

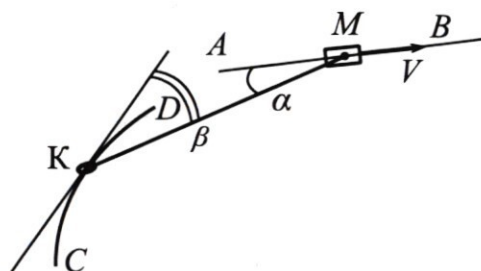
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-01

Класс 11

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

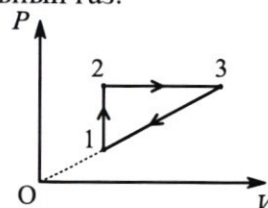
Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) 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.

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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



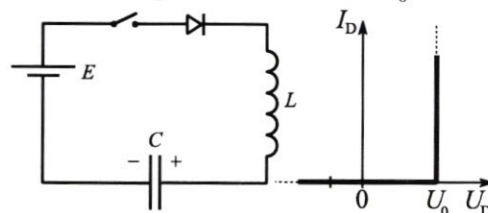
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\frac{q}{m} = \gamma$.

- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
 - 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 $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В.

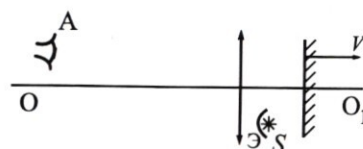
Ключ замыкают.

- 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 зеркала 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 $F/2$ от плоскости 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 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

Дано:

$$V = 0.68 \text{ м/с.}$$

$$m = 0.1 \text{ кг}$$

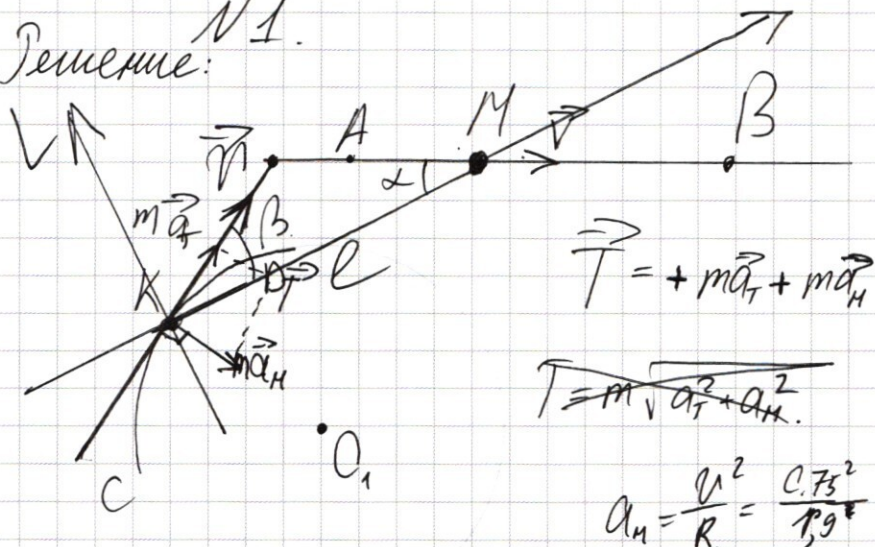
$$R = 1.9 \text{ м}$$

$$l = \frac{5}{3} R$$

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

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

Решение: №1.



$$\vec{T} = +m\vec{a}_T + m\vec{a}_H$$

$$T = m \sqrt{a_T^2 + a_H^2}$$

$$a_H = \frac{v^2}{R} = \frac{0.75^2}{1.9}$$

Найти: v - ?

v_1 - ?

T - ?

$$\cos \alpha = \frac{15}{17} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{\sqrt{17^2 - 15^2}}{17}$$

$$\sin \alpha = \frac{8}{17}$$

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

На ось KM:

$$V \cdot \cos \alpha = v \cdot \cos \beta \quad (\text{т.к. нить не растяжима})$$

$$v = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$v = \frac{0.68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} \text{ м/с.}$$

$$v = 75 \cdot 10^{-2} \text{ м/с.}$$

$$v = 0.75 \text{ м/с.}$$

на KL:

$$v_1 = V \cdot \sin \alpha + (v \cdot \sin \beta)$$

$$v_1 = \frac{0.68 \cdot 8}{17} + \frac{0.75 \cdot 3}{5} =$$

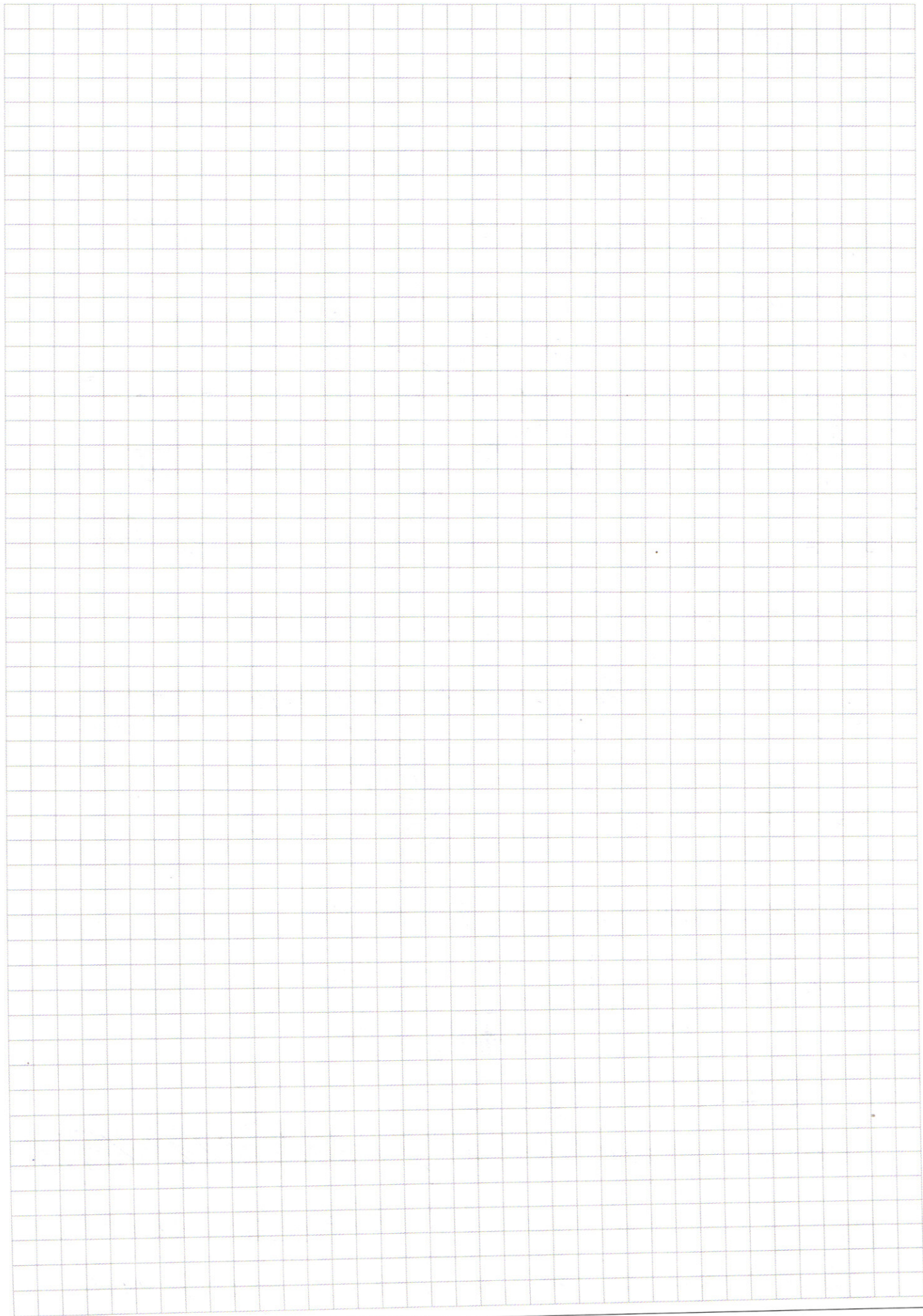
$$= 0.32 + 0.45 = 0.77 \text{ м/с.}$$

$$a_H = \frac{v^2}{R} = \frac{75^2 \cdot 10^{-2}}{1.9} = 2.96 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$$

$$T = \frac{m a_H}{\sin \beta} = \frac{0.1 \cdot 2.96 \cdot 10^{-2}}{\frac{3}{5}} \approx$$

$$\approx 0.0049 \text{ Н.}$$

Свет: $v = 0.75 \text{ м/с}$; $v_1 = 0.77 \text{ м/с}$; $T = 0.0049 \text{ Н.}$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

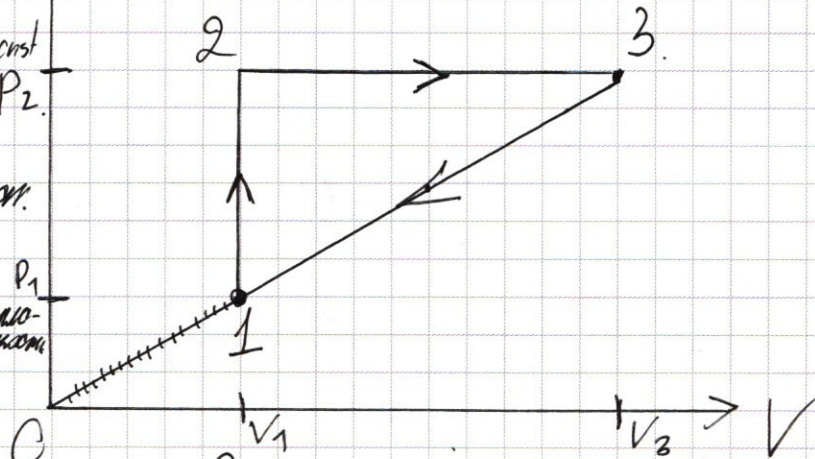
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

1-2 - изохорный $V = \text{const.}$
2-3 - изобарный $p = \text{const.}$
3-1 - $p = kV$;
 k - коэф. пропорц.

1-2 $T \uparrow - C_v$ - тепло-емкость
2-3 $T \uparrow - C_p$
3-1 $T \downarrow$



$$C_v = \frac{3}{2}R \quad \left(\frac{1}{2}R\right) \quad [i=3] - \text{угловой коэф.}$$

$$C_p = \frac{5}{2}R \quad \left(\frac{i+2}{2}R\right)$$

$$\eta = \frac{C_v}{C_p} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2}{5} \frac{R}{R} = \frac{3}{5} = \boxed{0.6}$$

II: 2-3: $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\Delta U_{23} + A_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2}JR\Delta T_{23} + JR\Delta T_{23}}{JR\Delta T_{23}} = \frac{5}{2} = \boxed{2.5}$$

III

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} - Q_{31}}{Q_{12} + Q_{23}} = 1 - \frac{Q_{31}}{Q_{12} + Q_{23}} =$$

$$= 1 - \frac{\Delta U_{31} + A_{31}}{\Delta U_{12} + A_{12} + \Delta U_{23} + A_{23}} = 1 - \frac{\frac{3}{2}JR(T_3 - T_1) + JR(T_3 - T_1)}{\frac{3}{2}JR(T_2 - T_1) + \frac{3}{2}JR(T_3 - T_2) + JR(T_3 - T_2)}$$

$$= 1 - \frac{\frac{5}{2}JR(T_3 - T_1)}{\frac{3}{2}JR(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}JR(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{5(T_3 - T_1)}{3(T_2 - T_1) + 5(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{5T_3 - 5T_1}{3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2}$$

$$= 1 - \frac{5T_3 - 5T_1}{-3T_1 - 2T_2 + 5T_3} = \cancel{1 - \frac{5T_3 - 5T_1}{-3T_1 - 2T_2 + 5T_3}}$$

$$\cancel{\pi \cdot \frac{5T_3 - 5T_1}{-3T_1 - 2T_2 + 5T_3}} \quad \text{--- (1)}$$

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} - Q_{31}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{\Delta U_{31} + A_{31}}{\Delta U_{12} + \Delta U_{23} + A_{23}} =$$

$$= 1 - \frac{\frac{3}{2}(p_3 - p_1)(V_3 - V_1)}{\frac{3}{2}(p_2 - p_1)V_2 + \frac{3}{2}p_3(V_3 - V_2) + p_3(V_3 - V_2)} =$$

$$= 1 - \frac{3(p_3 - p_1)(V_3 - V_1)}{3p_2V_2 + 5p_3(V_3 - V_2)} = 1 - \frac{3(p_3 - p_1)(V_3 - V_1)}{3(p_2 - p_1)V_2 + 5p_3(V_3 - V_1)} =$$

$$= 1 - \frac{3p_3V_3 - 3p_1V_3 - 3p_3V_1 + 3p_1V_1}{3p_2V_2 - 3p_1V_2 + 5p_3V_3 - 5p_3V_1} =$$

$$= 1 - 0.8 = \boxed{0.2} \quad \eta_{\max} = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)}{\frac{5}{2}(p_2 - p_1)(V_2 - V_1)} = \frac{1}{5} = \boxed{0.2}$$

Ответ: $\frac{c_v}{c_p} = 0.6$; $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = 2.5$; $\eta_{\max} = 20\%$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23} - Q_{13}}{Q_{12} + Q_{13}}$$

$$Q_{12} =$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ \times 75 \\ \hline 375 \\ 525 \\ \hline 5625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 56,25 \mid 19. \\ - 38,1 \\ \hline 182 \\ - 171 \\ \hline 115 \\ - 114 \\ \hline 1 \end{array} \quad \begin{array}{r} 19. \\ 296. \end{array}$$

~~1~~

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 289 \\ - 225 \\ \hline 64 \\ \textcircled{8} \end{array}$$

$$90 + 81 = 171$$

$$60 + 54 = 114$$

$$296 \overline{) 3}$$

$$0.49 \cdot 10^{-2} = 0.0049$$

№3.

Дано:

$d, S,$

$0.25d$

T

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

Решение: $+q$.

$$II \quad C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$Q = CU$$

$$Q = \frac{\epsilon \epsilon_0 S U}{d}$$

$$Q = \frac{\epsilon \epsilon_0 S \cdot 2 \cdot d_1 \cdot d}{\gamma T^2 \cdot d}$$

$$Q = \frac{2 \epsilon \epsilon_0 S \cdot d_1}{\gamma T^2}$$

$$Q = \frac{1.5 \cdot \epsilon \epsilon_0 S \cdot d}{\gamma \cdot T^2}$$

В конденсаторе частица движется ускоренно от ниж. пластины $\Rightarrow d_1 = d - 0.25d = 0.75d$

$U = 0$ - нач. скорость.

T - время движ. частицы

$$a = ? \quad a = \frac{F}{m} = \frac{q \cdot E}{m} = \gamma E$$

$$d_1 = UT + \frac{aT^2}{2} = \frac{aT^2}{2}$$

$$a = \frac{2d_1}{T^2} = \gamma E$$

$$\frac{2d_1}{T^2} = \gamma \cdot \frac{U}{d} \quad E = \frac{U}{d}$$

$$U = \frac{2d_1 d}{\gamma T^2}$$

Найти: V_1 - ?

Q - ?

V_2 - ?

I $d_1, U=0, T, V_1$ - ?

$$d_1 = \left(\frac{U + V_1}{2} \right) T$$

$$d_1 = \frac{V_1}{2} \cdot T$$

$$\left| \frac{V_1}{2} = \frac{2d_1}{T} = \frac{1.5d}{T} \right|$$

$$V_1 = \frac{1.5d}{T}$$

d_1 - расст. на бесконеч.

По 3.С.Э.

$$III \quad E_{k2} = E_{k0} - \frac{kqQ}{d}$$

$$\frac{mV_2^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} - \frac{kqQ}{d} \quad | : \frac{m}{2}$$

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 - \frac{2kqQ}{d}}$$

$$= \sqrt{V_1^2 - \frac{2k\gamma Q}{d}}$$

Сответ. 1) $\frac{1.5d}{T} = V_1$

2) $Q = \frac{1.5 \cdot \epsilon \epsilon_0 S \cdot d}{\gamma T^2}$

3) $V_2 = \sqrt{V_1^2 - \frac{2k\gamma Q}{d}}$

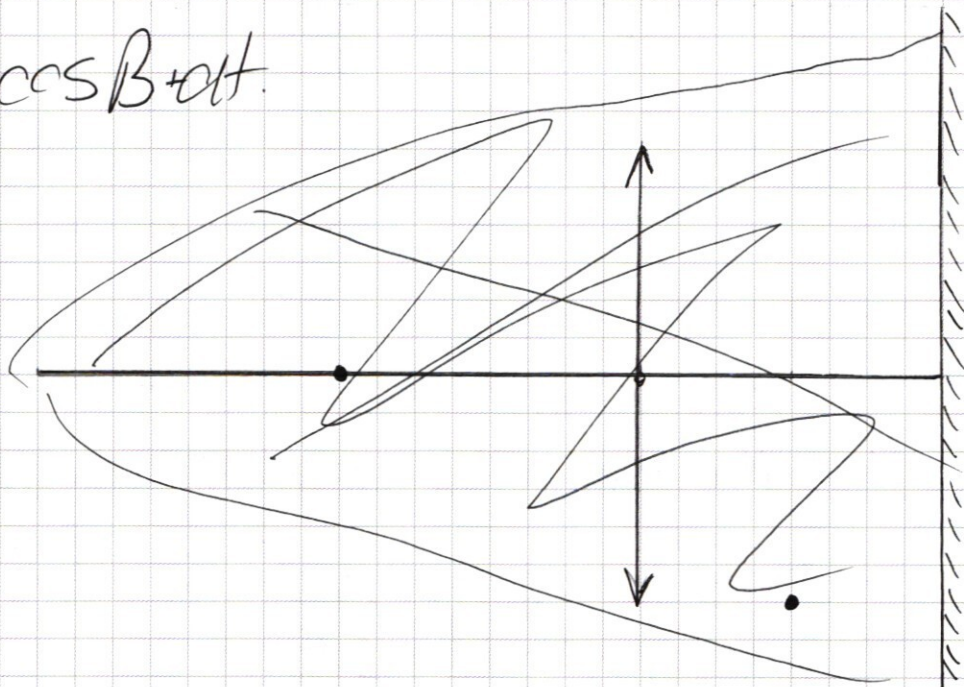
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

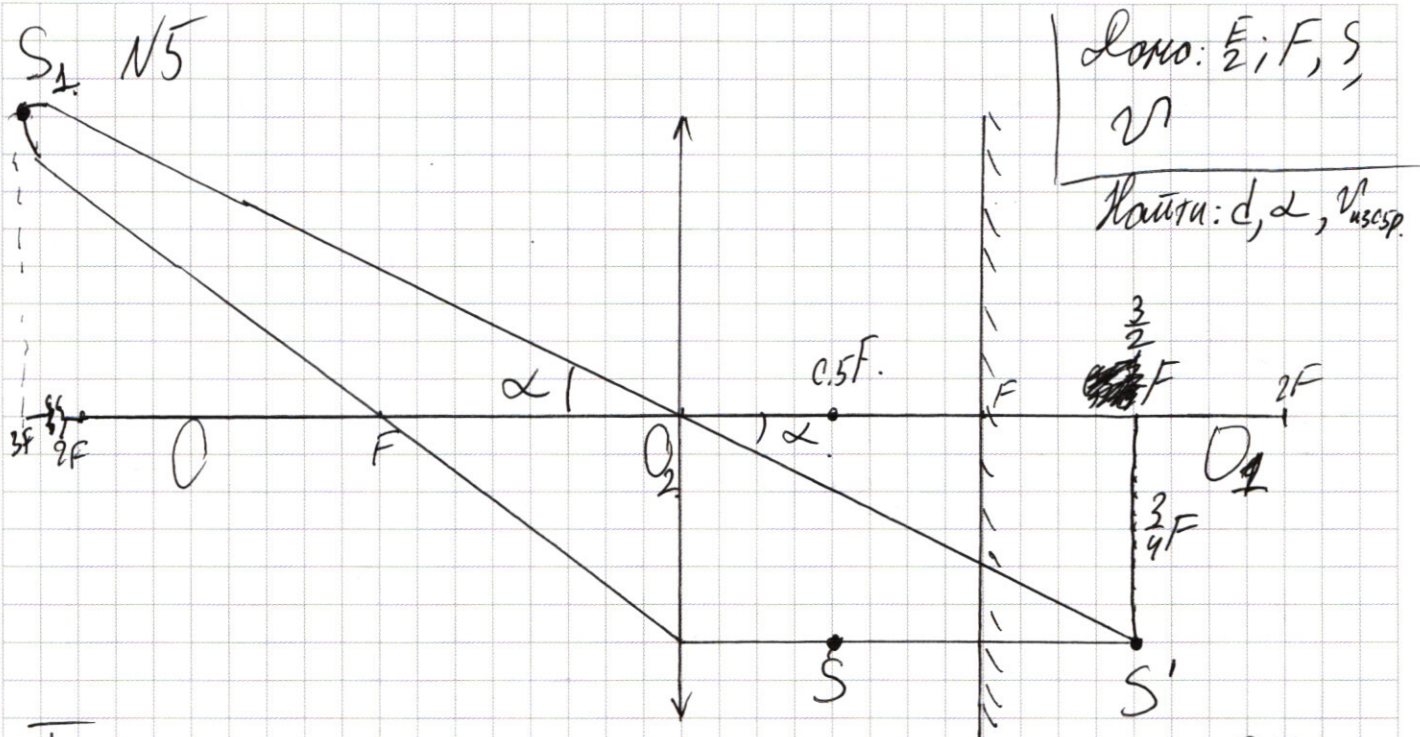
15.
11.

$$v_{\text{кольца}} = v \cdot \cos \beta + \omega r$$

$$a = \frac{v^2}{R}$$

$$v_{\text{кольца}} =$$





I Пусть F известно. S' - образ источника S .
Все лучи от S проходят (страж) от зеркала $\Rightarrow$

$\Rightarrow S'$ находится в $F + \frac{F}{2} = \frac{3}{2}F$ от плоскости
линзы $\Rightarrow d = \frac{3}{2}F$.

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \quad f = \left(\frac{1}{F} - \frac{1}{d}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{F} - \frac{2}{3F}\right)^{-1}$$

$$d = \left(\frac{3}{3F} - \frac{2}{3F}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{3F}\right)^{-1} = \boxed{3F}. \quad \boxed{d = 3F.}$$

$$II \quad d(0.5F; S) = \frac{3}{4}F \Rightarrow d(\frac{3}{2}F; S') = \frac{3}{4}F.$$

$$\angle S_1 O_2 (3F) = \angle S' O_2 (\frac{3}{2}F) = \alpha; \quad \triangle S_1 O_2 (3F) \sim \triangle S' O_2 (\frac{3}{2}F)$$

$$\operatorname{tg} \angle \alpha = \frac{\frac{3}{4}F}{\frac{3}{2}F} = \frac{1}{2} \Rightarrow \angle \alpha = \arctg\left(\frac{1}{2}\right) \quad \text{по 2м углам.}$$

$$III \quad v_{S'} = 2v; \quad \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{3F}{3F} = 2. \Rightarrow v_{изобр} = 2v_{S'} = \boxed{4v}$$

Ответ: $d = 3F$; $\alpha = \arctg \frac{1}{2}$; $v_{изобр} = 4v$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

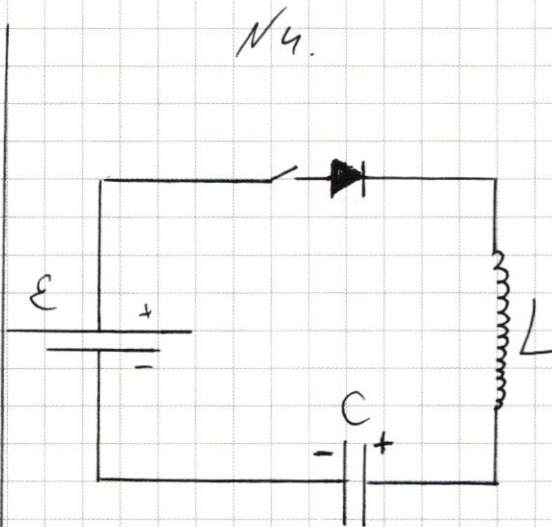
$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_c = 5 \text{ В}$$

$$\mathcal{E} = 9 \text{ В}$$

$$L = 10^{-1} \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$



~~На диоде падение
напряжения нет
Пред. знач. U_c - напряжение
на конденсаторе. $U_c = \mathcal{E} - U_0 = 8 \text{ В}$.~~

$$W_{c1} = \frac{CU^2}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-5} \cdot 25}{2} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$$

$$W_{c2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-5} \cdot 64}{2} = 12,8 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$$

Найти: I_0 - ?

$I_{\max}$ - ?

U_L - ?

~~I. Макс. проток тока,~~

~~будет увеличиваться из-за индукции.~~

~~II. Конденсатор будет заряжаться.~~

~~III. Энергия катушки уйдет в конденсатор.~~

~~Напряжение конденсатора противоположно $\mathcal{E}$ =>~~

~~напряжение~~

$$\Rightarrow U_L = \mathcal{E} - U_c$$

$$I U_L = L I' \Rightarrow I_0' = \mathcal{E} - U_c, I_0' = \frac{\mathcal{E} - U_c}{L} = \frac{9 - 5}{0,1} = 40 \frac{\text{В}}{\text{Гн}} = 40 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$W_{c1} = \frac{CU^2}{2} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$$

$$W_{c2} = \frac{CU^2}{2} = 12,8 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$$

$$\Delta W = W_{c2} - W_{c1} = 7,8 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$$

$$\Delta W = \frac{L I_{\max}^2}{2}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{2 \Delta W}{L}}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7,8 \cdot 10^{-4}}{0,1}}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{15,6 \cdot 10^{-5}}{0,1}} = \sqrt{156 \cdot 10^{-2}} = 12,5 \text{ А}$$

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2}$$

$$I^2 = \frac{CU^2}{L}$$

$$I = \sqrt{\frac{CU^2}{L}}$$

$$V_{\text{max}} = V_{\text{CCSOX}}$$

мгновен.

$$W_L = \frac{LI^2}{2}$$

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 5^2}{2} = \frac{50 \cdot 10^{-6}}{2} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$$



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)

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

$$\Delta W =$$

$$W = \frac{LI^2}{2}$$