

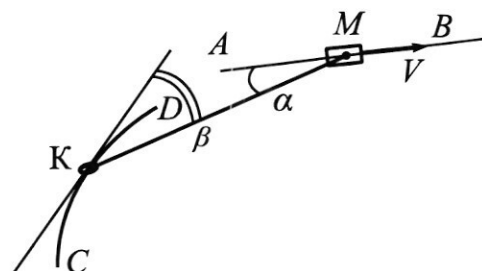
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

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.



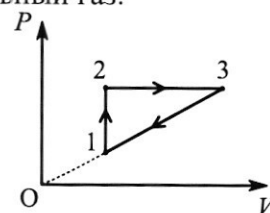
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

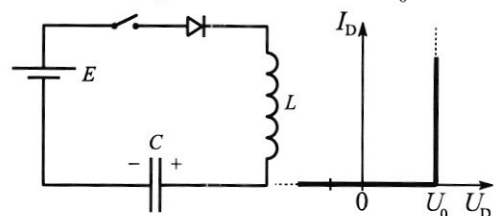
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

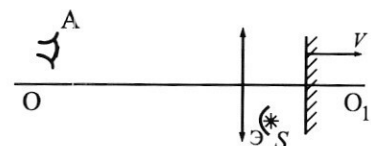


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

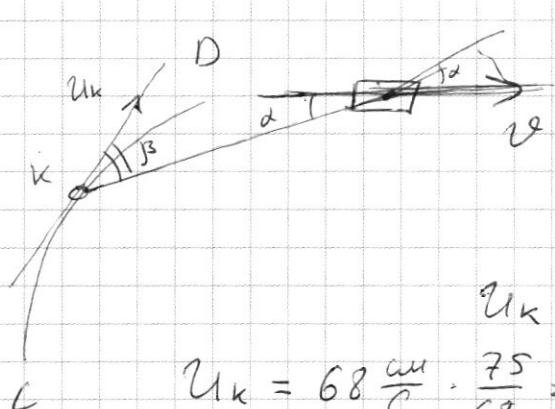
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



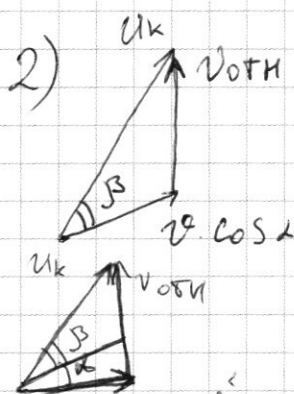
1) Из кин. связи следует:

$$u_k \cdot \cos \beta = v \cdot \cos \alpha$$

$$u_k = v \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$u_k = v \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} = v \cdot \frac{75}{68}$$

$$u_k = 68 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{75}{68} = 75 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$



По т. косинусов.

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

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

$$v_{\text{отн}}^2 = 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{48}{17 \cdot 8} = 75^2 + 68^2 - 8 \cdot 15 \cdot 48$$

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{75^2 + 68^2 - 8 \cdot 15 \cdot 48}$$

Сила реакции компенсирует mg

По 234

$$T \cdot \cos(90 - \beta) = mg$$

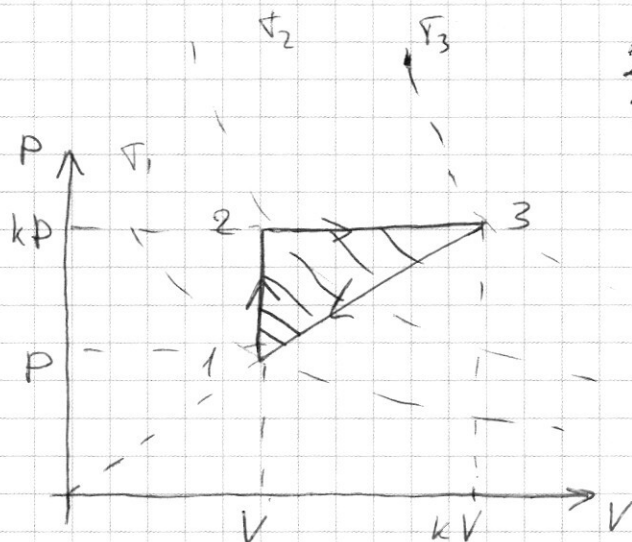
$$T = \frac{mg}{\cos(90 - \beta)}$$

$$a = \frac{u_k^2}{R}$$

$$T = \frac{m u_k^2}{\cos(90 - \beta) R} = \frac{m u_k^2}{\sin \beta R}$$

$$T = \frac{5 m u_k^2}{3 R}$$

$$T = \frac{5 \cdot 0,1 \text{ м} \cdot 75^2 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2}}{3 \cdot 1,9} \approx 462,5 \text{ Н}$$



2) 1) $T \uparrow \uparrow \rightarrow 1-2 \text{ и } 2-3$

$1-2 - V = \text{const}$

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

$$C_{23} = C_P = C_V + R = \frac{5}{2}R$$

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

$$2) Q = C_P \Delta T = \frac{5}{2} R (T_3 - T_2) \quad \eta = \frac{Q}{A} = \frac{\frac{5}{2} R (T_3 - T_2)}{R (T_3 - T_2)}$$

$$A = P \Delta V = R (T_3 - T_2)$$

$$\boxed{\eta = \frac{5}{2}}$$

$$3) \eta = \frac{A_n}{Q^+}$$

$$A_n = S_{\text{cycle}} = \frac{1}{2} P V (k-1)^2$$

$$Q^+ = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} (k P V - P V) = \frac{3}{2} P V (k-1), \text{ так как } A = 0$$

$$Q_{23} = C_P \Delta T = \frac{5}{2} (k^2 P V - k P V) = \frac{5}{2} P V k (k-1)$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} P V (k-1)^2}{\frac{3}{2} P V (k-1) + \frac{5}{2} P V k (k-1)} = \frac{\frac{1}{2} (k-1)^2}{\frac{3}{2} (k-1) + \frac{5}{2} k (k-1)}, k \neq 1$$

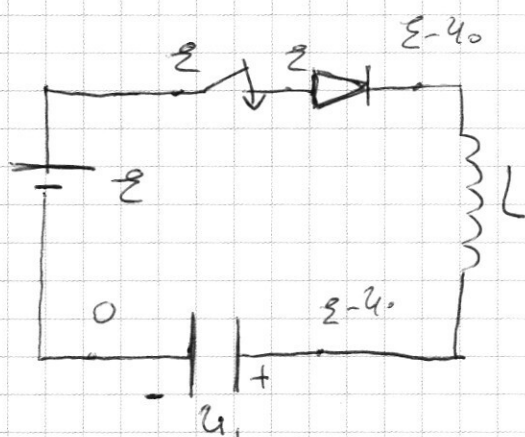
$$\eta = \frac{k-1}{3+5k} ; \quad \eta = \frac{k-1}{3+5k} ; \quad \eta' = \frac{(k-1)(3+5k) - (3+5k)'(k-1)}{(3+5k)^2}$$

$$\eta' = \frac{3+5k-5k+5}{(3+5k)^2} = \frac{8}{(3+5k)^2} \neq 0$$

$$k \neq -\frac{5}{3}$$

$$f(k) = \frac{k-1}{3+5k} - \text{возрастаем}$$

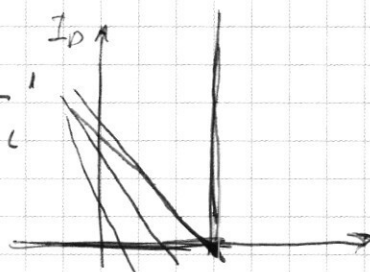
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) До замыкания ток в цепи отсутствует. На катушке ток скачком не меняется $\Rightarrow$ сразу после замыкания $I(0) = 0$.

$\Rightarrow$ сразу после $I_L = 0$ / $U_C = E - U_0 - U_1$

2) $I_C = C \cdot U_C'$ $U_L = L \cdot I_L'$
 $U_L = 0$, при $I = I_{\max}$, т.к. $I_L' = 0$



По 3С2: $A_{\text{ист}} = \Delta W$

$$\Delta W = \frac{C U_2^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$U_2 = E - U_0 = 9\text{ В} - 1\text{ В} = 8\text{ В}$$

$$\begin{array}{l} \text{Совм} \\ \Delta q \\ \text{стал} \end{array} \begin{array}{l} + C U_1 \\ + C(E - U_0) \end{array}$$

$$A_{\text{ист}} = E \Delta q = E C (E - U_0)$$

$$E C (E - U_0) = \frac{C (E - U_0)^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} \cdot 2$$

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

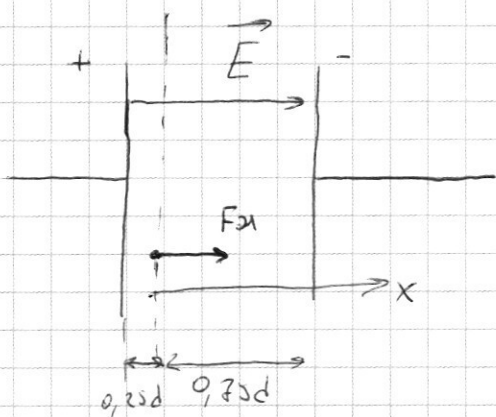
$$2 E C (E - U_0) + C U_1^2 - C (E - U_0)^2 = L I_m^2$$

$$I_m = \sqrt{\frac{2 E C (E - U_0) + C U_1^2 - C (E - U_0)^2}{L}} = 20 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$I_m = 300 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

3) В $t = t_{yc}$ море вообще нет $\Rightarrow$
 $u_2 = \varepsilon$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\vec{E} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

По 23Н:

$$F_{эл} = m a$$

$$q E = m a$$

$$Q = \frac{q}{m} E = \gamma E = \gamma \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

Из кинематики:

$$S_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} T$$

$$0,75d = \frac{v_1}{2} T \rightarrow v_1 = \frac{1,5d}{T}$$

$$v_{1x} = a_x T$$

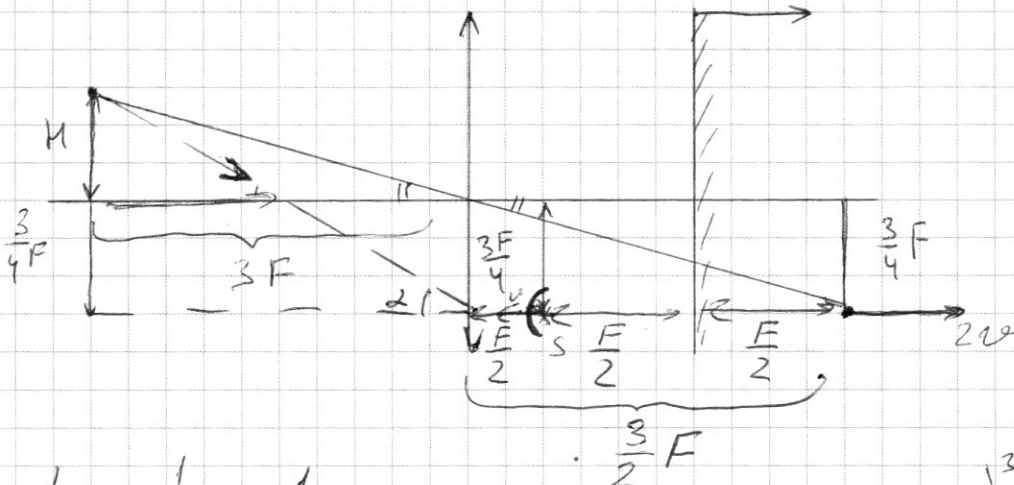
$$\frac{1,5d}{T} = \gamma \frac{Q}{\epsilon_0 S} T \rightarrow$$

$$Q = \frac{1,5d \cdot \epsilon_0 S}{T^2 \gamma}$$

По 3СЭ: $\varphi_1 q = \frac{m v_2^2}{2} + \varphi_2 q$

т.к. ~~ка~~ ~~длина~~ вне конденсатора
поле нет, то после выхода частицы
будет движение с ~~той же~~ постоянной
скоростью: $v_2 = v_1$

5.

BCO
Зеркало

$$1) \frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{\frac{3}{2}F} ; \frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{2}{3F} ; \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F}$$

$$2) \text{ Из подобия двух треугольников } f = 3F$$

$$\frac{\frac{3}{2}F}{\frac{3}{4}F} = \frac{H}{\frac{3}{4}F} ; 2 = \frac{H}{\frac{3}{4}F} ; 2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{H}{F}$$

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

пополнение

Скорости предмета и изображения должны пересекаться на мнзе или быть ей параллельны

BCO зеркало скорость предмета и изображения в нём равны и симметричны.

$$tg 2 = \frac{H + \frac{3}{4}F}{3F} = \frac{\frac{3}{2}F + \frac{3}{4}F}{3F} = \frac{9}{4 \cdot 3F} = \frac{3}{4}$$

Скорость предмета для мнзы в этом моменте $u = 2v = v + v$ (по закону сложения скоростей)

$$u_{мн} = \Gamma^2 \cdot u_{нн}$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{3F}{\frac{3}{2}F} = 2$$

$$u_{нн} = 4 \cdot 2v = 8v$$

$$u_n = \frac{u_{нн}}{\cos 2} = \frac{8v}{\cos 2}$$

$$\cos 2 = \frac{4}{5}$$

$$u_n = 8v : \frac{4}{5} = 8v \cdot \frac{5}{4} = 10v$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v \cos \alpha = u_k \cos \beta$$

$$u_k = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{60 - 24}{17.5} = \frac{36}{17.5} = 2.057$$

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

$$\cos \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{12}{17} - \frac{24}{85} = \frac{60 - 24}{85} = \frac{36}{85}$$

$$\sin \alpha = \frac{60 - 24}{36} = \frac{36}{85}$$

$$\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} = \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} = \frac{75}{4 \cdot 17}$$

$$u_k = 34 \cdot \frac{75}{2 \cdot 17} = 75$$

$$68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \cos(\beta + \alpha)$$

$$68^2 + 75^2 - 96 \cdot 102$$

$Q = C_p \nu (T_3 - T_2)$
 $A = P \Delta V = \nu R (T_3 - T_2) = \nu R (T_3 - T_2)$
 $\eta = \frac{5}{2}$
 $\eta = \frac{A_n}{Q^+}$
 $A_{13} = \frac{1}{2} (P + kP) (kV - V)$
 $A_{13} = \frac{1}{2} P V (1 + k)(k - 1)$
 $A_{13} = \frac{1}{2} \nu R T_1 (k^2 - 1)$
 $A_{13} = \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_1)$

$$K = \frac{C_v}{C_p} = \frac{3}{2} R : \frac{5}{2} R = \frac{3}{5}$$

$$A_n = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) - \frac{1}{2} \nu R (T_3 - T_1)$$

$$Q_{12}^+ = C_V \sqrt{T_2 - T_1}$$

$$Q_{23}^+ = C_P \sqrt{T_3 - T_2}$$

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

$$\eta = \frac{\frac{5}{2} \sqrt{R} (T_3 - T_2) - \frac{1}{2} \sqrt{R} (T_3 - T_1)}{\frac{3}{2} \sqrt{R} (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} \sqrt{R} (T_3 - T_2)}$$

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

$$\eta' = 0$$

$$\eta = \frac{4 T_3 - 5 T_2 + T_1}{5 T_3 - 2 T_2 - 3 T_1} - ?$$

3

Дано:

S, d

$x_1 = 0,25d$

T

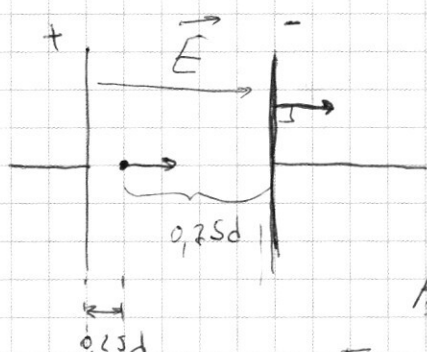
$v_1 = ?$

$Q = ?$

$v_2 = ?$

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

$0,25d$



$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

по 3CJ

$$v_2 = v_1$$

$$F_{эл} = ma$$

$$F_{эл} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} q = ma$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} \gamma = a$$

$$v_x = a_x T$$

$$v_1 = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \gamma T$$

$$S = \frac{v_1 + v_2}{2} T$$

$$S = \frac{v_1}{2} T$$

$$0,75d = \frac{v_1}{2} T$$

$$\frac{1,5d}{T} = v_1$$

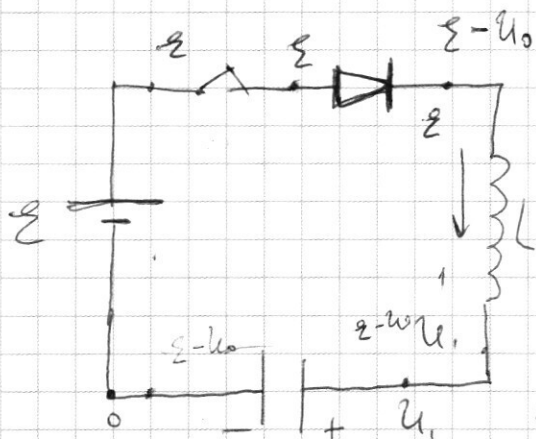
$$\frac{1,5d}{T} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \gamma T$$

$$\frac{3}{2} \frac{d \epsilon_0 S}{Q \gamma T} = 1$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$4 \quad U_1 \approx 5 \text{ В}$$



$$U_L = E - U_D = L \frac{dI}{dt}$$

$$I = \frac{E - U_D}{L}$$

$$I = \frac{9 - 1 - 5}{0,1} = \frac{3}{0,1} = 30 \text{ А}$$

$$\text{При } I = I_{\text{max}} \quad U_C = 0$$

$$A_{\text{max}} = \Delta W$$

$$I_C = C \cdot U_C = 0$$

$$I_C = C \cdot U_C$$

$$A_{\text{max}} = E C U_1$$

$$\Delta W = \frac{L I^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$E C U_1 = \frac{L I^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$2 E C U_1 = L I^2 - C U_1^2$$

$$2 E C U_1 + C U_1^2 = L I^2$$

$$I = \sqrt{\frac{2 E C U_1 + C U_1^2}{L}}$$



$$U_2 = E - U_0$$



$$T \cdot \cos(90 - \beta) = m \frac{v^2}{R}$$

$$T \cdot \sin \beta = m \frac{v^2}{R}$$

$$T = \frac{m v^2}{R \cdot \sin \beta}$$

$$\frac{40}{0,1}$$

$$400 \cdot 10^{-6}$$

$$20 \cdot 15 \cdot (10^{-6})^2$$

$$144 + 25 + 64 = 228$$

$$228 \approx 15$$

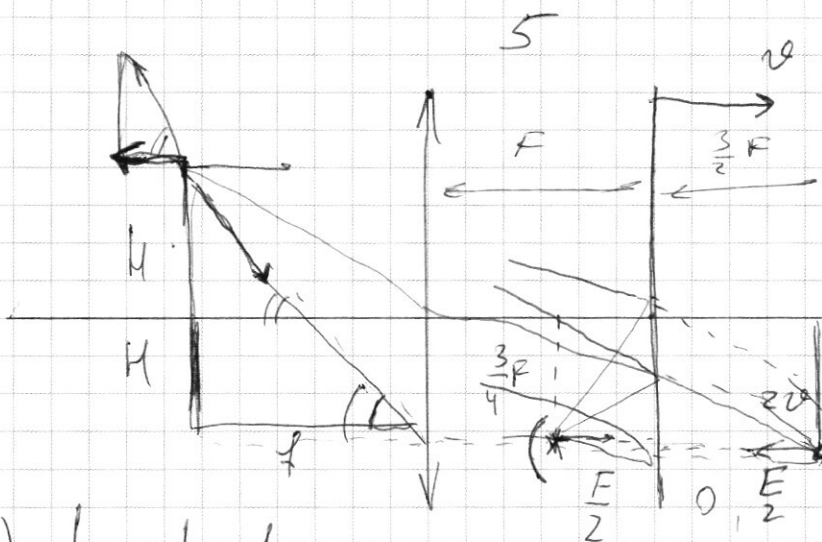
$$8 \cdot 9$$

$$\frac{9 \cdot 9 \cdot 9 \cdot 9 \cdot 9 \cdot 9}{18 \cdot 18 \cdot 18 \cdot 18 \cdot 18 \cdot 18}$$

$$149 \cdot C$$

$$25 \cdot C$$

$$\frac{C}{L}$$



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

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

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

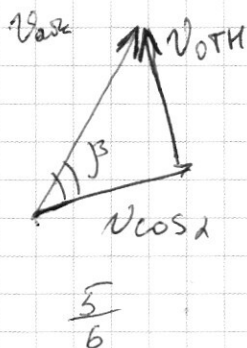
$$\frac{1}{f} = \frac{3-2}{F} = \frac{1}{F}$$

$$\boxed{f = F}$$

$$U_{11} = \Gamma^2 \cdot v^*$$

$$v^* = 2v$$

$$\tan \alpha = \frac{2H}{f}$$



$$F = \frac{f}{d} = \frac{F}{\frac{3}{2}F} = \frac{2}{3}$$

$$v^* = \frac{4}{9} \cdot 2v = \frac{8}{9}v$$

1.

по III. косинусов

$$v_{OH}^2 = v_{axe}^2 + (v \cos \alpha)^2 - 2v_{axe}v \cos \alpha \cdot \cos \beta$$

$$v_{OH}^2 = v_{axe}^2 + v^2 \cdot \frac{15^2}{17^2} - 2 \cdot \frac{4}{5} \cdot 75 \cdot 68$$

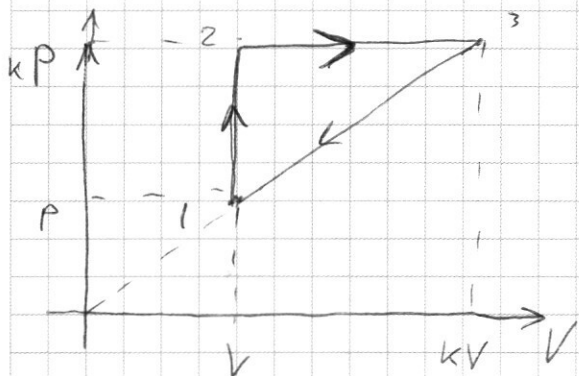
$$v_{OH}^2 = 75^2 + 68^2 \cdot \frac{15^2}{17^2} - \frac{8}{5} \cdot 75 \cdot 68$$

$$v_{OH}^2 = 75^2 + \frac{15^2}{4^2} \cdot 4^2 - 8 \cdot 75 \cdot 68$$

$$v_{OH}^2 = 75 \cdot 75 + 15 \cdot 15 \cdot 16 - 8 \cdot 15 \cdot 68$$

$$15 \cdot 15 \cdot 5 \cdot 5 + 15 \cdot 15 \cdot 16 - 15 - 150 \cdot 68$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$A_n = \frac{1}{2} (kP - P) (kV - V)$$

$$A_n = \frac{1}{2} PV (k-1)^2$$

$$Q^+ = Q_{12}^+ + Q_{23}^+$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (kPV - PV) = \frac{3}{2} PV (k-1)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} PV (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} (k^2 PV - kPV)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} PV (k^2 - k) = \frac{5}{2} PV k (k-1)$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} PV (k-1)^2}{\frac{3}{2} PV (k-1) + \frac{5}{2} PV k (k-1)} = \frac{\frac{1}{2} (k-1)^2}{\frac{3}{2} (k-1) + \frac{5}{2} k (k-1)}$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} (k-1)}{\frac{3}{2} + \frac{5}{2} k} = \frac{k-1}{3+5k}$$

$$\eta' = 0 \quad \frac{3}{5} (2k-1) = \frac{33}{503} \approx \frac{33}{503} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{(k-1)}{(3+5k)}$$

$$\eta = \frac{2-1}{3+10} = \frac{1}{13}$$

$$\eta = \frac{3-1}{3+5 \cdot 3} = \frac{2}{18} = \frac{1}{9}$$

$$\eta = \frac{4-1}{3+5 \cdot 4} = \frac{3}{23}$$

$$\eta = \frac{4}{3+25} = \frac{4}{28} = \frac{2}{14} = \frac{1}{7}$$

$$\left(\frac{9}{6}\right) \quad \frac{1}{13} \quad \frac{1}{9}$$

$$\frac{9}{13 \cdot 8} \quad \frac{13}{15}$$

$$\frac{3}{23} < \frac{1}{7}$$

$$\eta' = \frac{(k-1)' (3+5k) - (3+5k)' (k-1)}{(3+5k)^2}$$

$$\frac{21}{23 \cdot 7} \quad \frac{23}{23}$$

$$\frac{3+5k - 5k + 5}{(3+5k)^2} = 0 \quad k = +\frac{3}{5}$$

$$\left(\frac{8}{3+5k}\right)' = 0 \quad \frac{8}{(3+5k)^2} = 0$$

$$(3+5k)^2 \neq 0$$

$$9 + 30k + 25k^2 \neq 0$$

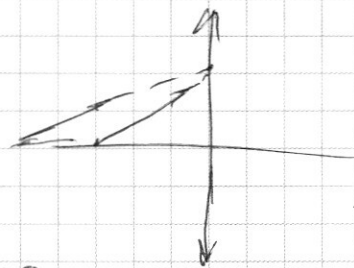
$$25k^2 + 30k + 9 \neq 0$$

$$D = 30^2 - 4 \cdot 25 \cdot 9 = 900 - 900 = 0$$

$$\cancel{k \neq} \quad k \neq \frac{-3}{5}$$

$$\underline{(3+5k)}$$

$$\frac{3-5}{15}$$



$$u_{II}$$

$$\frac{u_{III}}{u_{II}} = \cos \alpha$$

$$u_{II} = \frac{u_{III}}{\cos \alpha}$$

$$1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$1 + \frac{9}{16} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\frac{25}{16} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

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