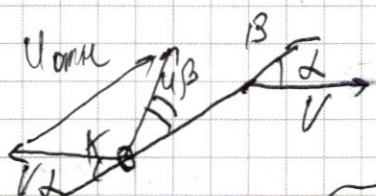
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1

1) По к. Косинус теорема $\Rightarrow U \cos \beta = V \cos \alpha \Rightarrow U = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$

$$U = 34 \cdot \frac{45}{51} = \frac{150}{3} = 50 \text{ км/ч! (Ответ)}$$

2



по т. косинусов $U_{отн} = \sqrt{V^2 + U^2 - 2VU \cos(180^\circ - (\alpha + \beta))} =$
 $= \sqrt{V^2 + U^2 + 2VU \cos(\alpha + \beta)} = \sqrt{34^2 + 50^2 + 68 \cdot 50 \cdot \left(\frac{15}{14} \cdot \frac{3}{5} - \frac{8}{14} \cdot \frac{4}{5}\right)} =$
 $= \sqrt{1156 + 2500 + 68 \cdot 50 \cdot \frac{13}{10}} = \sqrt{1156 + 2500 + 520} =$
 $= \sqrt{4176} \text{ км! (Ответ)}$ 3) $a_1 = \frac{U^2}{R}$

Задача 2

1) $Q_{12} = \frac{3}{2} DR (T_2 - T_1) + A_{12} = C_{12} \cdot D \cdot (T_2 - T_1) \Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} R! \text{ (Ответ)}$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} DR (T_3 - T_2) + P(V_3 - V_2) = C_{23} \cdot D \cdot (T_3 - T_2)$$

$$P(V_3 - V_2) = DR (T_3 - T_2) \Rightarrow C_{23} \cdot D \cdot (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} DR (T_3 - T_2) \Rightarrow C_{23} = \frac{5}{2} R! \text{ (Ответ)}$$

2) $\frac{U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} DR (T_3 - T_2)}{DR (T_3 - T_2)} = \frac{3}{2}! \text{ (Ответ)}$

Задача 3

1) $E|q| = m\omega \Rightarrow q = E\gamma$

$0,2d = \frac{E\gamma T^2}{2} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{0,4d}{E\gamma}}$

$0,4\gamma d \cdot E|q| = \frac{mV_1^2}{2} \Rightarrow E = \frac{V_1^2}{1,4\gamma d}$

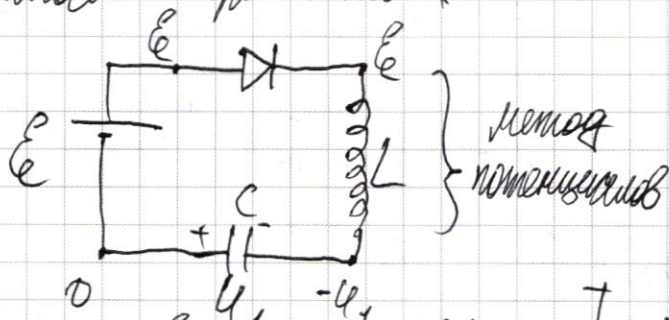
$T = \sqrt{\frac{0,4d \cdot 1,4 \cdot \gamma d}{V_1^2 \gamma}} = \frac{d}{V_1} \sqrt{0,56} ! \text{ (Ответ)}$

2) $\frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{V_1^2}{1,4\gamma d} \Rightarrow Q = \frac{\epsilon_0 S V_1^2}{1,4\gamma d} ! \text{ (Ответ)}$

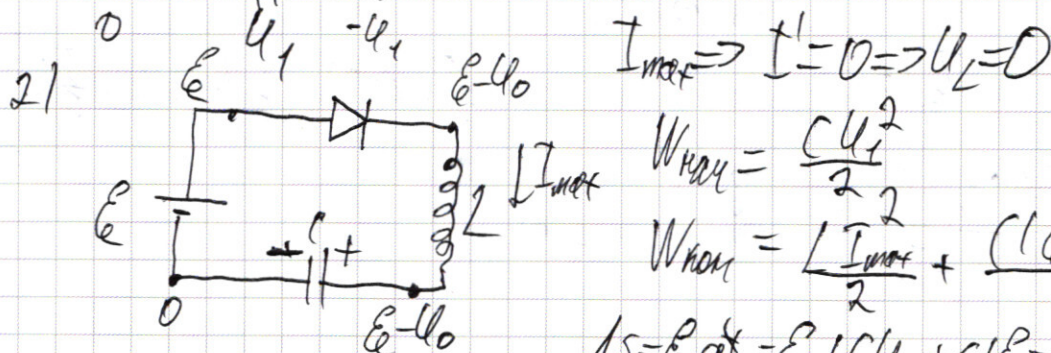
3) $V_2 = V_1$ т.к. за пластинами конденсатора поля нет!
(Ответ)

Задача 4

1) Рассмотрим момент сразу после замыкания ключа
(из-за инерции тока в цепи нет и на диоде не может появиться напряжения)



$I' = \frac{U_L}{L} = \frac{E + U_1}{L} = \frac{E}{0,1} = 80 \text{ Ас} !$
(Ответ)



$I_{\max} \Rightarrow I' = 0 \Rightarrow U_L = 0$

$W_{\text{нач}} = \frac{CU_1^2}{2}$

$W_{\text{кон}} = \frac{LI_{\max}^2}{2} + \frac{C(E-U_0)^2}{2}$

$\Delta S = E q^* = E(CU_1 + C(E-U_0))$

3) $\exists: 2EC(U_1 + E - U_0) > LI_{\max}^2 + C(E - U_0)^2$

$I_m = \sqrt{\frac{2EC(U_1 + E - U_0) - C(E - U_0)^2}{L}} = 20\sqrt{39} \cdot 10^{-3} \text{ А} ! \text{ (Ответ)}$

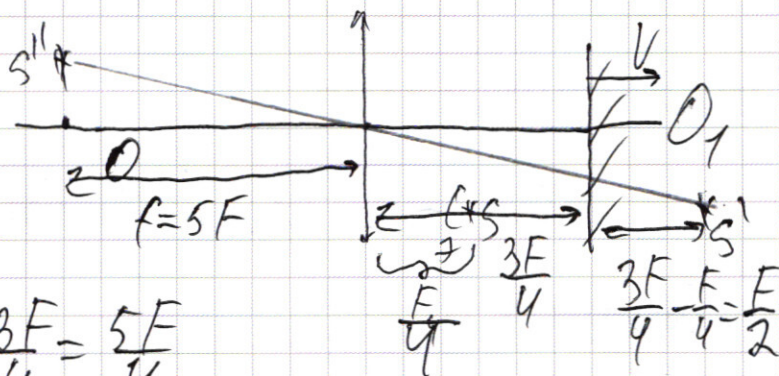
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) $U_{II} = I^2 \cdot R_{II} = 32 V$, $U_{ад} = U_{II} - U = 31 V!$ (Ответ)

Задача 4
3 вопрос

11

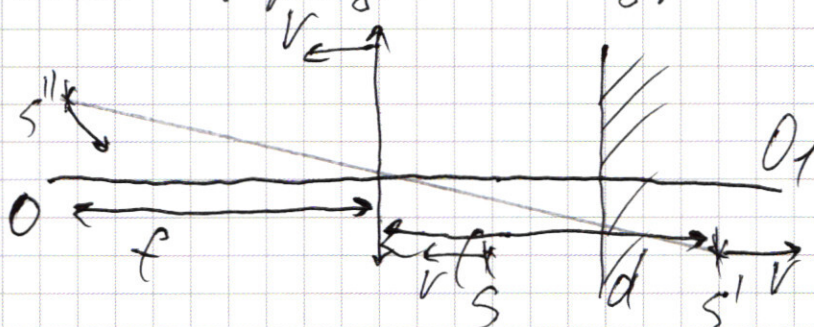
Задача 5



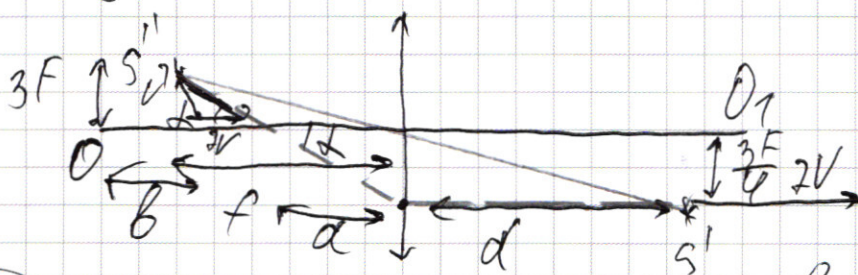
$$d = \frac{F}{2} + \frac{3F}{4} = \frac{5F}{4}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{F \cdot \frac{5F}{4}}{\frac{F}{4}} = 5F! , \Gamma = \frac{F}{d-F} = 4$$

а) ~~Перейдем в СО зеркала:~~ Перейдем в СО зеркала:



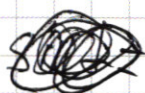
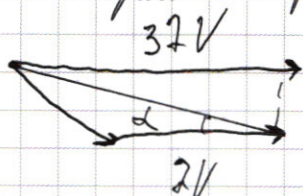
Перейдем в СО линзы и рассмотрим только предмет в зеркале и его изображение



~~В СО линзы совпадает с СО зеркала.~~

СО линзы совпадает с СО зеркала.

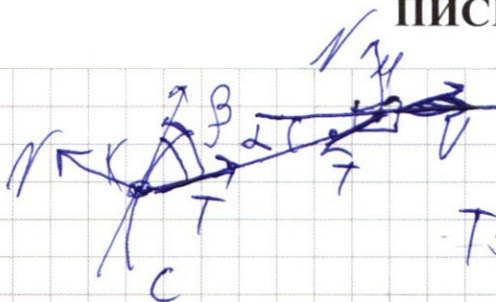
Рассмотрим треугольник сторон S'' .



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{3F}{a} \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{3F}{b} \end{aligned}$$

312

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$N = T \sin \alpha$$

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

$$\left| \frac{15}{17} \right| = \frac{25}{51} \cdot 34 \quad \frac{45 \cdot 34}{51} = 25$$

$$\frac{34 \cdot 45}{51} = \frac{150}{2} = 50$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ + 34 \\ 136 \\ 102 \\ \hline 1156 \end{array}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{289 - 225}{289}} = \frac{8}{17}$$

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

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

$$\begin{array}{r} 136 \\ + 4 \\ \hline 520 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 3020 \\ + 1156 \\ \hline 4176 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3020 \\ + 1156 \\ \hline 4176 \end{array}$$

$$S = \frac{P_2 - P_1}{2} (V_3 - V_2)$$

$$\eta = \frac{0.5(P_2 - P_1)(V_3 - V_2)}{Q_{\text{нагр}}}$$

$$= 0.5(P_2 - P_1)$$

$$\cancel{3DR(T_3 - T_1)}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 4 \\ + 0.5 \\ \hline 5.5 \end{array}$$

$$Q_{\text{нагр}} = \frac{3}{2}DR + \frac{5}{2}DR = 4DR$$

$$\eta = \frac{0.5(P_2 V_3 - P_1 V_3 - P_2 V_1 + P_1 V_2)}{4DR} =$$

$$A_{23} P_2 (V_3 - V_2) = DR(T_3 - T_2)$$

$$\begin{array}{r} \cancel{4DR} \\ E = \frac{V_1}{1.08d} \end{array}$$

$$A_{31} = \frac{P_1 + P_3}{2} (V_3 - V_1) = - \frac{P_1 V_3 - P_1 V_1 + P_3 V_3 - P_3 V_1}{2} = - \frac{P_3 V_3 - P_1 V_1}{2} =$$

$$= \cancel{DR} - \frac{DR(T_3 - T_1)}{2}$$

$$\eta = \frac{DR(T_3 - T_2) - 0.5(DR(T_3 - T_1))}{4DR} = \frac{T_3 - T_2 - 0.5T_3 + 0.5T_1}{4} =$$

$$= \frac{0.5T_3 - T_2 + 0.5T_1}{4}$$

$$P_1 + KP_3$$

$$P_1 (V_3 - V_2)$$

$$\eta = DR(T_3 - T_2)$$

$$\eta = \frac{P_2 (V_3 - V_2) - 0.5(P_1 + KP_3)(KV_1 - V_1)}{4DR} =$$

$$= \frac{P_1 (V_3 - V_2) - 0.5 P_1 V_1}{4DR}$$

$$= \frac{P_1 (KV_1 - V_1) - 0.5 P_1 V_1 (K^2 - 1)}{4DR}$$

$$= \frac{DR(T_3 - T_2) - 0.5 DR T_1 (K^2 - 1)}{4DR}$$

$$= \frac{T_3 - T_2 - 0.5 T_1 (K^2 - 1)}{4}$$



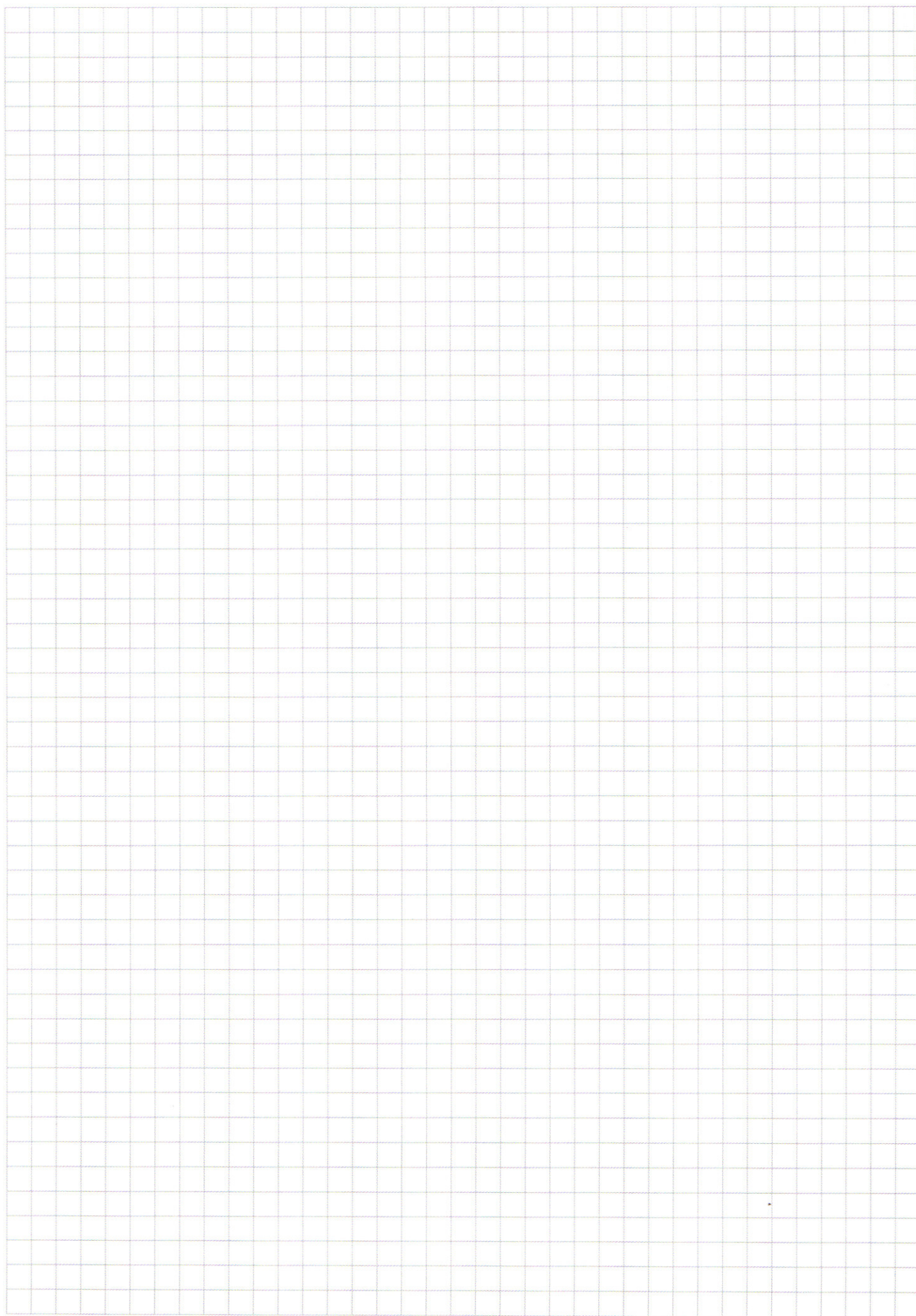
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta = \frac{A_{23} + A_{31}}{Q} = \frac{Q_s}{Q_k}$$

$$\vec{V}_{абс} = \vec{V}_{отн} + \vec{V}_{пер}$$

$$\vec{V}_{отн} = \vec{V}_{абс} - \vec{V}_{пер}$$

$$A_{31} = - \frac{P_1 + P_3}{2} |V_3 - V_1| = - \frac{P_1 + KP_1}{2} (KV_1 - V_1) = - P_1 V_1 \frac{(K-1)}{2}$$

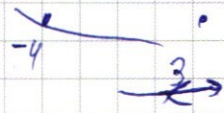
~~$$Q = \frac{2}{3} QR (t_2 - t_1) \quad Q_{23} =$$~~

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

$$u \cos \beta = v \sin \alpha \Rightarrow u = v \frac{\sin \alpha}{\cos \beta}$$

$$3-4=-1$$

$$\frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{15}{13} = \frac{45}{51}$$



$$\cos(180^\circ - \alpha - \beta)$$

$$\begin{aligned} \cos(180^\circ - (\alpha + \beta)) &= \cos 180^\circ \cos(\alpha + \beta) + \sin 180^\circ \sin(\alpha + \beta) = \\ &= -\cos(\alpha + \beta) = -(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) = \\ &= \sin \alpha \sin \beta - \cos \alpha \cos \beta \end{aligned}$$

$$Eq = m\varphi$$

$$E\gamma = \alpha$$

$$\frac{mV_1^2}{2} \quad V_1 = V_2$$

$$Eq \cdot d = \frac{mV_1^2}{2}$$

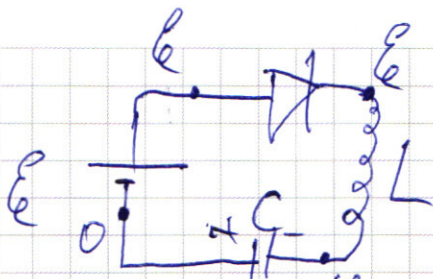
$$1.4 E\gamma d = V_1^2$$

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

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

$$20 \cdot 10^{-3} \sqrt{2.4 - 25} = \sqrt{59}$$

$$\sqrt{2 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 40 \cdot 10^6 - 40 \cdot 10^6 \cdot 25} = 20 \cdot 10^3$$



$$I = \frac{E + U_1}{L} = \frac{E}{0.1} = 20 \text{ A}$$

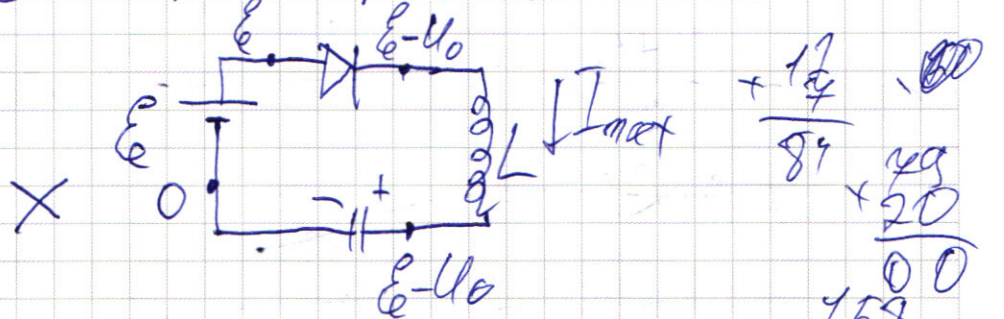
$$U_0 = U_1 - U_2$$

$$\text{Максимум: } \frac{CU_1^2}{2}$$

$$W_{\text{max}} = \frac{CU_1^2}{2}$$

$$W_{\text{max}} = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{C(E - U_0)^2}{2}$$

~~Максимум~~ Максимум!



$$q_{\text{max}} = CU_1$$

$$q_{\text{max}} = C(E - U_0)$$

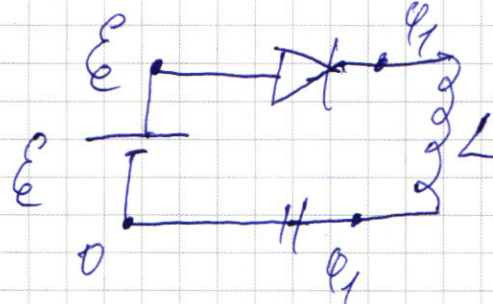
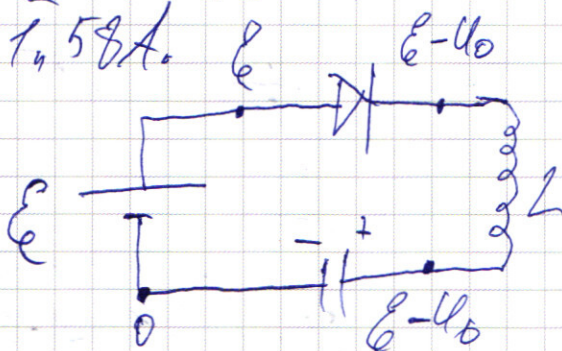
$$AS = E \cdot q = E(CU_1 - C(E - U_0)) = EC(U_1 + E - U_0)$$

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

$$2EC(U_1 + E - U_0) = LI_m^2 + C(E - U_0)^2$$

$$\sqrt{2EC(U_1 + E - U_0) - C(E - U_0)^2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot 4 - 40 \cdot 10^{-6} \cdot 5}{0.1}} =$$

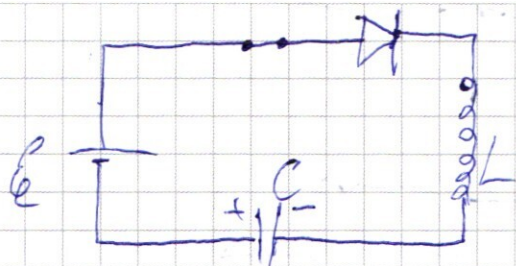
$$= \sqrt{400 \cdot 10^{-6} \cdot 17.7 - 5} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 79 = 1580 \cdot 10^{-3} = 1.58 \text{ A}$$



$$2EC(U_1 + E - U_0) - C(E - U_0)^2$$

$$2EC(U_1)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$U_L = L \frac{dI}{dt} \quad I = \frac{q}{t}$$

$$F = \text{const}$$

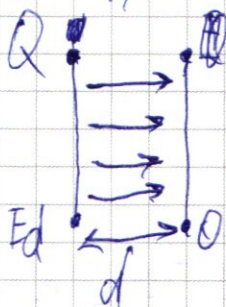
$$S = 0,4d$$

$$S_1 = 0,2d$$

$$F = \sqrt{\frac{0,4d}{F_1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{0,4d \cdot 1,48d}{1,28}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,56d^2}{1,2}} = \frac{d}{1,1} \cdot \sqrt{0,56}$$



$$Eq \cdot 0,4d = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$0,4dE = 2 \cdot E_0 \cdot 0,4d = v_1^2$$

$$E = \frac{v_1^2}{0,4d}$$

$$U = Ed$$

$$\frac{v_1^2}{1,48d} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

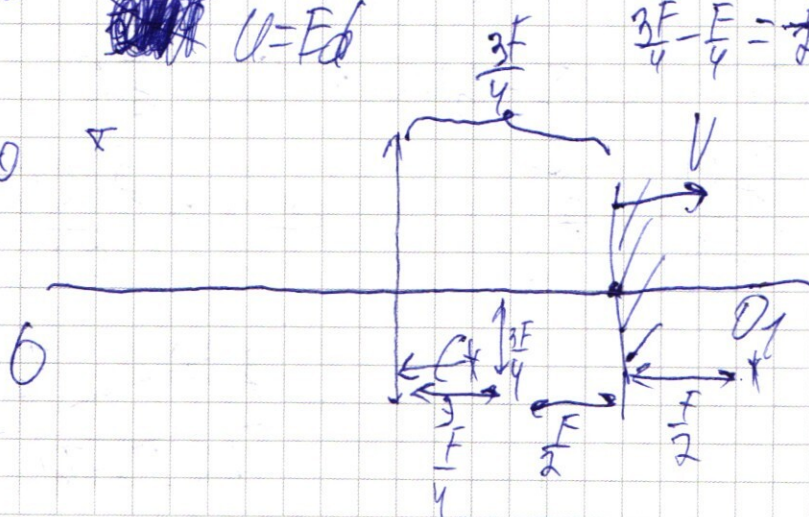
$$\frac{3F}{4} - \frac{F}{4} = \frac{F}{2}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$\epsilon_0 S = Cd$$

$$\frac{F}{2} + \frac{F}{2} + \frac{F}{4} =$$

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



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

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

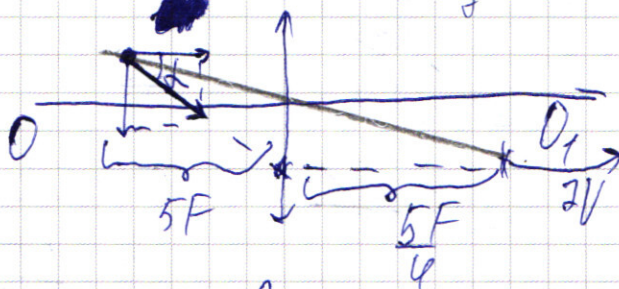
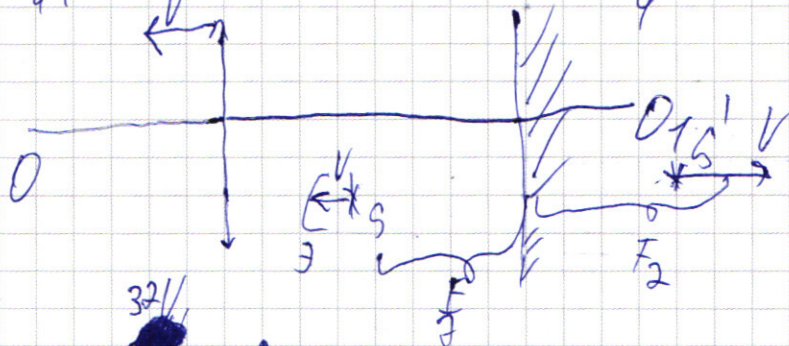
$$\frac{df}{F} = f+df$$

$$f \left(\frac{d-f}{f} \right) = d$$

$$f \left(\frac{d}{f} - 1 \right) = d$$

$$f = \frac{Fd}{d-f} = \frac{5 \cdot \frac{5F}{4}}{\frac{5F}{4}} = 5F$$

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



$$Q = \frac{5}{2} R \Delta T$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$Q = \frac{3}{2} R \Delta T + A = C \Delta T$$

$$C_{23} = \frac{3}{2} R \Delta T + P(V_3 - V_2)$$

$$\frac{3}{2} R \Delta T = C \Delta T \Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$\frac{3}{2} R (T_3 - T_2) + P(V_3 - V_2) = C_{23} (T_3 - T_2)$$

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

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\left(\frac{3}{2} R \right)}{\left(\frac{5}{2} R \right)} = \frac{3}{5}$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R (T_3 - T_2)}{P(V_3 - V_2)}$$

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