

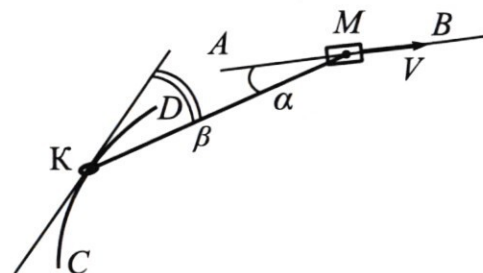
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

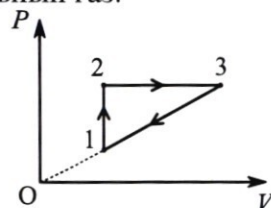
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной 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.



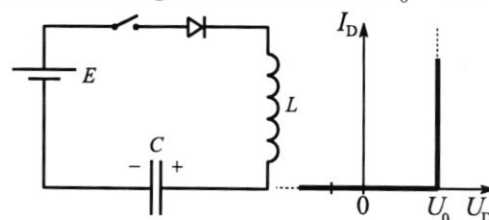
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица 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.

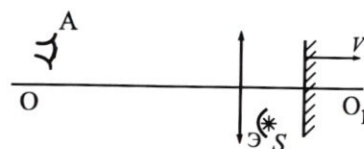
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

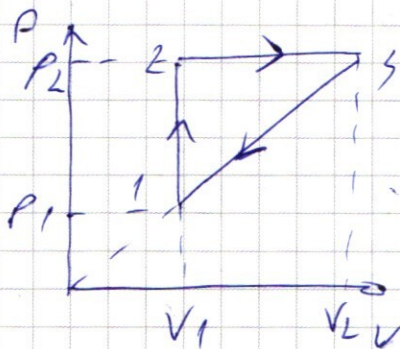
- 1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
- 2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2

2 мбл



$$\frac{C_{1-2}}{C_{2-3}} = ?$$

$$\frac{Q_{2-3}}{A_{2-3}} = ?$$

$$\eta_{\text{max}} = ?$$

$$\nu C_{1-2} (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$C_{1-2} = \frac{5}{2} R$$

$$\nu C_{2-3} (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} (T_3 - T_2) \nu R + P_2 (V_3 - V_2) =$$

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

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

$$\frac{C_{1-2}}{C_{2-3}} = \frac{5}{5}$$

$$\frac{P_2}{V_2} = \frac{P_1}{V_1}$$

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

$$Q_{2-3} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} P_2 (V_2 - V_1)$$

$$\frac{Q_{2-3}}{A} = \frac{\frac{5}{2} P_2}{\frac{P_2 - P_1}{2}} = 5 \cdot \frac{P_2}{P_2 - P_1}$$

$$A_{2-3} = P_2 (V_2 - V_1)$$

$$\frac{Q_{2-3}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$$

$$Q_H = Q_{2-3} + Q_{1-2} = \frac{5}{2} P_2 (V_2 - V_1) + \frac{5}{2} V_1 (P_2 - P_1) =$$

$$= 5 P_2 V_2 - 5 P_2 V_1 + 5 P_2 V_1 - 5 P_1 V_1$$

$$Q = \frac{A}{Q_H} = \frac{P_2 V_2 - P_2 V_1^2 - P_1 V_1 + P_1 V_1}{5 P_2 V_2 - 5 P_2 V_1 + 5 P_2 V_1 - 5 P_1 V_1} =$$

($P_2 V_1 = P_1 V_2$
 $P_1 = P_2 \cdot \frac{V_1}{V_2}$)

$$= \frac{P_2 V_2 + P_1 V_1 - 2 P_2 V_1}{5 P_2 V_2 - 5 P_1 V_1 - 5 P_2 V_1} = \frac{V_2 + \frac{V_1^2}{V_2} - 2 V_1}{5 V_2 - \frac{5 V_1^2}{V_2} - 2 V_1} =$$

$$= \frac{V_2^2 - 2 V_1 V_2 + V_1^2}{5 V_2^2 - 2 V_2 V_1 - 5 V_1^2} = \frac{(V_2 - V_1)^2}{V_2^2 - 2 V_1 V_2 + V_1^2 + 4 V_2^2 - 4 V_1^2} =$$

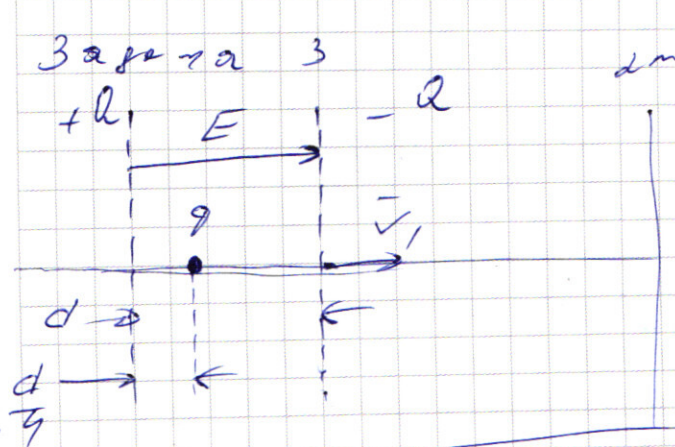
$$= \frac{(V_2 - V_1)^2}{(V_2 - V_1)^2 + 4(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)} = \frac{1}{1 + 4 \cdot \frac{V_2 + V_1}{V_2 - V_1}} = \frac{1}{1 + 4 \cdot \frac{1 + \frac{V_2}{V_1}}{1 - \frac{V_1}{V_2}}}$$

$$Q \rightarrow Q^{\max} \text{ тогда } 1 + \frac{V_1}{V_2} \rightarrow \min \text{ это значит}$$

$$\frac{V_1}{V_2} \rightarrow 0 \text{ тогда } 1 + \frac{V_1}{V_2} \rightarrow 1 \Rightarrow Q^{\max} \rightarrow \frac{1}{5}$$

$$Q^{\max} \approx 20\%$$

Отвечая: $\frac{3}{5}, \frac{5}{2},$
 20%



$$\frac{3d}{4} = \frac{aT^2}{2}$$

$$a = \frac{Eq}{m} = E\gamma$$

$$\frac{3d}{4} = \frac{E\gamma T^2}{2}$$

$$E = \frac{3d}{2\gamma T^2} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}, \quad Q = \frac{3d \epsilon_0 S}{2\gamma T^2}$$

Дано

S

d (d < √S)

q = q

V_0 = 0

T

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

V_0 = 1

Q = 1

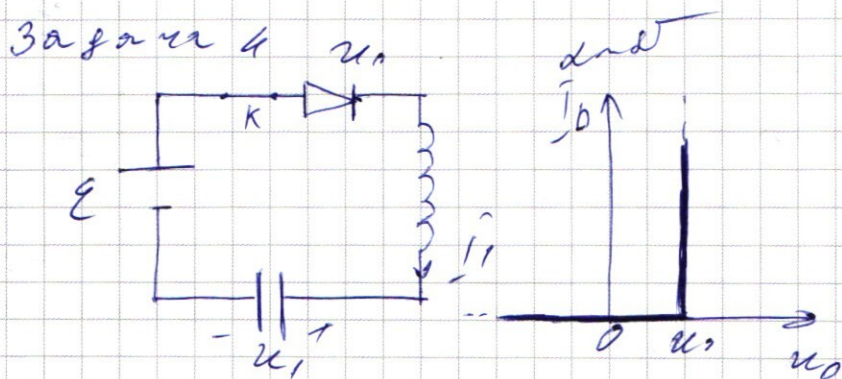
V_L = 1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_1 = \alpha \cdot T = E \gamma \cdot T = \gamma T \cdot \frac{3d}{2\gamma T^2} = \frac{3d}{2T}$$

За пределами конденсатора $E_x = 0 \Rightarrow$ поле вне
из конденсатора $V = V_1 \Rightarrow V_L = V_1 = \frac{3d}{2T}$

Ответ: $\frac{3d}{2T}$
 $\frac{3d \cdot 5}{2 \cdot 1^2}, \frac{3d}{2T}$



Дано

$$E = 9 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$E = U_0 - E_{i1} + U_1$$

$$-E_{i1} = E - U_0 - U_1$$

$$L \frac{dI_1}{dt} = E - U_0 - U_1$$

$$E_{i1} = -L \frac{dI_1}{dt}$$

$$\frac{dI_1}{dt} = \frac{E - U_0 - U_1}{L} = \frac{9 - 1 - 5}{0,1} = 30 \text{ А/с}$$

$$\frac{dI_1}{dt} = !$$

$$I_0 = !$$

$$U_2 = 0$$

когда $I = I_m = I_0$ $E_{i1} = 0$

$$E = U_0 + U_3$$

$$U_3 = E - U_0 = 8 \text{ В}$$

из ЗСЭ $(E - U_0) \Delta q = \Phi_2 - \Phi_1$

$$(E - U_0)(q_3 - q_1) = \frac{L I_0^2}{2} + \frac{C U_3^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$C(E - U_0)(U_3 - U_1) = \frac{L I_0^2}{2} + \frac{C U_3^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$L I_0^2 = 2C(E - U_0)(U_3 - U_1) + C U_1^2 - C U_3^2$$

$$= 4 \cdot 10^{-4} (25 - 16) = \frac{4 \cdot 9}{1000}$$

$$u_2 \quad 3 \subset \exists \quad (e - u_1)(q_2 - q_1) = \frac{c u_2^2}{2} - \frac{c u_1^2}{2}$$

$$2(k - u) = u_2 + u_1$$

Carbon 30418

11B

F

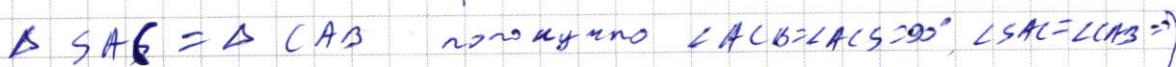
$$Q_1 = \frac{F}{2}$$

$$P = F$$

$$P_1 = 1$$

$\alpha = 1$

$$V_0 = 1$$



$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f}$$

$$R_1 = \frac{F d_1}{d_1 - F} = \frac{15F \cdot F}{0,5F} = 3F$$

$$\frac{1}{r} = \frac{f_1}{d_1}$$

$$dH = dh \cdot \frac{F}{d_1}$$

$$V_o^B = V^B \cdot \frac{f_1}{d_1}$$

$$V_B = 0$$

$$\sqrt{2} \cdot 0 = 0 \quad \text{и} \quad 0 \text{ в первом столбце}$$

$$\Rightarrow \alpha = 0$$

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{f}$$

$$- \frac{dd_1}{d_1^2} - \frac{dA_1}{A_1^2} = 0$$

$$\frac{d d_1}{dt} = V + V_{\text{transmission}} = 2V$$

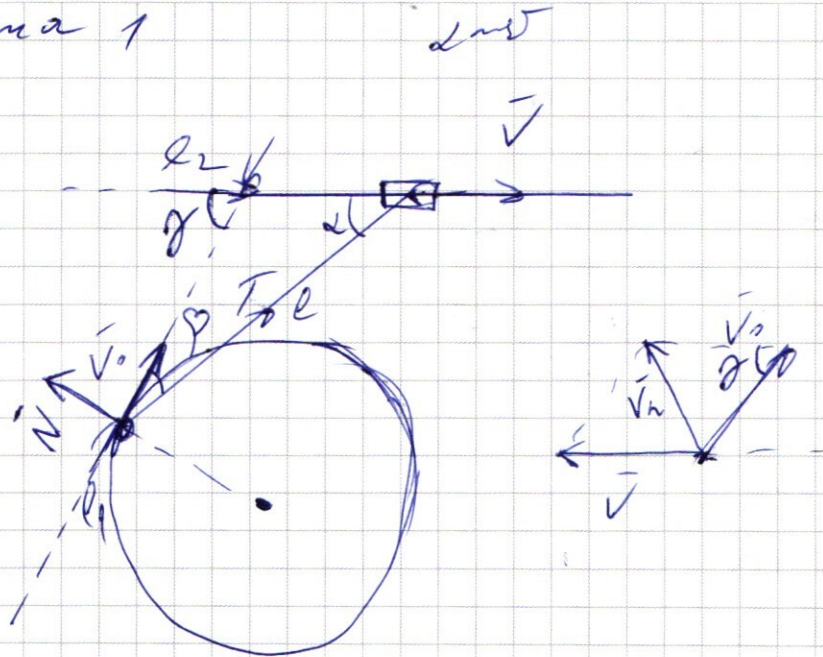
$$-\frac{2V}{r_1^2} - \frac{V_0}{r_1^2} = 0$$

$$V_0 = -2V \left(\frac{r_1}{r_0} \right)^2 = -8V$$

Omron 3F, 0°, 8V

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1



Дано

$$v = 68 \text{ м/с}$$

$$m = 0,14 \text{ кг}$$

$$R = 1,95 \text{ м}$$

$$R = 5R$$

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

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

$$v_0 = ?$$

$$v_n = ?$$

$$T = ?$$

$$e(t) = e$$

$$e'(t) = 0$$

$$e'(t) = v \cos \alpha - v_0 \cos \beta = 0$$

$$v_0 = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = v \cdot \frac{15}{17 \cdot 4} \cdot 5 = \frac{27}{17 \cdot 4} \cdot \frac{15 \cdot 5}{17} = \frac{27 \cdot 75}{17 \cdot 4} = \frac{2025}{68} \text{ м/с}$$

$$\vec{v}_n = \vec{v}_0 + \vec{v}$$

$$\theta = \pi - (\pi - \alpha - \beta) = \alpha + \beta$$

$$v_n^2 = v_0^2 + v^2 - 2v_0 v \cos(\alpha + \beta)$$

$$v_n^2 = v^2 \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} + v^2 - 2v^2 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)$$

$$v_n^2 = v^2 \frac{\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta}{\cos^2 \beta} - 2 \left(\cos \alpha - \cos \alpha \sin \alpha \frac{\sin \beta}{\cos \beta} \right)$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$V_h^2 = V^2 \left(\frac{225 \cdot 15}{289 \cdot 16} + 1 - 2 \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} \left(\frac{15 \cdot 4}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 3}{17 \cdot 5} \right) \right)$$

$$V_h^2 = V^2 \left(\frac{225 \cdot 25}{289 \cdot 16} + 1 - \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 8} \cdot \frac{15 \cdot 4 - 8 \cdot 3}{17 \cdot 5} \right) =$$

$$= V^2 \left(\frac{225 \cdot 25}{289 \cdot 16} - \frac{15(30-12)}{289} + 1 \right) = V^2 \left(\frac{225 \cdot 25}{289 \cdot 16} - \frac{15 \cdot 18}{289} + 1 \right) =$$

$$= V^2 \frac{225 \cdot 25 - 16 \cdot 15 \cdot 18 + 289 \cdot 16}{289 \cdot 16} = V^2 \frac{5625 - 4320 + 4624}{289 \cdot 16} =$$

$$= \frac{1505 + 4624}{289 \cdot 16} = \frac{5929}{289 \cdot 16}$$

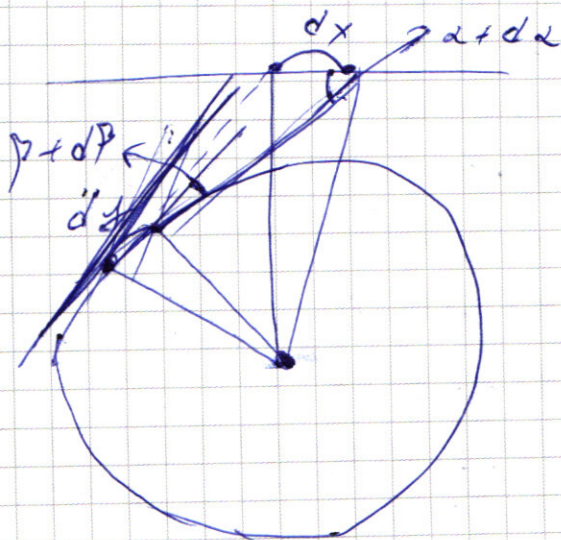
$$V_h = V \cdot \frac{\sqrt{5929}}{17 \cdot 16} = \frac{68}{17 \cdot 16} \cdot \sqrt{5929} \text{ м/с}$$

$$T \cos \beta = m a_t$$

$$V_0 \cos \beta = V \cos \alpha$$

~~$$a_r \sin \beta = \dot{r}(t)$$~~

$$a_r \cos \beta + V_0 \sin \beta \cdot \dot{r}(t) = \cos \alpha - V \sin \alpha \cdot \alpha'(t)$$



$$dx = v \cdot dt$$

$$d\alpha = v_0 \cdot dt$$

$$r^2 = (r_1 + dx)^2 + (r_1 - dx)^2 - 2(r_1 + dx)(r_1 - dx)$$

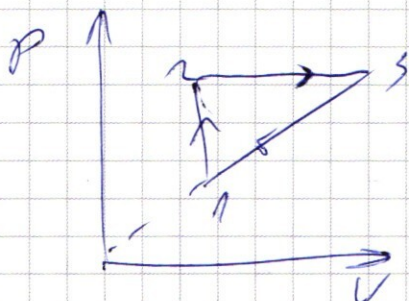
$$\frac{\sin(\beta - \alpha + \beta)}{e} = \frac{\sin \beta}{r_1}$$

$$O_{\text{мбем}} = \frac{1065}{17} \text{ см/с}$$

$$\frac{68 \cdot \sqrt{5929}}{17 \cdot 16} \text{ см/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2



$$V C_{12} \Delta T_1 = \frac{5}{2} V R \Delta T$$

$$C_{12} = \frac{5}{2} R$$

$$C_{23} V \Delta T_2 = \frac{5}{2} V R \Delta T_2 + V R \Delta T$$

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

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

$$\frac{Q}{A} = \frac{5}{2} \frac{P_2(V_2 - V_1)}{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)} \sim P_2 \frac{1}{1 - \frac{P_1}{P_2}}$$

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

$$Q = \frac{5}{2} V R P_2 (V_2 - V_1) + \frac{5}{2} V_1 (P_2 - P_1) =$$

$$= \frac{5}{2} \underline{5 P_2 V_2 - 5 P_2 V_1 + 5 P_2 V_1 - 5 P_1 V_1}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{P_2 V_2 - P_2 V_1 - P_1 V_2 + P_1 V_1}{5 P_2 V_2 - 5 P_2 V_1 + 5 P_2 V_1 - 5 P_1 V_1} =$$

$$= \frac{P_2 V_2 + P_1 V_1 - 2 P_2 V_1}{5 P_2 V_2 - 5 P_2 V_1 - 2 P_2 V_1} =$$

$$= \frac{V_2 + \frac{V_1^2}{V_2} - 2 V_1}{5 V_2 + \frac{5 V_1^2}{V_2} - 2 V_1} = \frac{V_2^2 + V_1^2 - 2 V_1 V_2}{5 V_2^2 - 5 V_1^2 - 2 V_1 V_2} = \frac{(V_2 - V_1)^2}{5 V_2^2 - 5 V_1^2 - 2 V_1 V_2 - 4 V_1^2}$$

$$= \frac{1}{1 + 4 \frac{(V_L - V_1)(V_L + V_1)}{(V_L - V_1)^2}} = \frac{1}{1 + 4 \frac{V_L + V_1}{V_L - V_1}} =$$

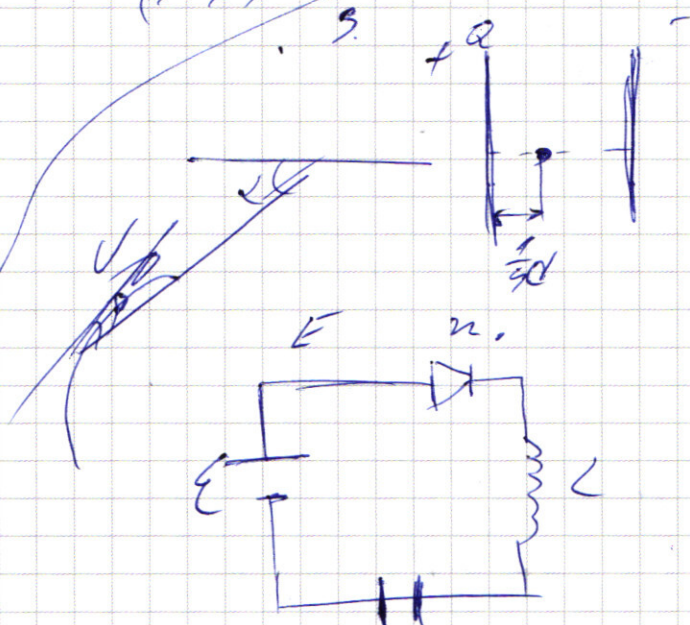
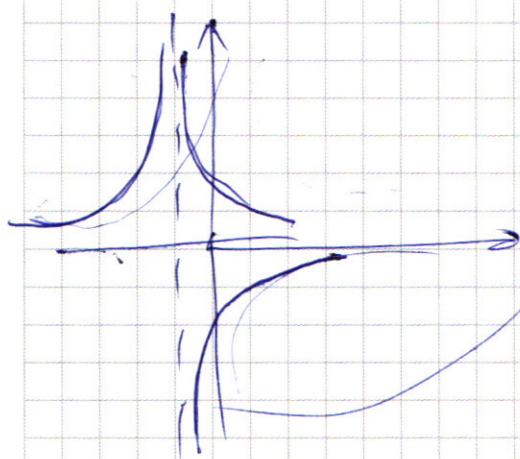
$$= \frac{1}{1 + 4 \cdot \frac{1 + \frac{V_L}{V_1}}{1 - \frac{V_L}{V_1}}}$$

$$= \frac{1}{1 + 4 \frac{1 + x}{1 - x}}$$

$$\frac{1+x}{1-x} \text{ with } x$$

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

$$\frac{2}{(1-x)^2}$$



$$L(\dot{u}_2 - u_1)(u_2 - u_1) =$$

$$= \frac{L u_2^2}{2} - \frac{L u_1^2}{2}$$

$$u = u_0 - \dot{u}_1 + u_1$$

$$- \dot{u}_1 = u - u_0 - u_1 = -L \frac{di}{dt}$$

$$2(u - u_0)(u_1 - u_1) = (u_1 - u_1)(u_2 - u_1)$$

$$u_2 = 16 - 5 = 11$$

Def/Def

$$u = 1 - \dot{u}_1 + 11$$

$$\dot{u}_1 = 12 -$$

$$4500 + 1125 = 5625$$

$$160 + 50 + 240 \cdot 18 = 2400 + 1600 + 512$$

$$160 + 80 = 240 \cdot 18$$

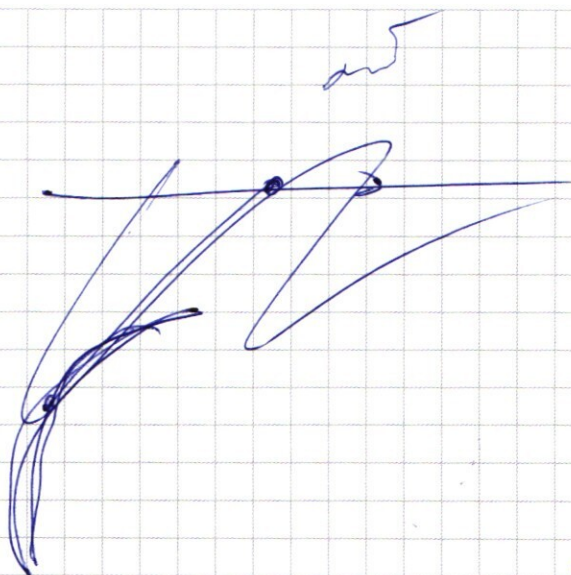
$$\frac{225 \cdot 18 \cdot 16}{289 \cdot 16 \cdot 25}$$

$$2400 + 1600 + 1500 + 514$$

$$2890 + 1200 + 480 + 57 = 4624$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1



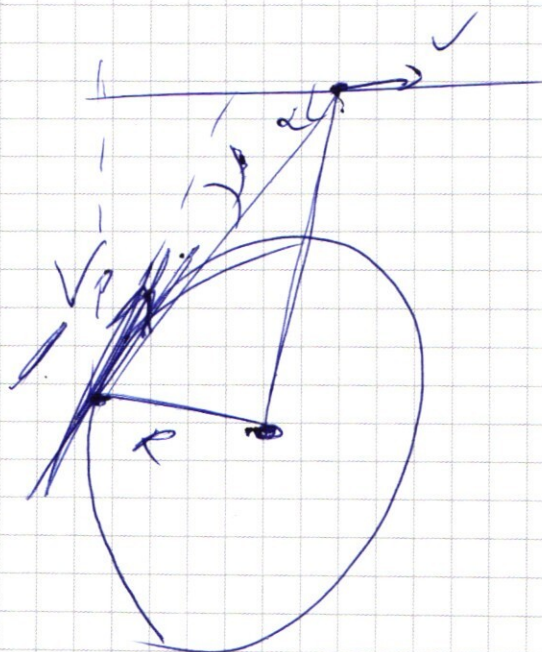
$$v_0(\alpha) = v \cos \alpha$$

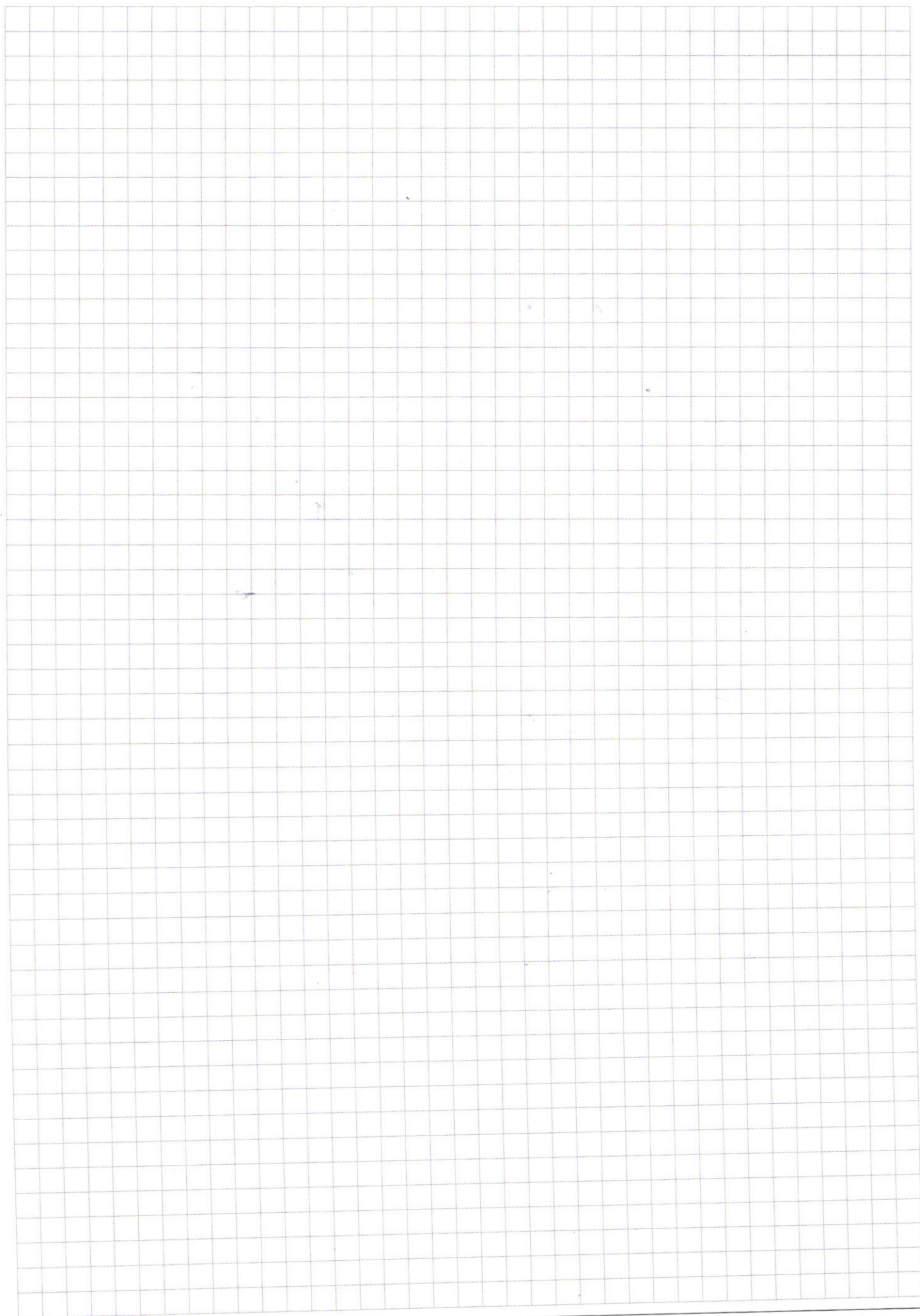
$$T \cos \varphi = m a_r$$

$$v_0(\alpha) = v \cos \alpha$$

$$v_0 = v \frac{\cos \alpha}{\cos \varphi}$$

$$a_t = v \sin \alpha \cdot \alpha'(t) \cos \varphi -$$





☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 4
(Нумеровать только чистовики)