

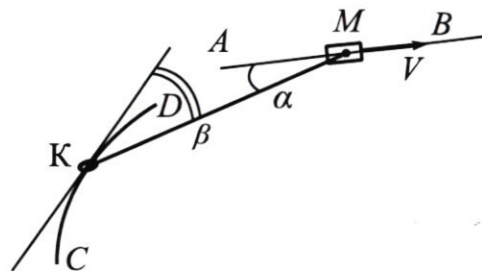
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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.



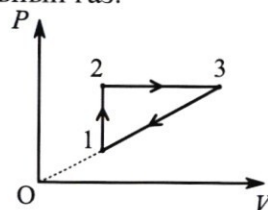
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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

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

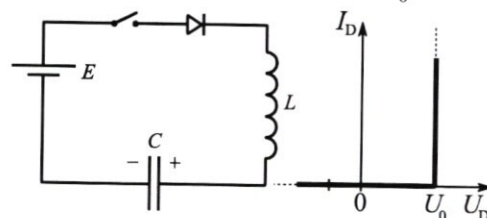
1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.

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.

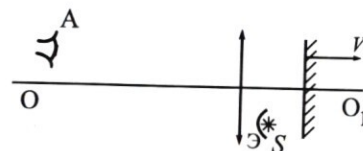
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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.

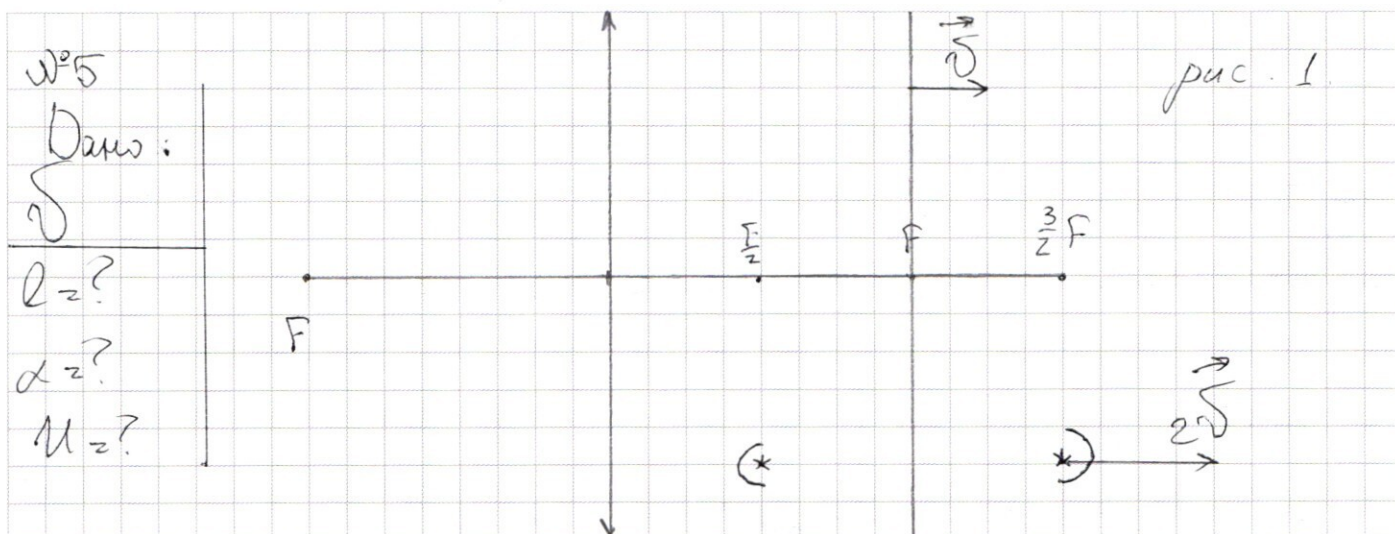
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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

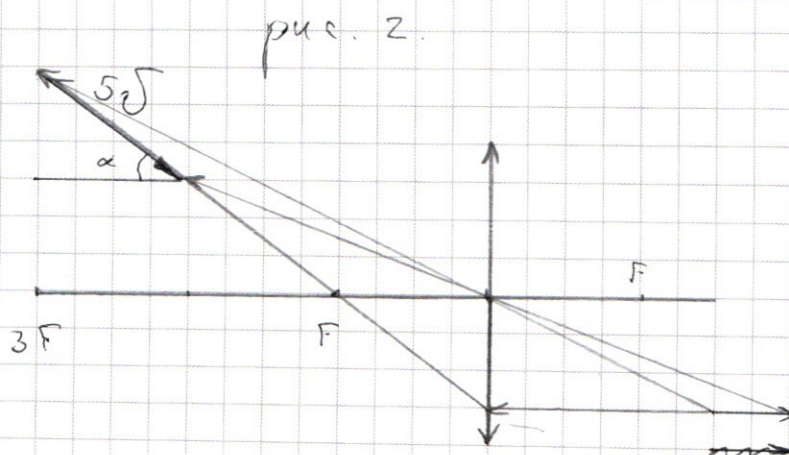
3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Отражение источника будет выглядеть с скоростью $2v$ т.к. движущегося зеркала и источник и его отр. движутся со скоростями $\vec{v}$ и $-\vec{v} \Rightarrow$ т.к. источник поехал, его отр. движется со скоростью $2v$.



$$Q = 3F$$

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

$M = 55$ (по рис. 2,
точно, м.к.

свободен маси́та)

Problem: 3F ; $\arctan \frac{3}{4}$; $2\sqrt{5}$

№ 4

Дано:

$$E = 9 \text{ В}$$

$$C = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$I' = ?$$

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

$$U_2 = ?$$

По 2-му Кирхгофа:

$$E = U_1 + E_L + U_0 \Rightarrow E_L = E - U_1 - U_0$$

$$E_L = L I' \Rightarrow I' = \frac{E - U_1 - U_0}{L}$$

По 3-му сохранению энергии:

$$\frac{L I^2}{2} + \frac{(q_1 + \Delta q)^2}{2C} = E \Delta q$$

$$q_1 = 0$$

$$\frac{2EC \Delta q - \Delta q^2 - 2q \Delta q - q^2}{LC} = I^2$$

$$-\frac{(\Delta q + (q - CE))^2}{LC} + \frac{(q - CE)^2 - q^2}{LC} = I^2$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{(q - CE)^2 - q^2}{LC}} = \sqrt{\frac{CE(E - 2U_1)}{L}}$$

По 1-му Кирхгофа: момент перед и после остановки колебаний:

$$E - U_0 = U_2$$

$$I' = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$I_{\text{max}} = 6 \text{ мА}$$

$$U_2 = 8 \text{ В}$$

$$\text{Ответ: } 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}; 6 \text{ мА}; 8 \text{ В}$$

$$\frac{\alpha l^2}{2} = \left(d - \frac{d}{4}\right) \Rightarrow \frac{3d}{2l^2} = \frac{\epsilon \gamma}{d} \quad \epsilon \gamma = \frac{3d^2}{2l^2}$$

$$A = F \cdot \left(d - \frac{d}{4}\right) = W_k \Rightarrow \text{на } \frac{3d}{4} = \frac{1}{2} \gamma_1^2$$

$$\gamma_1^2 = \frac{3}{2} \epsilon \gamma \quad \gamma_1 = \sqrt{\frac{3}{2} \epsilon \gamma} = \frac{3d}{2l}$$

$$Q = \frac{\epsilon \epsilon_0}{d} \cdot \frac{3d^2}{2l^2} \gamma = \frac{3 \epsilon \epsilon_0 d}{2 \gamma l^2}$$

$$\Delta W_k = \frac{k q Q}{d} = \frac{m u^2}{2} - \frac{m \gamma^2}{2} \Rightarrow u = \sqrt{\gamma_1^2 + \frac{2 k q Q}{d}}$$

$$u = \sqrt{\frac{9d^2}{4l^2} + \frac{2kq}{d} \cdot \frac{3\epsilon\epsilon_0 d}{2\gamma l^2}} = \sqrt{\frac{9d^2}{4l^2} + \frac{3k\epsilon\epsilon_0}{l^2}}$$

№ 1

Дано:

$$\gamma = 0,68 \frac{u}{c}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

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

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

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

$$\gamma_k = ?$$

$$\gamma_{om} = ?$$

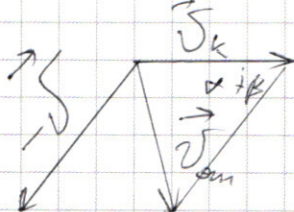
$$T = ?$$

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

$$\gamma_k \cos \beta = \gamma \cos \alpha$$

$$\gamma_k = \gamma \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 0,68 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4}$$

$$\gamma_k = 0,75 \frac{u}{c}$$



$$\gamma_{om} = \gamma_k - \gamma$$

$$\gamma_{om} = \sqrt{\gamma_k^2 + \gamma^2 - 2\gamma\gamma_k \cos(\alpha + \beta)}$$

$$\gamma_{om} = \sqrt{1,0249 - 1,02 \cdot \frac{7^2}{65}} \approx \sqrt{\frac{13}{85}} \approx 0,4 \frac{u}{c}$$

$$T \sin \alpha = m_{acc} \Rightarrow T = \frac{m \gamma_k^2}{R \sin \alpha} = \frac{0,1 \cdot 0,5675}{1,9 \cdot \frac{8}{17}} \approx 0,4 \text{ Н}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$N^{\circ} 2$

$\Delta C_V \Delta T_{12} = Q_{12} = \Delta U_{12}$
 $= \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$
 $C_V = \frac{3}{2} R$

$\Delta C_p \Delta T_{23} = Q_{23} = A + \Delta U_{23}$
 $A_{23} = p \Delta V_{23} = \nu R \Delta T_{23}$
 $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$
 $Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$
 $C_p = \frac{5}{2} R$

$A = p_1 \cdot V_1 (k-1) = A_{23}$
 $Q = Q_{12} + Q_{23} =$
 $= \frac{3}{2} p_1 (k-1) V_1 + \frac{5}{2} k p_1 V_1 (k-1)$
 $\eta = \frac{p_1 V_1 \cdot k(k-1)}{p_1 V_1 \left(\frac{3}{2}(k-1) + \frac{5}{2} k(k-1) \right)} = \frac{2k}{3+5k} = 0,4 - \frac{1,2}{5k+3}$
 $\eta_{\max} = 0,4 = 40\%$
 Ответ: $\frac{3}{2} R$; $\frac{5}{2} R$; 40%.

$N^{\circ} 3$

Дано:

$\frac{p}{d} = \frac{d}{T} \quad f = \frac{q}{m}$
 $v_1 = ? \quad Q = ?$
 $v_2 = ?$

$Q = CE = \frac{SE \epsilon_0 E}{d} \quad C = \frac{SE \epsilon_0}{d}$
 $E = \frac{Q}{d} \quad F = Eq = \frac{Qq}{d}$
 $F = ma \quad a = \frac{F}{m} = \frac{Qq}{d m}$

$$\frac{2EC\Delta q - \frac{(q + \Delta q)^2}{LC}}{LC} = I^2$$

$$\frac{2EC\Delta q - \Delta q^2 - 2q\Delta q - q^2}{LC} = I^2$$

$$\frac{-\Delta q^2 - \Delta q(2q - 2EC) - (q - EC)^2 + (q - EC)^2 - q^2}{LC} = I^2$$

$$\frac{-(\Delta q + (q - EC))^2 + (q - EC)^2 - q^2}{LC} = I^2$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{(q - EC)^2 - q^2}{LC}} \quad q = CU_1$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{(2q - EC) \cdot (EC)}{LC}} = \sqrt{\frac{(EC^2 - 2q)EC}{LC}}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{9.4 \cdot 10^{-5} - 2}{LC}} = \sqrt{\frac{C(E - 2U_1)E}{L}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 9}{91}}$$

$$I_{\max} = \sqrt{36 \cdot 10^{-6}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 6 \text{ mA}$$

$$U_2 = E - U_0 = 8 \text{ V.}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4

$$\mathcal{E} = 9 \text{ В}$$

$$C = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

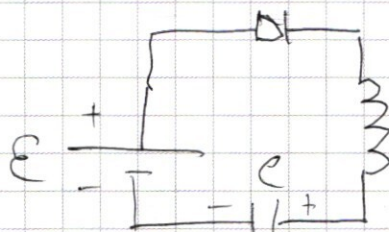
$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$I' = ?$$

$$I_{\max} = ?$$

$$U_2 = ?$$



$$\mathcal{E} = U_0 =$$

$$= \mathcal{E} - U_1 - \mathcal{E}_L$$

$$\mathcal{E}_L = L I' = \dot{\Phi}$$

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

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

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

$$q_1 = C U_1$$

$$q' = I = C U' \quad I_{\max} \text{ при } U'_{\max}$$

$$\frac{L I_{\max}^2}{2} + \frac{(q_1 + \Delta q)^2}{2C} = \mathcal{E} \Delta q$$

$$L I_{\max}^2 + (q_1 + \Delta q)^2 = 2 \mathcal{E} \Delta q + (q_1 + \Delta q)^2$$

$$I = \frac{\mathcal{E} \Delta q - q^2 - 2 q \Delta q - \Delta q^2}{L}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\omega = 1$$

$$\sigma = 0,68 \frac{\omega}{c}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

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

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

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

$$\sigma_k = ?$$

$$\sigma_{OT} = ?$$

$$T = ?$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta \quad \sin \alpha = \frac{3}{5} \quad \sin \beta = \frac{8}{17}$$

$$T^2 \cos^2 \beta + (T \sin \beta - N)^2 = m^2 (a_z^2 + a_{yc}^2)$$

$$T^2 \cos^2 \beta + m^2 a_{yc}^2 = m^2 (\vec{a}_z + \vec{a}_{yc})^2$$

$$\frac{T^2 \cos^2 \beta}{m^2}$$

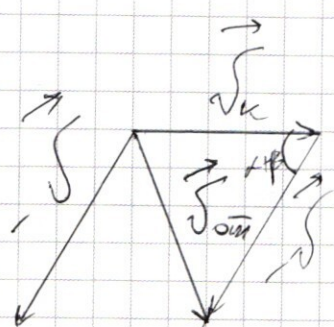
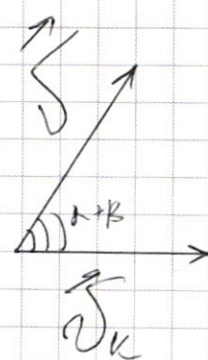
$$\begin{aligned} \sigma_k \cos \beta &= \sigma \cos \alpha \\ \sigma_k &= \sigma \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \end{aligned}$$

$$\vec{T} + \vec{N} = m(\vec{a}_z + \vec{a}_{yc})$$

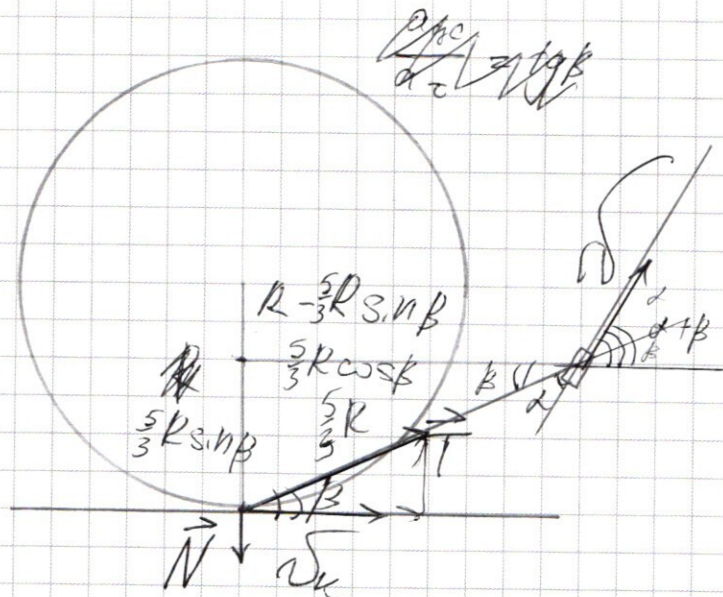
$$T \cos \beta = m a_z$$

$$a_{yc} = \frac{\sigma^2}{R}$$

$$m a_{yc} = T \sin \beta - N$$



$$\sigma_{all} = \sqrt{\sigma^2 + \sigma_k^2 - 2 \sigma \sigma_k \cos(\alpha + \beta)}$$



$$A = p \cdot V_1 \cdot \kappa (\kappa - 1)$$

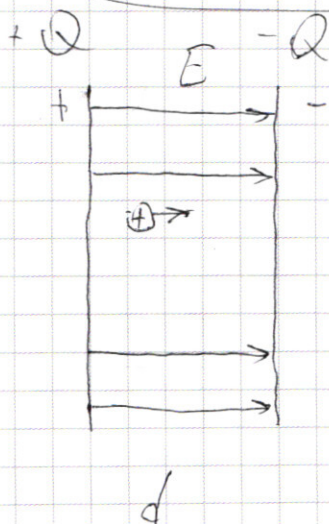
$$Q = p \cdot V_1 \cdot \left((\kappa - 1) \cdot \frac{3}{2} + \frac{5}{2} \kappa (\kappa - 1) \right)$$

$$\frac{A}{Q} = \frac{\cancel{\kappa} (\cancel{\kappa} - 1)}{(\cancel{\kappa} - 1) \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \cancel{\kappa} \right)} = \frac{2\kappa}{3 + 5\kappa} = \frac{2\kappa + 1,2 - 1,2}{5\kappa + 3}$$

$$= 0,4 - \frac{1,2}{5\kappa + 3}$$

$$\lim_{\kappa \rightarrow \infty} y = 0,4$$

$$\begin{array}{l} W = 3 \\ S \\ d \cdot \frac{d}{2} \\ T \\ q \\ \gamma = \frac{q}{m} \\ \sqrt{v_{1,2}} \\ Q = ? \\ \sqrt{v_2} = ? \end{array}$$



$$Q = CE = \frac{SE\epsilon_0}{d}$$

$$C = \frac{SE\epsilon_0}{d}$$

$$E = \frac{Q}{d} \quad F = Eq$$

$$= \frac{Eq}{d} \quad a = \frac{E}{d} \gamma$$

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

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

$$A = \frac{m\gamma^2}{2}$$

$$m a \frac{3d}{4} = \frac{m\gamma^2}{2} \quad \frac{E}{d} \gamma \cdot \frac{3d}{2} = \gamma^2 \quad \frac{3}{2} E \gamma = \gamma^2$$

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

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

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

$$Q = \frac{SE\epsilon_0}{d} \cdot \frac{3d}{2T^2} \gamma = \frac{3SE\epsilon_0 d}{2\gamma T^2}$$

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

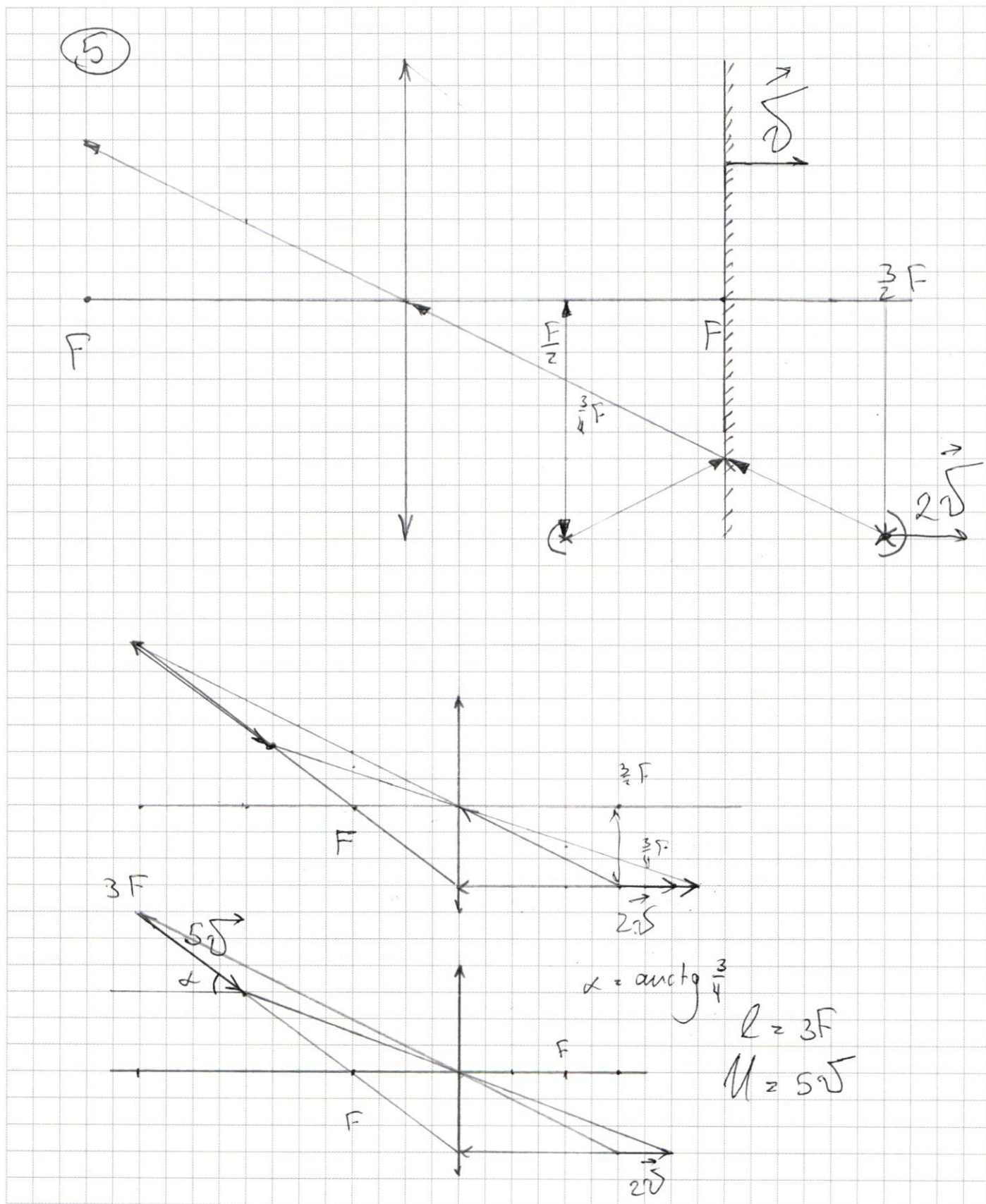
$$F_1 = \frac{kQq}{(x+d)^2}$$

$$F_2 = \frac{kQq}{x^2}$$

$$F_2 = \frac{kQq}{x^2}$$

W

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

$$\sigma S = C \epsilon = \frac{3 \epsilon \epsilon_0 E}{d}$$

$$\sigma = \frac{3 \epsilon \epsilon_0 E}{d}$$

$$F = \frac{\epsilon q}{d} = \frac{\sigma q}{\epsilon \epsilon_0}$$

$$F_x = \frac{m \sigma^2}{2}$$

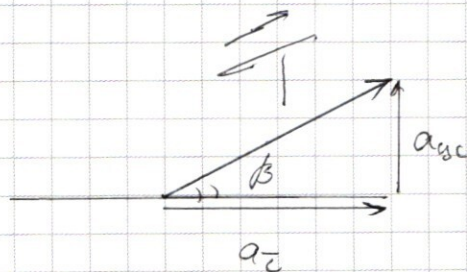
~~cons = m. d.~~

$$\sigma = \frac{\epsilon \epsilon_0}{d} \cdot \frac{3 d^2}{2 T^2 \gamma} = \frac{3 \epsilon \epsilon_0 d}{2 T^2 \gamma}$$



$$T \cos \beta = m a_x$$

$$T \sin \beta = m a_y = \frac{m \sigma^2}{k} \\ N = 0. \text{ Не грант!}$$



$$T = \frac{m \sigma^2}{k \sin \beta}$$

Если $N = 0$

$$\begin{array}{r} 60 \\ 154 \\ \hline 175 \end{array} - \begin{array}{r} 24 \\ 8 \\ \hline 175 \end{array} = \begin{array}{r} 36 \\ \hline 85 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,14824 \\ 0,508 \\ 0,5025 \\ 1,0249 \end{array} + \begin{array}{r} 0,5025 \\ 0,5025 \\ 0,5025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 72 \\ \hline 85 \end{array}$$

$$F = kqQ \left(\frac{1}{x^2} - \frac{1}{(x+d)^2} \right)$$

$$dA = F dx$$

$$\Delta W = \int_0^{\infty} kqQ \left(\frac{1}{x^2} - \frac{1}{(x+d)^2} \right) dx$$

$$= kqQ \int_0^{\infty} \left(\frac{1}{x^2} - \frac{1}{(x+d)^2} \right) dx = kqQ \left(-\frac{1}{x} + \frac{1}{x+d} \right) \Big|_0^{\infty}$$

$$= kqQ \left(-\frac{1}{d} \right)$$

$\approx \pm \infty$?

$$= kqQ \int_0^{\infty} \frac{2xd + d^2}{x^2(x+d)^2} dx$$

$$E_1 = \frac{kQ}{(x+d)^2}$$

$$\Delta W = kqQ \left(-\frac{1}{x} + \frac{1}{x+d} \right) \Big|_0^{\infty} = \frac{kqQ}{d} = \frac{mU^2}{2} - \frac{mV^2}{2}$$

$$\frac{kqQ}{d} = \frac{m}{2} (U^2 - V^2)$$

$$\frac{kqQ}{d} = \frac{m}{2} (U^2 - V^2)$$

$$\frac{2kqQ}{d} = U^2 - V^2$$

$$Q = \frac{3Se\epsilon_0 d}{2 \pi T^2}$$

$$Q = \frac{3kSe\epsilon_0 d}{\pi T^2}$$

$$\sqrt{V^2 + \frac{2kqQ}{d}} = U$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T^2 \omega^2 \beta + m^2 a_{\text{ис}}^2 = m^2 (a_0^2 + a_{\text{ис}}^2)$$

$$T \omega \beta = m a_0$$

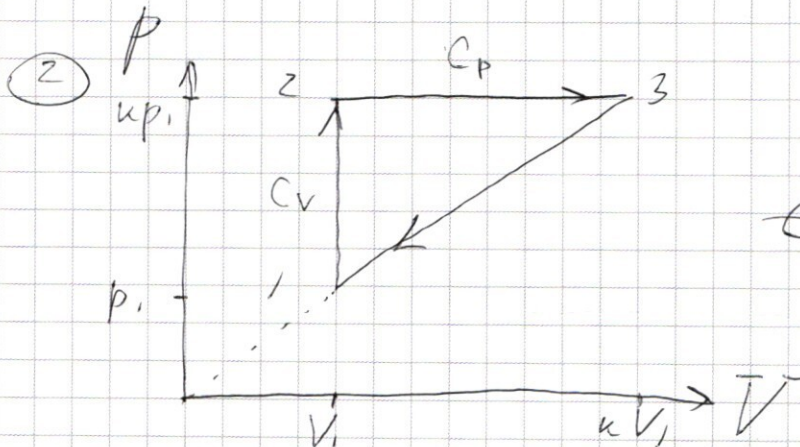
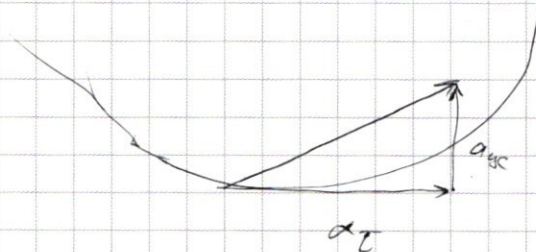
$$a_{\text{ис}} = \frac{v_k^2}{R}$$

$$T^2 \omega^2 \beta + (T_{\text{с.ч.р.}} N)^2 = m^2 (a_0^2 + a_{\text{ис}}^2)$$

$$T_{\text{с.ч.р.}} - N = m a_{\text{ис}}$$

$$T = \frac{m a_0}{\omega \beta}$$

$$T = ?$$



$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

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

$$\nu C_v \Delta T_{12} = Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$\nu C_v \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

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

$$\nu C_p \Delta T_{23} = Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + p \Delta V = \nu R \Delta T_{23} + p \Delta V$$

$$\nu C_p \Delta T_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

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

$$A = \kappa p_1 \cdot V_1 (\kappa - 1)$$

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} p_1 (\kappa - 1) \cdot V_1 + \frac{5}{2} \kappa p_1 V_1 (\kappa - 1)$$