

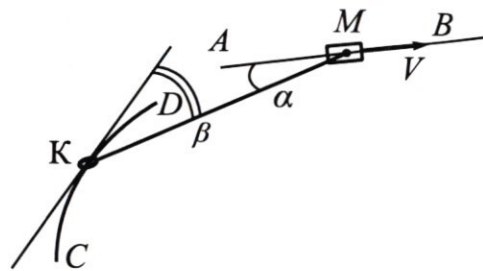
Олимпиада «Физтех» по физике, 11 класс

Вариант 11-02

Класс 11

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложения бланка задания не принимаются.

1. Муфту M двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K 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 α ($\cos \alpha = 3/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



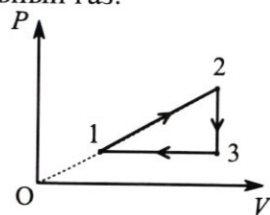
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

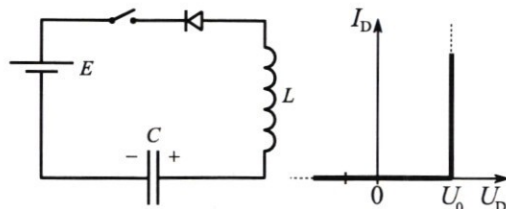
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

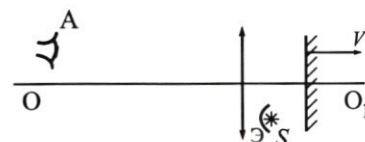


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана $\mathcal{E}$, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1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

5)

$$\frac{8}{15}R$$

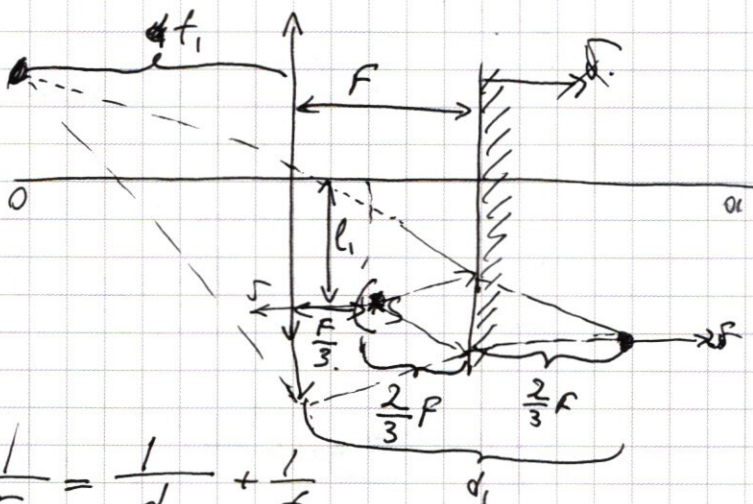
$$C_1 = \frac{8F}{15}$$

5

F

2-10

2) h^{-1}

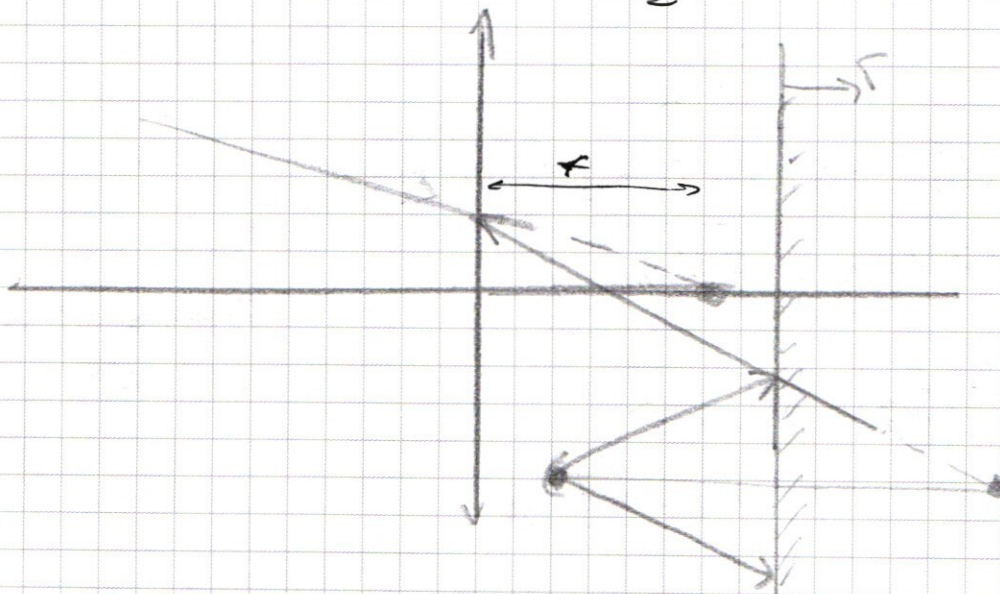


$$1) \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f.}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{13}{5F} + \frac{1}{f} \quad \cancel{f = \frac{F \cdot \frac{5}{3} R}}{}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{3}{5F} = \frac{2}{5F}$$

$$T = \frac{5}{2} f = 2,5 f.$$



1)

$$J = 40 \text{ км/с}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

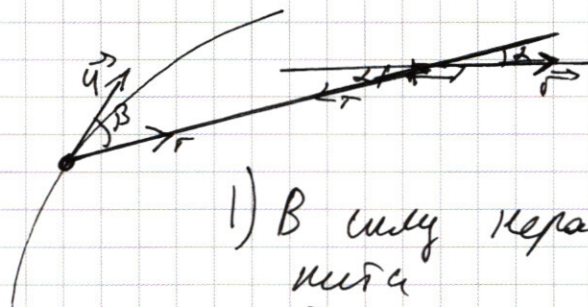
$$\cos \alpha = \frac{3}{5}$$

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

$$R = 1,4$$

$$l = \frac{14}{15} R$$

$$\cos \beta = \frac{8}{14}$$



1) В путь перемещения
мгн

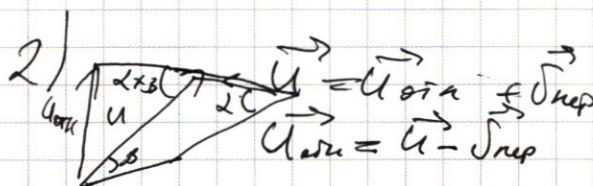
$$J \cos \alpha = U \cos \beta$$

$$\Rightarrow U = \frac{J \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \cdot 3/5}{8/14} = \boxed{51 \text{ км/с}}$$

1) U - ?

2) $U_{\text{отн}}$ - ?

3) T - ?



$$\vec{J} = -\vec{J}_{\text{пер}} \\ |\vec{J}| = |\vec{J}_{\text{пер}}|$$

по Т. косинусов.

$$U_{\text{отн}}^2 = J^2 + U^2 - 2 \cos(\alpha + \beta) J \cdot U$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta = \\ = \frac{-36}{5 \cdot 14}$$

$$\Rightarrow U_{\text{отн}}^2 = 1600 + 51^2 + \frac{2 \cdot 8 \cdot 36}{5 \cdot 14} \cdot 40 \cdot 51$$

$$\Rightarrow \boxed{U_{\text{отн}} = 44 \text{ км/с}}$$

по 23 и.

$$3) \vec{T} = m \vec{a}$$

$$T \cdot \sin \beta = \frac{m U^2}{l}$$

$$T = \frac{1 \cdot 51^2 \cdot 15}{14 \cdot 1,4} = \frac{1 \cdot 51^2 \cdot 15}{14 \cdot 1,4}$$

$$= \frac{9 \cdot 14^2 \cdot 15 \cdot 10^{-2}}{14 \cdot 1,4} = \frac{1850}{1000} = 1,85 \text{ Н}$$

Ответ: $U = 51 \text{ км/с}$; $U_{\text{отн}} = 44 \text{ км/с}$; $1,85 \text{ Н}$

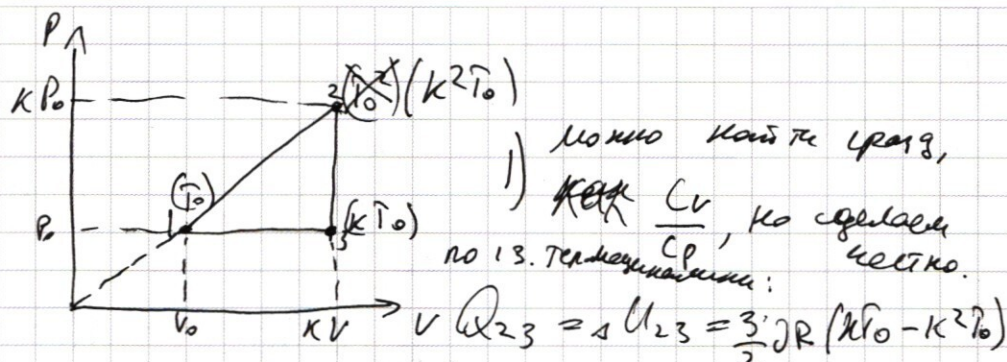
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

✓ 2

1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} - ?$

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} - ?$

3) $\eta_{\text{max}} - ?$



$$Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (kP_0 - k^2P_0)$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -P_0 (kV_0 - V_0) + \frac{3}{2} \nu R (P_0 - k^2P_0)$$

$$\Rightarrow Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R P_0 k (1 - k)$$

$$Q_{31} = P_0 V_0 (1 - k) + \frac{3}{2} \nu R P_0 (1 - k) = (1 - k) \frac{5}{2} \nu R P_0$$

$$[P_0 V_0 = \nu R P_0]$$

$\nu R P_0$ (по ур. межд. состояний)

$$Q_{23} = C_{23} \nu R \Delta T$$

$$Q_{31} = C_{31} \nu R (T_0 - kT_0)$$

$$\Rightarrow C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{31} = \frac{5}{2} R$$

$$\Rightarrow \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

2) $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{1}{2} (k^2 P_0 V_0 - P_0 V_0) + \frac{3}{2} \nu R (k^2 T_0 - T_0)$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (k^2 P_0 V_0 - P_0 V_0)$$

$$\Rightarrow Q_{12} = 2 P_0 V_0 (k^2 - 1)$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} P_0 V_0 (k^2 - 1)$$

$$\Rightarrow \frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 P_0 V_0 (k^2 - 1)}{\frac{1}{2} P_0 V_0 (k^2 - 1)} = 4$$

3) $\eta = \frac{A_{\text{гр}}}{Q_{\text{н}}}$
 $Q_{\text{н}} = Q_{12}$

$$A_{\text{гр}} = A_{12} + A_{31} = \frac{1}{2} (P_0 V_0 (k^2 - 1)) - P_0 V_0 (k - 1) = \frac{1}{2} P_0 V_0 (k - 1)^2$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{\frac{1}{2} P_0 V_0 (k - 1)^2}{2 P_0 V_0 (k^2 - 1)} = \frac{1}{4} \frac{(k - 1)}{k + 1} = \frac{1}{4} \frac{(1 - \frac{1}{k})}{(1 + \frac{1}{k})} \text{ при } k \rightarrow \infty \eta = \frac{1}{4} = 25\%$$

$$\text{Ответ: } \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}; \quad \frac{Q_{12}}{k_{12}} = 4; \quad \eta_{\max} = 25\%$$

№3.

1) σ_1

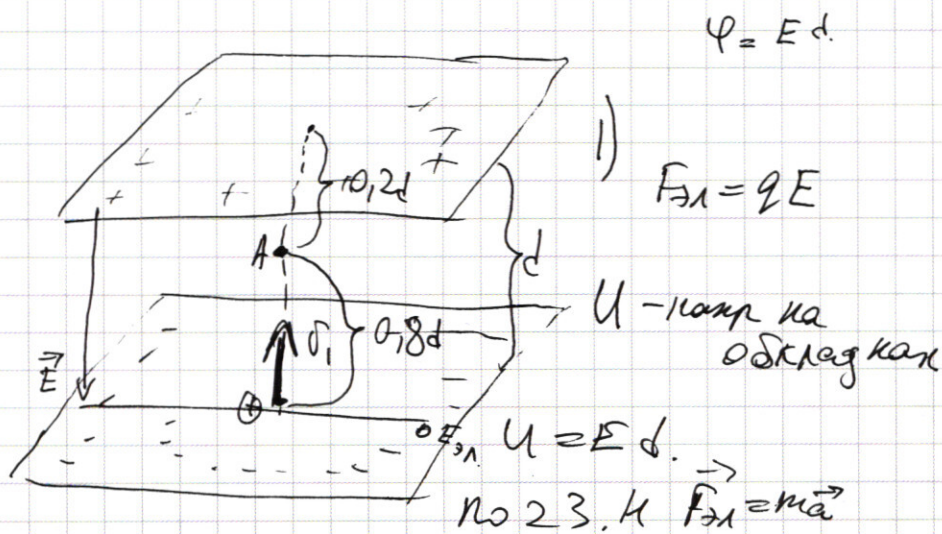
созд.

$$\frac{q}{m} = 8$$

1) T - ?

2) U - ?

3) V_0 - ?



$$E = \frac{U}{d}$$

$$\varphi_A = E \cdot 0.8d$$

$$qE = ma$$

$$a = \frac{qE}{m}$$

$$\Rightarrow \varphi_A = 0.8U$$

по закону сохранения энергии

$$E_{кин} = E_{эл}$$

$$\frac{m\sigma_1^2}{2} = q\varphi_A = q \cdot 0.8U$$

$$\Rightarrow U = \frac{m\sigma_1^2}{1.6q} = \frac{\sigma_1^2}{1.68}$$

2) т.к. $\vec{a} = \text{const}$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{a}t$$

$$0 = \sigma_1 - at$$

$$\Rightarrow T = \frac{\sigma_1}{a} = \frac{\sigma_1 d}{84} = \frac{1.6d}{\sigma_1}$$

3) $V_0 = V_1$ т.к. $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$

$$\text{Ответ: } \frac{\sigma_1^2}{1.68}; \quad T = \frac{1.6d}{\sigma_1}; \quad V_0 = V_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4)

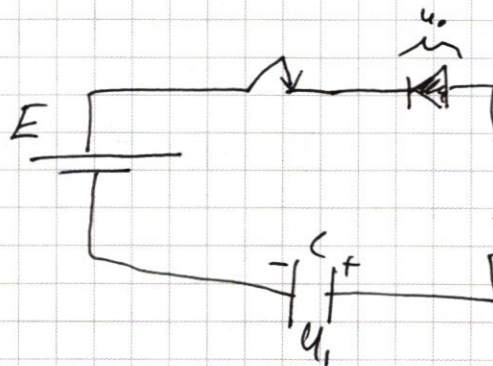
$$E = 3\text{В}$$

$$C = 20 \cdot 10^{-6}\text{Ф}$$

$$U_1 = 6\text{В}$$

$$L = 0,2\text{Гн}$$

$$U_0 = 1\text{В}$$



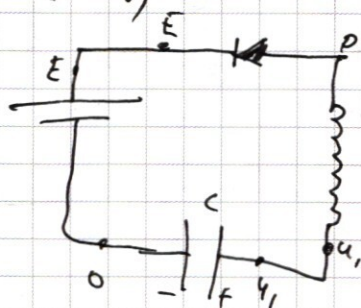
1) СРАЗУ после замыкания
т.к. напряжение
на конденсаторе
сначала НЕ меняется
и ток идет через
катушку
НЕ меняется ток.

1) $I'(0) = ?$

(Методом
полюсов) $\Rightarrow U_L$ - напряж. на катушке.

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

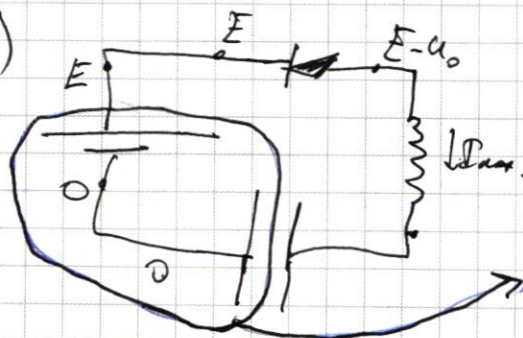
3) $U_2 = ?$



$$I.k \quad U_L = \frac{L \Delta I}{\Delta t} = L I'(0)$$

$$\Rightarrow I'(0) = \frac{U_1}{L} = \frac{6}{0,2} = 30 \text{ А/с.}$$

2)



$$\begin{aligned} \Delta W_{\text{кон}} &= -\frac{1}{2} C (E - U_0)^2 \\ \Delta W_{\text{кон}} &= -\frac{1}{2} C (E - U_0)^2 \end{aligned}$$

$$\Delta W_{\text{кон}} = \Delta W_{\text{кон.}}$$

$$\Delta W_{\text{кон}} = -\frac{1}{2} C E^2$$

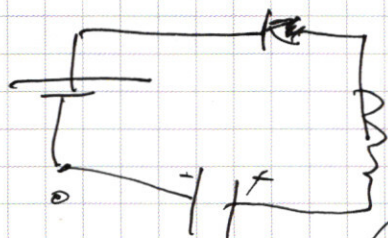
$$-2 \left[-\frac{1}{2} C (E - U_0)^2 - \left(-\frac{1}{2} C U_1^2 \right) \right] E = \frac{L I_{\text{max}}^2}{2} + \frac{C (E - U_0)^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$\Rightarrow I_{\text{max}}^2 = \frac{C U_1^2 - C (E - U_0)^2 - 2 \left[-\frac{1}{2} C (E - U_0)^2 + \frac{1}{2} C U_1^2 \right] E}{L}$$

$$\Rightarrow I_{\text{max}} = 20 \cdot \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

↓ (4 прогона сумм).

$$I_{\max} = 20\sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ A}$$



Тогда $U_2 = E - U_0 = 2B$

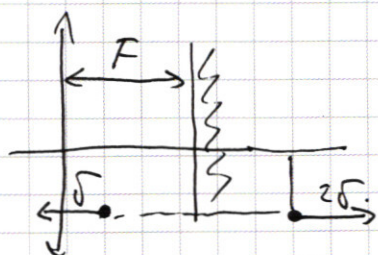
Ответ: $I(0) = 30 \text{ A/k}$; $I_{\max} = 20\sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ A}$
 $U_2 = E - U_0 = 2B$

5

$$l_1 = \frac{8F}{15}$$

- 1) $d - ?$
- 2) $L - ?$
- 3) $U - ?$

В. С. С. Нумерация.



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

$$d = F + \frac{2}{3}F = \frac{5}{3}F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F} - \frac{1^3}{5F} = \frac{2}{5F}$$

$$\Rightarrow F = 2,5F$$

$$L = 90^\circ$$

$$T = \frac{F}{d} = \frac{2,5F}{5 \cdot R} = 1,5$$

$$U = 2,25 \cdot 25 = 4,55$$

Ответ: $F = 2,5F$; 90° ; $4,55$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $\vec{J} = 40 \text{ мА/с}$

$m = 1 \text{ кг}$

$\cos \alpha = \frac{3}{5}$

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

$R = 1,74$

$L = \frac{17}{15} R$

$\cos \beta = \frac{8}{17}$

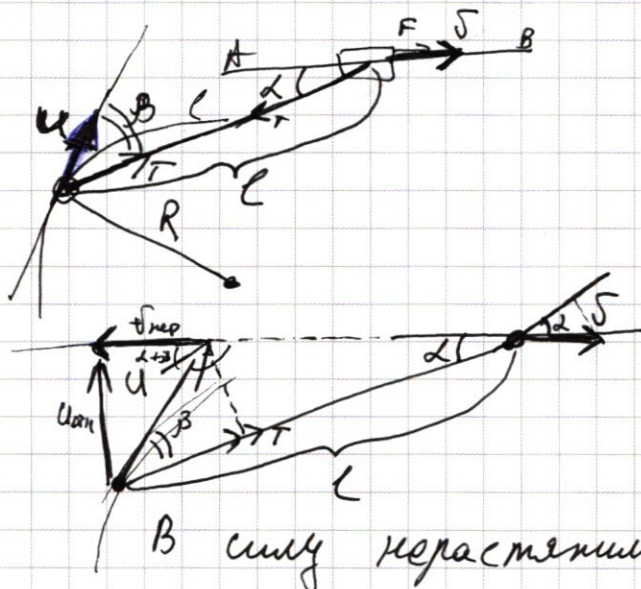
1) $U - ?$

2) $U_{\text{отн}}$

3) $T - ?$

$\frac{9}{(17-8)(17+8)} = \frac{25}{3 \cdot 5}$

$\frac{8}{15}$



В силу нарастающей массы.

$J \cos \alpha = U \cos \beta$

$U = \frac{J \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \cdot 3}{8 \cdot 5} = 51 \text{ мА/с}$

$\vec{U} = \vec{U}_{\text{отн}} + \vec{J}_{\text{пер}}$
 $\vec{U}_{\text{отн}} = \vec{U} - \vec{J}_{\text{пер}}$

$J_{\text{пер}} = 40 \text{ мА/с}$

$U_{\text{отн}}^2 = 40^2 + 51^2 - 2 \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot 40 \cdot 51$

вычисляем $\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta =$
 $= \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{24 - 60}{5 \cdot 17} = \frac{-36}{5 \cdot 17}$

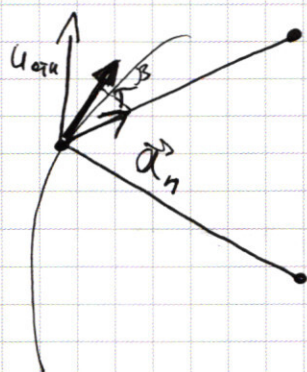
$U_{\text{отн}}^2 = 1600 + 2601 + \frac{2 \cdot 36}{5 \cdot 17} \cdot 40 \cdot 51 \cdot 3 =$
 $= 1600 + 2601 + 6 \cdot 8 \cdot 36$

$\Rightarrow U_{\text{отн}} = 74 \text{ мА/с}$

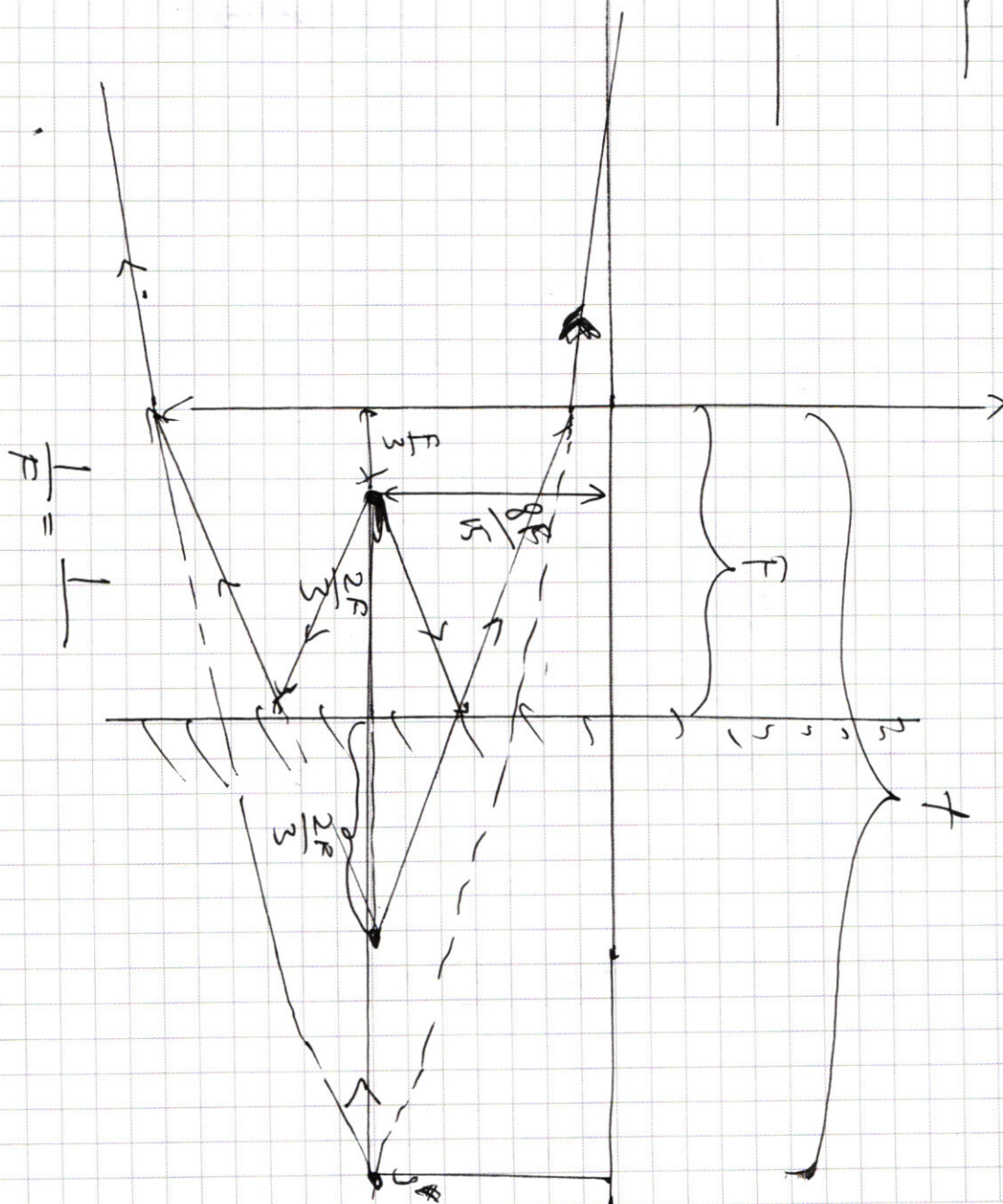
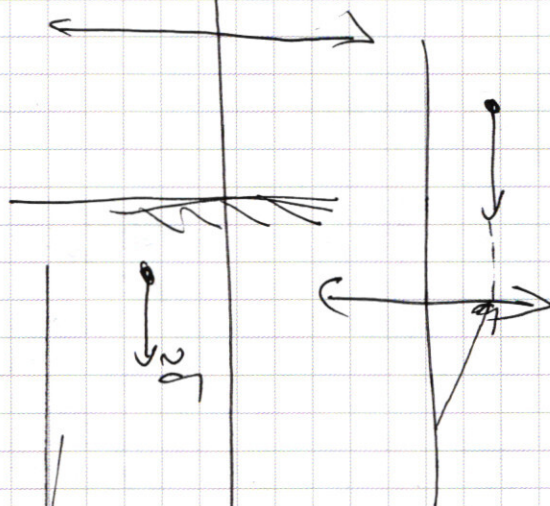
$\cos \alpha = \frac{3}{5}$
 $\sin \alpha = \frac{4}{5}$
 $\cos \beta = \frac{8}{17}$
 $\sin \beta = \frac{15}{17}$

$\frac{51}{51} \cdot 3 = 255$
 2601

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



но 2 3.4



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4)

$$E = 3 \text{ В}$$

$$C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 6 \text{ В}$$

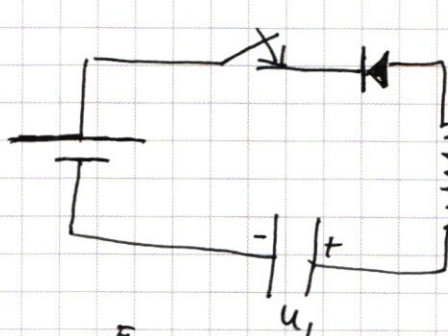
$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

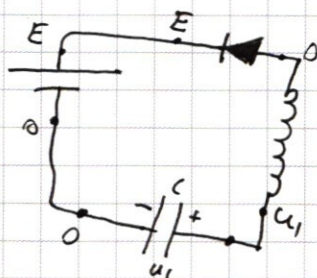
1) $I' - ?$

2) $I_{\text{max}} - ?$

3) $U_2 - ?$



1) сразу после замыкания
напряжения на
конденсатора
скачком не
меняется;
и ток через катуш-
ку тоже не изменя-
ется.

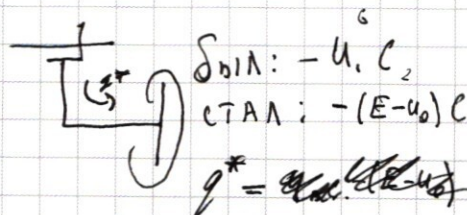
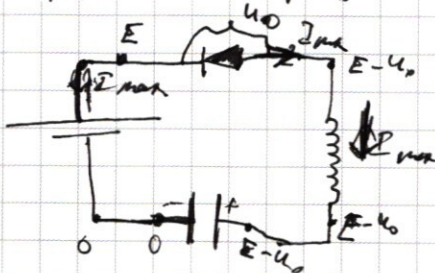


$\Rightarrow U_L$ - пад на катушке.

т.к. $U_L = L \frac{dI}{dt} = L I'$

$$\Rightarrow I'(0) = \frac{U_1}{L} = \frac{6 \text{ В}}{0,2 \text{ Гн}} = 30 \text{ А/с}$$

т.к. пороговое пад U_0



$\Delta W_{\text{эл}} = -U_1 C$
 $\Delta W_{\text{стат}} = -(E - U_0) C$

$q^* = \dots$

$q^* = \frac{4}{3} C$

$\Rightarrow A_{\text{ист}} = - \dots \cdot E = -12 \cdot C \cdot E$

$A_{\text{ист}} = \Delta W_{\text{ист}} =$

~~$\frac{C U_1^2}{2}$~~

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

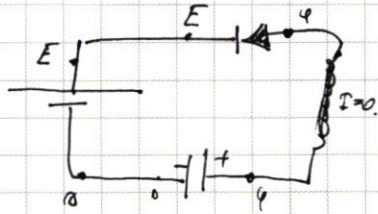
$\Rightarrow \dots$

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

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

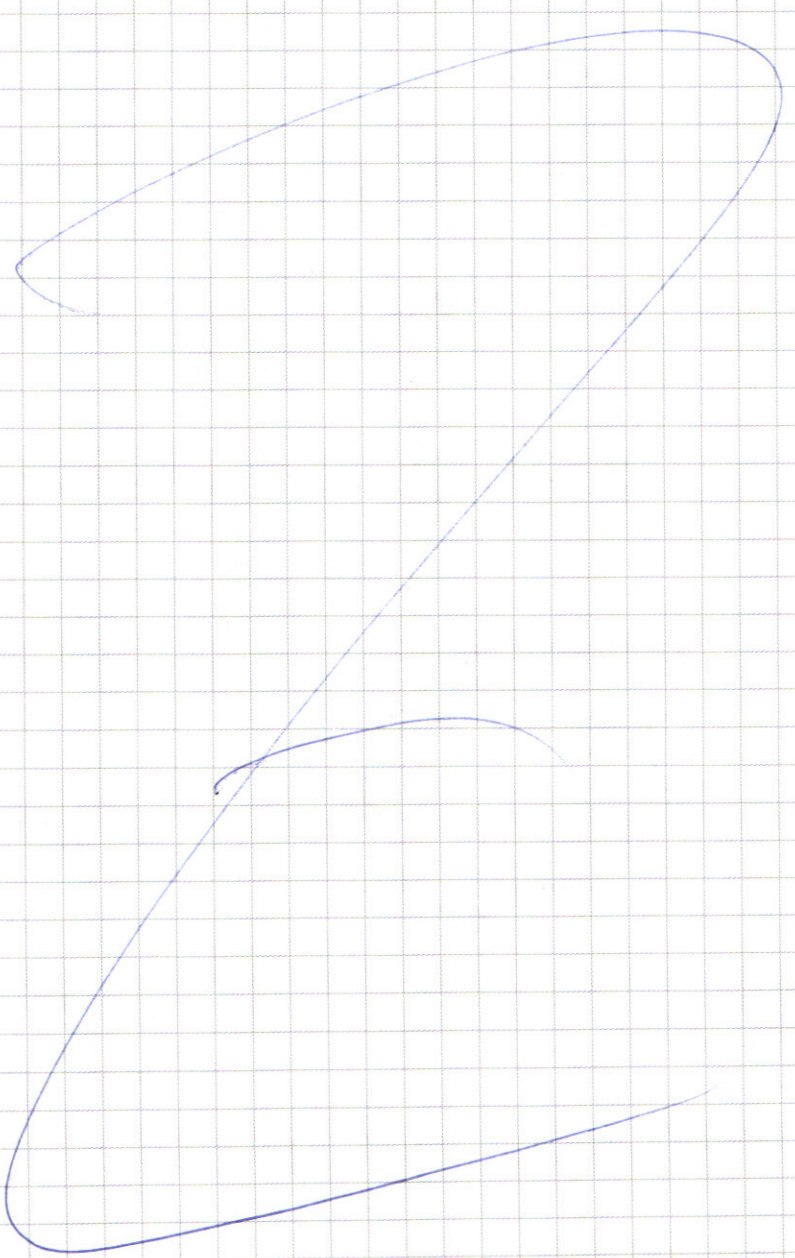
$\Rightarrow I_{\text{max}} = 20 \cdot \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ А}$

3)



Тока нег.

$$U_2 = E - U_0 = 2B.$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3)

$$a \gg d$$

$$U_1 = V_1$$

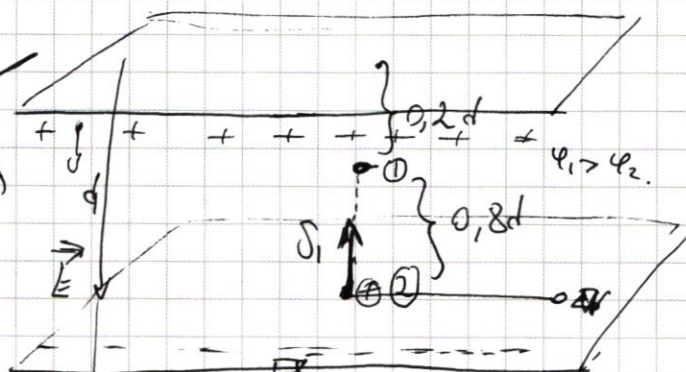
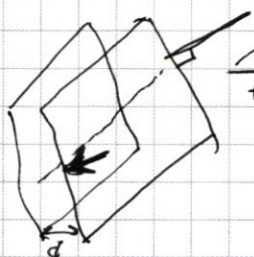
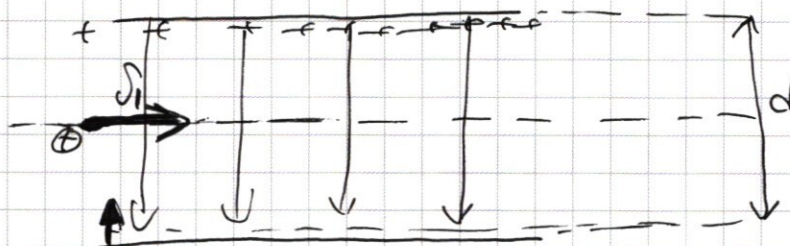
$$0,2d$$

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

1) τ - ?

2) U - ?

3) V_0 - ?



$$U = Ed$$

$$ma = qE$$

$$a = \frac{qE}{m} = \gamma U$$

$$q_1 = q \cdot \tau$$

$$0 = v_1 - a\tau$$

$$\tau = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1 d}{\gamma U}$$

$$A = q \cdot U$$

$$\varphi = \frac{E}{\gamma}$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$\varphi_1 = \frac{E}{\gamma} = \frac{U}{\gamma d}$$

$$W = q \varphi$$

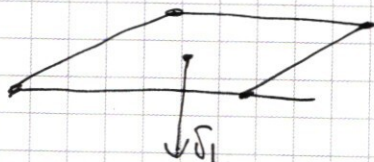
$$\varphi_1 = \frac{E \cdot 0,8d}{\gamma} =$$

$$= \frac{U \cdot 0,8d}{\gamma d} = 0,8 \frac{U}{\gamma}$$

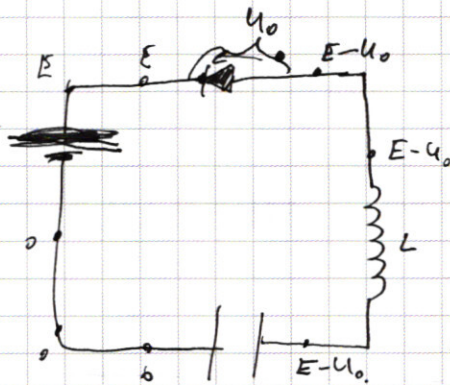
$$\frac{m v_1^2}{2} = q \cdot \varphi_1 = q \cdot 0,8 \frac{U}{\gamma}$$

$$\Rightarrow U = \frac{m v_1^2}{1,6 q} = \frac{v_1^2}{1,6 \gamma}$$

$$\tau = \frac{v_1 d}{\gamma U} = \frac{v_1 d \cdot 1,6 \gamma}{\gamma m v_1^2} = \frac{1,6 d}{\gamma v_1} = \boxed{\frac{1,6 d}{\gamma v_1}}$$



$$a = \frac{\gamma U}{d} = \frac{\gamma \cdot U}{d}$$



$$A_{\text{ср}} = 1 \text{ В}$$

I_0

на разность σ мощности
милли

4

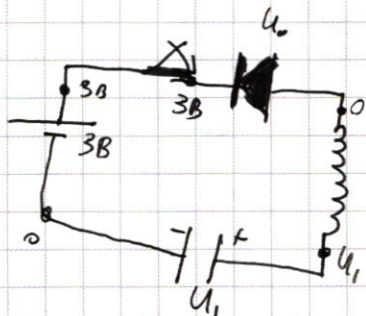
$$E = 3 \text{ В}$$

$$C = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 6 \text{ В}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$



1) Сраз

$$C = LI'$$

$$I' = \frac{E}{L}$$

$$6 - (3 - 1) = 4$$

$$U = L \frac{dI}{dt}$$

$$I = \frac{C \cdot U}{\sigma}$$

$$2) I_{\text{max}} \Rightarrow I' = 0 \Rightarrow U_2 = 0$$

$$I = LC'$$

$$2) I_{\text{max}} \Rightarrow I' \neq 0 \Rightarrow U_2 \neq 0$$

$$I_{\text{max}} \Rightarrow$$

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

$$\Delta \Phi: -U_1 C. -6C$$

$$\Delta \Phi: -U_2 C. -4C$$

$$\Delta \Phi = -\frac{1}{2}(E + U_0)C =$$

$$= -\frac{1}{2}(3 + 1)C = -2C$$

$$\Delta \Phi = -2C = -2C \quad \Phi^* = 2C$$

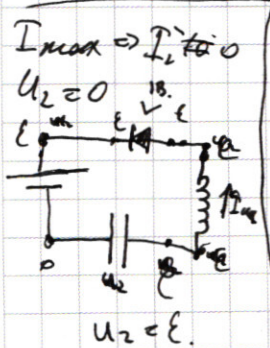
$$A_{\text{ср}} = E \cdot (U_1 - E - U_0) \cdot C = \frac{8 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot 5}{2} =$$

$$= 4 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{8C}{20} I_{\text{max}}^2 = \frac{8C}{0,2 \text{ Гн}} =$$

$$C \cdot 36 - C \cdot 4 - 2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 3$$

$$36C - 4C - 24C = 8C$$



$$U_2 < E$$

$$\frac{CU_1^2}{2} = \frac{C(E - U_0)^2}{2} A_{\text{ср}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 2 \\ 48 \\ \times 36 \\ \hline 288 \\ + 144 \\ \hline 1728 \end{array}$$

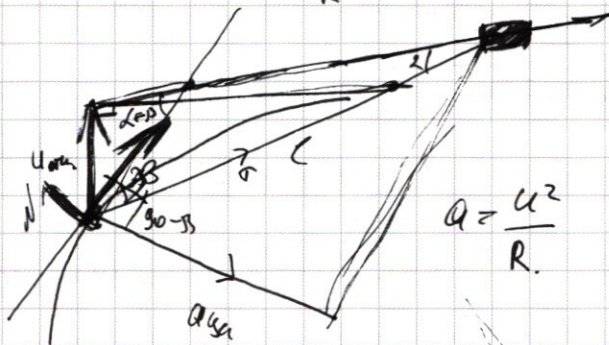
$$40^2 + (4 \cdot 3)^2 + 6 \cdot 8 \cdot 36$$

$$\begin{array}{r} 1728 \\ + 1600 \\ \hline 3328 \\ + 2601 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 44 \\ \times 44 \\ \hline 176 \\ + 539 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

$$T \cos \beta = \frac{m_1 a_{\text{отн}}^2}{R}$$



$$Q = \frac{U^2}{R}$$

2.

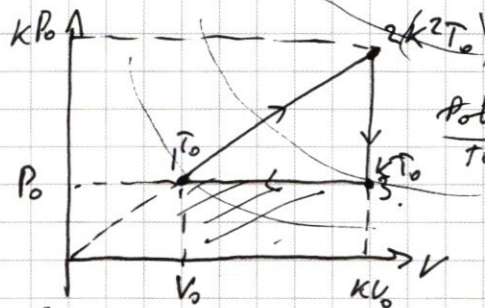
$$P_{\text{от } V} \quad i=3$$

#

$$1) \frac{C_{23}}{C_{31}} - ?$$

$$2) \frac{Q_{12}}{A_{12}} - ?$$

$$3) \eta_{\text{max}} - ?$$



$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_0 k V_0}{T}$$

$$T = k T_0$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} (k T_0 - T_0) \cdot \frac{5}{2} J R$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -\oint + \Delta U_{31} = -P_0 (k V_0 - V_0) + \frac{3}{2} J R (T_0 - k T_0)$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} J R T_0 (1 - k) = \frac{3}{2} J R T_0 k (1 - k)$$

$$Q_{31} = + \frac{P_0 V_0}{J R T_0} (-k + 1) + \frac{3}{2} J R T_0 (1 - k) = (1 - k) \frac{5}{2} J R T_0$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \rho R \bar{v}_0 k (1-k)$$

$$Q_{23} = C_{23} \bar{v}_0 \bar{T}_{23}$$

$$Q_{31} = \frac{5}{2} \rho R \bar{v}_0 (1-k)$$

$$Q_{31} = C_{31} \bar{v}_0 \bar{T}_{31} = C_{31} \bar{v}_0 (T_0 - k T_0)$$

$$\frac{3}{2} \rho R \bar{v}_0 k (1-k) = C_{23} \bar{v}_0 (k T_0 - k^2 T_0)$$

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

$$\Rightarrow \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$$

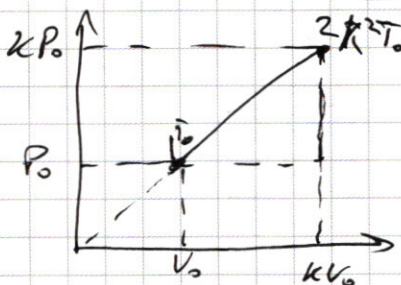
$$C_{31} = \frac{5}{2} R$$

$$\text{иногда } \boxed{\frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{5}{3}}$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}}$$

$$Q_{12} = \frac{1}{2} (k^2 \rho_0 V_0 - \rho_0 V_0) + \frac{3}{2} \rho R (k^2 T_0 - T_0)$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (k^2 \rho_0 V_0 - \rho_0 V_0)$$



$$Q_{12} = \frac{1}{2} \rho_0 V_0 (k^2 - 1) + \frac{3}{2} \rho_0 V_0 (k^2 - 1) = 2 \rho_0 V_0 (k^2 - 1)$$

$$\boxed{\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \rho_0 V_0 (k^2 - 1)}{\frac{1}{2} \rho_0 V_0 (k^2 - 1)} = 4}$$

$$\eta = \frac{A_r}{Q_H}$$

$$A_r = A_{12} + A_{31} = \frac{1}{2} \rho_0 V_0 (k^2 - 1) - \rho_0 V_0 (k - 1) =$$

$$= \frac{1}{2} \rho_0 V_0 (k - 1) (k + 1) - \rho_0 V_0 (k - 1) =$$

$$= \rho_0 V_0 (k - 1) \left(\frac{1}{2} (k + 1) - 1 \right) =$$

$$= \rho_0 V_0 (k - 1) (0,5k + 0,5 - 1) = \frac{1}{2} \rho_0 V_0 (k - 1)^2$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} \rho_0 V_0 (k - 1)^2}{2 \rho_0 V_0 (k^2 - 1)} = \frac{1}{4} \frac{(k - 1)^2}{(k^2 - 1)} = \frac{1}{4} \frac{(k - 1)(k - 1)}{(k - 1)(k + 1)} = \frac{1}{4} \frac{(k - 1)}{(k + 1)}$$

$$\eta'_{k=0} = \frac{1}{4} \left(\frac{(k - 1)(k + 1) - (k + 1)(k - 1)}{(k + 1)^2} \right) = \frac{0}{(k + 1)^2} = 0$$

$$\eta'_{k=0} = \frac{1}{4} \frac{2}{(k + 1)^2} = \frac{1}{2(k + 1)^2} \quad k \rightarrow \infty \quad k + 1 - k + 1 \geq 0 = 2 \neq 0$$

$$\eta = \frac{1}{4} \frac{\left(\frac{1}{k} - \frac{1}{k+1} \right)}{\left(\frac{1}{k} + 1 \right)} = \frac{1}{4} \frac{\left(\frac{1}{k+1} \right)}{\left(1 + \frac{1}{k} \right)} \quad \text{при } k \rightarrow \infty \quad \boxed{\eta = \frac{1}{4} = 25\%}$$