

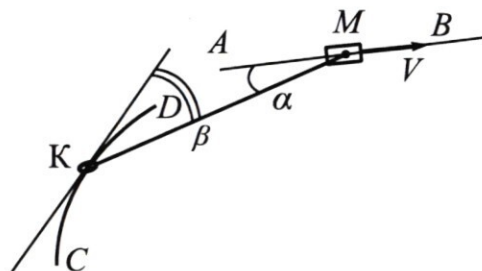
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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

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.



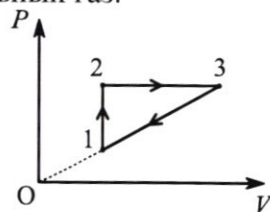
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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?

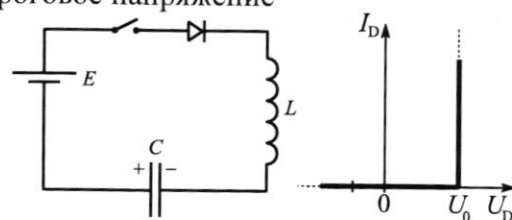
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

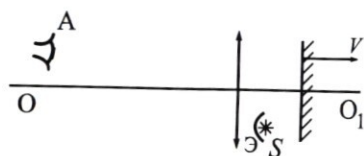


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

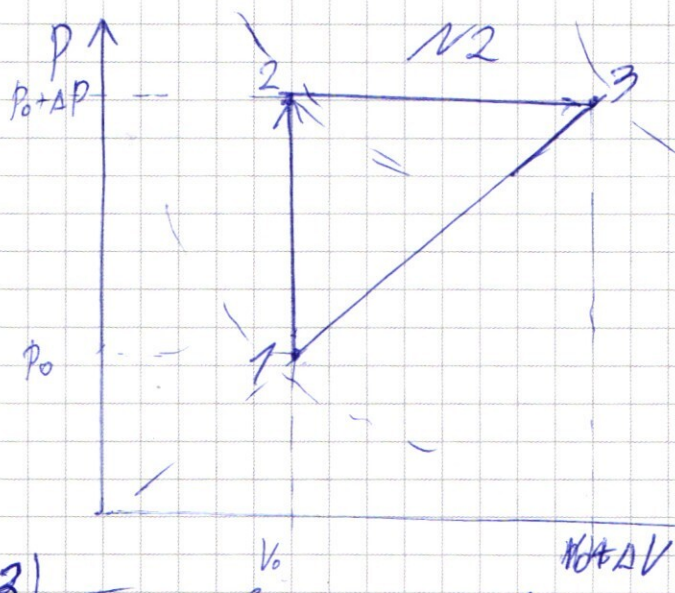
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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) Процесс изотермический
можно видеть, что
температура повышается
на участках 1-2 и 2-3

1-2 изохора $C_{1-2} = C_V = \frac{3}{2}$

2-3 изобара $C_{2-3} = C_P = \frac{5}{2}$

$$\frac{C_P}{C_V} = \frac{5}{3}$$

3) Пусть в точке 1 давление $P = P_0$ и $V = V_0$,
2 $P = P_0 + \Delta P$ $V = V_0$,
3 $P = P_0 + \Delta P$ $V = V_0 + \Delta V$, где ΔV и $\Delta P \rightarrow \infty$

$$A_{цикл} = \frac{1}{2}(P_0 + \Delta P - P_0)(V_0 + \Delta V - V_0) = \frac{1}{2} \Delta P \Delta V$$

$$Q_+ = \frac{3}{2}[(P_0 + \Delta P)(V_0 + \Delta V) - P_0 V_0] + (P_0 + \Delta P)(V_0 + \Delta V - V_0) = \frac{3}{2} P_0 \Delta V + \frac{3}{2} \Delta P V_0 + \frac{3}{2} \Delta P \Delta V + P_0 V_0 + \Delta P \Delta V = \frac{5}{2} P_0 \Delta V + \frac{5}{2} \Delta P V_0 + \frac{3}{2} \Delta P \Delta V$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{\frac{1}{2} \Delta P \Delta V}{\frac{5}{2} P_0 \Delta V + \frac{5}{2} \Delta P V_0 + \frac{3}{2} \Delta P \Delta V} = \frac{\Delta P \Delta V}{5 P_0 \Delta V + 5 \Delta P V_0 + 3 \Delta P \Delta V} \rightarrow \max \Rightarrow \frac{1}{2} \rightarrow \min$$

$$\frac{1}{\eta} = \frac{5 P_0 V_0 + 5 \Delta P V_0 + 3 \Delta P \Delta V}{\Delta P \Delta V} = \frac{5 P_0}{\Delta P} + 5 + \frac{3 V_0}{\Delta V}$$

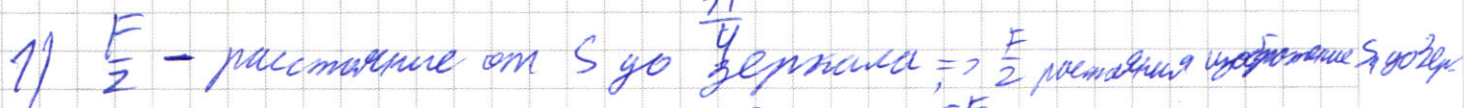
так $\Delta P \rightarrow \infty$ $\frac{5 P_0}{\Delta P} \rightarrow 0$
 $\Delta V \rightarrow \infty$ $\frac{3 V_0}{\Delta V} \rightarrow 0$

$$\frac{1}{\eta} = 5 \Rightarrow \eta = 0,2$$

2) $Q = \frac{3}{2} V R \Delta T + A$ $V R \Delta T = P_0 (V_0 + \Delta V) - P_0 V_0 = P_0 \Delta V$ $A = P_0 \Delta V$ $\Delta U = \frac{3}{2} P_0 \Delta V$

$$\frac{\Delta U}{A} = \frac{\frac{3}{2} P_0 \Delta V}{P_0 \Delta V} = \frac{3}{2} = 1,5$$

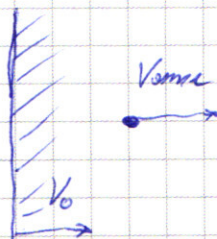
Ответ: 1) $\frac{5}{3}$ 2) 1,5 3) 20%



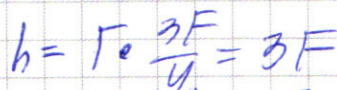
по формуле тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{5F} + \frac{1}{F} \Rightarrow F = 5F \Rightarrow$ ~~Γ₂~~ Γ-поверхностное увеличение $\Gamma = \frac{F_2}{F} = 4$

$$V_2 = V_{\text{отн}} + V_0 = 2V_0 - \overset{\text{V}_{\text{отн}}}{\leftarrow}$$

ск- скорости ~~излучения~~ S_1 в
земле



4)



$$E_{gd} = \frac{h}{5F-1} = \frac{3}{4}$$

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

$$V_2 \cos \alpha = r \cdot V_1 = 16 V_1$$

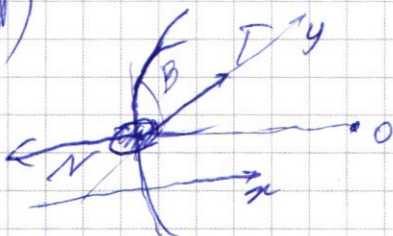
$$V_2 = \frac{16V_1}{\cosh} = \frac{16V_1}{4} \cdot 5 = 20V_1 = 40\%$$

Antwort: 1) $f = 5F$ 2) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$ 3) $V_r = 40\%$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

предметные ν_1
подставим (4) $\rightarrow$ (3) $V_{\text{min}} = \frac{84}{\frac{3}{5}} \sqrt{\frac{5 \cdot 84 \cdot 34 \text{ смс}}{3 \cdot 85}} = \frac{5 \cdot 3 \cdot 28 \cdot 34}{3 \cdot 5 \cdot 44} = 56 \text{ смс}$

5)



2-ой 3-й Ньютона на ОХ

5) $T \sin \theta - N = m a_{\text{ср}}$, где $a_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{ср}}^2}{R}$

2-ой 3-й Ньютона на ОУ

$T - N \sin \theta = m a_{\text{норм}}$, где $a_{\text{норм}} = \frac{V_{\text{норм}}^2}{l} = \frac{4 V_{\text{ср}}^2}{5 R}$

$$\begin{cases} T \sin \theta - N = m \frac{V_{\text{ср}}^2}{R} \\ T - N \sin \theta = m \frac{4 V_{\text{норм}}^2}{5 R} \end{cases} \Rightarrow N = T \sin \theta + m \frac{V_{\text{ср}}^2}{R}$$

$$T - T \sin^2 \theta + \frac{m V_{\text{ср}}^2}{R} \sin \theta = \frac{4 V_{\text{норм}}^2}{5 R} \quad \sin \theta = \frac{4}{5}$$

$$T - \frac{16}{25} T + \frac{4 m V_{\text{ср}}^2}{5 R} = \frac{4 V_{\text{норм}}^2}{5 R}$$

$$\frac{9}{25} T = \frac{4 m}{5 R} (V_{\text{норм}}^2 - V_{\text{ср}}^2)$$

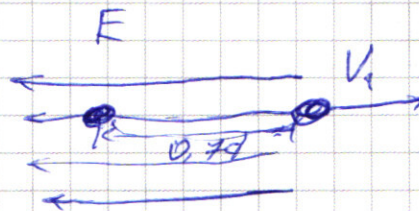
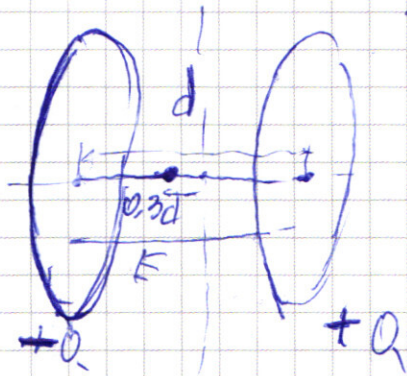
$$T = \frac{4 m (V_{\text{норм}}^2 - V_{\text{ср}}^2) \cdot 5}{9 \cdot 0,53 R} = \frac{4 \cdot 0,3 \cdot (56^2 - 50^2) \cdot 5}{9 \cdot 0,53} = \frac{4 \cdot 0,3 \cdot 0,6 \cdot 100 \cdot 5}{0,53} =$$

$$10 \cdot 0,6 \cdot 0,3 \cdot 4 = 7,2 \text{ Н}$$

Ответ: 1) $V_{\text{ср}} = \frac{V \cos \theta}{\cos \theta} = 50 \text{ смс}$

2) $V_{\text{норм}} = \frac{\sin(\alpha + \beta) V}{\cos \beta} = 56 \text{ смс}$

3) $T = \frac{20 m (V_{\text{норм}}^2 - V_{\text{ср}}^2) \cdot 5}{9 R} = 7,2 \text{ Н}$



$$0,7 E \cdot q \cdot d = \frac{m V_1^2}{2}$$

$$1) E = \frac{m V_1^2}{1,4 q d} = \frac{V_1^2}{1,4 U}$$

П-ли эл. поле между

$$2) m a = E \cdot q$$

$$a = \frac{E \cdot q}{m} = \frac{V_1^2}{1,4 q d}$$

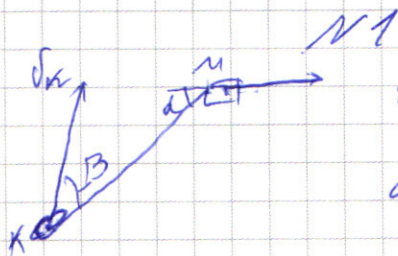
$$3) 0,2 d = \frac{a t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{0,4 d}{a}} = \sqrt{\frac{0,4 d^2 \cdot 1,4 q}{V_1^2}} = \frac{d}{V_1} \sqrt{0,56} = \frac{d \sqrt{14}}{5 V_1}$$

$$3) E = \frac{Q}{2 \epsilon_0 S} + \frac{Q}{2 \epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow Q = E \cdot \epsilon_0 \cdot S = \frac{\epsilon_0 S V_1^2}{1,4 U}$$

4) П.к. вил конденсатора параллелен, на частицу не будут действовать никакие силы $\Rightarrow V_2 = V_1$

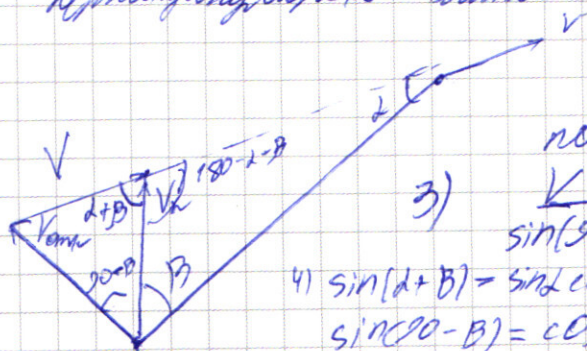
Ответ: 1) $t = \frac{5 \sqrt{14} d}{5 V_1}$ 2) $Q = \frac{\epsilon_0 S V_1^2}{1,4 U}$ 3) $V_2 = V_1$



1) П.к. муфта и качаю связаны, скорости их точек на нити должны быть равны

$$V \cos \alpha = V_k \cos \beta \Rightarrow V_k = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = 50 \text{ см/с}$$

2) Проекции V_{om} на нити должны равняться 0 $\Rightarrow$ вектор V_{om} перпендикулярен нити



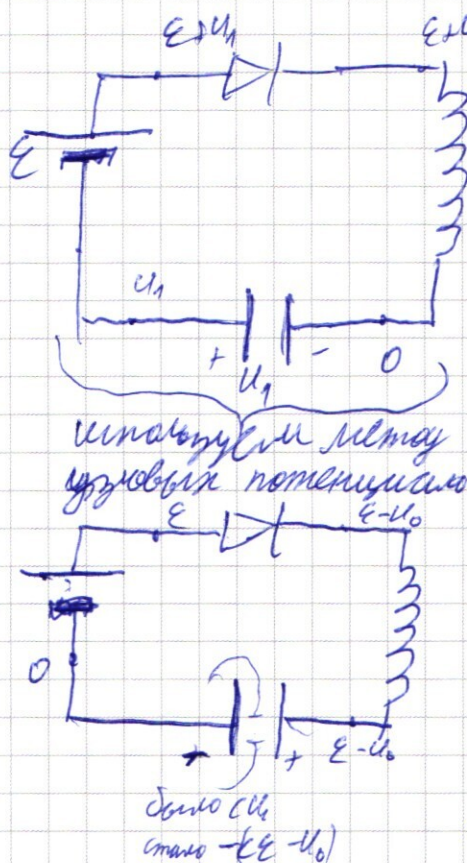
по закону сложения векторов
 $\vec{V}_k = \vec{V}_{om} + \vec{V}$
по правилу синусов

$$3) \frac{V}{\sin(90 - \beta)} = \frac{V_{om}}{\sin(\alpha + \beta)} \Rightarrow V_{om} = \frac{\sin(\alpha + \beta) V}{\sin(90 - \beta)}$$

$$4) \sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha = \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{84}{85}$$

$$\sin(90 - \beta) = \cos \beta = \frac{3}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) В момент замыкания ключа
напряжение на конденсаторе не
изменяется и ток сразу принимает
значение

$$U_L = E + U_0 = L I'$$

$$I' = \frac{E + U_0}{L} = 80$$

2) В момент когда $I_{\max}$ $I' = 0$, т.е.
течет ток $U_0 = U_0$

$$U_C = E - U_0 \quad \Delta Q = C U_1 + C E - C U_0$$

по ЭЦЭ

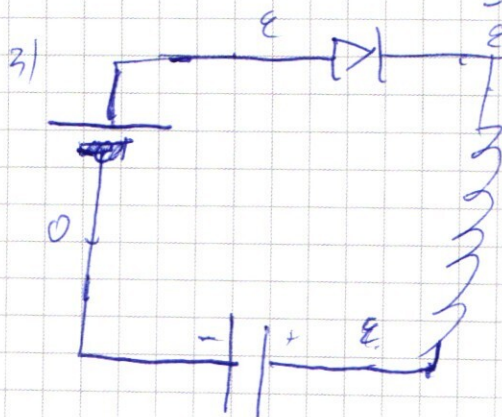
$$\Delta Q E = \frac{C(E - U_0)^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$C U_1 E + C E^2 - C U_0 E = \frac{C E^2}{2} - \frac{2 C E U_0}{2} + \frac{C U_0^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2}$$

$$\frac{C E^2}{2} + C U_1 E - \frac{C E U_0}{2} = \frac{L I_{\max}^2}{2}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C E (E + 2 U_1 - U_0)}{L}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^3}{40 \cdot 10^{-3}}} = 3 \cdot 10^2 \sqrt{6} =$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{6 \cdot 10^{-2} \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^3}{10^{-1}}} = \sqrt{240 \cdot 10^{-4}} = 4 \cdot 10^2 \sqrt{15}$$



В уст. состоянии, тока нет,
напряжение на конденсаторе остается

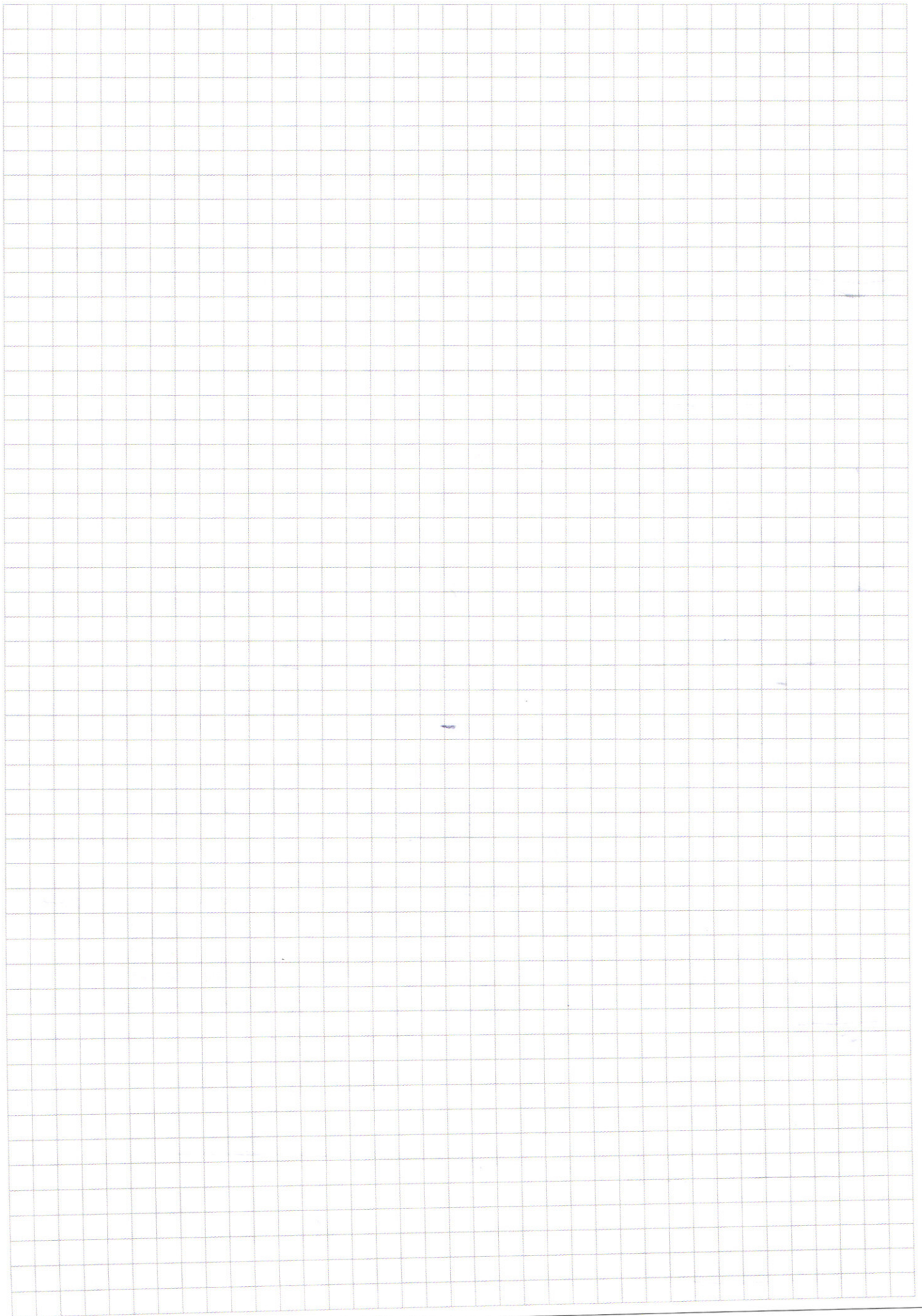
$$U_C = E \quad \Delta Q = E + U_1 \quad \Delta Q = E + U_C$$

$$C E^2 + C U_1 = \frac{C E^2 + U_1^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$\frac{C E^2}{2} + C U_1 = \frac{C U_C^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

Ответ: $\frac{E + U_0}{L} = 80$
 $I_{\max} = 4 \cdot 10^2 \sqrt{15}$

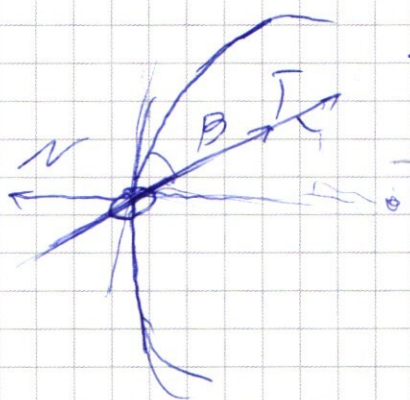
Ответ: 1) $I' = \frac{E + U_0}{L} = 80$
2) $I_{\max} = \sqrt{\frac{C E (E + 2 U_1)}{L}} = 4 \cdot 10^2 \sqrt{15}$
3)



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 6
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

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

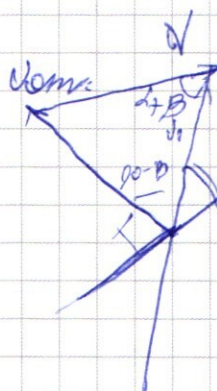
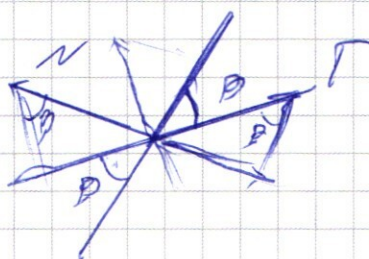
$$T - N \sin \theta = \frac{4 m v_{\text{center}}^2}{5 R}$$

$$N \sin \theta = T$$

$$N = \frac{5}{4} T$$

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

$$\frac{0,3 \cdot 0,5}{0,53} + N = \frac{4}{5} T$$



$$T - T \sin^2 \theta = \frac{4 m v_{\text{center}}^2}{5 R} = \frac{m v^2}{R}$$



$$34 \cdot 34 = \sqrt{v_{\text{center}}^2}$$

$$34 \cdot 34 = v_{\text{center}}^2 + 2500 - 2 \cdot \frac{4}{5} v_{\text{center}}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ 16 \\ \hline 32 \\ 16 \\ \hline 48 \\ 256 \\ \hline 272 \end{array}$$

$$\frac{v_{\text{center}}}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{v}{\sin(90 - \beta)} =$$

$$\frac{v_{\text{center}} 85}{84} = \frac{50 \cdot 5}{3}$$

$$v_{\text{center}} = \frac{28 \cdot 85 \cdot 3}{84 \cdot 50 \cdot 5} = \frac{(85 - 84)(85 + 84)}{109}$$

$$v_{\text{center}} = \frac{28 \cdot 85 \cdot 3}{84 \cdot 50 \cdot 5} = \frac{28 \cdot 85 \cdot 3}{17} = 56$$

$$\frac{15 \cdot 12}{85} = \frac{17}{85}$$

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

$$\frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} =$$

$$24 + 60 = \frac{84}{85} \cdot \frac{86}{85}$$

$$288 - 256 = 32$$

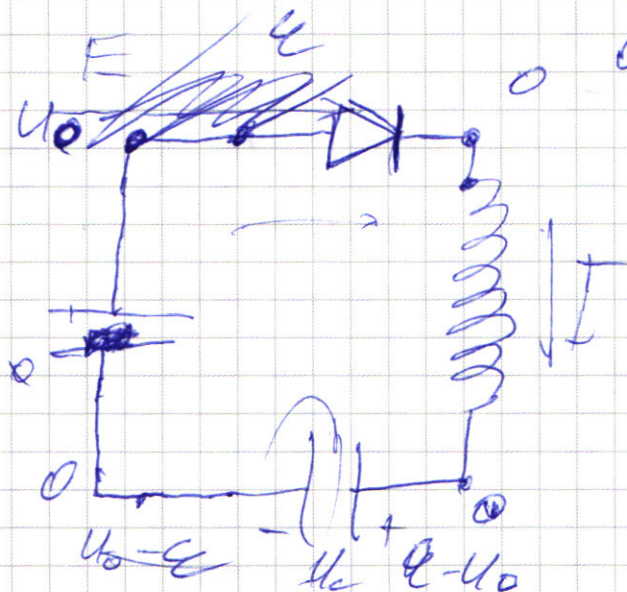
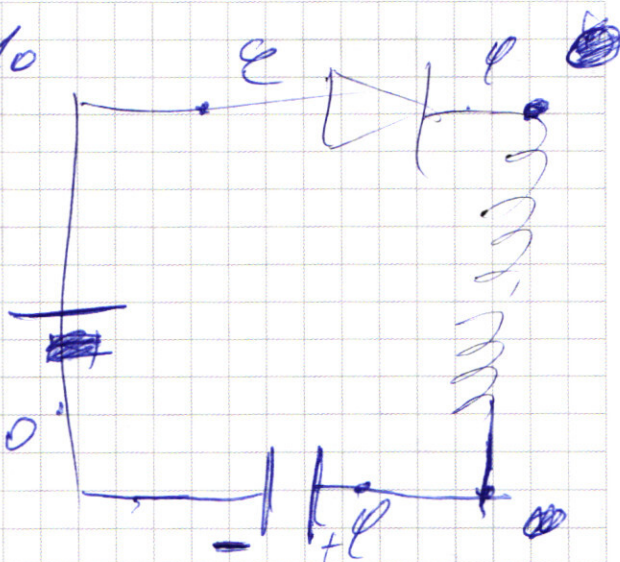
$$\cos \alpha \cos \beta = \sin \alpha \sin \beta$$

$$\frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17}$$

~~пр~~ $\rightarrow d$

NY $4 - q < u_0$

$$\frac{56}{100} = \frac{24}{25}$$



64-1

$$6 \cdot 4 = 24$$

$$24 \cdot 0,33 = 7,2$$

$$U = \frac{U_0 - E}{E - U_0}$$

5B

$$Q_{\text{max}} + CU_1 \quad Q_{\text{max}} = CU_1 + CE + CU_0$$

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

$$CU_1 E + CE^2 + CU_0 E = \frac{CE^2}{2} - \frac{CEU_0}{2} + \frac{CU_0^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$CU_1 E + CE^2 + CU_0 E = \frac{CE^2}{2} - \frac{CEU_0}{2} + \frac{CU_0^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$CU_1 E + \frac{CE^2}{2} + \frac{2CU_0 E}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\frac{2CU_1 E + CE^2 + 2CU_0 E}{L} = I_{\text{max}}$$

$$\sqrt{\frac{CE(2U_1 + E + 2U_0)}{L}} = I_{\text{max}}$$

$$\frac{1}{4} = 20'$$

$$4 + 6 + 3 = 60 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \sqrt{4 \cdot 10^{-4}} = 2 \cdot 10^{-2} \sqrt{3} = 4 +$$

$$A = (P_0 + \Delta P - P_0) \cdot (V_0 + \Delta V - V_0) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \Delta P \Delta V$$

$$Q = (P_0 + \Delta P)(V_0 + \Delta V) - P_0 V_0 = \frac{1}{2} \Delta P \Delta V + P_0 \Delta V + \Delta P V_0 + \Delta P \Delta V = 2\Delta P \Delta V + P_0 \Delta V + \Delta P V_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{q}{CV} = \frac{5}{3} = \frac{8}{2}$

$V = 20\%$

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

$F_c = 0.2d = \frac{qt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{0.4d}{g}} = \sqrt{\frac{0.56d^2}{V_1^2}} =$

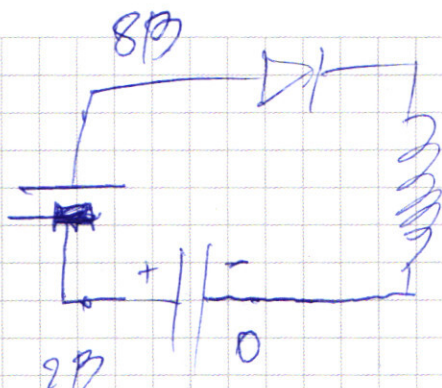
$\frac{1}{V} \sqrt{0.56} = \frac{\sqrt{56}}{\sqrt{100}} = 2 \frac{\sqrt{14}}{\sqrt{100}}$

$V \cos \beta = V \cos \alpha$

$\frac{3}{5} V_h = \frac{75}{14} V = 30$

$V_c = 50 cm$

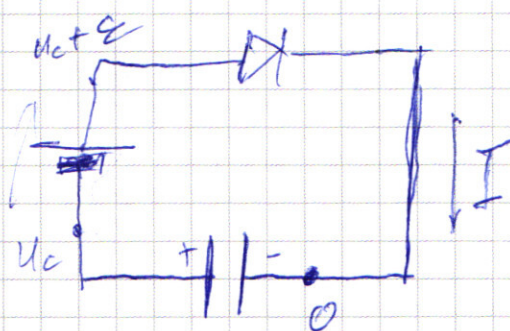
$V = \sqrt{V^2 + V_0^2} = \sqrt{740^2 + 76^2}$



$$8R = L I'$$

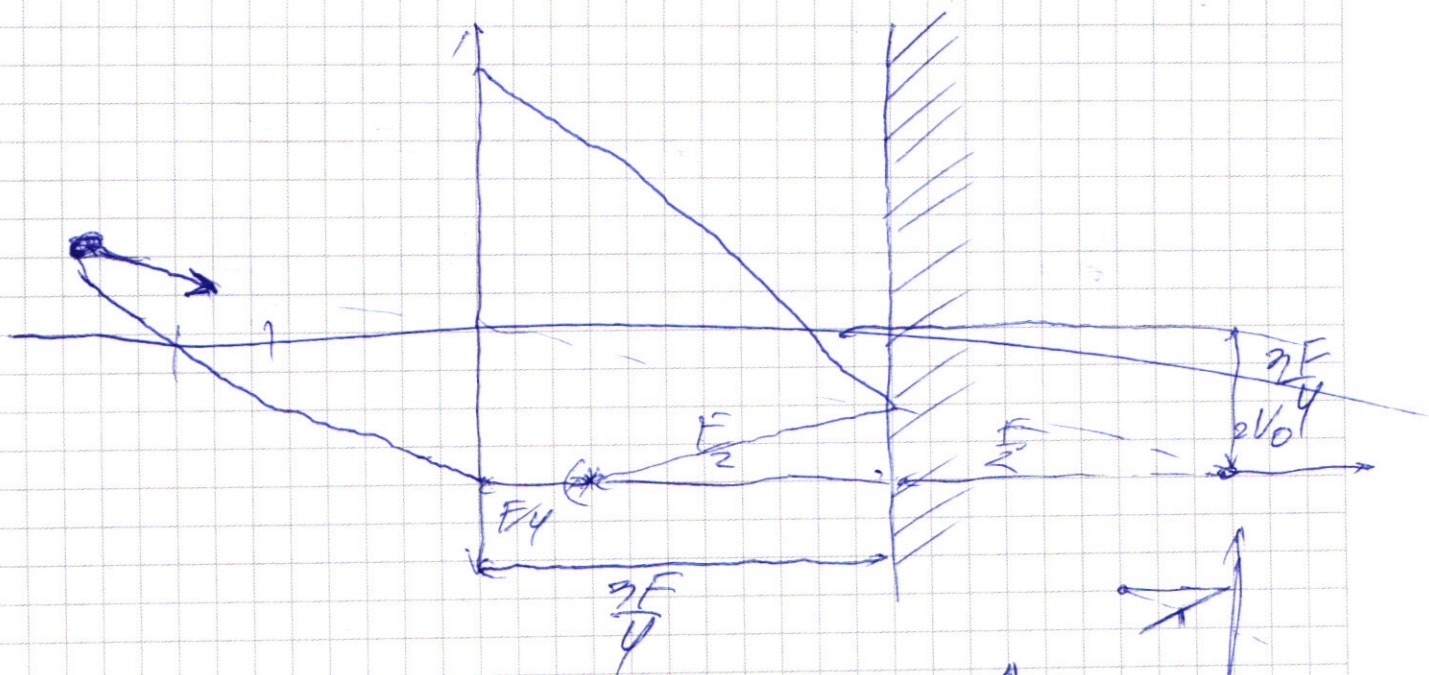
$$I' = 80$$

$$0 = 0 - \frac{c}{L} U_0$$



$$(U_1 - U_2) \epsilon \epsilon = \frac{c U_1^2}{2} - \frac{L I_{max}^2}{2} - \frac{c U_2^2}{2} + C$$

$$240 \times \frac{240 \sqrt{26}}{80 \sqrt{5}}$$



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

$$F = 5F$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

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

$$\frac{34}{25} \sqrt{\frac{5}{31}} = \cos \alpha \quad \frac{243}{534}$$

$$\epsilon \epsilon \alpha = \frac{3}{4}$$

$$V_0 = \sqrt{2} V_0$$