

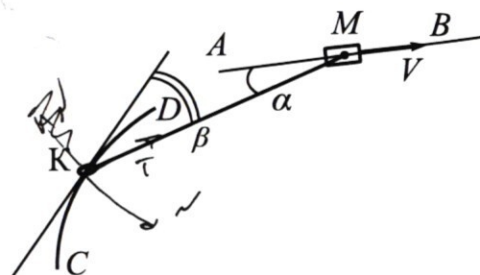
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

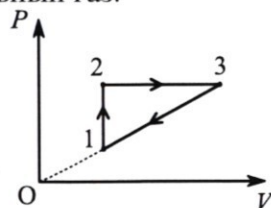
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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

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

$$E \cdot S = \frac{2S}{\epsilon_0}$$

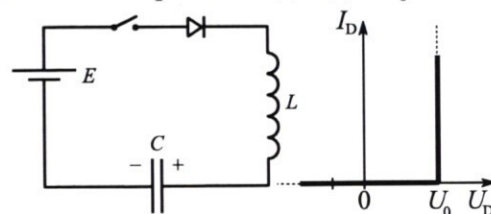
- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

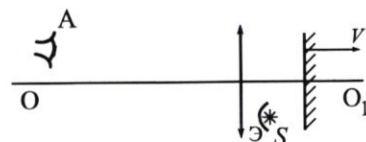
Ключ замыкают.

- 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.



$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 12 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 204 \end{array}$$

$$204 - 225 =$$

$$= -21$$

$$\sin \alpha = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \frac{3}{5}$$

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

$$= v \left(\frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} + \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} \right) =$$

$$= \frac{v (32 + 45)}{5 \cdot 17} = \frac{v \cdot 77}{17 \cdot 5} =$$

$$\frac{77 \cdot v}{85}$$

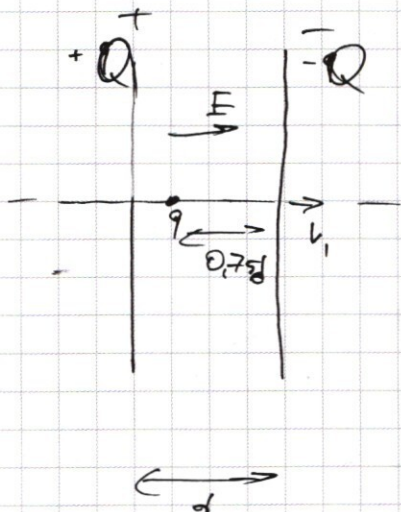
$$v_{\text{result}} = \sqrt{v^2 + u^2 - 2uv \cos(\alpha + \beta)}$$

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

23



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

требовали $\geq \Phi$.
пренебр.

$$F = Eq = m a \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = \frac{Eq}{m}$$

$$\begin{cases} 0,75d = \frac{qT^2}{2} \\ v = qT \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0,75d = \frac{qT^2}{2} \\ v_1 = qT \end{cases}$$

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

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

т.е. E вне конденсатора не равно 0

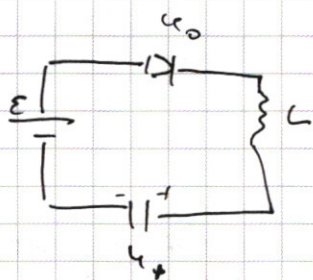
$$v_1 = v_2 = \frac{1,5d}{T}$$

$$q = \frac{1,5d}{T^2} = \frac{Eq}{m} = E f \Rightarrow E = \frac{1,5d}{fT^2} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{Q = \frac{1,5d \epsilon_0 S}{fT^2}}$$

~ q

1)



II 3-4. k-φφ:

$$\varepsilon - LI = U_1 + U_0$$

$$LI = \varepsilon - U_1 - U_0 \Rightarrow I = \frac{\varepsilon - U_1 - U_0}{L}$$

$$= \frac{9 - 5 - 1}{0,1} = \frac{3}{0,1} = 30 \frac{A}{C}$$

2) $I = \max \Rightarrow \dot{I}_0 = 0 \Rightarrow$

← заряд еще отсутствует

$$\rightarrow \varepsilon = U_C + U_0 \Rightarrow U_C = \varphi B$$

$$\Delta q = (U_C - U_1) C$$

$$3C7: (\varepsilon - U_0) \Delta q = C \frac{(U_C^2 - U_1^2)}{2} \quad \frac{LI_0^2}{2}$$

$$C (U_0 - U_1) (\varepsilon - U_0) = C \frac{(U_C^2 - U_1^2)}{2} + \frac{LI_0^2}{2}$$

$$C (U_0 - U_1) \left(\varepsilon - U_0 - \frac{U_C + U_1}{2} \right) = \frac{LI_0^2}{2}$$

$$40 \cdot 10^{-6} (9 - 5) \left(9 - 1 - \frac{9 + 5}{2} \right) = \frac{LI_0^2}{2}$$

$$40 \cdot 10^{-6} (3) \left(\frac{16 - 9 \cdot 5}{2} \right) = \frac{LI_0^2}{2}$$

$$40 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{3 \cdot 3}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow I_0^2 = 3 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 400 \rightarrow$$

$$\rightarrow I_0 = 3 \cdot 20 \cdot 10^{-3} A = 60 \cdot 10^{-3} A$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Пока в системе будет ток от "1" до

" - " у батарейки: заряд будет равен
(у-39 $\mathcal{E}_L = -LI$) $\Rightarrow$ в момент $I=0$

$$u_2 = \max$$

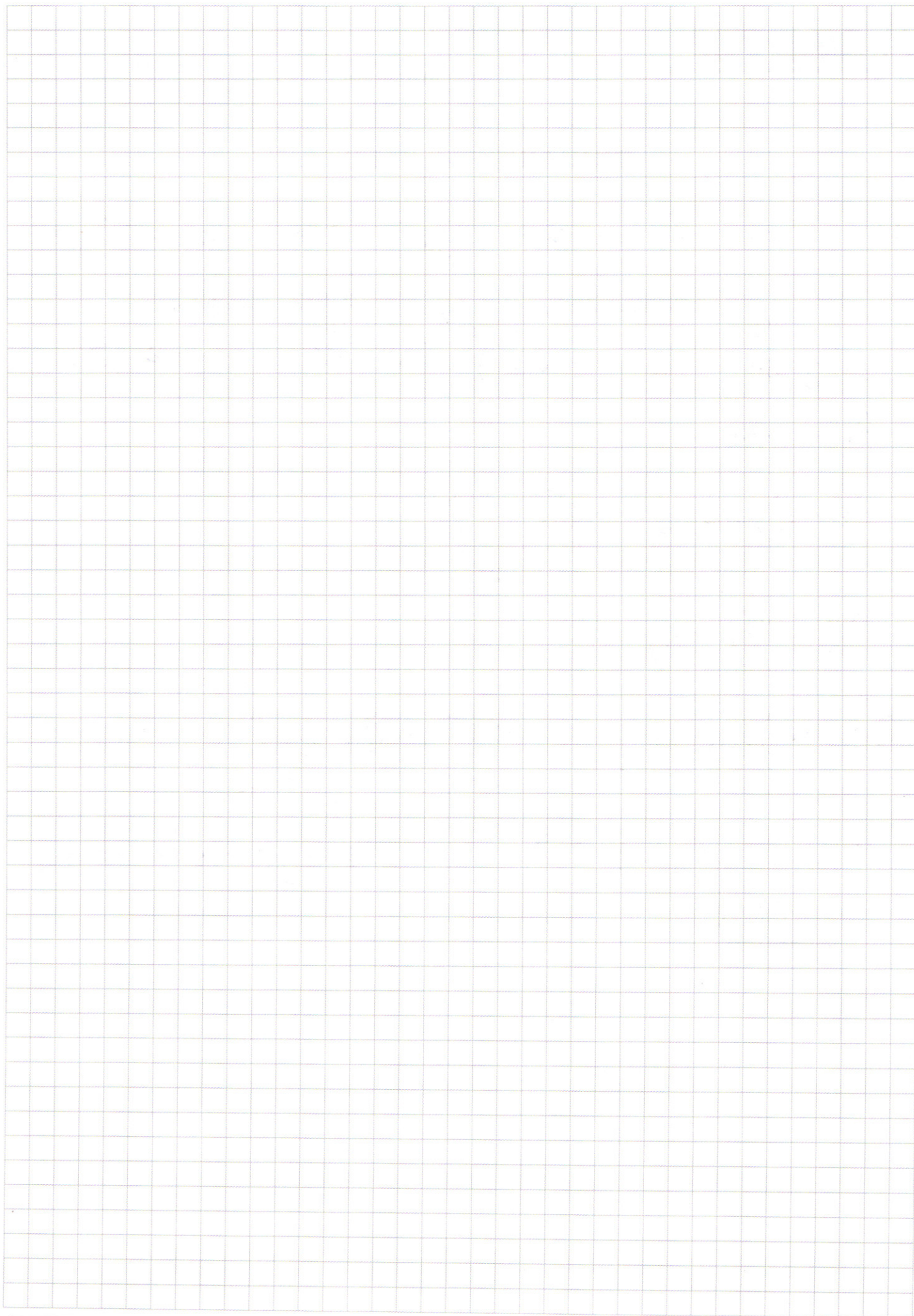
$$(\mathcal{E} - u_0) \Delta q = \frac{C(u_2^2 - u_1^2)}{2}$$

$$\Delta q = C(u_2 - u_1)$$

$$\cancel{C(\mathcal{E} - u_0)(u_2 - u_1)} = \frac{\cancel{C(u_2 - u_1)}(u_2 + u_1)}{2} \quad u_2 \neq u_1$$

$$u_2 = 2(\mathcal{E} - u_0) - u_1 = 2 \cdot (8 - 1) - 5 = 16 - 5 =$$

$$\underline{\underline{11 \text{ В}}}$$



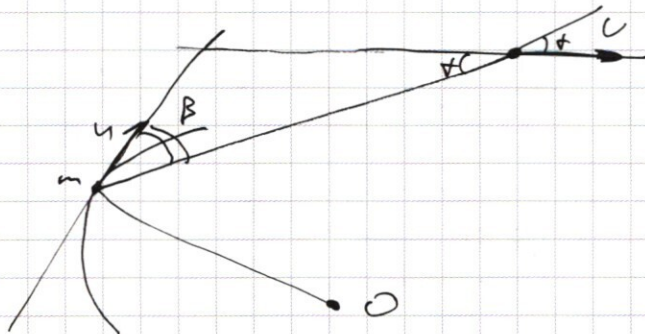
☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

O - центр окружности

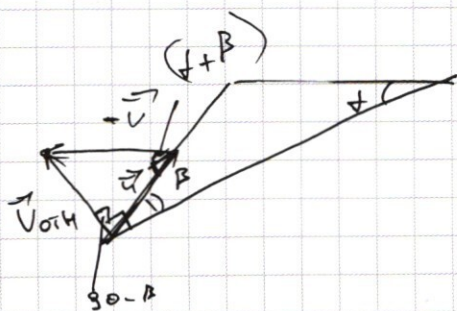


1) условие нерастяжимости нити:

$$v \cos \beta = v_{\text{ср}} \Rightarrow v = \frac{v_{\text{ср}}}{\cos \beta} = \frac{60 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} =$$

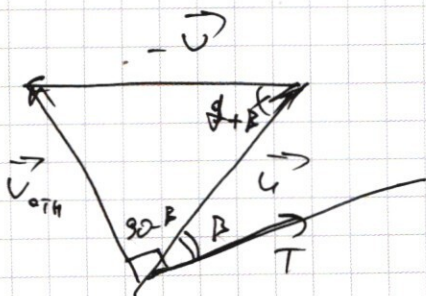
$$= \frac{4 \cdot 15 \cdot 5}{4} = 5 \cdot 15 = 75 \text{ см/с}$$

2) перейдем в со шфты:



замечим, что $v_{\text{ср}} \perp$
нити (усл. нерастяжимости)

рассмотрим в скорости по-баче:



$$\rightarrow \text{Т. синусов: } \frac{v}{\sin(90 - \beta)} = \frac{v_{\text{ср}}}{\sin(\beta)} \Rightarrow$$

$$\rightarrow v_{\text{ср}} = \frac{v \sin(\beta)}{\cos \beta}$$

$$\varepsilon \cdot \gamma (1 + \beta) = \varepsilon \cdot \gamma + \varepsilon \gamma \beta + \varepsilon \gamma \beta$$

$$\varepsilon \cdot \gamma = \sqrt{1 - \frac{225}{289}} = \frac{\sqrt{289 - 225}}{17} = \frac{8}{17}$$

$$\varepsilon \cdot \gamma \beta = \frac{3}{5}$$

$$\varepsilon \cdot \gamma (1 + \beta) = \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} + \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{32 + 45}{17 \cdot 5} = \frac{77}{17 \cdot 5}$$

$$V_{отн} = \cancel{68} \cdot \frac{77 \cdot 8}{17 \cdot 5 \cdot 4} = \boxed{77 \text{ см/с}}$$

3) в инерц. СО муфты на концы действует только сила натяжения нити и сила реакции дуги. $V_{отн} \perp l \Rightarrow$ в данный момент в этой СО формула движ. по окр. $r=l$ $V' = V_{отн}$

$$T = \frac{m V_{отн}^2}{l} = \frac{0,1 \cdot (7,7)^2}{5 \cdot 1,9} = \frac{0,1 \cdot 49 \cdot 1,21 \cdot 3}{5 \cdot 1,9}$$

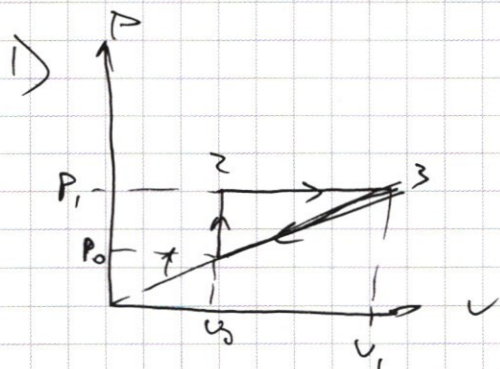
$$= \frac{0,1 \cdot 49 \cdot 1,21 \cdot 3}{9,5} = \frac{0,1 \cdot 49 \cdot 1,21 \cdot 3}{0,2 \cdot 49} = \frac{1,21 \cdot 3}{2} =$$

$9,5 = 9,5 \cdot 1,9 = 0,2 \cdot 49$

$$= \frac{3,63}{2} = \boxed{1,8 \text{ Н}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~2



Тогда $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{2} = 2.5$

$$\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{C_v}{C_p} = \frac{2}{5} = 0.4$$

$$2) Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} P_1 (V_1 - V_0)$$

$$A_{23} = P_1 (V_1 - V_0) \Rightarrow \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$$

$$3) \eta = \frac{Q_{23} + Q_{12}}{Q_{23} + Q_{12}} = 1$$

$$= A_{23} + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = A_{23} + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) =$$

$$= A_{23} + \frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_0 V_0) = P_1 V_1 - P_1 V_0 + \frac{3}{2} P_1 V_1 - \frac{3}{2} P_0 V_0$$

$$= \frac{5}{2} P_1 V_1 - P_1 V_0 - \frac{3}{2} P_0 V_0$$

избыток тепла - теплоотдача в процессе 3-1

$$|Q_x| = |Q_{31}| = \left(\frac{C_p + C_v}{2} \right) \nu R (T_3 - T_1) = 2 \nu R (T_3 - T_1) =$$

$$= 2 (P_1 V_1 - P_0 V_0)$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_x|}{Q_H} = 1 - \frac{2 (P_1 V_1 - P_0 V_0)}{\frac{5}{2} P_1 V_1 - P_1 V_0 - \frac{3}{2} P_0 V_0}$$

$$\frac{P_0}{v_0} = \frac{P_1}{v_1} \Rightarrow \boxed{P_1 = \frac{P_0 v_1}{v_0}}$$

$$\eta = 1 - \frac{2 \left(\frac{P_0 v_1^2}{2} - P_0 v_0^2 \right)}{\frac{5}{2} \frac{P_0 v_1^2}{2} - P_0 v_1 v_0 - \frac{3}{2} P_0 v_0^2} =$$

$$= 1 - \frac{4 (P_0 v_1^2 - P_0 v_0^2)}{5 P_0 v_1^2 - 2 P_0 v_1 v_0 - 3 P_0 v_0^2} = 1 - \frac{4 \left(\left(\frac{v_1}{v_0} \right)^2 - 1 \right)}{5 \left(\frac{v_1}{v_0} \right)^2 - 2 \frac{v_1}{v_0} - 3} =$$

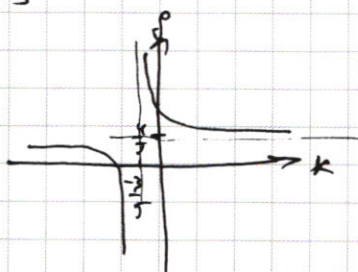
$$\frac{v_1}{v_0} = k \Rightarrow 1 - \frac{4 (k^2 - 1)}{5k^2 - 2k - 3} = 1 - \frac{4 (k-1)(k+1)}{5(k-1)(k+\frac{3}{5})} =$$

$$k \neq 1 \Rightarrow 1 - \frac{4(k+1)}{(5k+3)}$$

$$g(k) = \frac{4(k+1)}{5k+3}$$

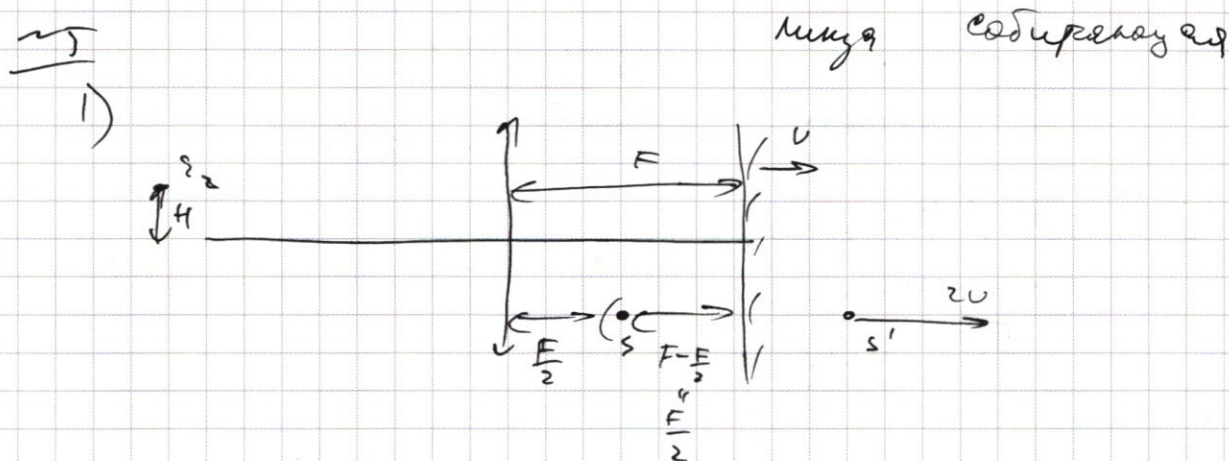
— Гипербола $\Rightarrow$ ее мин значение

$g(k)$ при $k > 1$: $g(k) = \frac{4}{5} \rightarrow$



$$\Rightarrow \boxed{\eta = \frac{1}{5}} \quad \left(\frac{v_1}{v_0} = \infty \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



От зеркального источника: S' - изображение источника
в зеркале.

power of 2, go away! $\frac{F}{2} + F = \frac{3F}{2}$

именно Σ_1 дает цодр Σ_2 , и следует
увидеть наблюдательно

$$d = \frac{3F}{2} \quad \text{Формула 7. получим: } \frac{1}{d} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F}$$

$$\text{Es } \frac{2}{3f} + \frac{1}{f} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{f} - \frac{2}{3f} = \frac{3-2}{3f} = \frac{1}{3f}$$

$$= \frac{1}{3R} \Rightarrow \boxed{I = 3R} \quad \leftarrow$$

2) скорость $\xi_i := z \cup$

$$\Gamma = \frac{4}{2} = 2 \Rightarrow \frac{4}{2} = 2 \Rightarrow \boxed{4 = \frac{3F}{2}}$$

$$G = r^2 = 4$$

39 Δf : ~~Δ~~ Δ увеличивается на $2V\Delta f$

$$\frac{1}{\frac{3}{2}F + 2V\Delta f} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f_1} = \frac{\frac{3}{2}F + 2V\Delta f - F}{F(\frac{3}{2}F + 2V\Delta f)} = \frac{\frac{F}{2} + 4V\Delta f}{2F(\frac{3}{2}F + 2V\Delta f)}$$

$$f_1 = \frac{2F(\frac{3}{2}F + 2V\Delta f)}{F(1 + \frac{4V\Delta f}{F})} =$$

$$= 2F(\frac{3}{2}F + 2V\Delta f)(1 - \frac{4V\Delta f}{F}) = 2(\frac{3}{2}F - \frac{3}{2}F \cdot \frac{4V\Delta f}{F} + 2V\Delta f) = 2(\frac{3}{2}F - 6V\Delta f + 2V\Delta f) = 2(\frac{3}{2}F - 4V\Delta f)$$

$$= 3F - 8V\Delta f$$

$$\boxed{U_{2k} = \rho U}$$

$$\Gamma' = \frac{3F - 8V\Delta f}{\frac{3F}{2} + 2V\Delta f} = \frac{3F - 8V\Delta f}{\frac{3F}{2} + 2V\Delta f}$$

$$= \frac{(3F - 8V\Delta f)(\frac{3F}{2} - 2V\Delta f)}{\left(\left(\frac{3F}{2}\right)^2 - (2V\Delta f)^2\right)} = \frac{(3F - 8V\Delta f)}{}$$

$$= \frac{\frac{9F^2}{2} - 6FV\Delta f - \frac{8 \cdot 3}{2}V\Delta f F + 0}{\left(\frac{3F}{2}\right)^2} = \frac{\frac{9F^2}{2} - 10FV\Delta f}{\frac{9F^2}{4}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

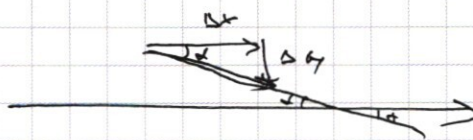
$$= \frac{\frac{\cancel{2} F^2}{2} - \cancel{1} F U_{df}}{\frac{\cancel{2} F^2}{4}} = \frac{2 F^2 - \cancel{2} F U_{df}}{F^2}$$

$$H = \left(\cancel{2} F - \cancel{2} F \frac{U_{df}}{F} \right) \cdot \frac{3 F}{4} = \frac{3 F}{2} - \frac{3 U_{df} \cdot \cancel{2} F}{4} =$$

$$= \frac{3}{2} F - 6 U_{df}$$

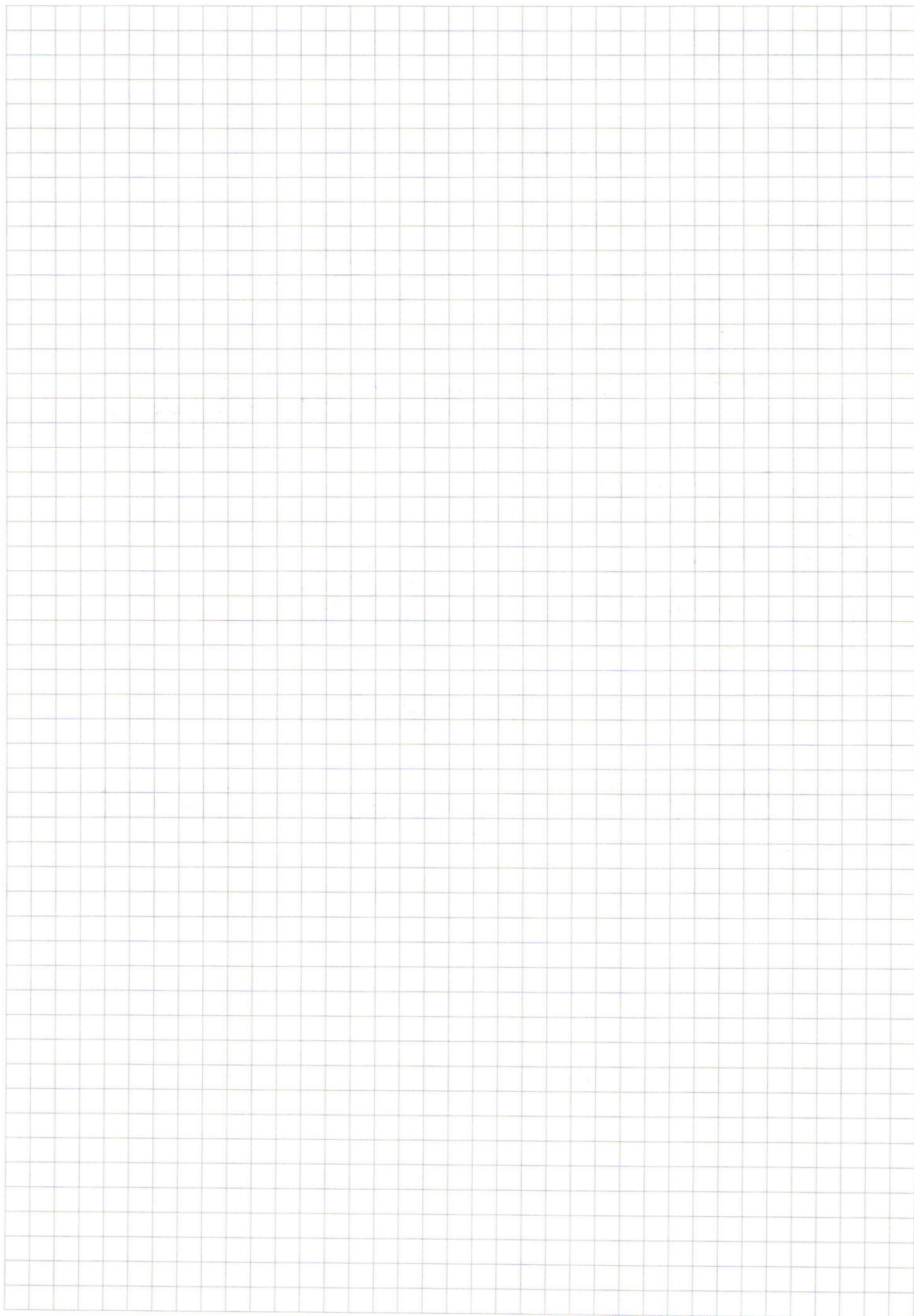
$$\frac{dH}{dt} = -6 U_{df}$$

$$\frac{dx}{dt} = -\cancel{2} U_{df}$$



$$\tan \alpha = \frac{6}{\cancel{2}} = \frac{3}{1}$$

$$U = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} = U \sqrt{36 + 64} = \underline{\underline{10 U}}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$= \frac{v}{\cos \beta} \sqrt{\cos^2 \beta + \cos^2 \alpha - 2 \cos^2 \alpha \cos^2 \beta + 2 \cos \alpha \cos \beta \sin \alpha \sin \beta}$$

$$= \frac{v}{\cos \beta} \sqrt{\cos^2 \beta (1 - \cos^2 \alpha) + \cos^2 \alpha (1 - \cos^2 \beta) + 2 \cos \alpha \cos \beta \sin \alpha \sin \beta}$$

$$= \frac{v}{\cos \beta} \sqrt{\cos^2 \beta \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha \sin^2 \beta + 2 \cos \alpha \cos \beta \sin \alpha \sin \beta}$$

$$= \frac{v}{\cos \beta} (\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta) =$$

$$\frac{(P_0 + P_1)(U_1 - U_0)}{2} = \frac{U_{01H}^2}{c} = 0,177^2$$

$$+ \frac{3}{2} (P_1 U_1 - P_0 U_0) = \frac{5}{3} \cdot 1,9$$

$$= \frac{(P_0 U_1 - P_1 U_0) - P_1 U_0 + P_0 U_0}{2} = \frac{5}{3} \cdot 1,9$$

$$\begin{array}{r} 77 \\ + 77 \\ \hline 139 \\ 139 \\ \hline 1529 \end{array}$$

$$5k+3 = 5k+5$$

$$- 2(P_1 U_1 - P_0 U_0) \cdot 5 \cdot 1,9 = 50 + 95 = 95$$

$$\frac{k+1}{5k+3}$$

$$\frac{1}{5k+3} + \frac{(k+1) \cdot 5}{(5k+3)^2}$$

$$\frac{1 \pm \sqrt{1+3 \cdot 5}}{5}$$

$$\frac{1 \pm \sqrt{1+15}}{5} =$$

$$= \frac{1+4}{5} = 1$$

$$T = \frac{m v_{07H}^2}{2} = \frac{0,17,7^2}{2} = \frac{1,5}{2}$$

$$\begin{array}{r} 27 \\ \times 77 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$T = 59,29 \cdot 3 \cdot 0,1 = \frac{5 \cdot 1,9}{9,5} = \frac{177,87}{9,5}$$

$$\begin{array}{r} \times (5929) \\ \hline 17787 \end{array}$$

$$\frac{0,1 \cdot 49 \cdot 3 \cdot 1,71}{5 \cdot 1,9} = \frac{3 \cdot 1,71}{2} = \frac{3,61}{2} = 1,8$$

$$(3-4_0)(4_1-4_1) = \frac{(4-4_1)(4+4_1)}{2}$$

$$2(3-4_0) = 4+4_1 \Rightarrow 4 = 2 \cdot (3-1) - 5 = 16 - 5 = 11$$

$$\frac{5}{3} = \frac{5}{12} = \frac{5}{12} = \frac{5}{12}$$

$$P_1 V_1 - P_2 V_2 - P_3 V_3 + P_4 V_4$$

$$(P_1 V_1 - P_2 V_2)$$

$$P_1 V_1 - P_2 V_2 - P_3 V_3 + P_4 V_4$$

$$P_1 V_1 - P_2 V_2 - P_3 V_3 + P_4 V_4$$

$$P_1 V_1 - P_2 V_2 - P_3 V_3 + P_4 V_4$$