

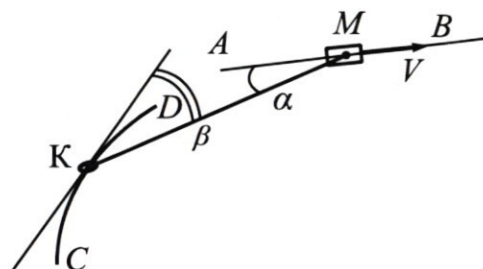
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-01

Класс 11

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

1. 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.



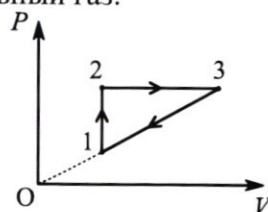
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 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?

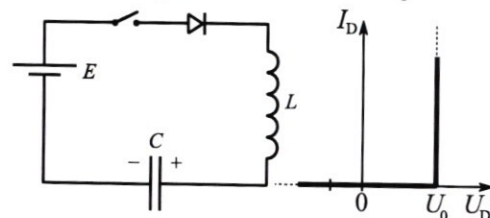
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

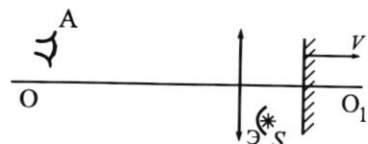


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ 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?

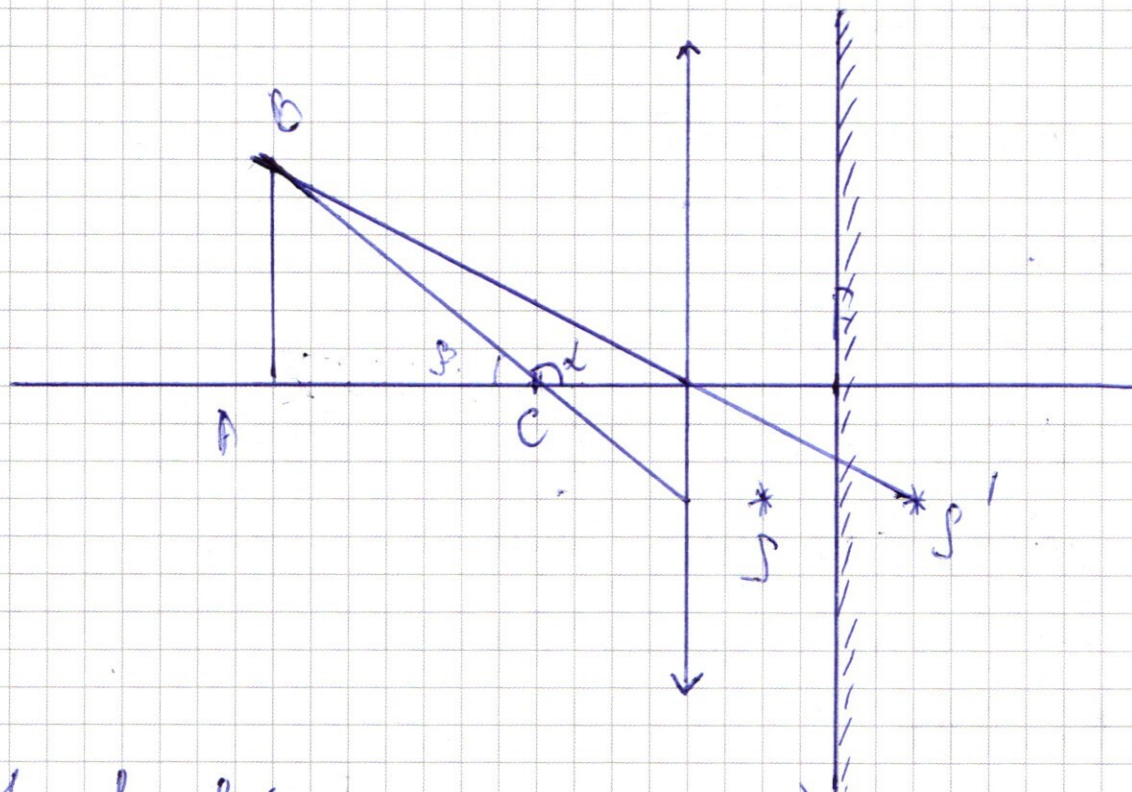
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5



1) $\frac{1}{P} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$ (формула тонкой линзы)

в соответствии будем считать изображение S' ; $d = \frac{3}{2}P$

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{f} + \frac{2}{3P} \Rightarrow \frac{1}{P} = \frac{3-2}{3P} = \frac{1}{3P}; f = 3P$$

2) Рассмотрим $\triangle ABC$; $\operatorname{tg} \beta = \frac{AB}{AC} = \frac{3}{2 \cdot 2} = \frac{3}{4}$; $\operatorname{tg} \alpha = -\frac{3}{4}$

3) Пусть v_1 - скорость изображения; если зеркало сместить на Δx , то изображение сместится на $5\Delta x$

$$\frac{\Delta x}{v} = \frac{5\Delta x}{v_1} \Rightarrow v_1 = 5v$$

② 1) Повышение температура произошло на участках 1-2 и 2-3.

Рассм. 1-2.

1-2 процесс - изохорный

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

Рассм 2-3

2-3 процесс - изобарный

$$\begin{aligned} Q_{23} &= \Delta U_{23} + A = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + P_2 (V_3 - V_2) = \\ &= \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + P_2 V_3 - P_2 V_2. \end{aligned}$$

По закону Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \nu RT$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$Q_{12} = C_{12} \cdot \nu (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} R$$

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

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R \cdot 2}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

$$2) \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu R (T_3 - T_2)} = \frac{5}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) \quad \eta = \frac{A}{Q_n}$$

$$A = A_{23} + A_{31}$$

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

$P = P_k$ (k - коэффициент пропорциональности)

$$= \frac{P_3 V_3 - P_1 V_1}{2} = \frac{\frac{3}{2} R (T_3 - T_1)}{2}$$

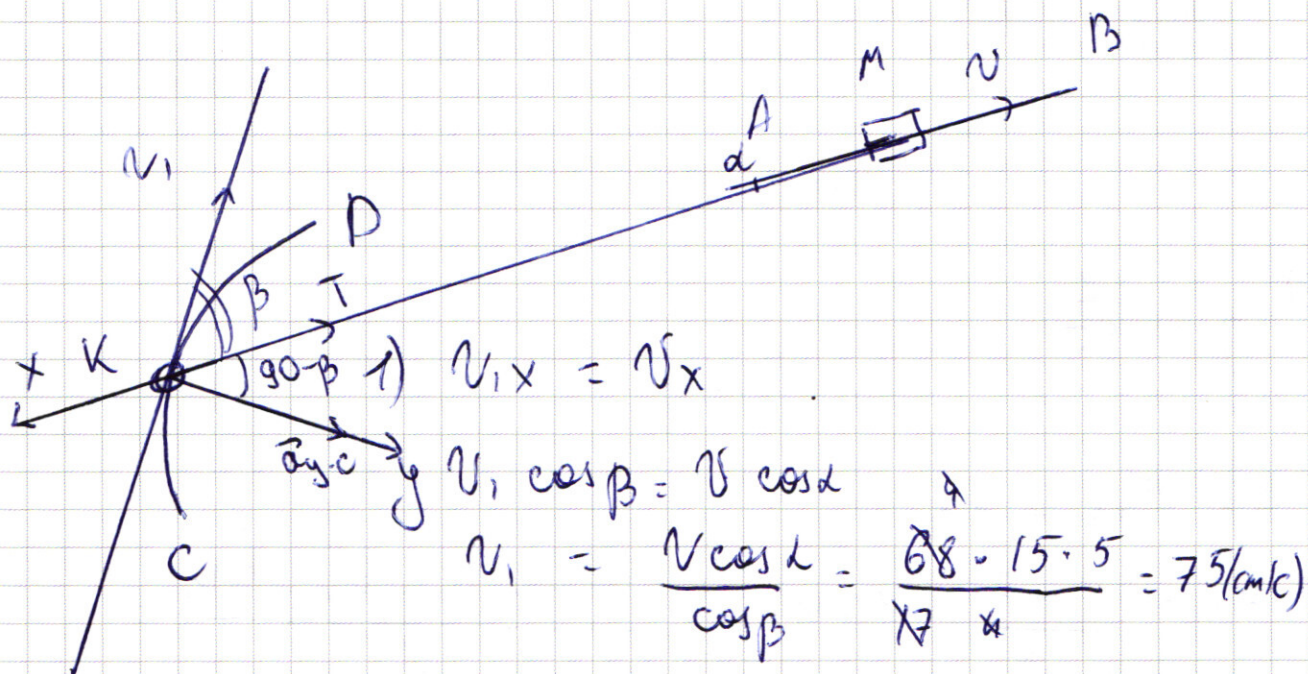
$$A = \frac{3}{2} R (T_3 - T_2) + \frac{\frac{3}{2} R (T_3 - T_1)}{2} = \frac{3}{2} R (2T_3 - 2T_2 + T_3 - T_1) =$$

$$= \frac{3}{2} R (3T_3 - 2T_2 - T_1)$$

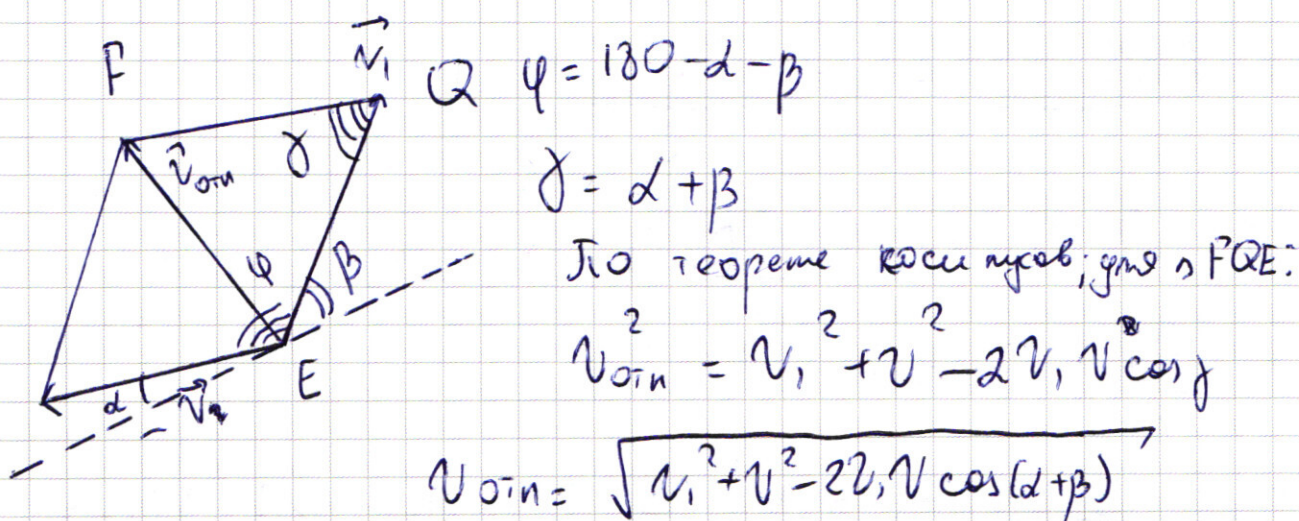
$$Q_n = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} R (3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2) = \frac{3}{2} R (5T_3 - 2T_2 - 3T_1)$$

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

1)



2)



3) $T_y + mgy = may$

$T_y = may \quad T \cos(90 - \beta) = \frac{mv^2}{R}$

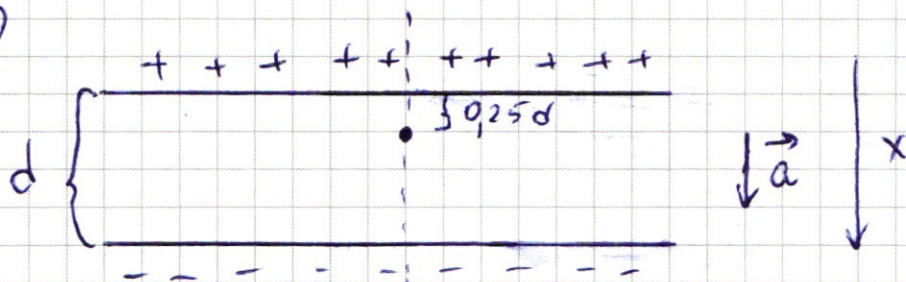
$T = \frac{mv^2}{R \sin \beta} = \frac{91 \cdot 75 \cdot 75}{2 \cdot 4 R} \quad \sin \beta = \frac{mv^2}{RT}$

$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$

$= \frac{75^2}{24 \cdot 4 R} = \frac{75^2}{168 R}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3



$$1) h_x = \frac{a_x T^2}{2}; \text{ на } O_x: h = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2h}{T^2}$$

$$v_{1x} = v_{0x} + a_x T; \text{ на } O_x: v_1 = aT = \frac{2h}{T}$$

$$v_1 = \frac{2 \cdot 0.75d}{T} = \frac{3d}{2T}$$

$$2) F_x = ma_x \text{ на } O_x: F = ma; F = Eq$$

$$Eq = ma; E = \frac{U}{d}; Q = CU; C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

$$U = \frac{Q}{C}; E = \frac{Q}{Cd} = \frac{Qd}{d\epsilon_0 \epsilon S} = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon S}$$

$$\frac{Qq}{\epsilon_0 \epsilon S} = ma; Q = \frac{\epsilon_0 \epsilon S a m}{q}; \frac{m}{q} = \frac{1}{\gamma}$$

$$Q = \frac{\epsilon_0 \epsilon S a}{\gamma} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{\gamma} \cdot \frac{2h}{T^2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S \cdot 3d}{2\gamma T^2}$$

④

$$1) \mathcal{E}_c = -L \dot{I}'$$

$$-U_0 + \mathcal{E} - U_1 = L \dot{I}'$$

$$\dot{I}' = \frac{\mathcal{E} - U_1 - U_0}{L} = \frac{9 - 6 - 3}{0,1} = 30$$

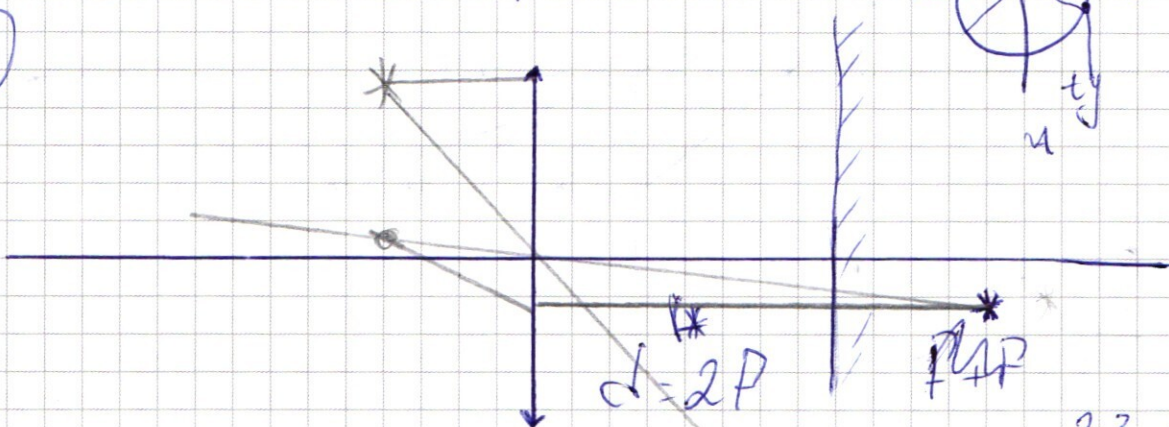
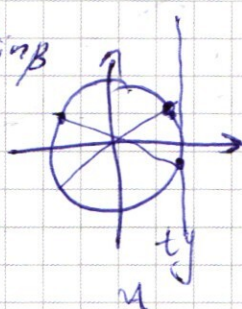
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

④ $n_K = 1.5$

⑤



$$\cos(90^\circ - \beta) = \sin \beta$$



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

$$\frac{1}{l} = \frac{1}{2P} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{3 \cdot 2}{4} = \frac{3}{2}$$

$P = 2$

$$\frac{P}{2} + P = \frac{3P}{2}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{P} - \frac{1}{2P} = \frac{2P - P}{2P^2} = \frac{1}{2P}$$

$$\frac{1}{P} = \frac{12}{3P} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{P} - \frac{2}{3P} = \frac{3 - 2}{3P} = \frac{1}{3P}$$

$$\Gamma = \frac{f}{d}$$

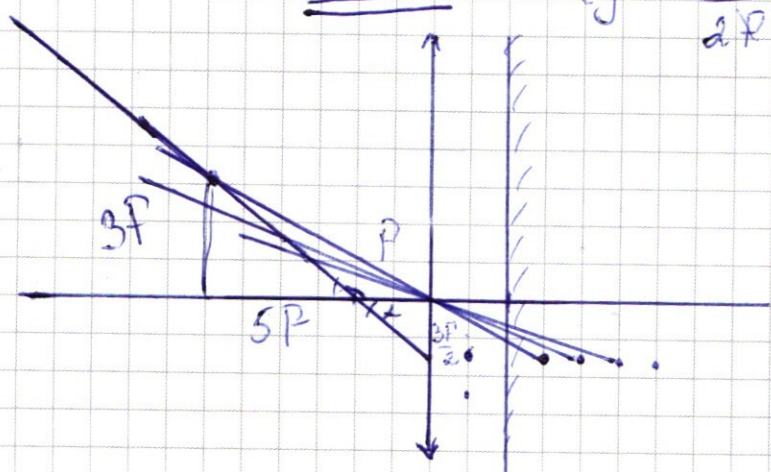
$$\underline{f = 3P}$$

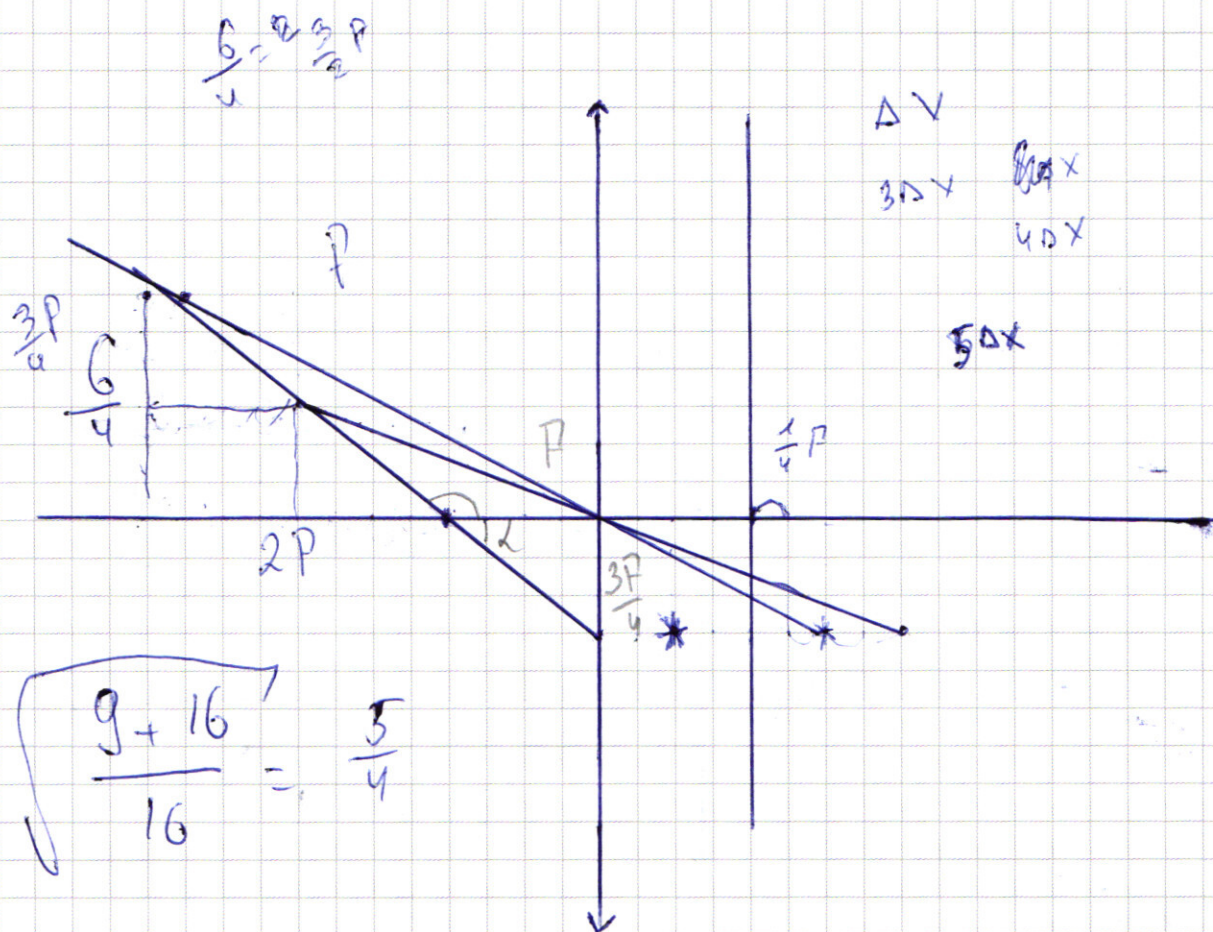
$$\tan \alpha = \frac{3P}{2P} = \frac{3}{2}$$

$$P^2 = N_{\text{отн}}$$

$$\tan(180^\circ - \alpha) = -\tan \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{3}{5}$$





$$1) \frac{1}{P} = \frac{1}{P} + \frac{1}{P} \quad \frac{P}{P} = \frac{P}{P} + \frac{4P}{6P} = \frac{6-4}{6P} = \frac{2}{6P} = \frac{1}{3P} \quad P = 3P$$

$$2) \text{tg} \alpha = \frac{3P}{4P} = \frac{3}{4} \quad \text{tg} \alpha = \frac{8P}{4 \cdot 2P} = \frac{2}{1} = 2$$

$$3) \frac{S_2}{2a} = \frac{S_1}{b_1} \quad \frac{1P}{2} = \frac{5P}{2} \quad U_1 = 5V$$

$$4) N = IU$$

$$I' = \frac{E - U}{L}$$

$$E_{em} = LI'$$

$$q = CU, \text{ m}$$

$$I' = \frac{E_{em}}{L} = \frac{E - U_1}{L} = \frac{9.5}{91} = 40$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) \quad \rho = \frac{Q}{A}$$

$$(2T_3 - 2T_2 - T_3 + T_1) = - (T_3 - 2T_2 + T_1)$$

$$Q_{12} = \cancel{\frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot \mathcal{O}R(T_2 - T_1)} + \frac{5}{2} \mathcal{O}R(T_3 - T_2) +$$

$$+ \frac{3}{2} \mathcal{O}R(T_3 - T_1) + (P_2 - P_1)(V_3 - V_1) =$$

$$= (P_2 V_3 - P_1 V_3 + P_1 V_1 - P_2 V_1)$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \mathcal{O}R(T_2 - T_1) \quad Q_{23} = \frac{5}{2} \mathcal{O}R(T_3 - T_2)$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} \mathcal{O}R(T_1 - T_3) + A$$

$$A = \frac{P_1 + P_3}{2} \cdot (V_3 - V_1) = \frac{1}{2} (P_1 V_3 - P_1 V_1 +$$

$$+ P_3 V_3 - P_3 V_1) \quad (\text{т.к. } P = PK \text{ } k - \text{коэффициент пропорц.})$$

$$A = \frac{1}{2} (P_3 V_3 - P_1 V_1)$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} \mathcal{O}R(T_1 - T_3) + \mathcal{O}R(T_3 - T_1) =$$

$$= \frac{3}{2} \mathcal{O}R(T_1 - T_3) - \mathcal{O}R(T_1 - T_3) = \frac{1}{2} \mathcal{O}R(T_1 - T_3)$$

$$Q_{31} = A = \frac{(P_2 - P_1) \cdot (V_3 - V_1)}{2}$$

$$A = \mathcal{O}R(T_3 - T_2) - \frac{1}{2} \mathcal{O}R(T_1 - T_3)$$

$$Q_{оды} = \frac{J_R}{2} (3T_2 - 3T_1) + 5T_3 - 5T_2 + T_1 - T_3 =$$

$$= \frac{J_R}{2} (-2T_1 - 2T_2 + 4T_3) \quad 3T_3 - 2T_2 - T_1$$

$$A_{оды} = \frac{J_R}{2} (2T_3 - 2T_2 - T_1 + T_3) = \frac{J_R}{2} (3T_3 - 2T_2 - T_1)$$

③

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

$$F = Eq$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$Q = CU \Rightarrow U = \frac{Q}{C}$$

$$E = \frac{Q}{Cd}$$

$$h = \frac{at^2}{2}$$

$$F = \frac{Qq}{Cd} = \frac{Qq}{\epsilon \epsilon_0 S d}$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$a = \frac{2h}{t^2}, \quad v = at = \frac{2h}{t^2} \cdot t = \frac{2h}{t}$$

$$F = ma$$

$$Eq = ma$$

$$\frac{U}{d} \cdot q = ma$$

$$\frac{\kappa q}{r}$$

$$U = \frac{Q}{C}$$

$$\frac{Q}{Cd} = \frac{ma}{q}$$

$$= \frac{U}{d} \cdot q = \frac{a}{y}$$

$$Q = \frac{aCd}{y} = \frac{a \epsilon \epsilon_0 S}{y} = \frac{a \epsilon \epsilon_0 S}{y}$$

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

$$\frac{-P_1 \cdot P_3 \cdot V_1}{2V_3} = \frac{3}{2} \mathcal{O} R T_1$$

$$Q_n = \frac{5}{2} \mathcal{O} R (T_3 - T_2) + \frac{3}{2} \mathcal{O} R (T_2 - T_1) = \frac{\mathcal{O} R}{2} (5T_3 - 5T_2 + 3T_2 - 3T_1) = \frac{\mathcal{O} R}{2} (5T_3 - 2T_2 - 3T_1)$$

$$A = \mathcal{O} R (T_3 - T_2) - \frac{\mathcal{O} R}{2} (T_3 - T_1) = \frac{\mathcal{O} R}{2} (2T_3 - 2T_2 - T_3 + T_1) =$$

$$= (T_3 - 2T_2 + T_1) \frac{\mathcal{O} R}{2} \quad N = IU$$

$$\eta = \frac{\mathcal{O} R (T_3 - 2T_2 + T_1)}{5T_3 - 2T_2 - 3T_1} \quad N = I \oint U_0$$

$$N = IU_0$$

$$U_1 = 8B$$

$$5T_3 - 2T_2 - 3T_1 + 5T_1 - 5T_3 = 2T_1 - 2T_2$$

$$5T_3 - 2T_2 - 3T_1 + T_1 - T_3 = 4T_3 - 2T_2 - 2T_1$$

$$N = IU$$

$$\mathcal{E} - U = -L I'$$

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

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_c + U$$

$$\mathcal{E}_c = U - \mathcal{E}$$

$$\mathcal{E}_c = L I'$$

$$I_m = U = R C q$$

$$\mathcal{E}_c = \mathcal{E} - U_{\text{вн}}$$

$$I = \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{см}} + U$$

$$I' = \frac{\mathcal{E} - U_{\text{вн}}}{L}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$3) \quad \eta = \frac{Q_n}{A} = \frac{Q_n}{Q_n} \quad Q_n = \frac{5}{2} \mathcal{J}R(T_3 - T_2) + \frac{3}{2} \mathcal{J}R(T_2 - T_1)$$

$$Q_n = \frac{\mathcal{J}R}{2} (5T_3 - 5T_2 + 3T_2 - 3T_1) =$$

$$A = \mathcal{J}R(T_3 - T_2) = \frac{\mathcal{J}R}{2} (5T_3 - 2T_2 - 3T_1)$$

~~$$A = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2}$$~~

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

$$\text{где } \kappa = \frac{P_3}{P_1} \quad V_3 = \frac{V_1}{V_1} \cdot \kappa = \frac{P_3}{P_1} \cdot V_1$$

$$= \frac{P_3 V_3 - P_2 V_2}{2} \quad \kappa = \frac{P_3}{P_1}$$

$$A_{13} = \frac{P_1 + P_3}{2} (V_3 - V_1) = \frac{P_1 V_1 + P_3 V_3}{2} = \frac{\mathcal{J}R(T_3 - T_1)}{2}$$

$$A = \frac{3}{2} \mathcal{J}R(T_3 - T_2) + \frac{\mathcal{J}R(T_3 - T_1)}{2} =$$

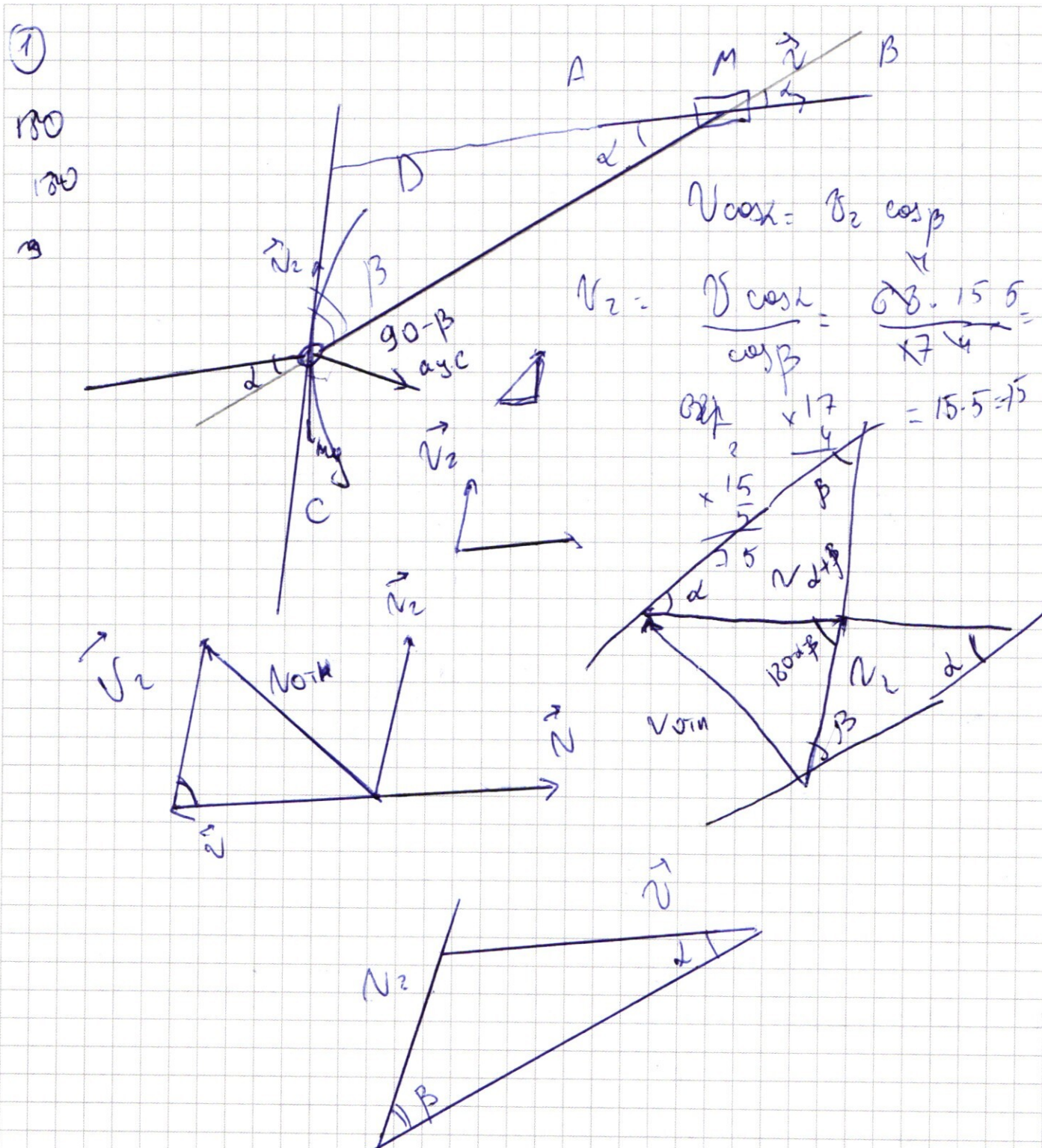
$$= \frac{\mathcal{J}R}{2} (2T_3 - 2T_2 + T_3 - T_1) = \frac{\mathcal{J}R}{2} (3T_3 - 2T_2 - T_1)$$

$$\eta = \frac{\mathcal{J}R (3T_3 - 2T_2 - T_1)}{\mathcal{J}R (5T_3 - 2T_2 - 3T_1)} = \frac{3}{5}$$

$$\frac{P_2 V_3 - P_1 V_3 + P_1 V_1 - P_2 V_2}{2} = \frac{P_3 V_3 - P_1 V_3 + P_1 V_1 - P_2 V_2}{2}$$

$$P_1 V_3 = 3\mathcal{J}R(T_2 - 2T_1) = \frac{3}{2} \mathcal{J}R(T_3 + T_1 - T_2) - \frac{P_1 V_3}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



②
1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} = ?$ $Q = cJ\Delta T$

процесс 1-2

$$A = 0$$

$$Q = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$C_{12} \cdot J (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$C_{12} = \frac{3}{2} R$$

$$P V_3 = \nu R T_3$$

процесс 2-3

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + P(V_3 - V_2) = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R T_3 - \nu R T_2 = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

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

$$C_{23} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{3R \cdot R}{2 \cdot 5R} = \frac{3}{5}$$

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = ?$ $Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3 - T_2)$

$$A_{23} = \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu R (T_3 - T_2)} = \frac{5}{2}$$