

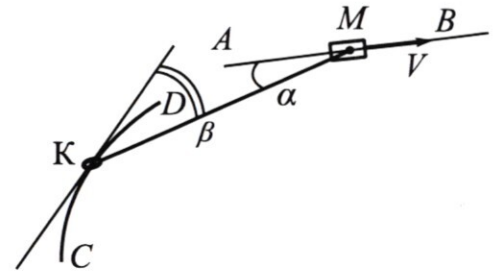
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Класс 11

Вариант 11-02

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

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K 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.



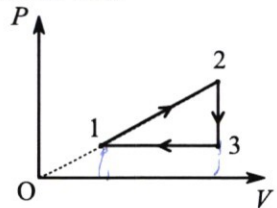
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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

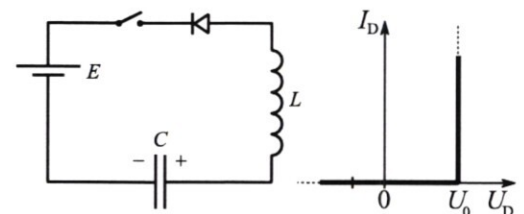
обкладки. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 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.

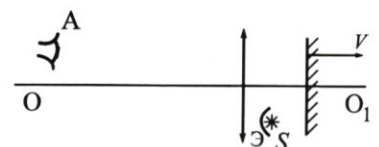


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1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

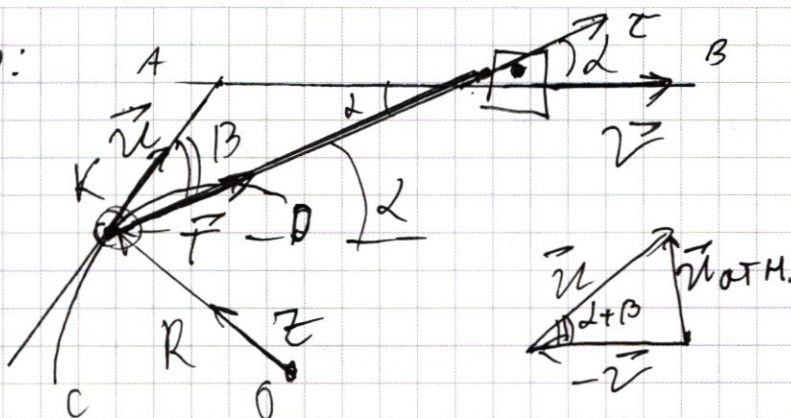
Задача 1 Дано:

$$V = 40 \text{ м/с} \quad m = 1 \text{ кг}$$

$$R = 1,4 \text{ м} \quad l = \frac{14R}{15}$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5} \quad \cos \beta = \frac{8}{14}$$

$$u, u_{\text{отн}}, T = ?$$



сразу найдём $\sin \alpha = \frac{4}{5}$ $\sin \beta = \frac{15}{14}$ по О.Т.Т

1) Ур-е связи: концы троса (натянутого) движутся со одинаковыми скоростями в проекции на трос. ~~(иначе он не будет натянут)~~

$$\Rightarrow u \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$u = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = 51 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,51 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) $u_{\text{отн}} = u - V$ из $T \cos \theta$ в скоростях

$$\text{получим } u_{\text{отн}} = \sqrt{u^2 + V^2 - 2uV \cos(\alpha + \beta)} = \\ = \sqrt{u^2 + V^2 - 2uV(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)} = 77 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3) т.к. кольцо движется по окружности 23 Н

$$T \sin \beta = m \frac{u^2}{R} \quad T = \frac{m u^2}{R \sin \beta} = 0,1734 \text{ Н}$$

T сила натяжения троса равна силе действующей на кольцо со стороны троса по 3 З.М.

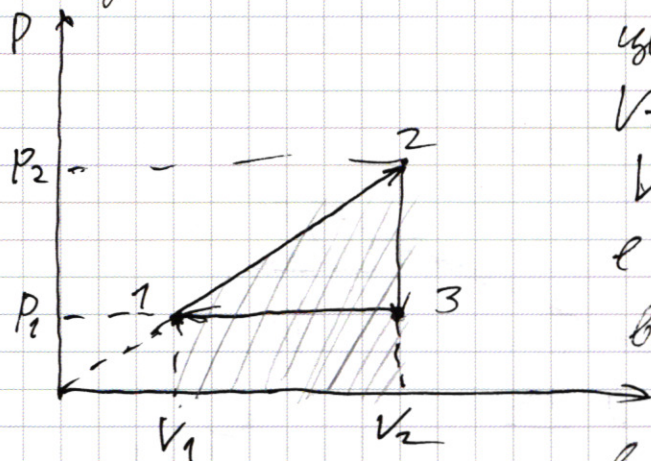
Ответы: $u = 51 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$u_{\text{отн}} = 77 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

~~$T = 0,1734 \text{ Н}$~~

$T = 0,1734 \text{ Н}$

Задача 2.



1) Температура постоянна в процессах 2-3 и 3-1 т.к. в 2-3 $V = \text{const}$ $P \downarrow$, в 3-1 $P = \text{const}$ $V \downarrow \Rightarrow T \downarrow$ т.к. $PV = \nu RT$ - уравнение Менделеева-Клапейрона
в 1-2 $P \uparrow$ $V \uparrow \Rightarrow T \uparrow$

В процессе 2-3 $V = \text{const}$
 $C_V = \frac{\Delta Q}{\Delta T \cdot \nu}$ $\Delta Q = A + \Delta U$ $A = 0$ т.к. $V = \text{const}$ $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow$
 $\Rightarrow C_V = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T}{\Delta T \cdot \nu} = \frac{3}{2} R$. В процессе 3-1 $P = \text{const}$
 $C_P = \frac{\Delta Q}{\Delta T \cdot \nu}$; $A + \Delta U = \Delta Q$ $A = \nu R \Delta T$ $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow$
 $\Rightarrow C_P = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T}{\nu \Delta T} = \frac{5}{2} R \Rightarrow \boxed{\frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3}}$

2) т.к. процесс 1-2 прямой и для координат $P = \alpha V \Rightarrow P_1 = \alpha V_1$ $P_2 = \alpha V_2$

Температура будет постоянна только в процессе 1-2

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$ A_{12} - площадь трапеции

$$Q_{12} = \frac{P_2 + P_1}{2} (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{P_2 + P_1}{2} (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$Q_{12} = \frac{P_2 + P_1}{2} (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} (2V_2^2 - 2V_1^2) = \frac{2}{2} (V_2^2 - V_1^2)$$

Тогда $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2(V_2^2 - V_1^2)}{\frac{1}{2}(V_2^2 - V_1^2)} = 4$

3) $\eta = \frac{A_{cy}}{Q_{in}}$ $Q_{in} = Q_{12}$ A_{cy} - площадь $\Delta 123 \Rightarrow$

$$A_{cy} = \frac{1}{2} \cdot (V_2 - V_1) (P_2 - P_1) = \frac{\alpha}{2} (V_2 - V_1)^2$$

Тогда $\eta =$
 $= \frac{\frac{\alpha}{2} (V_2 - V_1)^2}{\frac{2}{2} (V_2^2 - V_1^2)} = \frac{1}{4} \cdot \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$ Заметим, что

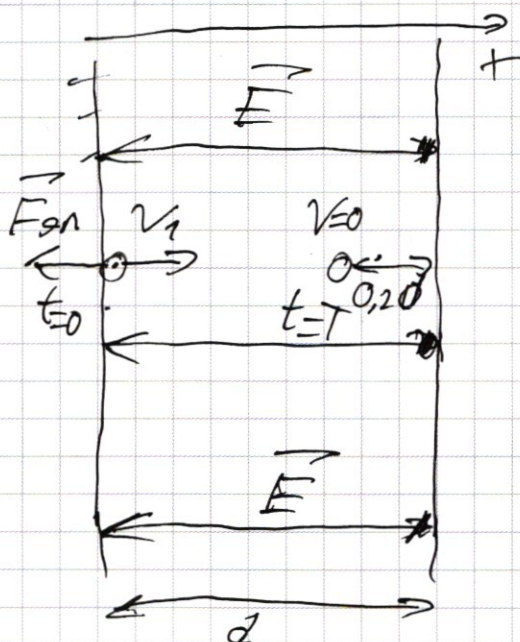
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

проверка $\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1} < 1$ при v_2 и v_1 положительных
но при $v_2 \gg v_1$ $\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1} = 1$ (или же при $v_1 \rightarrow 0$)

$$\Rightarrow \eta_{\max} = \frac{1}{4} = 25\%$$

Ответ: $\frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$ $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$ $\eta_{\max} = 25\%$

Задача 3: Дано:
 $\frac{q}{m} = \gamma, d, 0,2d, v_1$
 $T = ?$, $v_0 = ?$, $U = ?$



Запишем 3.С.З для
момента $t=0$ и $T=t$

$$\frac{m v_1^2}{2} = |A_{эл}| = Eq \cdot 0,8d$$

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

$F_{эл} = Eq$ — сила действующая на частицу

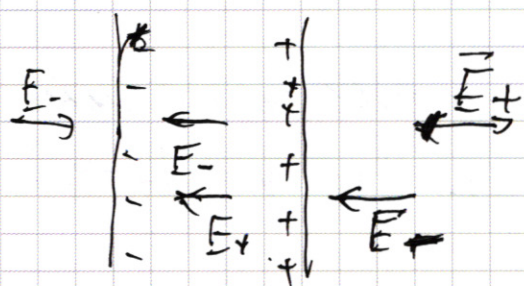
по 2 З.М. ОХ! $-ma = -Eq$ $a = \frac{Eq}{m} = \gamma E$

$$\text{тогда } v_1 - aT = 0 \Rightarrow T = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1}{\gamma E} = \frac{v_1}{\gamma \cdot \frac{m v_1^2}{1,6\gamma d}} = \frac{1,6d}{v_1}$$

Напряжение между обкладками $U = Ed$

$$U = \frac{1}{2} \frac{V_1^2}{1,6 \pi d} \cdot d = 0,625 \frac{V_1^2}{\gamma}$$

3) Т.к. поле вне конденсатора $E=0$

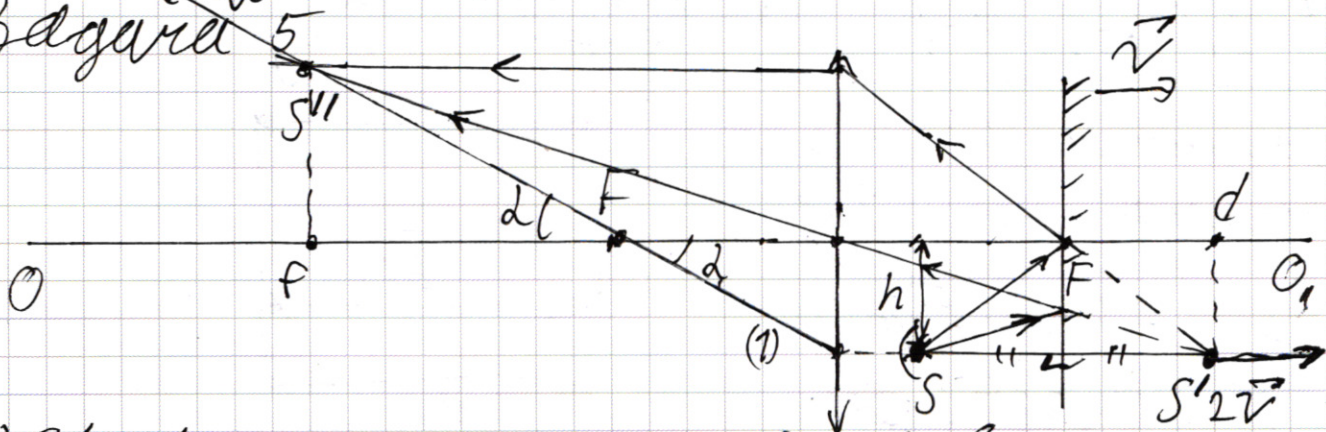


Т.к. $\vec{E}_+ = -\vec{E}_-$ в силу одинаковости пластин $d \ll \delta$ то разность $\vec{E}_+ + \vec{E}_- = 0$ на одинаково большом $R \rightarrow \infty$

$\Rightarrow V_0 = V_1$. Т.к. пластина вылетит из конденсатора с такой же скоростью по (З.С.Э) а вне конденсатора нет внешних сил.

Ответы: $T = \frac{1,64}{V_1}$ $U = 0,625 \frac{V_1^2}{\gamma}$ $V_0 = V_1$

Задача 5



1) Изображение предмета $S-S'$ в зеркале находитя симметрично S относ. зеркала

$\Rightarrow SS' = \frac{4F}{3}$ S' будет источником для линзы его изображение S'' в линзе, которое и будет видеть наблюдатель тогда

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}, \text{ где } d = \frac{5}{3}F, \Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F} = \frac{\frac{5}{3}F^2}{\frac{2}{3}F} = \frac{5}{2}F = 2,5F$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Перейдём в С.О зеркала тогда S движется со скоростью V влево $\Rightarrow S'$ симметрично относительно зеркала вправо $\star$ Перейдём в С.О Земли $V_{S'} = V + V = 2V$ вправо

Путь луча (из S' // O_1O преломившись он и в линзе он пойдёт через фокус а т.к. вектор скорости S' совпадает с лучом (1)

то и скорость S'' будет совпадать с лучом (1) (преломлением)

$$\text{тогда } \operatorname{tg} \alpha = \frac{v}{F} = \frac{\frac{8F}{15}}{F} = \frac{8}{15}$$

$$\alpha = \arctg \frac{8}{15}$$

3) вдоль оси ~~00~~ O_1O , скорость S'' и $\cos \alpha$ при этом $U \cos \alpha = 2V \cdot \Gamma^2$ — продольное увеличение вектора $2V$ $\Gamma = \frac{F}{d-F}$

$$U = \frac{2VF^2}{\cos(d-F)^2} \quad d = \frac{5}{3}F \quad \frac{1}{\cos^2 \alpha} = 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha$$

$$\Downarrow \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{1 + \frac{64}{225}} = \left(\frac{15}{17}\right)^2$$

$$U = \frac{2V \cdot F^2}{\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{9} F^2} = \frac{2 \cdot 17 \cdot 9}{15 \cdot 4} V = 5,1 V$$

Ответ: $f = 2,5 \text{ Г}$; $\alpha = \arctg \frac{8}{15}$; $U = 5,7 \text{ В}$

~~4 Дано~~

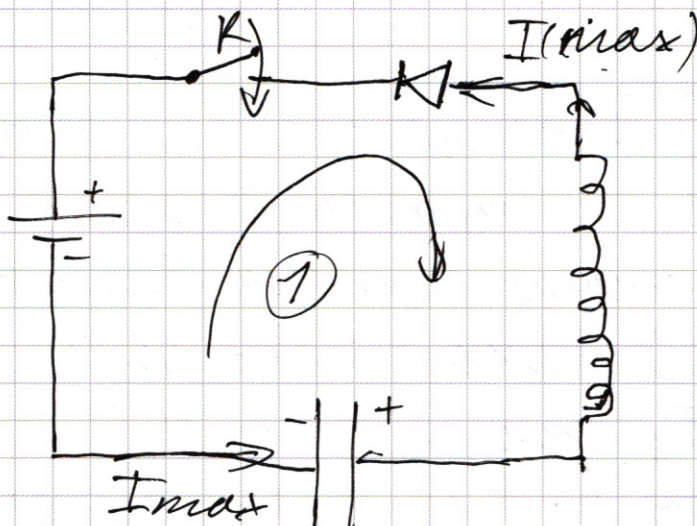
Задача 4 Дано:

$C = 20 \text{ мкФ}$ $U_1 = 6 \text{ В}$

$\mathcal{E} = 3 \text{ В}$ $L = 0,2 \text{ Гн}$

$U_0 = 1 \text{ В}$

$\dot{I}(0) = ?$; $I_{\max} = ?$; $U_2 = ?$



1) Запишем 23. Кирхгофам сразу после замыкания K . $I(0) = 0$ так резко не может подскочить т.к. есть катушка с инд. $L \neq 0$, то

$U_0 = 0$

$\mathcal{E}_i = L \dot{I}$

$\mathcal{E} + \mathcal{E}_i = U_C = U_1$ в мом после замыкания

$L \dot{I} = -U_1 + \mathcal{E} \Rightarrow \dot{I} = \frac{-U_1 + \mathcal{E}}{L} = -15 \frac{\text{А}}{\text{с}}$ т.к. ток пойдет противоположно контуру

2) В момент когда ток $I = I_{\max}$ $\dot{I} = 0$ если $\dot{I} > 0$ то есть ток बढ़ающий, если $\dot{I} < 0$ то до этого момента был ток больше если $I = I_{\max} \Rightarrow$

$U_0 = U_0$

тогда по 23.к. в контуре $\mathcal{E} = U_C - U_0$

$U_C = \mathcal{E} + U_0 = 4 \text{ В}$ запишем 23.к. в произвольный момент t

$\mathcal{E} = L \ddot{I} = U_C + U_0$ $U_C = \frac{q}{C}$ $\dot{I} = \dot{q}$

$\mathcal{E} - L \ddot{q} = \frac{q}{C} + U_0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\ddot{q} + \frac{Q}{LC} + \frac{U_0}{L} - \frac{\mathcal{E}}{L} = 0 \Rightarrow \ddot{q} + \frac{1}{LC} (\ddot{q} + \frac{U_0 L - \mathcal{E} L}{L}) = 0$$

пусть $q + \frac{C}{L}(U_0 - \mathcal{E}) = Q$ тогда $\dot{Q} = \dot{q} \Rightarrow \ddot{Q} + \frac{Q}{LC} = 0$

$$Q = Q_{\max} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\dot{Q} = \dot{q} = Q_{\max} \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \quad Q_{\max} = C U_c + \frac{C}{L}(U_0 - \mathcal{E})$$

$Q_{\max}$ если $U_c = \max \Rightarrow \dot{q} = 0$ в момент $t = 0$ ~~$I = 0$~~

$\Rightarrow Q = \max$ тогда $U_c = U_1$

$$Q_{\max} = C(U_1 + U_0 - \mathcal{E})$$

$$\Rightarrow I_{\max} = Q_{\max} \cdot \omega = C(U_1 + U_0 - \mathcal{E}) \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}} = (U_1 + U_0 - \mathcal{E}) \cdot \frac{\sqrt{C}}{L}$$

$$\frac{\sqrt{C}}{L} = \frac{4,20 \cdot 10^{-6}}{0,2} = \frac{4,2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{2} = 4 \cdot 10^{-4} = 4 \cdot 10^{-2} = 0,04 \text{ А}$$

3) В чет. момент $I = 0 \Rightarrow U_0 = 0, \dot{I} = 0 \Rightarrow \mathcal{E} i = 0$

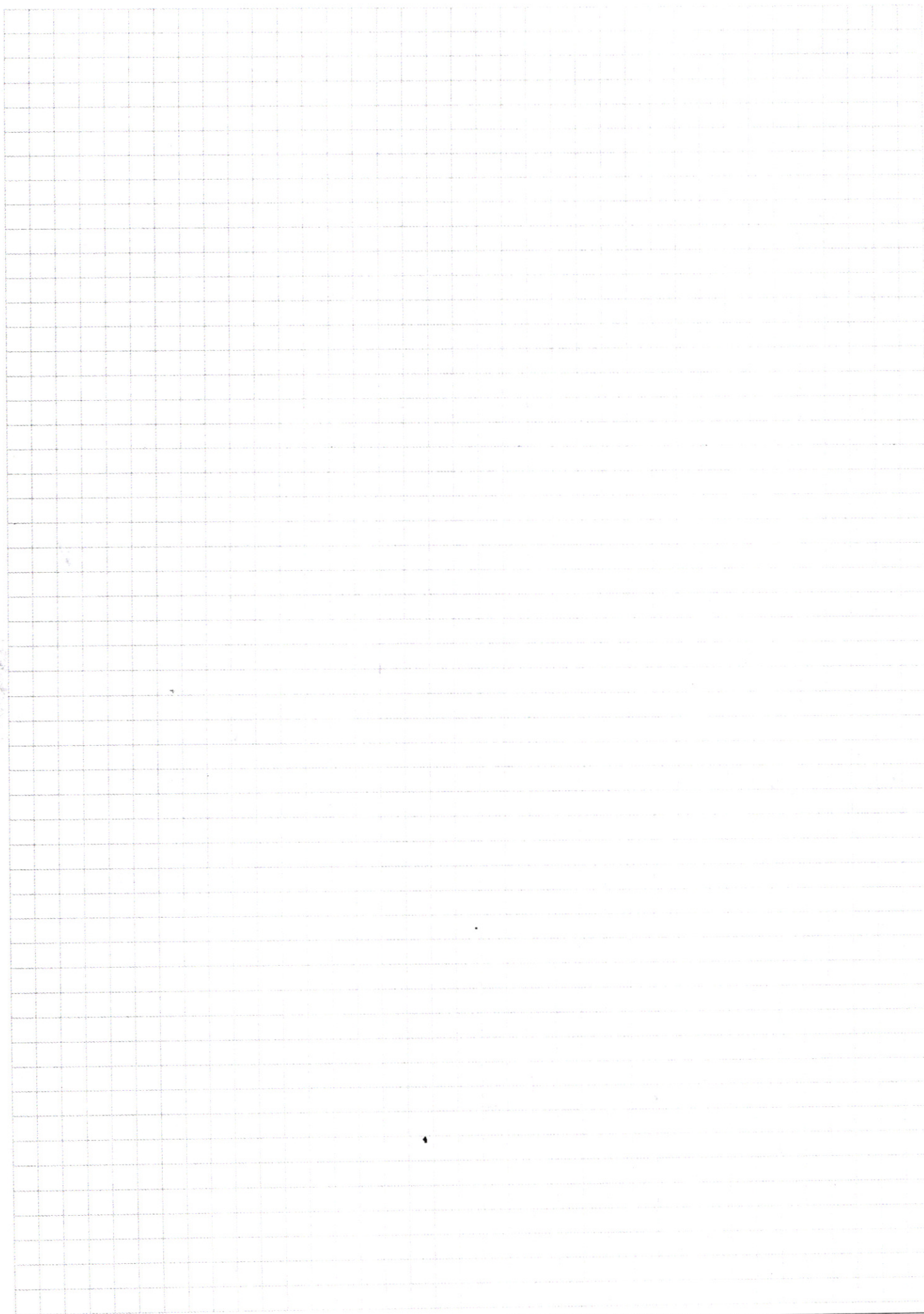
Тогда по 23.к. в контуре ①

$$\mathcal{E} = U_c \quad U_c = \mathcal{E} = U_2$$

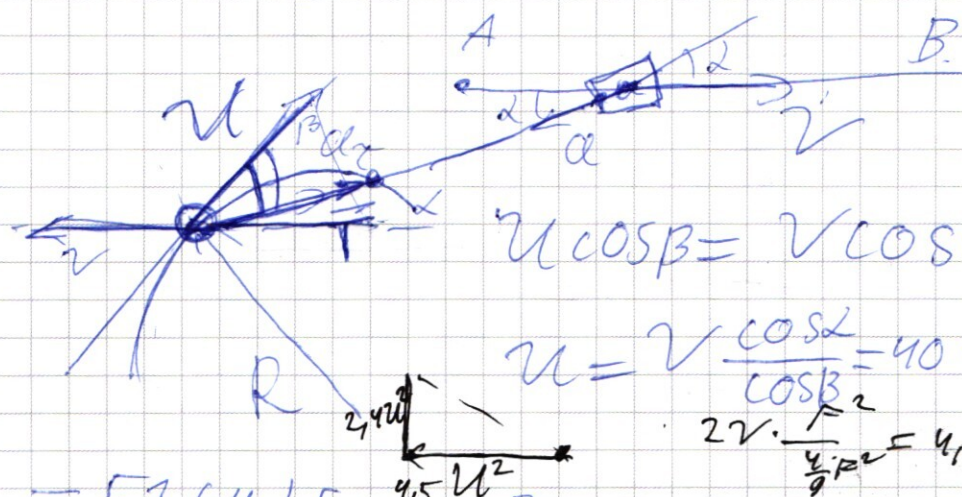
$$U_2 = 3 \text{ В}$$

Ответы: $\dot{I}(0) = 15 \frac{\text{А}}{\text{с}}; I_{\max} = 0,04 \text{ А};$

$$U_2 = 3 \text{ В}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$u = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 40 \cdot \frac{32607}{58} = 40 \cdot \frac{3.74}{8.5} =$$

$$2V. \frac{P}{\frac{4}{9}R^2} = 4.5F^2$$

$$4,5 \frac{8}{13}$$

$$= 57 \text{ cm / c}$$

~~$\cos(2\cos 13)$~~

$$V_{\text{eff}}^2 = V^2 + U^2 - 2UV \cos(\alpha + \beta)$$

$$V_{\text{eff}} = \sqrt{57^2 + 40^2 + 40 \cdot 57 \cdot 2 \cdot \frac{36}{5.17}}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} = -\frac{36}{85}$$

$$V_{\text{max}} = \sqrt{57^2 + 40^2 + 8 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 36} = 77 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$2601 + 1600 + 1728 = 4201$$

$$(70+7)(70+7) = 4900 + 980 + 49$$

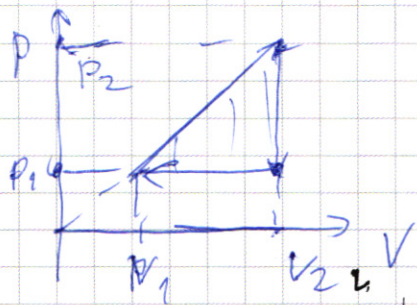
$$5880 + 49 = 5929$$

$$\frac{W}{L} 57 = 0.51 \frac{\mu A}{V}$$

$$T \sin B = m \frac{v^2}{R} \quad T = \frac{mv^2}{R \sin B} = \frac{1.51^2}{1.7 \cdot \frac{16}{17}} = \frac{260.25}{1.7} = 153.1$$

$$6 + 7 - 3 = 4B, \quad \sqrt{\frac{C}{B}} = \sqrt{4}$$

$$\frac{3}{5} \cdot \frac{8}{14} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{74} = \frac{36}{5 \cdot 14}$$



$$C_v = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{3/2 R \Delta T}{\Delta T} = \frac{3}{2} R$$

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

$$\frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$$

$$P_1 = 2V_1 \\ P_2 = 2V_2$$

$$Q_{12} = A_{12} + Q_{12} = \dots$$

$$= \frac{(P_1 + P_2) \cdot (V_2 - V_1)}{2} + \frac{3}{2} P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_1 V_1 = \frac{(P_1 + P_2) \cdot 2V_2}{2}$$

$$= \frac{(2V_1 + 2V_2)(V_2 - V_1)}{2} + \frac{3}{2} 2V_2^2 - \frac{3}{2} 2V_1^2 = \frac{2}{2} (V_2^2 - V_1^2) + \frac{3}{2} 2(V_2^2 - V_1^2)$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta} = \frac{2 \cdot 2 (V_2^2 - V_1^2)}{2 (V_2^2 - V_1^2)} = 4$$

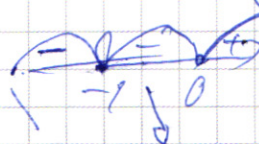
$$\frac{V_2}{V_1} = K$$

$$A_{12} = \frac{(V_2 - V_1)(P_2 - P_1)}{2} = \frac{2(V_2 - V_1)^2}{2}$$

$$\eta = \frac{17.3}{5 \cdot 2 \cdot 2 (V_2 - V_1)^2 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{1}{4} \cdot \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} = \frac{1}{4} \cdot \frac{V_1(K-1)}{V_1(K+1)}$$

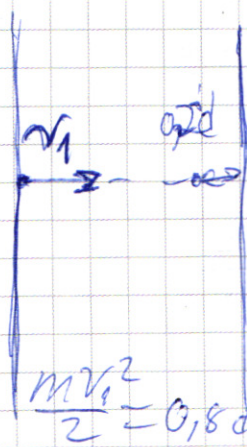
$$\frac{1}{4} \frac{(K-1)}{(K+1)} = \dots \quad f'(K) = \frac{K(K+1) - (K-1)K}{(K+1)^2} = 0$$

$$= K^2 + K - K^2 + K = \frac{2K}{(K+1)^2} = 0$$



$$a = E \gamma$$

$$\eta_{\max} = 25\%$$



$$F_{\text{ext}} = E q$$

$$E = \frac{\gamma v_1^2}{\gamma}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = E q \cdot 0.8d$$

$$\frac{m v_1^2}{2} =$$

$$T = \frac{v_1}{a}$$

$$m a = E q$$

$$v = v_1 - a T$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = 0.8d E q$$

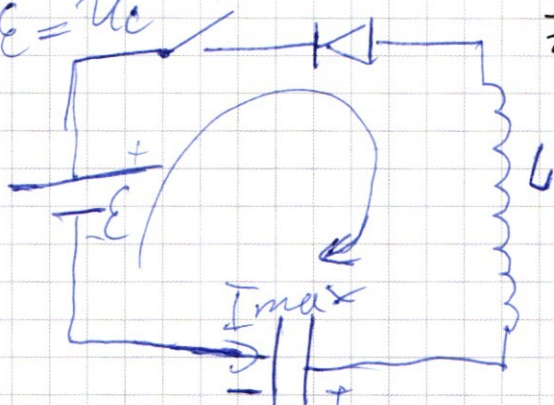
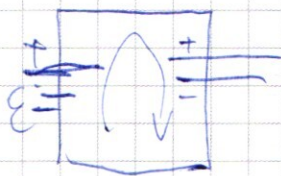
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\mathcal{E} = 3 \text{ В} \quad C = 20 \text{ мкФ} \quad \mathcal{U}_0 = 6 \text{ В}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{U}_C$$

$$\frac{10}{16} = \frac{5}{8} = 0,625$$



$t=0$

$$\mathcal{E} = L \dot{I}$$

$$\mathcal{E} + \mathcal{E}_i = \mathcal{U}_C$$

$$L \dot{I} = \mathcal{E} - \mathcal{U}_C$$

$$\dot{I} = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{U}_C}{L} =$$

$$= \frac{3 \text{ В}}{0,2 \text{ Гн}} = 15 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$I_k - I_n = dI$$

$$-1 - 0,5 \text{ А} = -0,5$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

~~Q~~

$$\mathcal{E} + \mathcal{E}_i = \mathcal{U}_0 + \mathcal{U}_C = \frac{q}{C}$$

$$\mathcal{E} + L \dot{I} = \mathcal{U}_0 + \frac{q}{C}$$

$$Q = \frac{q}{C} + \mathcal{U}_0 - \mathcal{E}$$

$$\mathcal{E} + L \ddot{Q} = \mathcal{U}_0 + \frac{q}{C}$$

$$I = I_{\text{max}}$$

$$\dot{I} = 0$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{U}_C - \mathcal{U}_0$$

$$\mathcal{U}_C = 7 \text{ В}$$

$$\mathcal{U}_C = \frac{q}{C}$$

$$I = \frac{\mathcal{U}_C - L C (\mathcal{U}_0 - \mathcal{E})}{\sqrt{LC}}$$

~~Q~~

$$\ddot{Q} + \frac{q}{LC} + \mathcal{U}_0 - \mathcal{E} = 0$$

$$Q = q + (\mathcal{U}_0 - \mathcal{E}) LC$$

$$\ddot{Q} + \frac{1}{LC} (q + (\mathcal{U}_0 - \mathcal{E}) LC) = 0$$

$$\ddot{Q} + \frac{1}{LC} Q = 0$$

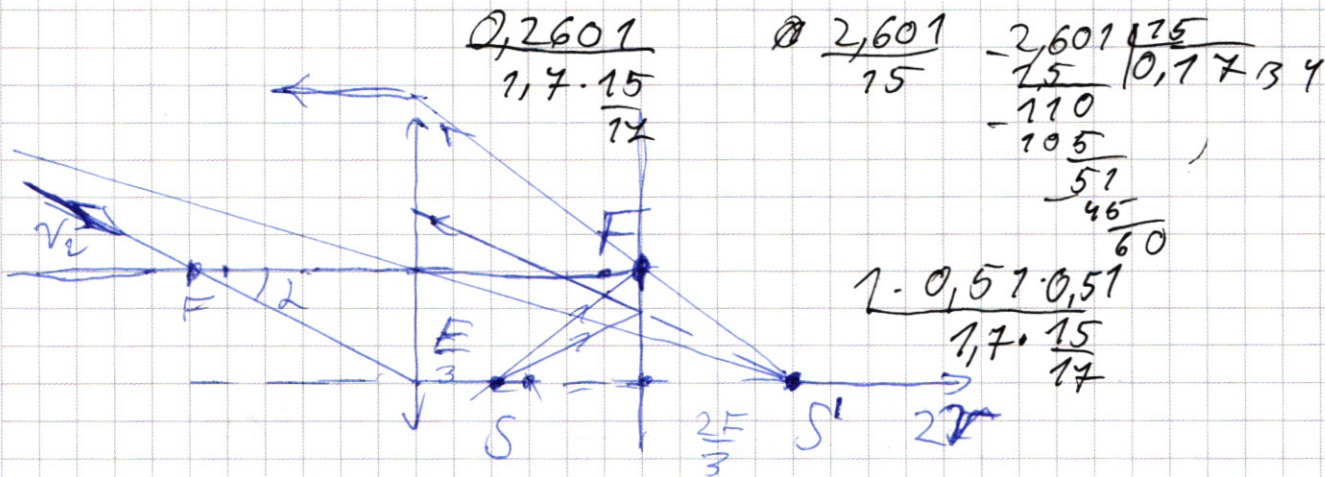
$$Q = Q_{\text{max}} \cos(\omega t)$$

$$\dot{Q} = \dot{q}$$

$$Q = LC(\mathcal{U}_0 - \mathcal{E})$$

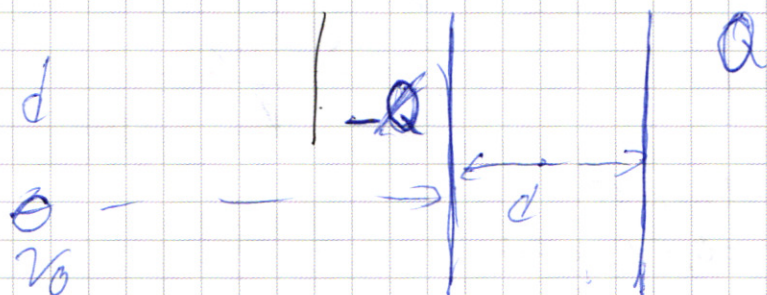
$$\dot{Q} = I =$$

$$I = Q_{\text{max}} \omega \sin \omega t =$$



$$\frac{1}{d} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F} \quad f = \frac{F \cdot d}{d \cdot F} = \frac{F \cdot \frac{5}{3} F}{\frac{2}{3} F} = \frac{5}{2} F$$

$Q - Q \quad 0$



$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 24 \\ \hline 96 \\ 48 \\ \hline 576 \end{array}$$

$24 \cdot 24 +$

$$\begin{array}{r} 45 \\ \times 45 \\ \hline 225 \\ 180 \\ \hline 2025 \end{array}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} + \frac{k Q q}{R^2} - \frac{k Q q}{(R+d)^2} = \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\frac{51^2}{15} \cdot 10^{-3}$$

$$m v_0^2 + k Q q \left(\frac{1}{R^2} - \frac{1}{R^2 + 2dR} \right) = m v_1^2$$

$$m v_0^2 + k Q q \left(\frac{2dR}{R^2(R^2 + 2dR)} \right) = \frac{2d}{R^3 + 2R^2d}$$

$$\frac{51^2 \cdot 10^{-4}}{17 \cdot 15 \cdot 10^{-1}}$$

$$\frac{17 \cdot 51 \cdot 10^{-3}}{5} =$$

$$\begin{array}{r} 51 \\ \times 34 \\ \hline 204 \\ 153 \\ \hline 1734 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2025 \\ 576 \\ \hline 2601 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,3 \cdot 0,51 \cdot 17 \\ \hline 5,1 \cdot 0,51 \\ 15 \end{array}$$

$$\frac{17 \cdot 51}{5 \cdot 10^{-3}}$$

$$\frac{10 \cdot 0,17 \cdot 0,51}{5} =$$

$$\frac{5,1 \cdot 3 \cdot 2,7 \cdot 0,51}{5}$$

$$\frac{17 \cdot 51 \cdot 2}{70 \cdot 4}$$

$$2 \cdot 0,17 \cdot 0,51 =$$