

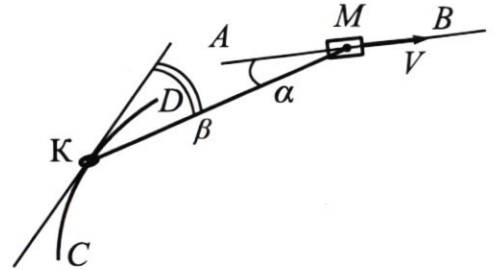
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K 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.



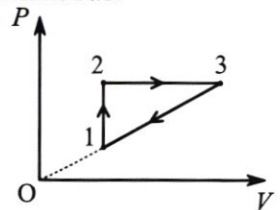
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

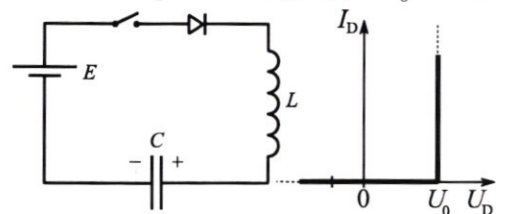
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

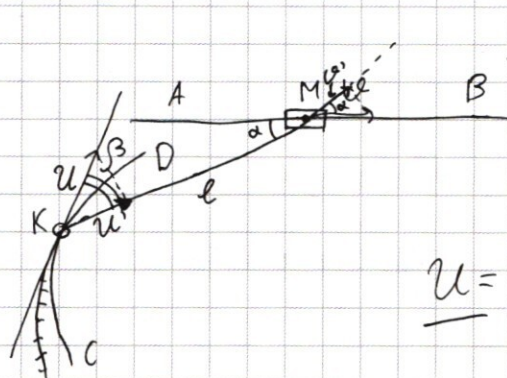
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



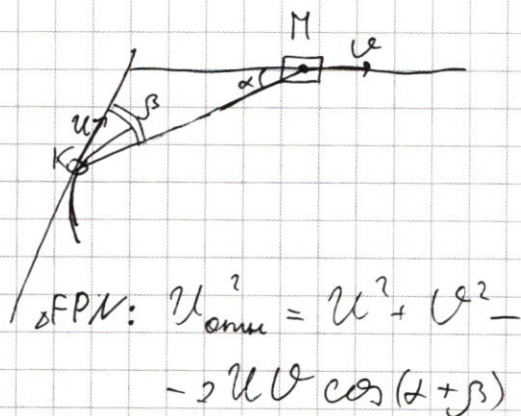
$$U' = U \cos \alpha$$

$$U' = U \cos \beta = U' = U \cos \alpha$$

(мимь не раст.)

$$U = \frac{U \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{15}{17}}{\frac{4}{5}} = 15.5 \frac{\text{см}}{\text{с}} = \underline{\underline{75 \frac{\text{см}}{\text{с}}}}$$

С.О. лабораторная



$$\Delta FPN: U_{\text{отн}}^2 = U^2 + U'^2 - 2UU' \cos(\alpha + \beta)$$

$$U_{\text{отн}}^2 = U^2 + U'^2 - 2UU'(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)$$

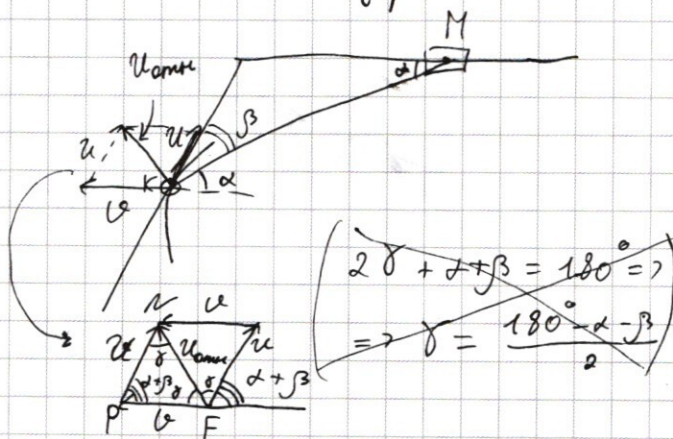
$$\cos \alpha = \frac{15}{17} \Rightarrow \sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \sqrt{\frac{289 - 225}{289}} = \sqrt{\frac{64}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\cos \beta = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$U_{\text{отн}}^2 = U^2 + U'^2 - 2UU' \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} \right) = U^2 + U'^2 - 2UU' \left(\frac{60}{85} - \frac{24}{85} \right) = U^2 + U'^2 - 2UU' \frac{36}{85}$$

$$U_{\text{отн}}^2 = \left(75 \frac{\text{см}}{\text{с}} \right)^2 + \left(68 \frac{\text{см}}{\text{с}} \right)^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} \cdot \frac{36}{85} = \text{см. см. см.}$$

С.О. муртов



$$2\alpha + \alpha + \beta = 180^\circ \Rightarrow \alpha = \frac{180^\circ - \alpha - \beta}{2}$$

$$\frac{17}{17} \frac{119}{17} \frac{17}{289}$$

$$\frac{17}{85}$$

$$= 5625 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} + 4624 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} - 72 \cdot 60 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} =$$

$$= 10249 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} - 4320 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} = 5929 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} =$$

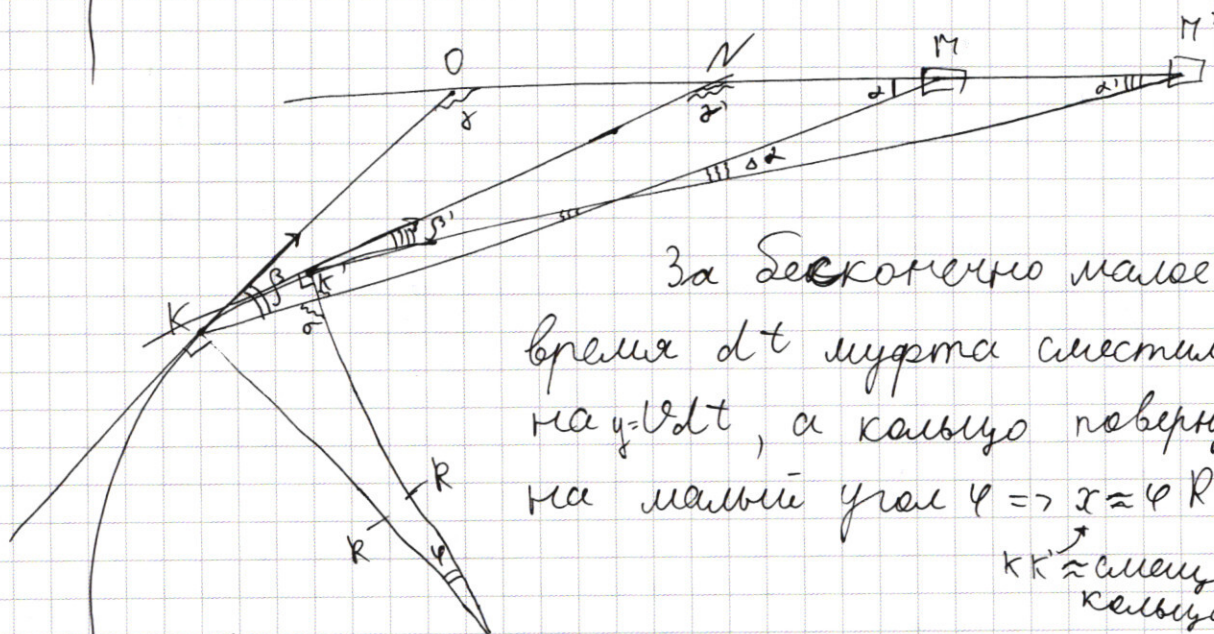
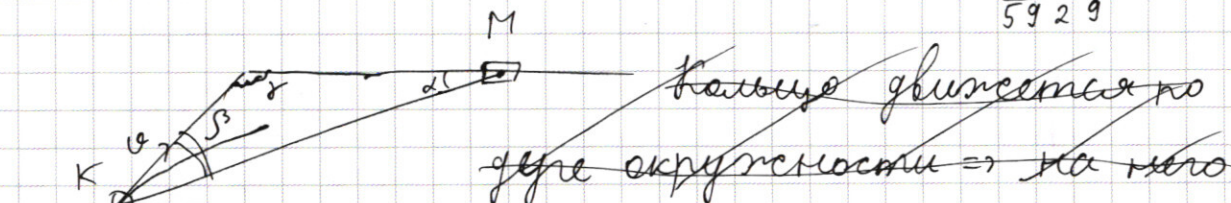
$$= \left(77 \frac{\text{см}}{\text{с}}\right)^2$$

$$v_{\text{см}} = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ 68 \\ \hline 544 \\ + 408 \\ \hline 4624 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 77 \\ 77 \\ \hline 539 \\ + 539 \\ \hline 5929 \end{array}$$



$KK' \approx$ смещение кольца

$$\Delta\alpha = \alpha - \alpha'$$

$$\sigma = 180^\circ - \varphi - (90^\circ - \beta) = 90^\circ + \beta - \varphi$$

$$90^\circ - \beta' = 180^\circ - \sigma - \Delta\alpha = 180^\circ - 90^\circ - \beta + \varphi - \Delta\alpha = 90^\circ - \beta + \varphi - \Delta\alpha$$

$$\beta' = \beta + \varphi + \Delta\alpha \Rightarrow \Delta\beta = \beta - \beta' = \varphi - \Delta\alpha$$

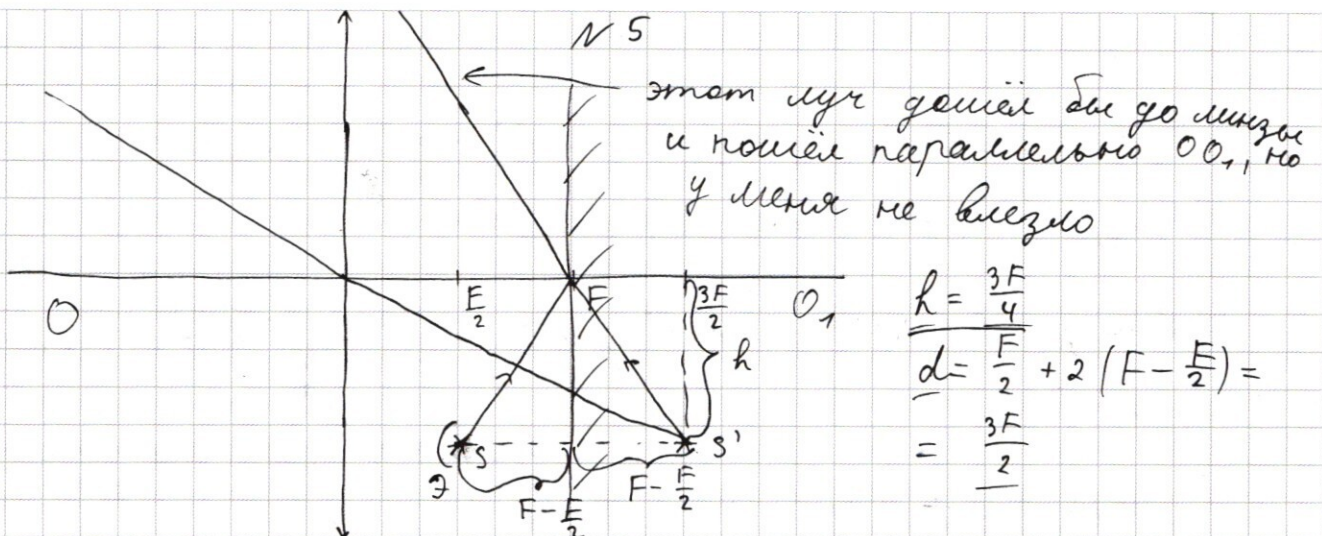
$$KN \approx K'N + KK'$$

$$KN^2 = KO^2 + ON^2 - 2KO \cdot ON \cos \delta$$

$$e^2 = KO^2 + OM^2 - 2KO \cdot OM \cos \gamma$$

$$e^2 = K'N^2 + NM'^2 - 2K'N \cdot NM' \cos \delta' \quad \text{ан. стр. 17}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$h = \frac{3F}{2}$$

$$\underline{d} = \frac{F}{2} + 2\left(F - \frac{F}{2}\right) = \underline{\underline{\frac{3F}{2}}}$$

По формуле тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{\phi} \Rightarrow \frac{1}{\phi} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d} \Rightarrow$

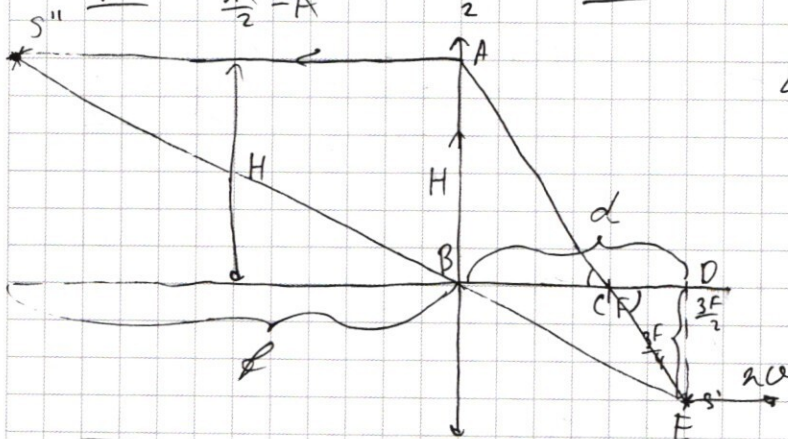
$\Rightarrow \phi = \frac{dF}{d-F}$, ϕ - расстояние от изображения до

линзы, d - расстояние от "источника" до линзы.

П.к. источник S не может светить на линзу,

то "источник" — S' и $d = \frac{3F}{2}$

$$\underline{\phi} = \frac{\frac{3F}{2} \cdot F}{\frac{3F}{2} - F} = \frac{\frac{3F}{2}}{\frac{1}{2}} = \underline{\underline{3F}}$$



$$\triangle ABC \sim \triangle EDC \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{H}{d} = \frac{F}{d-F} = \frac{\phi}{d}$$

Относительно источника S и линзы "источник" S' движется со скоростью зеркала + скоростью удаления S от зеркала $\Rightarrow$ со скоростью $2v$

Тогда изображение S'' приближается со скоростью, равной $2v$ умножить на продольное увеличение (или рассматриваем лишьгораз. сост. скорости)

см. след. стр.

$$u_{\text{гор}} = \frac{2V \frac{f^2}{d^2}}{\frac{d^2}{d^2}} \quad \left(\Gamma_{\text{прог}} = \Gamma^2 = \left(\frac{f}{d} \right)^2 \right)$$

При этом у полной скорости изобр. есть и вертикальная составляющая.

$$\frac{H}{h} = \frac{F}{d-F} \Rightarrow H(d-F) = Fh$$

$$H'(d'-F) = Fh, \text{ где } H' \text{ и } d' \text{ через малое время } dt$$

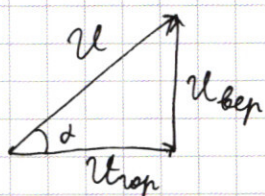
$$(H - u_{\text{вер}} dt)(d + 2V dt - F) = H(d-F)$$

$$Hd + 2HV dt - HF - d u_{\text{вер}} dt - 2V u_{\text{вер}} dt^2 + F u_{\text{вер}} dt = Hd - HF$$

$$2HV dt - d u_{\text{вер}} dt + F u_{\text{вер}} dt = 0$$

второй порядок малости ≈ 0

$$2VH = u_{\text{вер}}(d-F) \Rightarrow u_{\text{вер}} = \frac{2VH}{d-F}$$



$u_{\text{вер}} \parallel OO' \Rightarrow \alpha$ - угол, под которым изобр. движется отк. OO_1

$$\tan \alpha = \frac{u_{\text{вер}}}{u_{\text{гор}}} = \frac{\left(\frac{2VH}{d-F} \right)}{\left(\frac{2V \frac{f^2}{d^2}}{\frac{d^2}{d^2}} \right)} = \frac{H d^2}{f^2 (d-F)}$$

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d} \Rightarrow H = h \frac{f}{d}$$

$$\tan \alpha = \frac{h \frac{f}{d} d^2}{f^2 (d-F)} = \frac{h d}{f (d-F)} = \frac{\frac{3F}{4} \cdot \frac{3F}{2}}{3F \left(\frac{3F}{2} - F \right)} = \frac{\frac{9F^2}{8}}{\frac{3F^2}{2}} = \frac{3}{4}$$

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

$$u^2 = u_{\text{гор}}^2 + u_{\text{вер}}^2 = \left(\frac{2VH}{d-F} \right)^2 + \left(\frac{2V \frac{f^2}{d^2}}{\frac{d^2}{d^2}} \right)^2 =$$

$$= 4V^2 \left(\left(\frac{h f}{d(d-F)} \right)^2 + \frac{f^4}{d^4} \right) = \frac{4V^2 f^2}{d^2} \left(\frac{h^2}{(d-F)^2} + \frac{f^2}{d^2} \right)$$

$$u = \frac{2V f}{d} \sqrt{\frac{h^2}{(d-F)^2} + \frac{f^2}{d^2}} =$$

см. след. стр.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

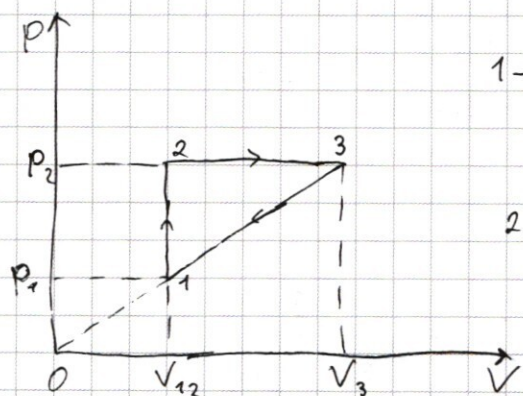
$$= \frac{2U \cdot 3F}{\frac{3F}{2}} \sqrt{\frac{(\frac{3F}{2})^2}{(\frac{3F}{2} - F)^2} + \frac{(3F)^2}{(\frac{3F}{2})^2}} = 4U \sqrt{\frac{9}{1} + 4} =$$

$$= 4U \sqrt{\frac{9}{4} + \frac{16}{4}} = 2U \sqrt{\frac{25}{4}} = 10U$$

$$U = 10V$$

$$\text{Ответ: } \phi = 3F, \tan \alpha = \frac{3}{4}, U = 10V$$

№2



$$1-2: V = \text{const} \Rightarrow P \sim T$$

$$P \uparrow \Rightarrow T \uparrow$$

$$2-3: P = \text{const} \Rightarrow V \sim T$$

$$V \uparrow \Rightarrow T \uparrow$$

некий коэф.

$$3-4: P \sim V \Rightarrow P = kV$$

$$kV^2 = PV = \nu RT \Rightarrow \nu R(T_1 - T_3) = k(V_1^2 - V_3^2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T \downarrow$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + \overset{0}{A_{12}} = \nu R \Delta T_{12}, \quad Q_{12} = \nu c_{12} \Delta T_{12} \Rightarrow c_{12} = R$$

(V=const)

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \nu R \Delta T_{23} + \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} = \frac{7}{2} \nu R \Delta T_{23},$$

$$Q_{23} = \nu c_{23} \Delta T_{23} \Rightarrow c_{23} = \frac{7}{2} R$$

$$\frac{c_{23}}{c_{12}} = \frac{\frac{7}{2} R}{R} = \frac{7}{2} = 3.5$$

см. след. стр.

изобразив процесс - 2-3 ($p = \text{const}$)

$$\Delta T_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}, \quad Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}} = \frac{5}{3}.$$

$$\mu = \frac{\Delta T}{Q} = \frac{\Delta T_{23}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} + \nu R \Delta T_{12}} = \frac{3 \Delta T_{23}}{5 \Delta T_{23} + 2 \Delta T_{12}}$$

П.к. в 3-1 $p \sim V$, то $\frac{p_{23}}{p_1} = \frac{V_3}{V_{12}} \Rightarrow p_1 = p_{23} \frac{V_{12}}{V_3}$

$$1-2: \nu R \Delta T_{12} = \Delta p_{12} V_{12} = (p_{23} - p_1) V_{12} = (p_{23} - p_{23} \frac{V_{12}}{V_3}) V_{12} =$$

$$= p_{23} (V_3 - V_{12}) \frac{V_{12}}{V_3}$$

$$2-3: \nu R \Delta T_{23} = p_{23} \Delta V_{23} = p_{23} (V_3 - V_{12})$$

$$\frac{\nu R \Delta T_{23}}{\nu R \Delta T_{12}} = \frac{\Delta T_{23}}{\Delta T_{12}} = \frac{p_{23} (V_3 - V_{12})}{p_{23} (V_3 - V_{12}) \frac{V_{12}}{V_3}} = \frac{V_3}{V_{12}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta T_{12} = \Delta T_{23} \frac{V_{12}}{V_3}$$

$$\mu = \frac{3 \Delta T_{23}}{5 \Delta T_{23} + 2 \Delta T_{12}} = \frac{3 \Delta T_{23}}{5 \Delta T_{23} + 2 \Delta T_{23} \frac{V_{12}}{V_3}} = \frac{3}{5 + 2 \frac{V_{12}}{V_3}}$$

Если μ - наиб., то $\frac{3}{5 + 2 \frac{V_{12}}{V_3}}$ - наиб. $\Rightarrow 5 + 2 \frac{V_{12}}{V_3}$ -
наим. $\Rightarrow \frac{V_{12}}{V_3}$ - наим. $\Rightarrow$ При $V_3 \gg V_{12}$ $\frac{V_{12}}{V_3} \rightarrow 0$

$$\mu_{\max} = \frac{5}{3}.$$

Ответ: $\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{5}{2}$, $\frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{5}{3}$, $\mu_{\max} = \frac{5}{3}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$KM' = OM' - ON = OM + MM' - ON$$

$$KO^2 + OM^2 - 2KO \cdot OM \cdot \cos \gamma = (KM - KM')^2 + (OM + MM' - ON)^2 - 2(KM - KM')(OM + MM' - ON) \cos \delta'$$

$$KO^2 + OM^2 - 2KO \cdot OM \cdot \cos \gamma = KM^2 - 2KMx + x^2 + OM^2 + y^2 + ON^2 + 2OMy - 2OM \cdot ON - 2yON - 2(KM - x)(OM + y - ON)$$

$$KO^2 = 2KO \cdot OM \cos \gamma \neq KO^2 + OM^2 - 2KO \cdot OM \cos \gamma - 2KMx + x^2 + y^2 + ON^2 + 2OMy - 2OM \cdot ON - 2yON - 2(KM - x) \cdot (OM + y - ON) \cos \delta'$$

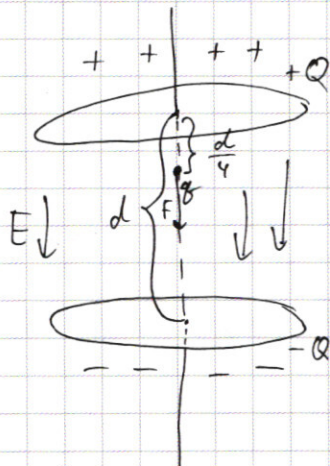
второй пер. ман.

$$2KO(MM' - y) \cos \gamma + 2ON^2 - 2KMx + x^2 + y^2 + 2OMy - 2yON - 2OM \cdot ON - 2(KM - x)(OM + y - ON) \cos \delta' = 0$$

$$KO \cdot MM' \cos \gamma - KOy \cos \gamma + ON^2 - KMx + 2OMy - yON - OM \cdot ON - KM \cdot OM \cos \gamma + xOM \cos \gamma - y \cdot KM \cos \gamma + xy + KM \cdot ON \cos \delta' - xON \cos \delta' = 0$$

" "

N 3



$$F = E q = m a \Rightarrow a = E \frac{q}{m} = E \gamma$$

$$U_1 = a T = E \gamma T$$

$$\frac{3d}{24} = \frac{a T^2}{2} \Rightarrow a = \frac{3}{2} \frac{d}{T^2} = E \gamma$$

$$(E - \text{огранич. в конденс.}) \quad U_1 = a T = \frac{3d}{2T}$$

$$W = \frac{m U_1^2}{2} \leftarrow \text{приобрет. энергии}$$

$$W = m E U$$

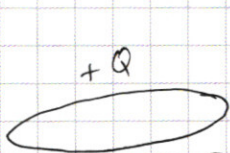
$$E \gamma = \frac{3d}{2T^2} \Rightarrow E = \frac{3d}{2T^2 \gamma}$$

$$\frac{U_1^2}{2} = E U$$

$$U = C Q, \quad C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \Rightarrow U = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} Q$$

$$\frac{U_1^2}{2} = \frac{E^2 \gamma^2 T^2}{2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} Q \Rightarrow Q = \frac{E \gamma^2 T^2 d}{2 \epsilon \epsilon_0 S} = \frac{3 \gamma^2 T^2 d^2}{4 \epsilon_0 S T^2 \gamma}$$

$$Q = \frac{3 \gamma^2 d^2}{4 \epsilon_0 S}$$



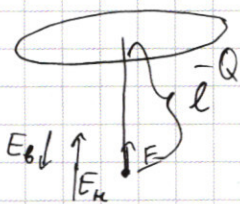
$$|E_\theta| = |E_K| \frac{l^2}{(d+l)^2}$$

$$E = E_K + E_\theta \Rightarrow E = 2 E_K$$

$$\Delta E = E_K - E_\theta = E_K - E_K \frac{l^2}{(d+l)^2} =$$

$$= E_K \frac{d^2 + 2dl + l^2 - l^2}{(d+l)^2} =$$

$$= E_K d \frac{d+2l}{(d+l)^2}$$



$$F = \Delta E q = m a \Rightarrow a = \frac{\Delta E q}{m} = \Delta E \gamma$$

$$E_K = E_K' \frac{4l^2}{d^2} = \frac{E}{2} \frac{4l^2}{d^2} = \frac{2E l^2}{d^2}$$

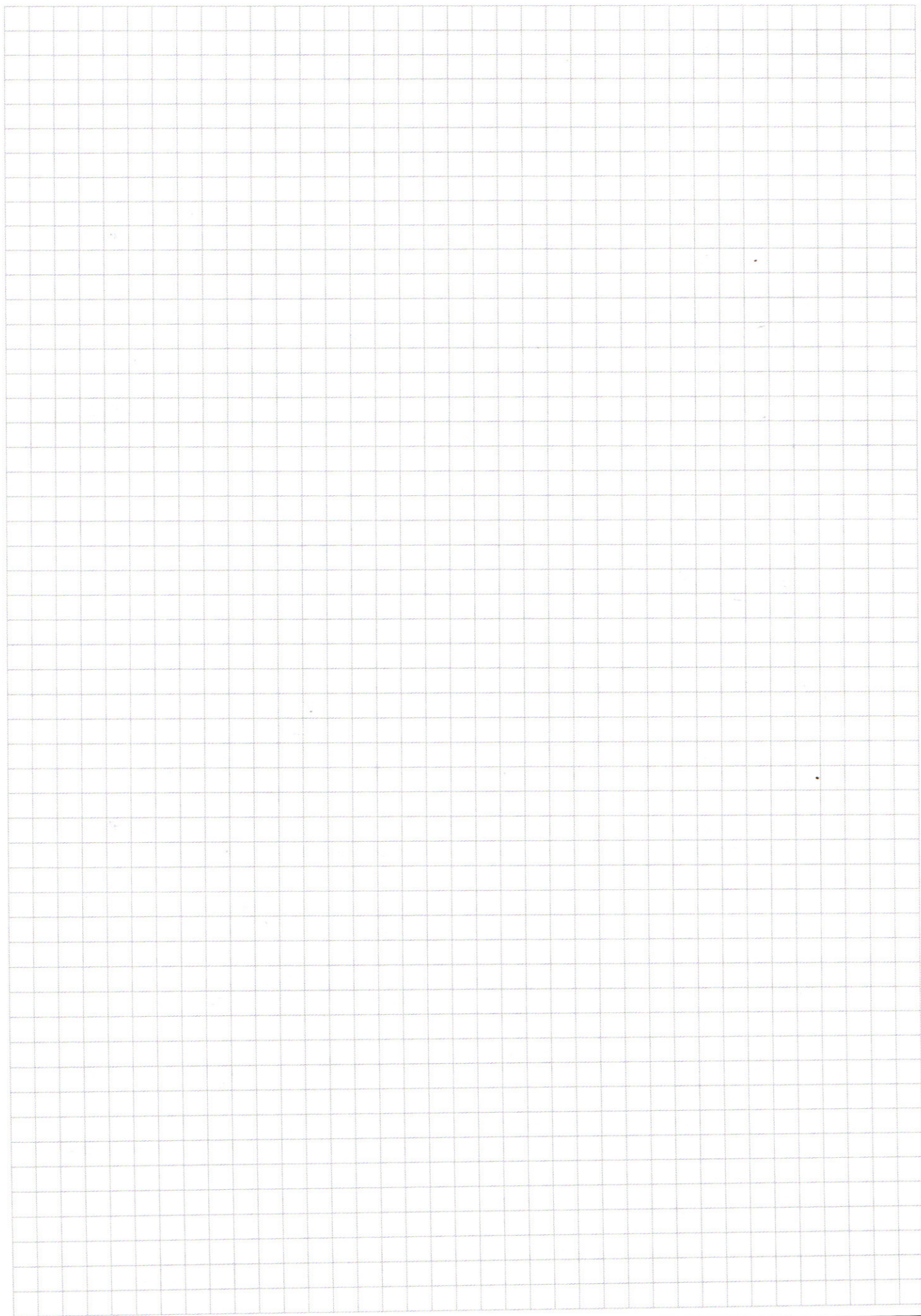
$$F = \frac{2E l^2}{d^2} d \frac{d+2l}{(d+l)^2} = \frac{2 \cdot \frac{3d}{2T^2 \gamma} l^2}{d^2} \cdot \frac{d+2l}{(d+l)^2} = \frac{3 l^2 (d+2l)}{T^2 \gamma (d+l)^2}$$

$$p_K = m U_1 = \frac{3 d m}{2 T}$$

$$\Delta p = \int_0^{+\infty} F dl = \int_0^{+\infty} \frac{3 l^2 (d+2l)}{T^2 \gamma (d+l)^2} dl = \frac{3}{T^2 \gamma} \int_0^{+\infty} \frac{l^2 (d+2l)}{(d+l)^2} dl =$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

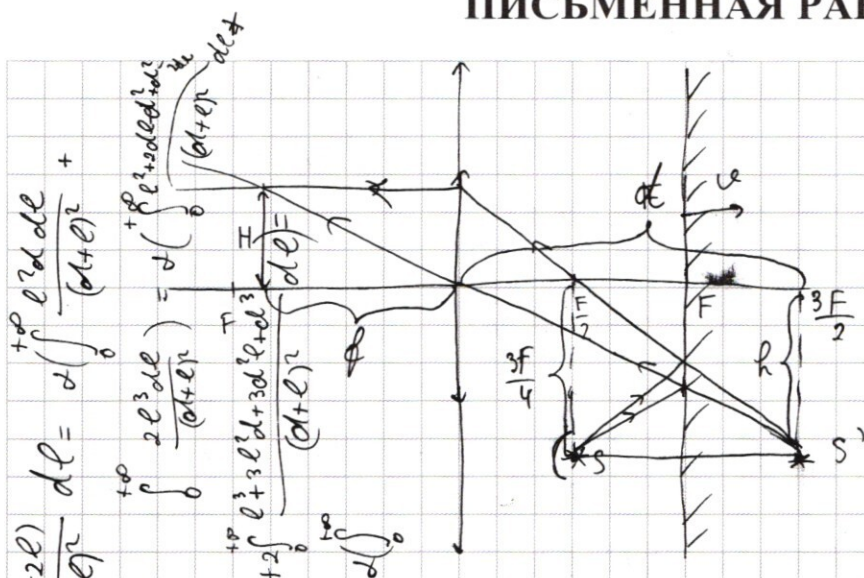
$$\begin{aligned}
 &= 2 \left(\int_0^{+\infty} \frac{d e^2 d e}{(d+e)^2} + \int_0^{+\infty} \frac{2 e^3 d e}{(d+e)^2} \right) = 2 \left(\int_0^{+\infty} \frac{e^2 + 2 d e + d^2 - d^2 - 2 d e}{(d+e)^2} d e + \right. \\
 &\quad \left. + 2 \int_0^{+\infty} \frac{e^3 + 3 e^2 d + 3 e d^2 + d^3 - d^3 - 3 e d^2 - 3 e^2 d}{(d+e)^2} d e \right) = \\
 &= 2 \left(d \int_0^{+\infty} \frac{(d+e)^2 - d^2 - 2 d e}{(d+e)^2} d e + 2 \int_0^{+\infty} \frac{(e+d)^3 - d^3 - 3 e d^2 - 3 e^2 d}{(d+e)^2} d e \right) \\
 &= 2 \left(d \int_0^{+\infty} d e - d \int_0^{+\infty} \frac{d^2 d e}{(d+e)^2} - d \int_0^{+\infty} \frac{2 d e d e}{(d+e)^2} + 2 \int_0^{+\infty} (e+d) d e - \right. \\
 &\quad \left. - 2 \int_0^{+\infty} \frac{d^3 d e}{(d+e)^2} - 2 \int_0^{+\infty} \frac{3 e d^2}{(d+e)^2} d e - 2 \int_0^{+\infty} \frac{3 e^2 d}{(d+e)^2} d e \right) = \\
 &= 2 \left(d e - d^3 \int_0^{+\infty} \frac{d(e+d)}{(d+e)^2} - 2 d^2 \int_0^{+\infty} \frac{d+e-d}{(d+e)^2} d e + \right. \\
 &\quad \left. + 2 \int_0^{+\infty} (d+e) d(d+e) - 2 d^3 \int_0^{+\infty} \frac{d(e+d)}{(d+e)^2} - 6 d^2 \int_0^{+\infty} \frac{e+d-d}{(d+e)^2} d e - \right. \\
 &\quad \left. - 6 d \int_0^{+\infty} \frac{e^2 + 2 d e + d^2 - 2 d e - d^2}{(e+d)^2} d e \right) = 2 \left(d e + 3 d^3 (d+e)^{-1} - \right. \\
 &\quad \left. - 8 d^2 \int_0^{+\infty} \frac{d(e+d)}{d+e} + 8 d^3 \int_0^{+\infty} \frac{d(e+d)}{(d+e)^2} + (d+e)^2 - \right. \\
 &\quad \left. - 6 d \int_0^{+\infty} d e + 6 d^3 \int_0^{+\infty} \frac{d(e+d)}{(e+d)^2} + 12 d^2 \int_0^{+\infty} \frac{e+d-d}{(e+d)^2} d e \right) = \\
 &= 2 \left(d e + \frac{3 d^3}{d+e} - 8 d^2 \ln(d+e) - \frac{12 d^3}{d+e} + (d+e)^2 - 6 d e + \right. \\
 &\quad \left. + 12 d^2 \int_0^{+\infty} \frac{d(e+d)}{d+e} - 12 d^3 \int_0^{+\infty} \frac{d e}{e+d^2} \right) = 2 \left(d e - \frac{12 d^3}{d+e} - 3 d^2 \ln(d+e) + \right. \\
 &\quad \left. + (d+e)^2 - 6 d e + 12 d^2 \ln(d+e) + \frac{12 d^3}{d+e} \right) = \\
 &= 2 \left(d e + d^2 + 2 d e + e^2 - 3 d e + 4 d^2 \ln(d+e) + \frac{d^3}{d+e} \right)
 \end{aligned}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Если зеркало движется со скоростью v , то для ~~от~~ линзы S' движется со скоростью $2v$.

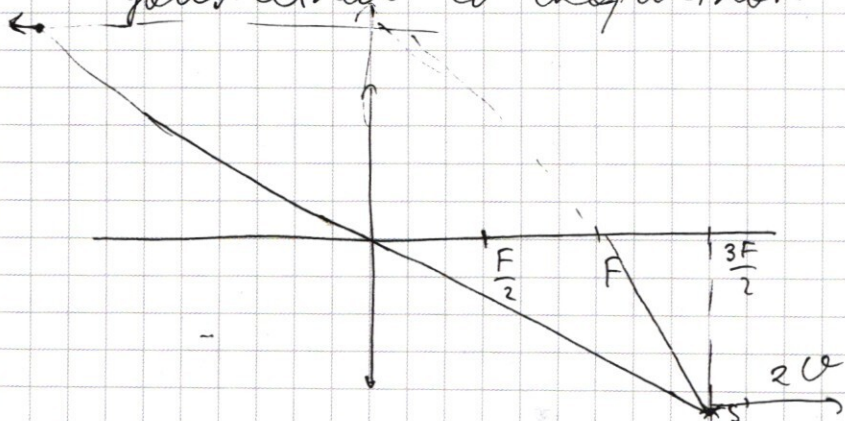
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{\ell} = 7$$

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$$

$$L = \frac{F \cdot d}{d - F} = \frac{F \cdot \frac{3F}{2}}{\frac{3F}{2} - F} =$$

$$= \frac{\frac{3F}{2}}{\frac{1}{2}} = 3F$$



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{d + 2Wd + t} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{d+2V_0 \Delta t} = \frac{1}{b'} - \frac{1}{b}$$

$$\frac{d + 2V dt - d}{d(d + 2V dt)} = \frac{d - d'}{d' d}$$

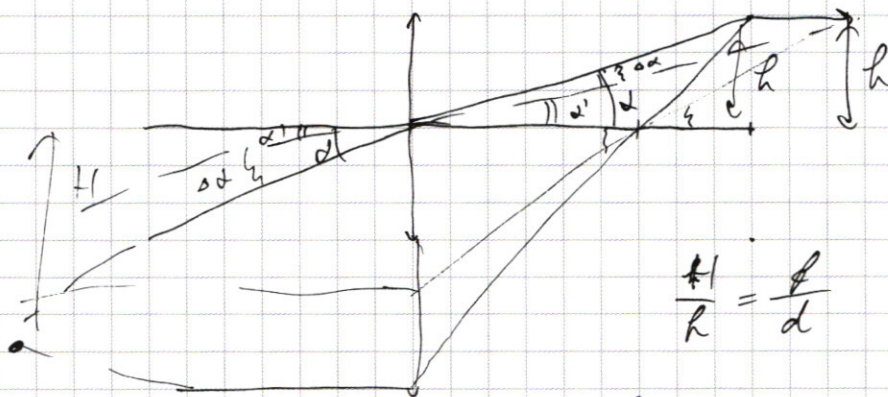
$$\frac{2V dt}{d(d+2V dt)} = \frac{\cancel{d} - \cancel{d} + 2 dt}{(d+2V dt)f} = \frac{2 dt}{(d+2V dt)f}$$

$$2 \text{ Vol}(\ell - \text{Vol } t) = \text{Vol}(\text{ol} + 2 \text{ Vol } \text{ol } t)$$

$$2U_f^2 = U d^2 \Rightarrow U = \frac{2f^2}{d^2} U \dots \text{yep yes yb} \dots$$

~~$$\frac{H}{R} = \frac{1}{\alpha} = \frac{1 + 2V \alpha t}{\alpha + 2V \alpha t} = \frac{1 + 2V \frac{R^2}{\alpha^2} \alpha t}{\alpha + 2V \alpha t}$$~~

$$\frac{H}{R} = \frac{f}{d} \quad \frac{H + u'dt}{R} = \frac{f + u'dt}{d + 2v'dt} \Rightarrow H'dt + 2 \frac{f}{d} + \frac{u'dt}{R} =$$



$$\frac{H}{h} = \frac{l}{d} \Rightarrow h = d \tan \alpha$$

$$H = l \tan \alpha$$

$$h = (d + 2U' dt) \tan \alpha'$$

$$H' = (l + 2U' dt) \tan \alpha'$$

???

$$\frac{H}{F} = \frac{h}{d-F}$$

$$\Rightarrow \frac{H'}{F} = \frac{h}{d+2U' dt-F}$$

$$\frac{H}{h} = \frac{l}{d} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = h \frac{l}{d}$$

$$H' = H - U' dt$$

$$(H' - U' dt)(d + 2U' dt - F) = hF = Hd - HF$$

$$Hd + 2HU' dt - HF - dU' dt - 2U' U' dt^2 + FU' dt =$$

$$= Hd - HF$$

$$2HU' - dU' - 2U' U' dt + FU' = 0$$

$$144 + 81 = 225$$

$$2HU' + FU' - dU' = 0$$

$$2HU' = (d-F)U' \Rightarrow U' = \frac{2HU'}{d-F}$$

$$U_0^2 = U^2 + U'^2 = \frac{4H^2 U^2}{(d-F)^2} + \frac{4U^2}{d^4} = \frac{4h^2 \frac{l^2}{d^2}}{(d-F)^2} +$$

$$+ \frac{4U^2}{d^4} = 4U^2 \frac{l^2}{d^2} \left(\frac{l^2}{d^2} + \frac{h^2}{(d-F)^2} \right)$$

$$U = U_0 \cos \varphi \Rightarrow \cos^2 \varphi = \frac{U^2}{U_0^2} = \frac{4U^2 \frac{l^2}{d^2}}{d^4} : \frac{4U^2 \frac{l^2}{d^2}}{d^4} = \frac{4U^2 \frac{l^2}{d^2}}{d^4} \left(\frac{l^2}{d^2} + \frac{h^2}{(d-F)^2} \right)$$

$$\frac{h^2}{d^2} \left(\frac{l^2}{d^2} + \frac{h^2}{(d-F)^2} \right)$$

$$= \frac{h^2}{d^2} \frac{l^2 (d-F)^2 + h^2 d^2}{d^2 (d-F)^2} =$$

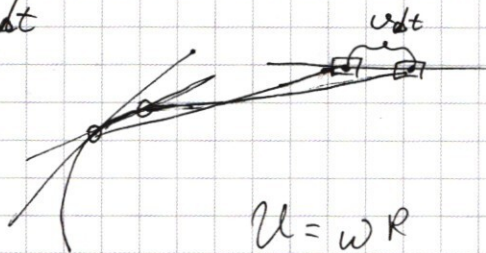
$$= \frac{h^2 (d-F)^2}{h^2 (d-F)^2 + h^2 d^2} = \frac{9 \cdot 16}{9 \cdot 16 + 81} = \frac{9}{9 + 81} = \frac{9}{90} = \frac{1}{10}$$

$$= \frac{12 \cdot 16}{15^2} + \frac{16 \cdot 9}{4} = \frac{12}{15} \cdot \frac{16}{4} = \frac{12}{15} \cdot 4 = \frac{16}{5} = 3.2$$

$$\Rightarrow \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{10}} = \frac{1}{\sqrt{10}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

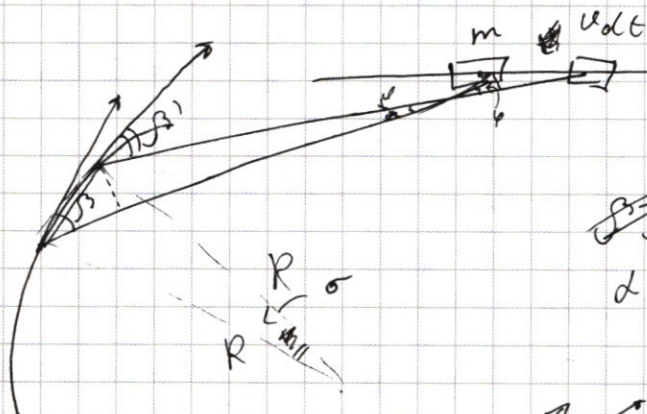
за dt



$$u = \omega R$$

$$a = \omega^2 R$$

$$a = \frac{u^2}{R} \quad F = ma = \frac{mu^2}{R} ?$$



$$\beta = \beta' - \alpha$$

$$\alpha' + \varphi = \alpha \Rightarrow \varphi = \alpha - \alpha'$$

$$90^\circ - \beta' = 180^\circ - \varphi -$$

$$-(90^\circ + \beta - \sigma) =$$

$$= 180^\circ - \varphi - 90^\circ - \beta - \sigma = 90^\circ - \varphi - \beta - \sigma = \beta' = \beta + \varphi + \sigma$$

$$\mu = \frac{Q}{Q} = \frac{\frac{3}{2} \Delta R \Delta T_{23}}{\frac{5}{2} \Delta R \Delta T_{23} + \Delta R \Delta T_{11}} = \frac{3 \Delta T_{23}}{5 \Delta T_{23} + 2 \Delta T_{11}}$$

$$T = F \cos(90^\circ - \beta) = F \sin \beta \text{ по тем...}$$

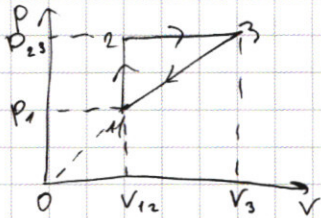
$$\mathcal{A} = \frac{3}{2} \Delta R \Delta T_{23}$$

$$\mathcal{A} = \frac{5}{2} \Delta R \Delta T_{23} \quad Q_{12} = \Delta P_{12} V$$

$$Q_{23} = \Delta U + \mathcal{A} = \frac{5}{2} \Delta R \Delta T_{23} \quad q = F = \frac{5}{2} \Delta R \Delta T_{23} = \frac{5}{2} P_{23} \Delta V$$

$$\Delta C \Delta T = Q \Rightarrow C = \frac{Q}{\Delta T}, \quad C_{12} = \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}} = \frac{\Delta R \Delta T_{12}}{\Delta T_{11}}, \quad C_{23} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}} = \frac{\frac{5}{2} \Delta R \Delta T_{23}}{\Delta T_{23}}$$

$$13: P = kV \Rightarrow PV = \gamma RT = kV^2$$



$$\gamma RT_3 - \gamma RT_1 = \gamma R(T_3 - T_1) = k(V_3 - V_1)(V_1 + V_3) = k(V_3^2 - V_1^2)$$

$$12: PV = \gamma RT \Rightarrow P = c_1 T, c_1 = \frac{\gamma R}{V}$$

$$V_1 < V_3 \Rightarrow V_3^2 > V_1^2 \Rightarrow T_3 > T_1 \Rightarrow \text{expansion}$$

$$P_{\text{yber.}} \Rightarrow T_{\text{yber.}}$$

$$23: PV = \gamma RT \Rightarrow V = c_2 T, c_2 = \frac{\gamma R}{P}$$

$$V_{\text{yber.}} \Rightarrow T_{\text{yber.}}$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \Delta PV = (P_{23} - P_1) V_{12}$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = P \Delta V + \frac{\gamma}{2} P \Delta V = \frac{\gamma}{2} P \Delta V = \frac{\gamma}{2} P_{23} (V_3 - V_{12})$$

$$\left. \begin{array}{l} P_{23} = k V_3 \\ P_1 = k V_{12} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_{23}}{P_1} = \frac{V_3}{V_{12}} \Rightarrow P_{23} = P_1 \frac{V_3}{V_{12}}$$

$$Q_{12} = P_1 \left(\frac{V_3 - V_{12}}{V_{12}} \right) V_{12} = P_1 (V_3 - V_{12}) \quad \gamma R(T_3 - T_2) =$$

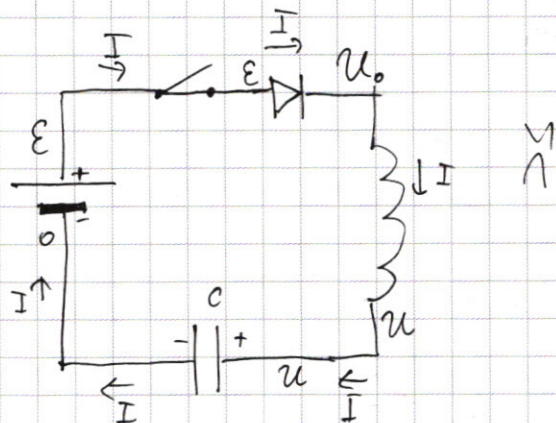
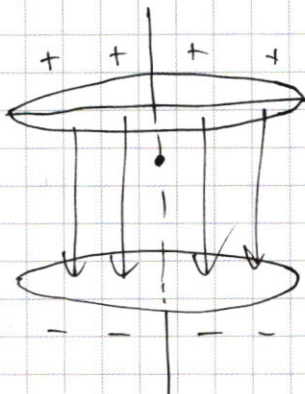
$$\frac{Q_{23}}{Q_{12}} = \frac{\frac{\gamma}{2} P_{23} (V_3 - V_{12})}{P_1 (V_3 - V_{12})} = \frac{\gamma}{2} \frac{P_{23}}{P_1} = \frac{\gamma}{2} \frac{V_3}{V_{12}} \quad \gamma R(T_3 - T_1) = P_{23} V_3 - P_1 V_{12}$$

$$P_{23} V_3 = \gamma R T_3 = k V_3^2$$

$$\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{\frac{\gamma}{2} R \Delta T_{23}}{\frac{\gamma}{2} R \Delta T_{12}} = \frac{\gamma}{2} \frac{T_3 - T_2}{T_2 - T_1} \quad \text{"нужно"}$$

$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{V_3^2}{V_{12}^2}$$

$$\gamma R(T_2 - T_1) = (P_{23} - P_1) V_{12}$$





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)

$$\mu = \frac{3 \Delta T_{23}}{5 \Delta T_{23} + 2 \Delta T_{12}}$$

$$\Delta R \Delta T_{23} = P_{23} \Delta V_{23} = R_{23} (V_3 - V_{12})$$

$$\Delta R \Delta T_{12} = \Delta P_{12} V_{12} = (P_{23} - P_1) V_{12}$$

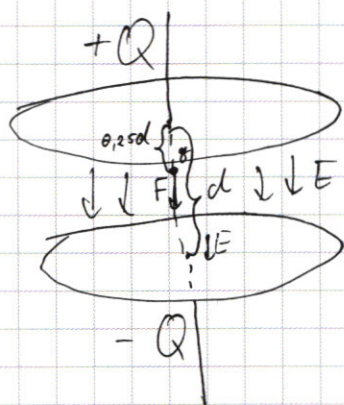
$$\frac{P_{23}}{P_1} = \frac{V_3}{V_{12}} \Rightarrow P_1 = \frac{P_{23} V_{12}}{V_3}$$

$$\frac{\Delta T_{23}}{\Delta T_{12}} = \frac{P_{23} (V_3 - V_{12})}{(P_{23} - P_1) V_{12}} = \frac{P_{23} (V_3 - V_{12})}{(P_{23} - P_{23} \frac{V_{12}}{V_3}) V_{12}} = \frac{P_{23} (V_3 - V_{12})}{P_{23} \frac{V_3 - V_{12}}{V_3} V_{12}} =$$

$$= \frac{V_3}{V_{12}} \Rightarrow \Delta T_{12} = \Delta T_{23} \frac{V_{12}}{V_3}$$

$$\mu = \frac{3 \Delta T_{23}}{5 \Delta T_{23} + 2 \Delta T_{12}} = \frac{3 \Delta T_{23}}{5 \Delta T_{23} + 2 \Delta T_{23} \frac{V_{12}}{V_3}} = \frac{3}{5 + 2 \frac{V_{12}}{V_3}}$$

чем μ больше, если $\frac{3}{5 + 2 \frac{V_{12}}{V_3}}$ больше $\Rightarrow$
 $\Rightarrow 5 + 2 \frac{V_{12}}{V_3}$ меньше $\Rightarrow \frac{V_{12}}{V_3}$ меньше $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ если $V_3 \gg V_{12}$, то $\frac{V_{12}}{V_3} \rightarrow 0 \Rightarrow \mu_{max} = \frac{3}{5}$.



$$\sim 3$$

$$Eq = F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{Eq}{m} = E \gamma$$

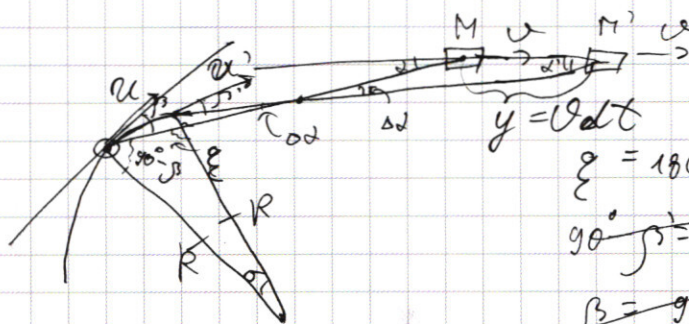
$$v_1 = at = E \gamma T$$

$$Q = e u$$

$$u = c Q$$

$$P = U m \Rightarrow U = R I \sqrt{}$$

$$u = c Q$$



$$\gamma = 180^\circ - 90^\circ + \beta - \sigma = 90^\circ + \beta - \sigma$$

$$90^\circ - \beta' = 180^\circ$$

$$90^\circ - \beta' = 180^\circ - 90^\circ - \beta'$$

$$\beta = 90^\circ + \beta - \sigma + \sigma - \Delta \alpha =$$

$$= 90^\circ - \beta - \Delta \alpha + \sigma$$

$$\beta' = \beta + \Delta \alpha - \sigma$$

$$g \Delta R = E = u E$$

$$x = \sigma R = u dt$$

$$g = E$$

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

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