

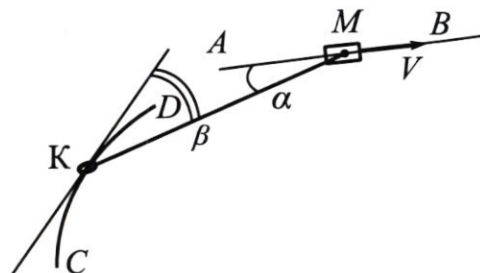
Олимпиада «Физтех» по физике, фс

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.



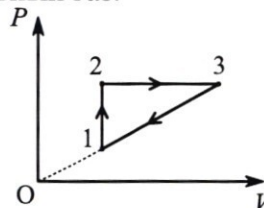
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

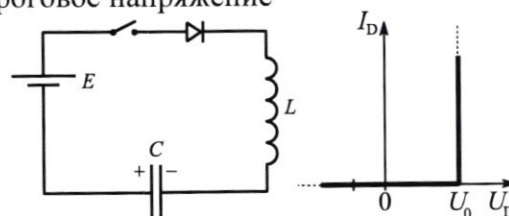
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки

$L = 0,1$ 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.

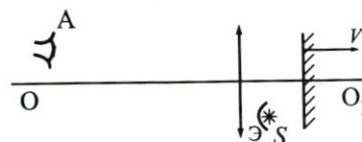


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

Дано:

$$v = 24 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 0,24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$l = \frac{5}{4} R$$

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

$$\cos \beta = \frac{3}{5}$$

1) v_1 - ?
(скорость камня)

2) $v_{\text{отн}}$ - ?
(скор. камня отн. муфты)

3) T - ?
(сила натяжения)

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

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

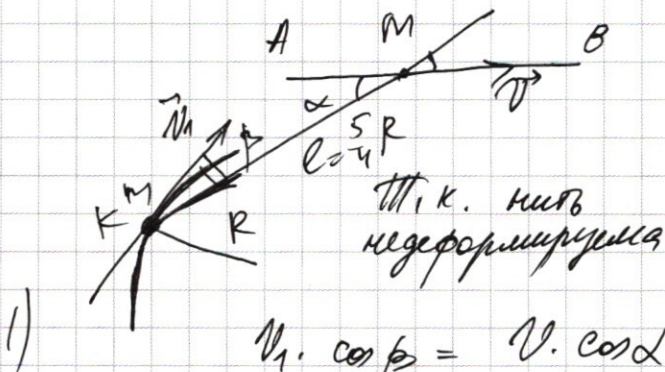
$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \frac{13}{17,5}$$

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{(0,24 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 + (0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2 - 2 \cdot 0,24 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{13}{17,5}} = 0,56 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Отв: $0,56 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

НЧ.

Решение:



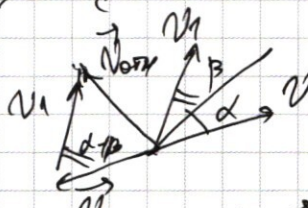
$$v_1 \cos \beta = v \cos \alpha$$

$$v_1 = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$v_1 = 0,24 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{3} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Отв: $0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

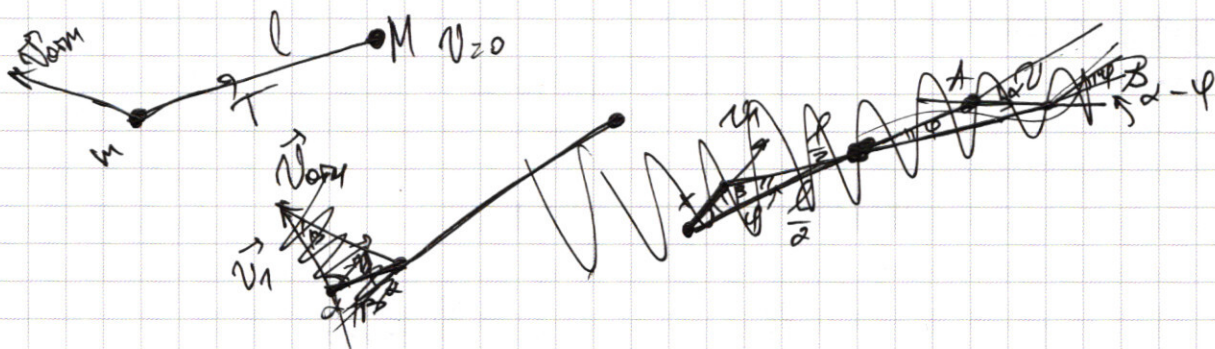
2) Переход
в
СД
муфта



$$\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_1 - \vec{v}$$

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{v^2 + v_1^2 - 2v \cdot v_1 \cos(\alpha + \beta)}$$

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{v^2 + v_1^2 - 2v \cdot v_1 \cos(\alpha + \beta)}$$



№2.

Дано:

$$p(V); i=3$$

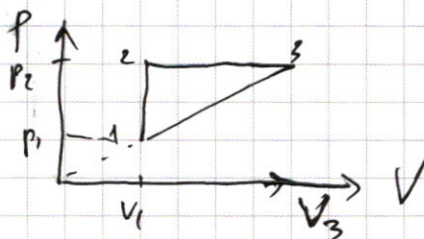
Найти:

$$1) \frac{C_{p12}}{C_{p23}} - ?$$

$$2) \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} - ?$$

$$3) \eta_{\max} - ?$$

Решение:



$$C_{p12} = C_V \quad (\text{молерн. теплоёмкость при } V = \text{const.})$$

$$= \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R$$

$$C_{p23} = C_p = C_V + R = \frac{3}{2} R + R = \frac{5}{2} R \quad (\text{молерн. теплоёмкость при } p = \text{const.})$$

$$= \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{p12}}{C_{p23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

$$\eta_{\max} = \frac{3}{5}$$

$$2) \Delta U_{23} = \frac{3}{2} p_2 \Delta T_{23}$$

$$A_{23} = p_2 (V_3 - V_1)$$

$$p_2 V_1 = p R T_2$$

$$p_2 V_3 = p R T_3$$

$$\Rightarrow p_2 (V_3 - V_1) = p R \Delta T_{23}$$

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

$$\eta_{\max} = \frac{3}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) \eta = \frac{A_4}{Q_4} < \frac{1}{2}$$

Дано:

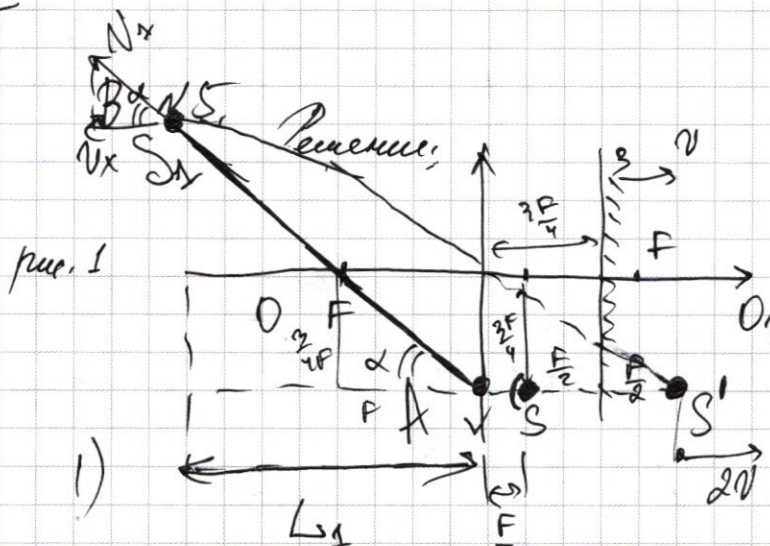
F;

Раста;

11 ~~Li~~?

2) $\alpha - ?$

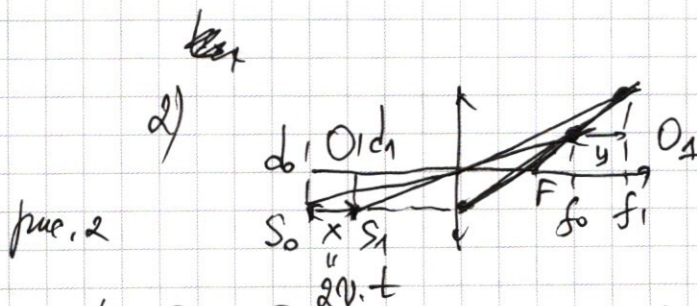
3) $v_1 - p$



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

$$\frac{1}{5F} + \frac{1}{L_1} = \frac{1}{F}$$

$L_1 = 5F$ Querschnitt: $5F$



Центр дуги двигался вдоль прямой AB , проходящей через F .

Orbiter: $\tan \alpha = \frac{3}{4}$.

$$\tan \alpha = \frac{\frac{30}{4} \text{ P}}{F} = \frac{3}{4} \quad \alpha = \arctan \frac{3}{4}$$

3) Для произвольной точки, движущейся вдоль прямой, параллельной OO_1 (рис. 2)

$$\frac{1}{d_0} + \frac{1}{f_0} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_0} = \frac{1}{d_0} - \frac{1}{d_1} \quad | \cdot (-1)$$

$$\frac{f_1 - f_0}{f_1 f_0} = \frac{d_0 - d_1}{d_0 d_1}$$

~~$y = x \cdot \Gamma_1 \cdot \Gamma_2$~~
 ~~$V_{i \cos \alpha} = 2V \cdot \cos \alpha$~~
~~при $\alpha \rightarrow 0$~~
 ~~$\Gamma_1 \rightarrow \Gamma_2 = \Gamma = 4$~~
 ~~$V_{i \cos \alpha} = 2V \cdot 4 \cdot 4 = 32V$~~
 ~~$V_1 = \frac{32V}{\cos \alpha}$~~
 ~~$V_1 = \frac{32V}{1} = 32V$~~
 ~~$V_1 = 32V$~~

$$N_1 \cos \alpha = 2V \cdot 4 \cdot 4$$

$$N_1 = \frac{32V}{\cos \alpha}$$

$$N_1 = \frac{32V}{1} \cdot \sqrt{1 + \tan^2 \alpha} = 32V \cdot \frac{5}{4} = 40V$$

Омв: 40V.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$\mathcal{E} = 6 \text{ В}$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

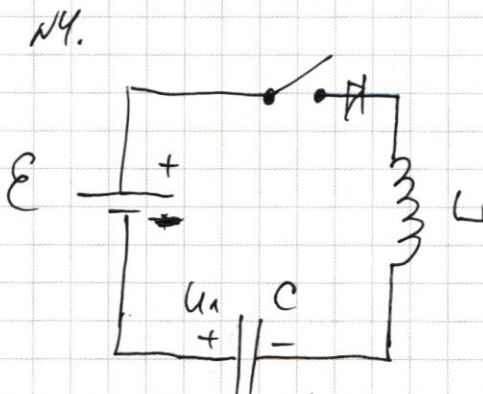
$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

1) $\frac{dI_0}{dt} - ?$

2) $I_{\max} - ?$

3) $U_2 - ?$



$$1) \quad \mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt} = L \frac{dI}{dt}$$

$$\mathcal{E}_{i0} = \mathcal{E} + U_1$$

$$\frac{dI_0}{dt} = \frac{\mathcal{E} + U_1}{L}$$

$$\frac{dI_0}{dt} = \frac{6 \text{ В} + 2 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 80 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

Отв., $80 \frac{\text{А}}{\text{с}}$.

$U_{\text{двог}} = \mathcal{E} + U_1$
 U_0
тои тегёт

2) $\frac{L I^2}{2} + \frac{C U^2}{2} = q_{\text{кст}} \cdot \mathcal{E}$

$$U_c = 0$$

$$q_{\text{кст}} = C U_1$$

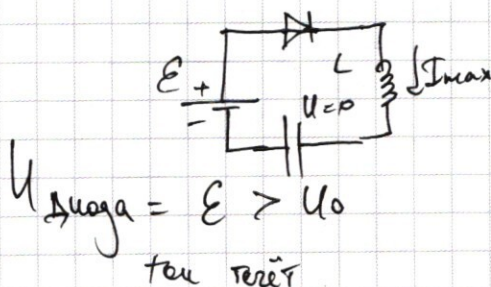
$$\frac{L I_{\max}^2}{2} = C U_1 \mathcal{E}$$

$$I_{\max}^2 = \frac{2 C U_1 \mathcal{E}}{L}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{2 C U_1 \mathcal{E}}{L}}$$

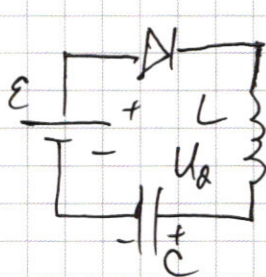
$$I_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 2 \text{ В} \cdot 6 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}}} \approx 0,1 \text{ А}$$

Отв.: $0,1 \text{ А}$.



$U_{\text{двог}} = \mathcal{E} > U_0$
тои тегёт

3)



Ток не будет течь,

если

$$U_2 > \varepsilon - U_0$$

(против)

$$U_2 \Rightarrow 5 \text{ В}$$

ток не будет течь

Установившееся напряжение означает, что ток через конденсатор не течёт

$$\frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = q \cdot \varepsilon$$

$$q = C(U_1 + U_2)$$

$$\frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = CU_1\varepsilon + CU_2\varepsilon$$

$$U_2^2 - 2\varepsilon U_2 - 2U_1\varepsilon - U_1^2 = 0$$

Ответ: 5 В.

Дано:

$$d; \delta = \frac{|q|}{m}$$

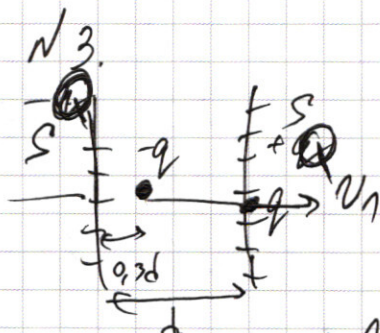
$v_1; S$

Капли:

1) δ ;

2) Q ;

3) V_2 ;



$$A_{\text{ЭП}} = E \cdot q \cdot 0,7d$$

$$\frac{mv_1^2}{2} - 0 = A_{\text{ЭП}}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{Q^2}{\varepsilon_0 S} \cdot |q| \cdot 0,7d$$

$$Q^2 = \frac{mv_1^2 \varepsilon_0 S}{|q| \cdot 2 \cdot 0,7d} = \frac{v_1^2 \varepsilon_0 S}{1,4 \delta d}$$

$$2) Q = v_1 \sqrt{\frac{\varepsilon_0 S}{1,4 \delta d}} \quad \text{Дано: } v_1 \sqrt{\frac{\varepsilon_0 S}{1,4 \delta d}}$$

$$1) ma = qE = q \cdot \frac{Q^2}{\varepsilon_0 S}$$

$$a = \frac{Q^2}{\delta \varepsilon_0 S}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{Q^2}{8\epsilon_0 S} = \frac{U_1^2}{2 \cdot 0,7d}$$

$$a = \frac{U_1^2}{2 \cdot 0,7d}$$

$$0,2d = \frac{U_1^2}{2 \cdot 0,7d \cdot 2} T^2$$

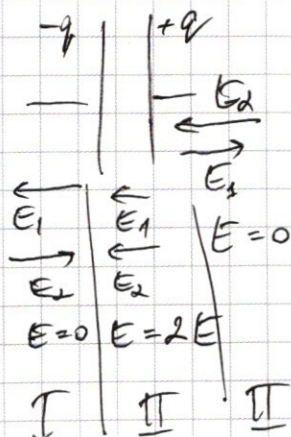
$$0,56 d^2 = U_1^2 T^2$$

$$U_1 T = \sqrt{0,56} d$$

$$T = \frac{\sqrt{0,56} d}{U_1}$$

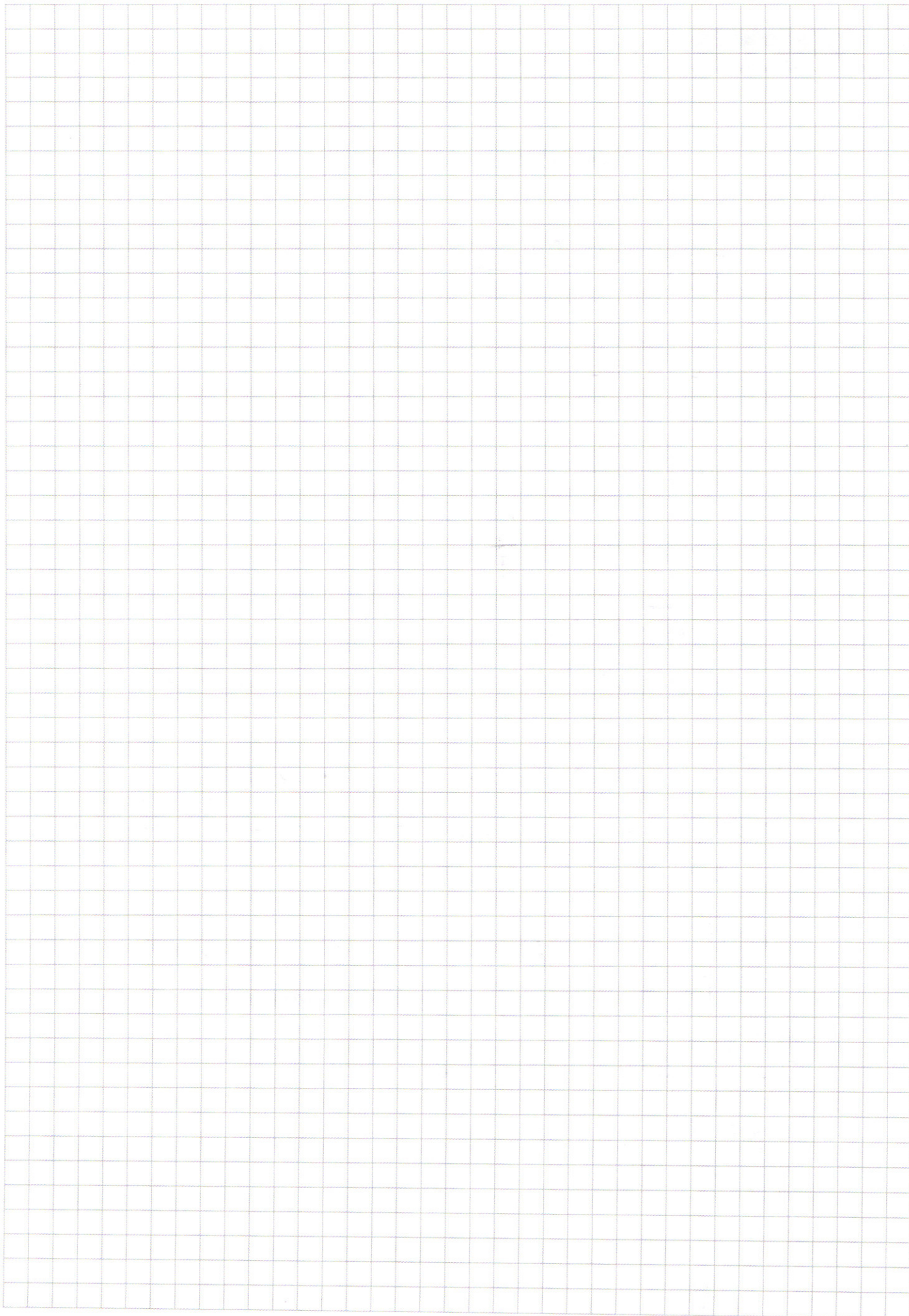
$$\text{Отв: } \frac{\sqrt{0,56} d}{U_1}$$

3) т.к. поле всегда у конденсатора
на пластину не будет действовать никакое поле,
в том поле электрическое



$E=0$, она сохранит
свою скорость

Отв: U_1 .



☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 8
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sqrt{2} \cdot C_V = I R \quad C_V = \frac{2}{2} R$$

$$C_p = \left(\frac{3}{2} + 1\right) R$$

$$C_{V12} = \frac{Q_{12}}{V_{12} \Delta T_{12}}$$

$$Q_{12} = A_{12}^0 + \Delta U_{12} = \frac{3}{2} V R_0 T_{12}$$

$$C_{p12} = \frac{\frac{3}{2} R_{\Delta T12}}{\Delta T12} = \frac{3}{2} R$$

$$\eta_{23} = \frac{Q_{23}}{P_{T23}}$$

$$Q_{23} = A_{23} + \delta V_{23}$$

$$A_{23} = P(V_3 - V_2) = V R_A T_{23}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} n R \Delta T_{23}$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \sqrt{R_0 T_{23}}$$

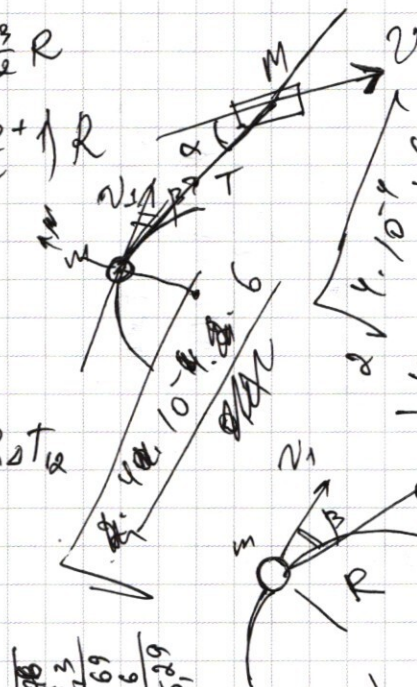
$$C_{k3} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{\Delta U_{k3}}{A_{k3}}} = \frac{\frac{3}{2} R_{k3} T_{k3}}{R T_{k3}} = \left(\frac{3}{2} \right) 2.$$

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

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

$$\frac{t_3 + T_1 - 212}{-3T_1 - T_2}$$

$$z = \frac{1}{5T_3 - 3T_1 - T_2} = \frac{1}{2h + 3} = \frac{1}{2}h + \frac{3}{2}h^2 + \frac{2}{3}h^3 = \frac{1}{4}$$



$$\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{2RT_3}{2RT_1}$$

$$Q_m = \frac{3}{2} R_s T_{12} + \frac{5}{2} R_s T_{23}$$

$$Q_x = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) + \frac{\rho}{2} V R_{ST} \Delta T_{13}$$

$$\frac{p_1 V_2 + p_2 V_2 - p_1 V_1 - p_2 V_1}{\propto V_1 V_2} \quad \frac{p_2 V_2 - p_2 V_1}{\propto V_2 V_1} +$$

$$+ \frac{2}{2} R_D T_{13} = 2 R_D T_{13}$$

$$\frac{Q_H - Q_C}{Q_H} = \frac{\frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} (T_3 - T_2) R}{\frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} (T_3 - T_2) R}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten work on graph paper, including various mathematical derivations, diagrams, and calculations.

Top Left: Derivation of a formula involving $(p_2 - p_1)(V_3 - V_1)$ and $p_2(V_3 - V_1)^2$. Includes a diagram of a particle trajectory with radius α and velocity v_1 .

Top Right: Diagrams showing particle trajectories and calculations involving $\frac{q_1}{m} = \gamma$ and $\frac{m v_1^2}{2} - 0 + q_1 \int \dots$.

Middle Left: Calculations involving $\frac{q_1 q_2}{(0,3d)^2}$ and $\frac{q_1 q_2}{(0,7d)^2}$. Includes a diagram of a square with side length d and a diagonal.

Middle Right: Diagrams showing particle trajectories and calculations involving $\frac{q_1 q_2}{d^2}$ and $A = \frac{1}{2} U_{13}$.

Bottom Left: Diagrams showing particle trajectories and calculations involving $\alpha + \beta$ and $\alpha + \beta - 90$.

Bottom Right: Diagrams showing particle trajectories and calculations involving $\alpha + \beta - 90$ and $\alpha + \beta - 90$.

$\frac{L I_{max}}{2} = \dots$
 $\frac{m V_2^2}{2} = 0 = \frac{kq}{|q|} \cdot 0,2d \cdot 2A_y + A_y + Q_y \leq \frac{1}{2}$
 $E = 6B \pm 0,0 \cdot 0 \cdot 0 \cdot 0 \cdot 0$
 $C = 40 \cdot 10^{-6} \Phi$
 $U_1 = 2B$
 $L = 0,1 \text{ Гн}$
 $U_0 = 78$
 $\frac{dI}{dt} = ?$
 $\frac{dI}{dt} = \frac{d\Phi}{dt} = L \cdot \frac{dI}{dt}$
 $E_{io} = E + U_1 - \dots$
 $\frac{dI_0}{dt} = \frac{E + U_1}{L}$
 $\frac{1}{5F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$
 $\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{4}{5F} = \frac{1}{5F}$
 $40 f = 5F$
 $\frac{1}{5F}$