

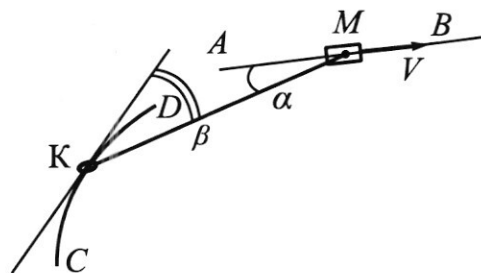
# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

## Вариант 11-02

Класс 11

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

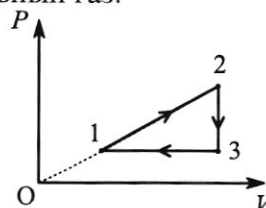
1. Муфту М двигают со скоростью  $V = 40$  см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой  $m = 1$  кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом  $R = 1,7$  м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной  $l = 17R/15$ . Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол  $\alpha$  ( $\cos \alpha = 3/5$ ) с направлением движения муфты и угол  $\beta$  ( $\cos \beta = 8/17$ ) с направлением движения кольца.



- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса 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 понижение температуры газа.
- 2) Найти для процесса 1-2 отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



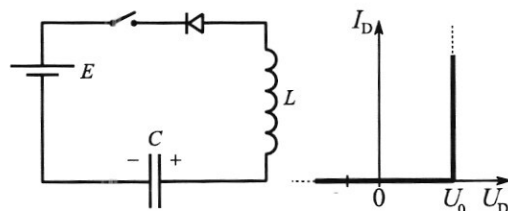
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния  $d$  между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью  $V_1$  и останавливается между обкладками на расстоянии  $0,2d$  от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы  $\frac{q}{m} = \gamma$ .

- 1) Найдите продолжительность  $T$  движения частицы в конденсаторе до остановки.
- 2) Найдите напряжение  $U$  на конденсаторе.
- 3) Найдите скорость  $V_0$  частицы 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.

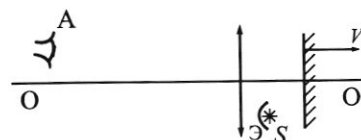
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника  $E = 3$  В, конденсатор емкостью  $C = 20$  мкФ заряжен до напряжения  $U_1 = 6$  В, индуктивность идеальной катушки  $L = 0,2$  Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода  $U_0 = 1$  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.



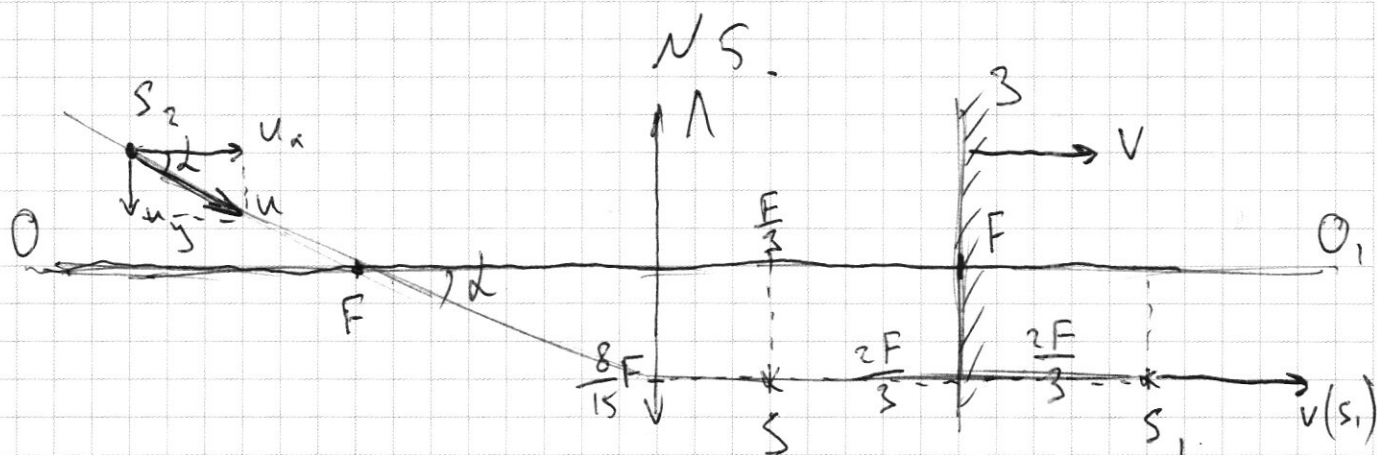
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F$ , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника  $S$  может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси  $OO_1$  линзы. Источник  $S$  находится на расстоянии  $8F/15$  от оси  $OO_1$  и на расстоянии плоскости  $F/3$  от 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  $\alpha$  к оси  $OO_1$  движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
- 3) Найти скорость изображения в этот момент.





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) P(S; 3) = F - \frac{F}{3} = \frac{2}{3}F$$

1)  $p(s; 3) = F - \frac{F}{3} = \frac{2}{3}F$   
Зеркало создает удобр.  $S$ , но там же  $p$ , что и источник  $S \Rightarrow p(s; s_1) = p(s; 3) = \frac{2F}{3}$

(Здесь и далее)  
 $\mathcal{P}$  = расстановка)

$$a = \mathcal{P}(s_i; 1) = \mathcal{P}(s_i; 3) \cdot \mathcal{P}(3; 1) = \frac{2}{3}F + F = \frac{5}{3}F > F$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \Rightarrow b = \frac{aF}{a-F} = \frac{\frac{5}{3}F^2}{\frac{5}{3}F - F} = \frac{5}{2}F = 2,5F$$

② По усл. у зеркала есть только горизонт.  
③ проекция скорости (вдоль  $OO_1$ )  $\Rightarrow v(S_1)$  также направлена вдоль  $OO_1$  (т.к.  $S$  неподвижен).

$$v_{\text{земная}} = v = \frac{d\rho(s; \vec{z})}{dt}$$

$$p(s; s_1) = 2 p(s; 3) \Rightarrow \text{b.e.o.} \text{ берем } v(s_1) =$$
  

$$= \frac{2 p(s; 3)}{2} = 2v$$

$v(S_1) \parallel OO_1 \Rightarrow$  если провести  $\perp$  от  $S$  к линзе, а затем ~~соед.~~ проведем прямую через точку пересеч. этого  $\perp$  с линзой и точку  $F$ , то  $S_2$  (изобр.  $S$ , в линзе) всегда лежит на этой прямой  $\Rightarrow v(S_2)$  найдём. Вдоль этой прямой

$$\text{tg } \alpha = \frac{\frac{8}{15}F}{F} = \frac{8}{15}$$

$$v(S_1) = 2V$$

$$\text{Пусть } v(S_2) = u, \text{ тогда } u_x = \gamma v(S_1) = 2V\gamma = 2V\gamma^2 = 2V\left(\frac{b}{a}\right)^2 = 2V\left(\frac{\frac{5}{2}F}{\frac{5}{3}F}\right)^2 = 2V\left(\frac{3}{2}\right)^2 = \frac{9}{4} \cdot 2V = \frac{9}{2}V =$$

$$= 4,5V \Rightarrow u_y = u_x \text{tg } \alpha = \frac{8}{15} \cdot \frac{9}{2}V = \frac{36}{15}V = \frac{12}{5}V$$

$$u^2 = u_x^2 + u_y^2 = \left(\frac{9}{2}V\right)^2 + \left(\frac{12}{5}V\right)^2 = \frac{81}{4}V^2 + \frac{144}{25}V^2 =$$

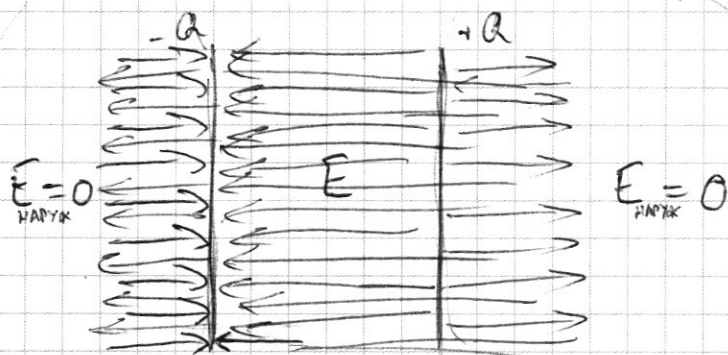
$$= \frac{2601}{100}V^2 \Rightarrow u = \frac{51}{10}V$$

Ответ: 1)  $2,5F$ ; 2)  $\text{tg } \alpha = \frac{8}{15}$ ; 3)  $u = \frac{51}{10}V$ .



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3.



$$\text{1) } \text{ЗЕД: } \frac{mv_2^2}{2} = A + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$A = F \cdot s = qEs$$

т.к. частица остановилась, то ускорение, создаваемое полем, было направлено против движения.  
 $q > 0 \Rightarrow$  частица притянута отриц. обкладкой

$$s = d - 0,2d = 0,8d$$

$$A = qE \cdot \frac{4}{5}d = \frac{4}{5}qEd \Rightarrow \frac{mv_1^2}{2} = \frac{4}{5}qEd$$

$$E = \frac{5mv_1^2}{8qd} = \frac{5V_1^2}{8d}$$

$$s = v_1T - \frac{aT^2}{2}$$

$$s = 0,8d, a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = 8E = \frac{5V_1^2}{8d}$$

$$\frac{4}{5}d = v_1T - \frac{5V_1^2T^2}{16d} \Rightarrow \frac{5V_1^2}{16d}T^2 - v_1T + \frac{4}{5}d = 0$$

$$D = v_1^2 - \frac{16}{5}d \cdot \frac{5V_1^2}{16d} = 0$$

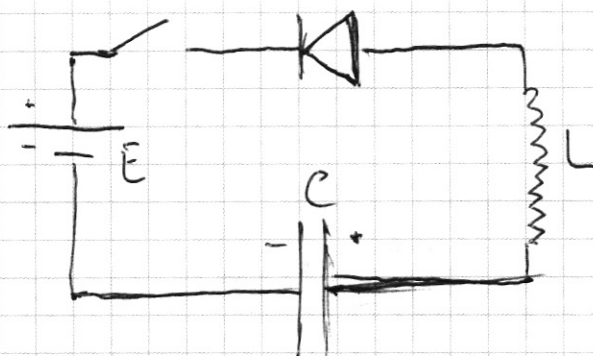
$$\nabla = \frac{V_1}{\left(\frac{2 \cdot 5V_1^2}{16d}\right)} = \frac{16dy_1}{10V_1^2} = \frac{8d}{5V_1}$$

$$2) U = Ed = \frac{5V_1^2}{88d} \cdot d = \frac{5V_1^2}{88}$$

3) Снаряжен от конденсатора  $\Sigma E = 0 \Rightarrow F_{\text{кп}} = 0$   
 т.е.  $a = 0 \Rightarrow v = \text{const} \Rightarrow V_1 = V_0$

Ответ: 1)  $\nabla = \frac{8d}{5V_1}$ ; 2)  $U = \frac{5V_1^2}{88}$ ; 3)  $V_0 = V_1$ .

№ 4.



1) Сразу после замыкания:

$$U_1 - U_L - U_C - E = 0$$

$$L \dot{I} = U - U_C - E$$

$$\dot{I} = \frac{U - U_C - E}{L} = \frac{6 - 1 - 3}{0,2} = 10 \text{ A/c}$$

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

Будет  $U_C = V$ , тогда  $\Delta q = C(V - U_1)$

$$A = E \Delta q = CE(V - U_1)$$

$$A = \Delta W_C + \Delta W_L$$

$$CE(V - U_1) = \frac{CV^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI^2}{2}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$L \dot{\Sigma}^2 = 2CE(V - U_1) + cU_1^2 - cV^2$$

$$U_1 = 0 \Rightarrow V = E + U_0$$

$$L \dot{\Sigma}^2 = 2CE(E + U_0 - U_1) + cU_1^2 - c(E + U_0)^2$$

$$L \dot{\Sigma}^2 = 2CE^2 + 2CEU_0 - 2CEU_1 + cU_1^2 - cE^2 - cU_0^2 - 2CEU_0$$

$$L \dot{\Sigma}^2 = CE^2 + cU_1^2 - 2CEU_1 - cU_0^2$$

$$L \dot{\Sigma}^2 = C((U_1 - E)^2 - U_0^2)$$

$$\dot{\Sigma}^2 = \frac{C}{L}((U_1 - E)^2 - U_0^2)$$

$$\Sigma = \sqrt{\frac{C}{L}((U_1 - E)^2 - U_0^2)} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,2}((6-3)^2 - 1)} = \sqrt{10^{-4} \cdot 8} =$$

$$= 2\sqrt{2} \cdot 10^{-2} \text{ A} \approx 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ A} = \boxed{28 \text{ mA}}$$

3) Установившееся сост.  $\Rightarrow \dot{\Sigma} = 0, \ddot{\Sigma} = 0$ .

$$U_L = 0, W_L = 0$$

$$\Delta W_C + \Delta W_L = A$$

$$E(cU_2 - cU_1) = \frac{cU_2^2}{2} - \frac{cU_1^2}{2}$$

$$EC(U_2 - U_1) = \frac{c}{2}(U_2^2 - U_1^2) \Rightarrow 2E(U_2 - U_1) = (U_2 - U_1)(U_2 + U_1)$$

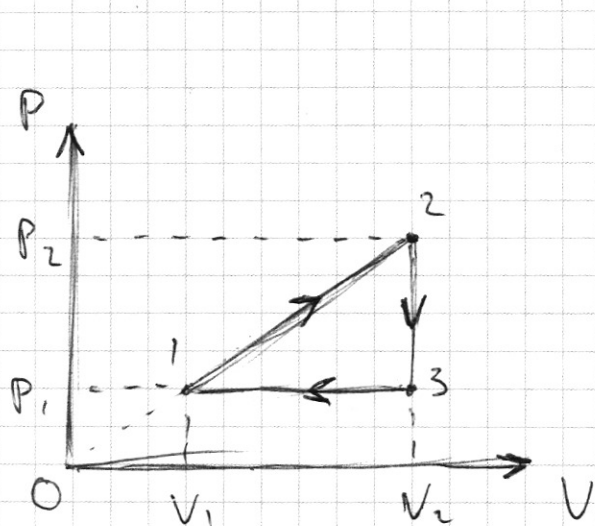
$$2E = U_2 + U_1$$

$$U_2 = 2E - U_1 = 2 \cdot 3 - 6 = 0 \text{ В}$$

Изм  $U_1 - U_2 = 0 \Rightarrow U_1 = U_2 \Rightarrow U_2 = 6 \text{ В}$  (в обратном направлении) - невозможно

~~Второй закон Кирхгофа для контура 1-2-3-1:~~  
 ~~$U_1 - U_2 = 0$~~

Ответ: 1)  $\dot{I}_0 = \frac{U - U_0 - E}{L} = 10 \text{ А/с}$ ;  
 2)  $\Sigma_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C}{L} ((U_1 - E)^2 - U_0^2)} = 28 \text{ мА}$ ; 3)  $U_2 = 0 \text{ В}$ .



№ 2.

$$\begin{cases} P_1 V_1 = 2 R T_1 \\ P_2 V_2 = 2 R T_2 \\ P_3 V_3 = 2 R T_3 \end{cases} \quad \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$$

$$P_2 > P_3, V_2 = V_3 \Rightarrow P_2 V_2 > P_3 V_3$$

$$\downarrow$$

$$T_2 > T_3$$

$$P_1 = P_3, V_3 > V_1 \Rightarrow P_3 V_3 > P_1 V_1 \Rightarrow T_3 > T_1$$

$$\downarrow$$

$$T_2 > T_3 > T_1$$

~~№ 1-2:  $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} 2 R (T_2 - T_1) = Q_{12} - A_{12} \Rightarrow Q_{12} > 0$~~   
~~№ 2-3:  $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} 2 R (T_3 - T_2) = Q_{23} - A_{23} \Rightarrow Q_{23} < 0$~~



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T, \quad Q_{23} = -Q_{31} = -Q_{12} < 0$$~~

~~$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T, \quad Q_{23} = -Q_{31} = -Q_{12} < 0$$~~

И. е.  $\Delta T_{12} > 0, \Delta T_{23} < 0, \Delta T_{31} < 0$

Процесс 2-3 - ~~адиабатический~~ изотермический  $\Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2} R$

Процесс 3-1 - изобарный  $\Rightarrow C_{31} = C_p = C_v + R = \left( \frac{5}{2} R \right)$

2)  $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = Q_{12} - A_{12}$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \text{ (м.и. } P \sim V) = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) =$$

$$= \frac{1}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \frac{1}{2} \nu R \Delta T =$$

$$= 2 \nu R \Delta T$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{2 \nu R \Delta T}{\frac{1}{2} \nu R \Delta T} = 4$$

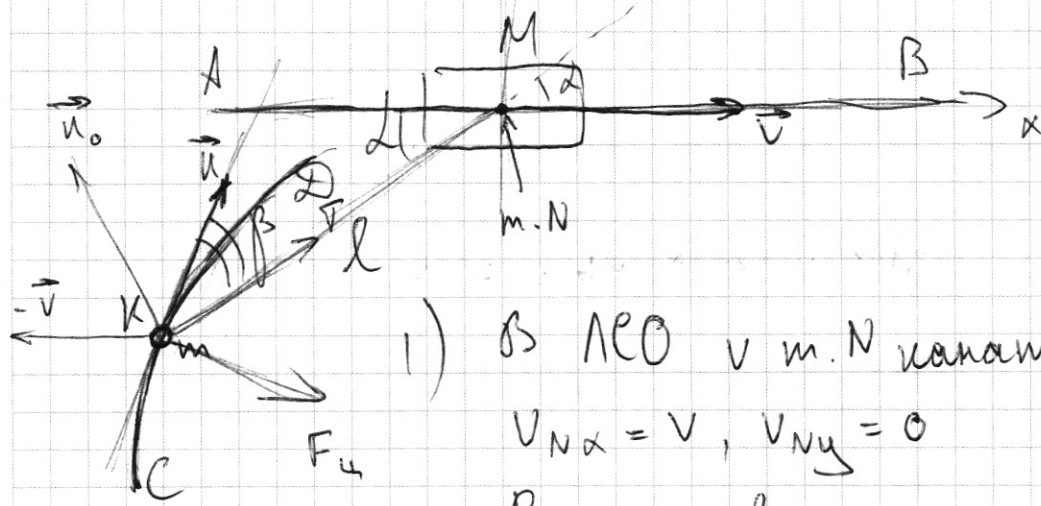
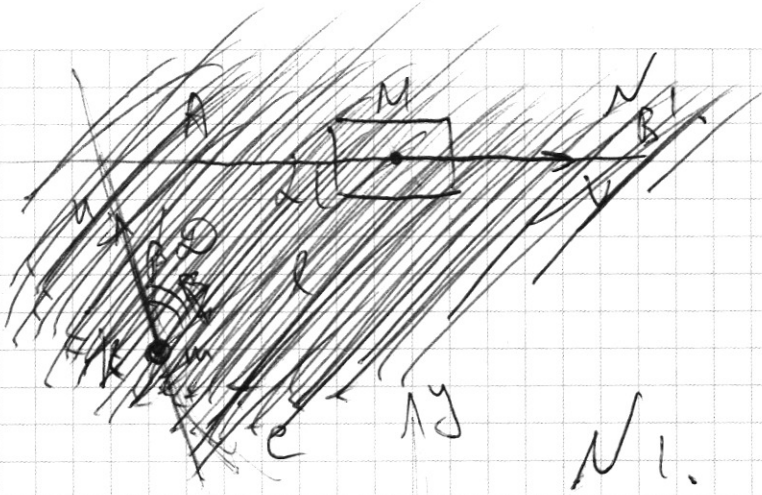
3)  $\eta = \frac{A_{\Gamma}}{Q^+} \quad Q^+ = Q_{12} \text{ (м.и. } Q_{23} < 0, Q_{31} < 0)$

~~$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{1}{2} (P_2 - P_1) (V_2 - V_1) =$$~~
~~$$= \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_2 - P_2 V_1 + P_1 V_1)$$~~

$$A_{\Gamma} = A_{12} \quad (A_{23} = 0, A_{31} < 0) \Rightarrow \eta = \frac{A_{12}}{Q_{12}} = \frac{\frac{1}{2} \nu R \Delta T}{2 \nu R \Delta T} = \left( \frac{1}{4} \right)$$

Ответ: 1)  $C_{23} = \frac{3}{2} R, C_{31} = \frac{5}{2} R$ ; 2)  $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$ ; 3)  $\eta = 25\%$ .





1) В ЛЕО  $v$  м. N каната  $= v$   
 $v_{Nx} = v, v_{Ny} = 0$

В то же время  $v$  м. K каната в ЛЕО  $= u$ .

Канат перемещ.  $\Rightarrow$  проекции скоростей м. N и K на прямую KN равны  $\Rightarrow u \cos \beta = v \cos \alpha$

$$u = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = v \cdot \frac{\left(\frac{3}{5}\right)}{\left(\frac{8}{17}\right)} = \frac{3 \cdot 17}{8 \cdot 5} v = \frac{51}{40} v = 51 \text{ см/с}$$

2) В с.о. мушкетера  $v$  каната  $= \vec{u}_0 = \vec{u} - \vec{v}$   
 по т. косинусов  $u_0^2 = u^2 + v^2 - 2uv \cos(180^\circ - (\alpha + \beta)) =$   
 $= \left(\frac{51^2}{40^2} + 1\right) v^2 + 2 \cdot \frac{51}{40} v^2 \cos(\alpha + \beta) = \left(\frac{2601}{1600} + 1\right) v^2 - 2 \cdot \frac{51}{40} \cdot \frac{36}{85} v^2 =$   
 $= \left(\frac{2601}{1600} + 1 - \frac{24}{25}\right) v^2 = \left(\frac{2601}{1600} - \frac{2}{25}\right) v^2 = \frac{2473}{1600} v^2 \Rightarrow u_0 = \frac{\sqrt{2473}}{40} v$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$u_0 \approx \frac{50}{40} v \approx (1,25 v) = \sqrt{2473} \text{ см/с} \approx 50 \text{ см/с}$$

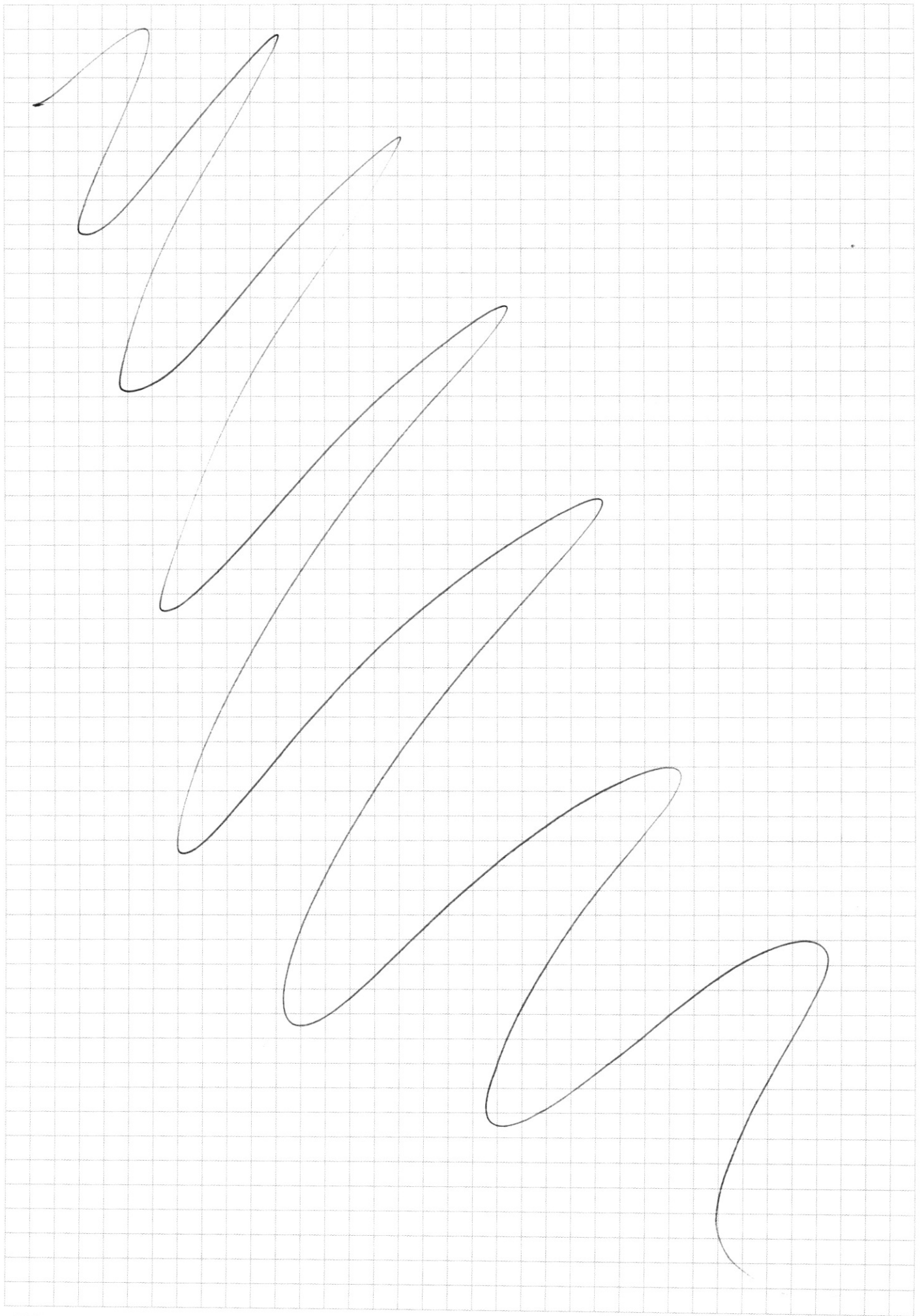
$$3) \Gamma \cos\left(\frac{v}{2} - \beta\right) = F_{\text{центр}}$$

$$\Gamma \sin \beta = \frac{mv^2}{R}$$

$$\Gamma = \frac{mv^2}{R \sin \beta} = \frac{1 \cdot \left(\frac{51}{40} \cdot 40 \cdot 10^{-2}\right)^2}{1,7 - \frac{15}{17}} = \frac{2601 \cdot 10^{-4}}{1,5} =$$

$$= \frac{2601}{15} \cdot 10^{-3} \approx 173 \text{ мН}$$

Answer:  $u = 51 \text{ см/с}$ ,  $u_{\text{отн. муфта}} = \sqrt{2473} \text{ см/с}$ ,  
~~и~~  $\Gamma = \frac{2601}{15} \cdot 10^{-3} \text{ Н}$ .

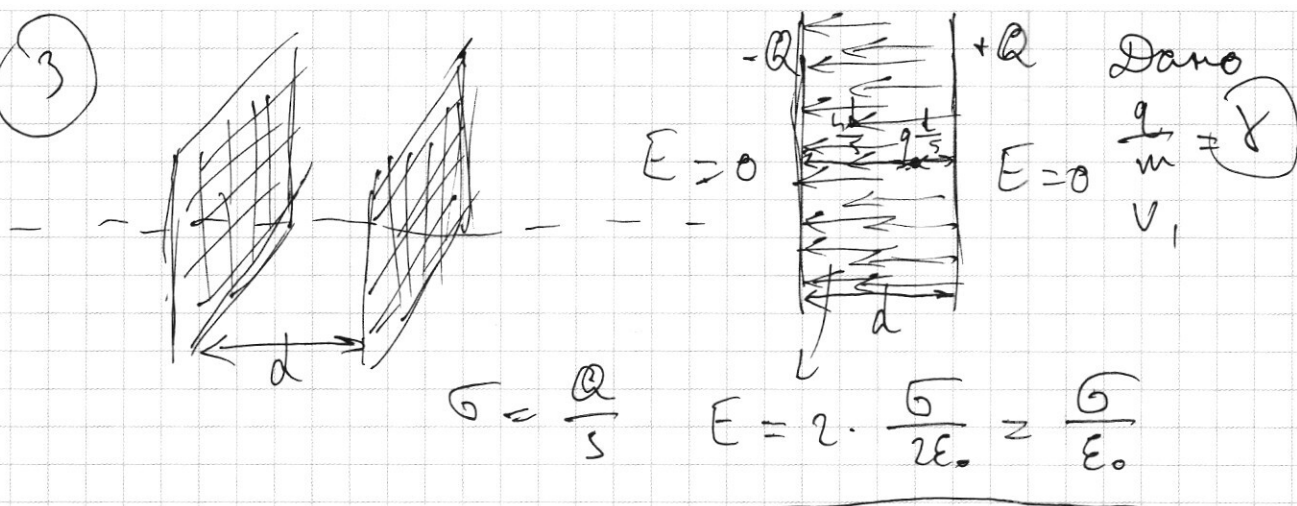


☒ черновик    ☐ чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3



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

$$s = d - 0,2d = 0,8d = v_1 \tau - \frac{a \tau^2}{2}$$

Было  $\frac{mv_1^2}{2}$  ~~Стало  $\frac{mv_2^2}{2}$~~

$$A = F \cdot s = \frac{4}{5} F d = \frac{4}{5} q E d$$

$$\Delta K = A \Rightarrow \frac{mv_1^2}{2} = \frac{4}{5} q E d \Rightarrow v_1^2 = \frac{8}{5} \gamma E d$$

$$E = \frac{5v_1^2}{8\gamma d}$$

$$\frac{4}{5} d = v_1 \tau - \frac{a \tau^2}{2} = v_1 \tau - \frac{\gamma E \tau^2}{2}$$

$$\frac{1}{2} \gamma \cdot \frac{5v_1^2}{8\gamma d} \tau^2 - v_1 \tau + \frac{4}{5} d = 0$$

$$\frac{5v_1^2}{16d} \tau^2 - v_1 \tau + \frac{4}{5} d = 0$$

$$\Delta K = v_1^2 - \frac{16}{5} d \cdot \frac{5v_1^2}{16d} = 0 \Rightarrow \tau = \frac{v_1}{\left(\frac{10v_1^2}{16d}\right)} = \frac{16v_1 d}{10v_1^2} =$$



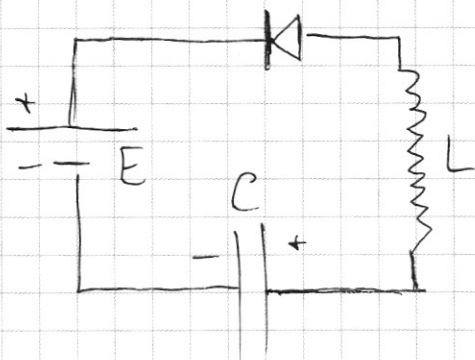
$$\Rightarrow \left( \frac{8}{5} \frac{d}{v_1} \right)$$

$$2) U = Ed = \frac{5v_1^2}{8\cancel{d}} \cdot d = \left( \frac{5}{8} \frac{v_1^2}{\delta} \right)$$

$$3) \text{ Снаряжен } E = 0 \Rightarrow F = 0 \Rightarrow ma = 0 \Rightarrow a = 0$$

$$v_0 = v_1$$

4)



Дано:  $E = 3\text{ В}$   $U_1 = 6\text{ В}$   
 $C = 20\text{ мкФ}$   $L = 0,2\text{ Гн}$   
 $U_0 = 1\text{ В}$

$$1) \cancel{U_1} - L\dot{I} - E - \cancel{U_0} = 0$$

$$\dot{I} = \frac{-E + U_1}{L} = \frac{3}{0,2} = 15\text{ А/с}$$

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

$$\dot{I} = \frac{U_1 - E - U_0}{L} = \frac{6 - 3 - 1}{0,2} = \frac{2}{0,2} = 10\text{ А/с}$$

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

$$U_c - U_0 - E = 0$$

$$U_c = U_0 + E = 3 + 1 = 4\text{ В}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Delta q = C U_1 - C V = C(U_1 - V) = C(U_1 - U_0 - E)$$

$$A = E \Delta q = C E (U_1 - U_0 - E)$$

$$\Delta W_C + \Delta W_L + A = 0$$

$$\Delta W_C = A + \Delta W_L$$

$$\frac{C U_1^2}{2} - \frac{C V^2}{2} = C E (U_1 - U_0 - E) + \frac{L \mathcal{I}^2}{2}$$

$$C U_1^2 - C (U_0 + E)^2 = 2 C E (U_1 - U_0 - E) + L \mathcal{I}^2$$

$$C (U_1^2 - U_0^2 - 2 U_0 E - E^2 - 2 E U_1 + 2 E U_0 + 2 E^2) = L \mathcal{I}^2$$

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

$$\mathcal{I}^2 = \frac{C}{L} ((U_1 - E)^2 - U_0^2)$$

$$\mathcal{I} = \sqrt{\frac{C}{L} ((U_1 - E)^2 - U_0^2)} = \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{0,2} ((6-3)^2 - 1)} = \sqrt{10^{-4} \cdot 8} =$$

$$= \sqrt{8} \cdot 10^{-2} \text{ A} = 2\sqrt{2} \cdot 10^{-2} \text{ A} \approx 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ A} \approx 28 \text{ mA}$$

$$3) \mathcal{I} = 0 \Rightarrow \dot{q} = 0 \Rightarrow \frac{L \mathcal{I}^2}{2} = 0$$

$$U + U_0 = E \Rightarrow U = E - U_0 = 3 - 1 = 2 \text{ B}$$

$$\Delta W = A \Rightarrow \frac{C U_1^2}{2} - \frac{C V^2}{2} = E \Delta q = E (C U_1 - C V)$$

$$U_1^2 - V^2 = 2 E U_1 - 2 E V$$

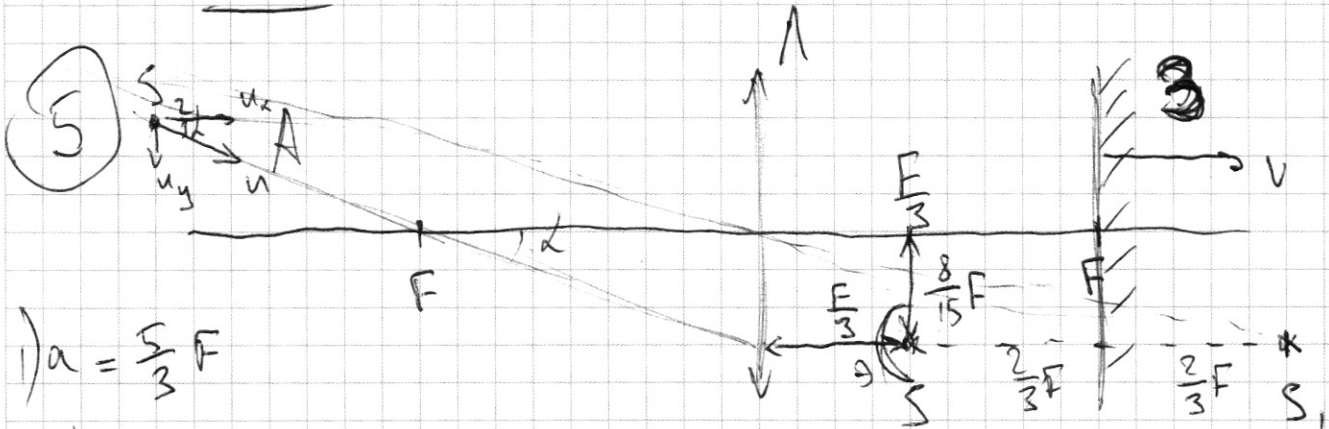
$$(u_1 - v)(u_1 + v) = 2E(u_1 - v)$$

$$1) u_1 = v$$

$$V = G$$

$$2) U_1 + V = 2E$$

$$V = 2E - U_1 = 0$$



$$1) a = \frac{5}{3} F$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

$$(bF + aF) = ab$$

$$b(a - F) = aF$$

$$b = \frac{aF}{a-F} \Rightarrow b = \frac{\frac{5}{3}F^2}{\frac{5}{3}F - F} = \frac{\frac{5}{3}F^2}{\frac{2}{3}F} = \frac{5}{2}F = 2,5F$$

2) Exap. 3  $\Rightarrow v \Rightarrow v(s_1) = 2v$

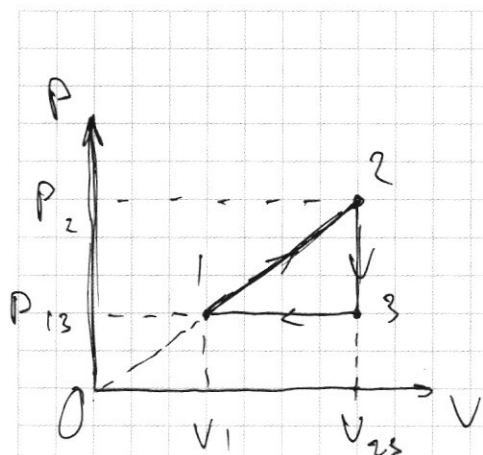
~~$$U_x = \gamma \cdot V(s_1) = \gamma^2 V(s_1) = 2V\gamma^2 = 2V \cdot \left(\frac{\frac{3}{2}F}{\frac{8}{3}F}\right)^2 = 2V \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^2 =$$
$$= \frac{9}{2} \cdot 2V = \frac{9}{2} V = 4,5V$$~~

$$2) \lg 2 = \frac{\frac{8}{15} F}{F} = \frac{8}{15}$$

$$3) u_x = \gamma v_{s1} = 2V \gamma = 2V \Gamma^2 = 2V \left( \frac{\frac{2}{3}F}{\frac{8}{3}F} \right)^2 = 2V \left( \frac{3}{2} \right)^2 = \frac{9}{4} 2V = 4.5V$$

$$U_y = \frac{12}{5} \text{ V} = 2,4 \text{ V}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \quad \checkmark 2.$$
$$P_1 V_2 = P_2 V_1$$
$$V_2 = V_3$$
$$P_1 = P_3$$

---

$$1 = 3$$

---

$$\begin{cases} P_1 V_1 = \nu R T_1 \\ P_2 V_2 = \nu R T_2 \\ P_3 V_3 = \nu R T_3 \end{cases} \quad \begin{cases} P_1 V_1 = \nu R T_1 \\ P_1 \frac{V_2}{V_1} V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{\frac{V_2}{V_1}}{V_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 > 1 \\ P_1 V_2 = \nu R T_3 \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = \frac{V_2}{\left(\frac{V_2}{V_1}\right)} = \frac{V_1}{V_2} < 1 \end{cases}$$

уменьш. в 23 и 31

$$C_{23} = C_v = 2 \frac{3}{7} R$$

$$A_{23} = 0 \quad Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} n R \Delta T$$

$$C_{23} = \frac{Q_{23}}{\partial \Delta T} = \frac{\frac{3}{2} \cancel{2} R \Delta T}{\cancel{\partial \Delta T}} = \left( \frac{3}{2} R \right)$$

Da 13  $P = \text{const}$   $\Rightarrow C_p = C_v + R = \frac{5}{2}R$

$$\begin{aligned} 2) \Delta U &= \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = +Q - A \Rightarrow Q = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + P \Delta V_2 \\ &= \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \\ &+ \frac{1}{2} (\nu R T_2 - \nu R T_1) = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \\ &= \frac{4}{2} \nu R (T_2 - T_1) = 2 \nu R \Delta T \end{aligned}$$



$$A = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{2} = \frac{1}{2} 2R (T_2 - T_1) = \frac{1}{2} 2R \Delta T$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{2 2R \Delta T}{\frac{1}{2} 2R \Delta T} = 4$$

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

$$A = A_{12} + A_{23} + A_{31} = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) + P_1 (V_2 - V_1) =$$

$$= \frac{1}{2} 2R (T_2 - T_1) + P_1 V_2 - P_1 V_1 = \frac{1}{2} 2R (T_2 - T_1) +$$

$$+ 2R T_3 - 2R T_1$$

$$\Delta U = 0 \Rightarrow -A_{12} + Q_{12} - Q_{23} + A_{31} - Q_{31} = 0$$

~~$$\frac{1}{2} 2R (T_2 - T_1) + 2 2R (T_2 - T_1) - \frac{3}{2} 2R (T_2 - T_3) +$$~~

~~$$+ 2R (T_3 - T_1) - \frac{5}{2} 2R (T_3 - T_1) = 0$$~~

~~$$\frac{3}{2} 2R T_2 - \frac{3}{2} 2R T_1 - \frac{3}{2} 2R T_2 + \frac{3}{2} 2R T_3 +$$~~
~~$$+ - \frac{3}{2} 2R T_3 + \frac{3}{2} 2R T_1 = 0$$~~

$$Q^+ = Q_{12} = 2 2R (T_2 - T_1) = 2 (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

~~$$A = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) + P_1 (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} P_2 V_2 - \frac{1}{2} P_1 V_1 -$$~~
~~$$P_1 V_2 + P_1 V_1 = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$~~

~~$$P_1 (V_2 - V_1) = P_1 V_2 - P_1 V_1$$~~

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta = \frac{A}{Q_1}$$

$$Q_1 = Q_2 = 2 \rho R (\gamma_2 - \gamma_1)$$

$$\frac{1}{2} (P_2 - P_1) (V_2 - V_1)$$

$$\frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_2 + P_1 V_1 - P_2 V_1)$$

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

$$P_1 V_2 = P_2 V_1$$

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

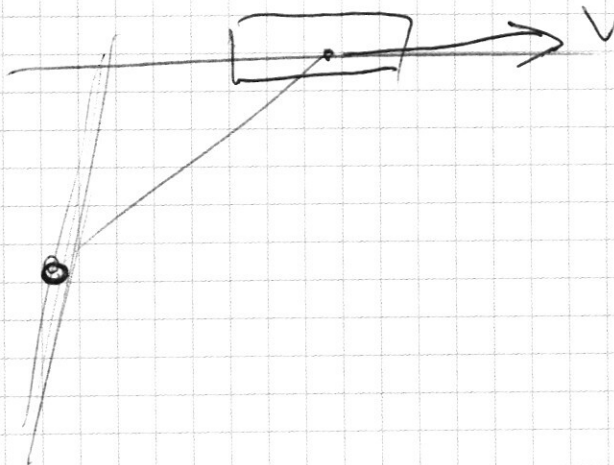
$$\begin{cases} P_1 V_1 = 2 \rho R \gamma_1 \\ P_2 V_2 = 2 \rho R \gamma_2 \\ P_3 V_3 = 2 \rho R \gamma_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_1 V_1 = 2 \rho R \gamma_1 \\ P_2 V_2 = 2 \rho R \gamma_2 \\ P_1 V_2 = 2 \rho R \gamma_3 \end{cases}$$

$$\frac{\gamma_3}{\gamma_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \gamma_3 = \frac{V_2}{V_1} \gamma_1 \quad \gamma_2 \neq \frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \gamma_1$$

$$\left(\frac{\gamma_3}{\gamma_1}\right)^2 = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} \Rightarrow \gamma_3^2 = \gamma_1 \gamma_2 \Rightarrow \gamma_3 = \sqrt{\gamma_1 \gamma_2}$$

$$\gamma_3 - \gamma_1 = \sqrt{\gamma_1 \gamma_2} - \gamma_1 = \sqrt{\gamma_1} (\sqrt{\gamma_2} - \sqrt{\gamma_1})$$



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

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

$$\sin\alpha = \frac{4}{5} \quad \sin\beta = \frac{289-64}{289} = \frac{225}{289} = \frac{15}{17}$$

$$2601 + 1600 = 2201 + 2000 = 4201$$

$$\frac{2 \cdot \cancel{51} \cdot 36}{40 \cdot \cancel{85}^5} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 36}{40 \cdot 5} = \frac{3 \cdot 36}{20 \cdot 5} = \frac{3 \cdot 9}{25} = \frac{27}{25}$$

$$\frac{2601}{1600} - \frac{128}{1600} = \frac{2473}{1600}$$

$$\begin{array}{r} \times 49 \\ 2601 \\ \hline 10408 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 51 \\ 2601 \\ \hline 132651 \end{array}$$

$$25 \cdot 4 \cdot 16$$

$$2601 - 128 = 2673 - 200 = 2473$$

$$\begin{array}{r} \times 49 \\ 2401 \\ \hline 117649 \end{array}$$