

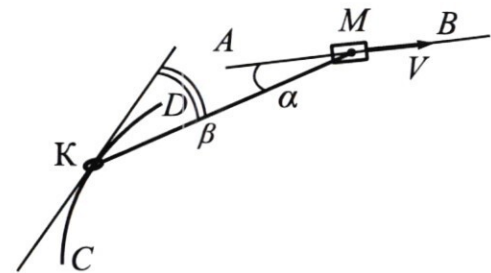
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-03

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



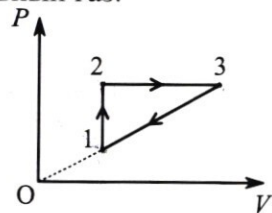
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

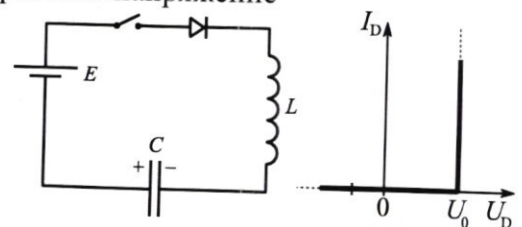
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ 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.

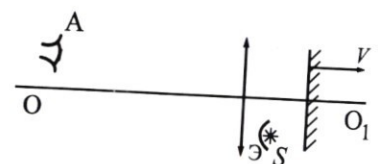


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ 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

Дано:

$$d_1 = \frac{F}{4}$$

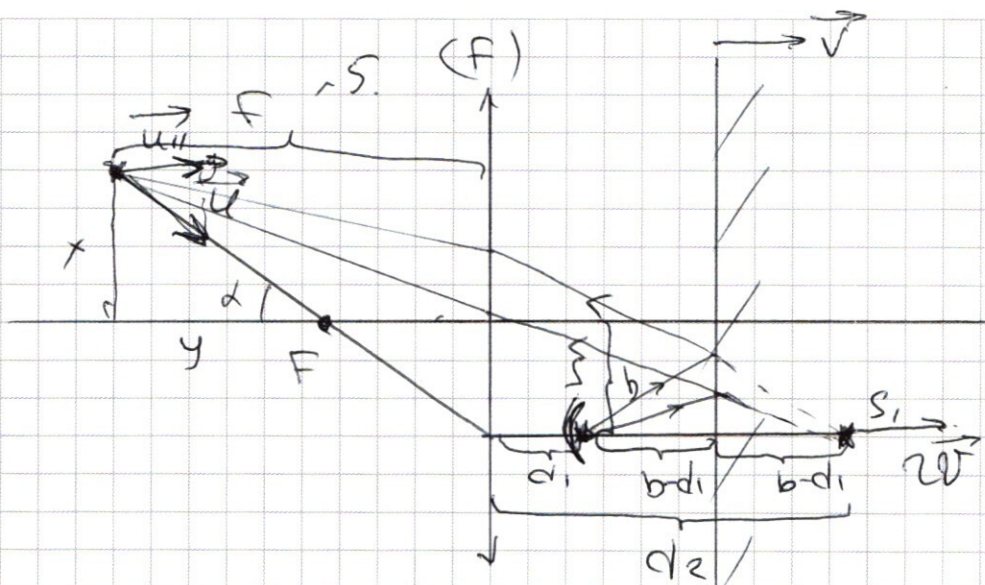
$$b = \frac{3F}{4}$$

Найти:

$$f - ?$$

$$\alpha - ?$$

$$u - ?$$



Решение: 1) S - действительное изображение для зеркала, знаем S_1 - мнимое, предмет, в том. величину из-бражение

$$d_2 = d_1 + b - d_1 + b - d_1 = 2b - d_1 = 2 \cdot \frac{3F}{4} - \frac{F}{4} = \frac{5F}{4}$$

2) S_1 - действительный предмет для линзы, $d_2 > f$, знаем пр. изображение действительное, переворнутое; $\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$, $d_2 = \frac{5F}{4}$.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{4}{5F} = \frac{1}{5F}; f = 5F, \Gamma = \frac{f}{d_2} = \frac{4 \cdot 5F}{5F} = 4.$$

3) П.к. зеркало движется вправо, а предмет по-прежнему, но изображение движется со скоростью $2v$ вправо. Продолились "прямых" скоростей пересекаться в одной точке на линзе.

$$u) x = b \Gamma; y = f - F = 5F - F = 4F.$$

$$x = \frac{3F}{4} \cdot 4 = 3F.$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{y} = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4}; \quad \cos \alpha = \frac{4}{5}.$$

$$5) \quad U_{11} = U \cos \alpha$$

$$U_{11} = 2U \cdot \Gamma^2 = U \cos \alpha.$$

$$U = \frac{2U \cdot \Gamma^2}{\cos \alpha} = \frac{2U \cdot 4^2 \cdot 5}{4} = 40U$$

Ответ: 1) $f = 5F$
 2) $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4}$
 3) $U = 40U$.

~3.

Дано:

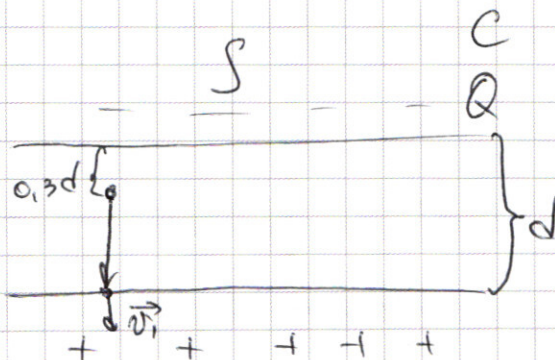
$$d; \quad \frac{|E|}{m} = f$$

$$S; \quad v_1$$

Найти: T - ?

Q - ?

v_2 - ?



Решение: 1) $d - 0,3d = \frac{v_1^2}{2a}$, где a - ускорение электрона

$$0,5d - 0,3d = \frac{aT^2}{2}; \quad 0,2d = \frac{v_1^2 T^2}{2,8d}$$

$$a = \frac{v_1^2}{1,4d}$$

$$T = \sqrt{\frac{0,56d^2}{v_1^2}} = \frac{d\sqrt{14}}{v_1 \cdot 5}$$

$$2) \quad \Delta W = Uq; \quad \Delta W = \frac{mv_1^2}{2}; \quad U = \frac{Q}{C}$$

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

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{Qqd}{\epsilon_0 S}; \quad Q = \frac{\epsilon_0 S m v_1^2}{2qd} = \frac{\epsilon_0 S v_1^2}{2df}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: 1) $T = \frac{d}{v_1} \frac{\sqrt{14}}{5}$

2) $Q = \frac{C_2 S v_1^2}{2df}$

~ 2.

Найти:

$\frac{C_{v12}}{C_{v23}} - ?$

$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} - ?$

$\eta_{\max} - ?$

Решение:

- 1) В процессе 1-2 $V = \text{const}$, а $p \uparrow$, значит $T \uparrow$
 В процессе 2-3 $p = \text{const}$, а $V \uparrow$, значит $T \uparrow$
 В процессе 3-1 $p \downarrow$, $V \downarrow$, значит $T \downarrow$.

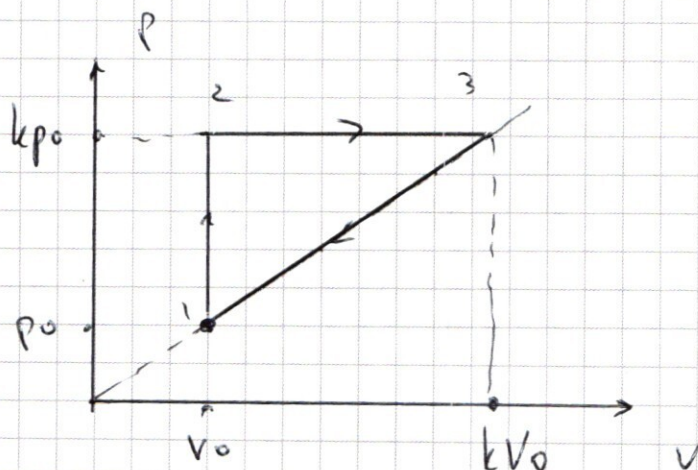
$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$

$Q_{12} = C_{v12} \nu (T_2 - T_1)$; $C_{v12} = \frac{3}{2} R$.

$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + p_2 (V_3 - V_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$

$Q_{23} = C_{v23} \nu (T_3 - T_2)$; $C_{v23} = \frac{5}{2} R$.

$\frac{C_{v12}}{C_{v23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}$.



$$2) \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$A_{23} = p_2 (V_3 - V_2) = p_2 V_3 - p_2 V_2 = \nu R T_3 - \nu R T_2 = \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu R (T_3 - T_2)} = \frac{3}{2}$$

3) Т.к. газы (p, V → p, V) - процесс изотермический, то $p_3 = k p_0$, а $V_3 = k V_0$.

$$\text{Тогда } A = \frac{p_0 V_0 (k-1)^2}{2}$$

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} p_0 V_0 (k-1) + \frac{5}{2} k p_0 (k V_0 - V_0) -$$

$$= \frac{3}{2} p_0 V_0 (k-1) + \frac{5}{2} p_0 V_0 k (k-1) = \frac{p_0 V_0 (k-1)}{2} (3 + 5k)$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{p_0 V_0 (k-1)^2}{2}}{\frac{p_0 V_0 (k-1)}{2} (3 + 5k)} = \frac{k-1}{3+5k}$$

$$\text{Пусть } k \rightarrow \infty \quad \eta \rightarrow \frac{1}{5} = 0,2$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{Q_{12}}{Q_{23}} = \frac{3}{5}$$

$$2) \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{3}{2}$$

$$3) \eta_{\max} = 0,2$$

и т.д.

Дано:

$$v = 34 \text{ см/с}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$l = \frac{5R}{4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

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

Найти: U - ?

$U_{\text{отн}}$ - ?

τ - ?

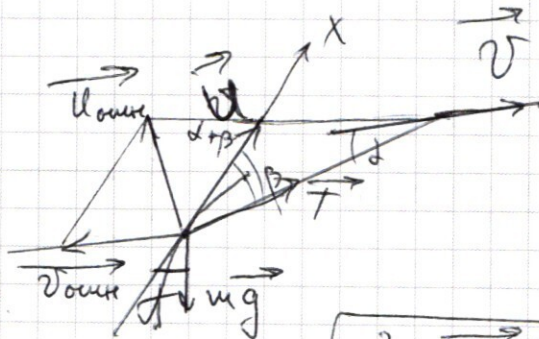
Решение:

1) П. и. узкосвязанное нитовое, то
 $U = V = 34 \text{ см/с}$

2) Н. Пружина относительно
матрицы и распрямление концы.

$$\vec{U}_{\text{отн}} = \vec{U} + \vec{V}_{\text{отн}}$$

Из геометрических
соображений угол
между $\vec{U}$ и $\vec{V}_{\text{отн}}$ - $\alpha + \beta$.



По теореме косинусов: $U_{\text{отн}} = \sqrt{U^2 + V_{\text{отн}}^2 - 2UV_{\text{отн}} \cos(\alpha + \beta)}$

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

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

$$= \frac{45 - 32}{17 \cdot 5} = \frac{13}{85}$$

$$U_{\text{отн}} = U \sqrt{\frac{2 \cdot 72}{85}} = 12U \sqrt{\frac{85}{85}}$$

По 2-ому з. Ньютона: $T \cos \beta = mg \cos \alpha$

$$T = \frac{mg \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{0.3 \cdot 10 \cdot \cos \alpha}{\frac{3}{5}} = 5 \cos \alpha$$

Ответ: 1) $U = 34 \text{ см/с}$; 2) $U_{\text{отн}} = 12U \sqrt{\frac{85}{85}}$; 3) $T = 5 \cos \alpha$.

Дано:

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$E = 6 \text{ В}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

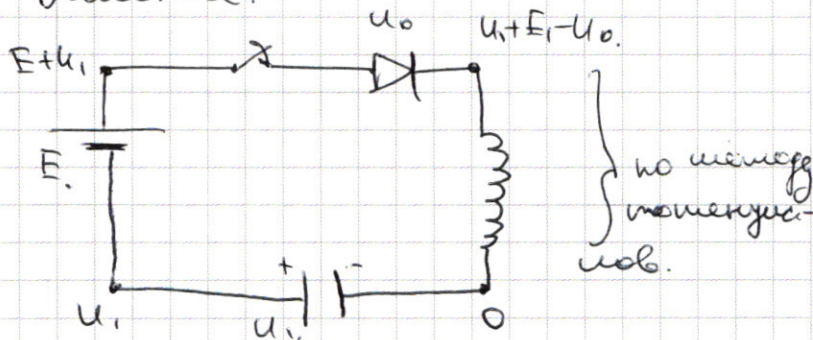
Найти: I' ?

I_{max} ?

U_2 ?

н.ч.

Решение:



$$1) U_L = U_1 + E_1 - U_0$$

$$2) U_L = L I' \quad \text{---} \quad \text{---}$$

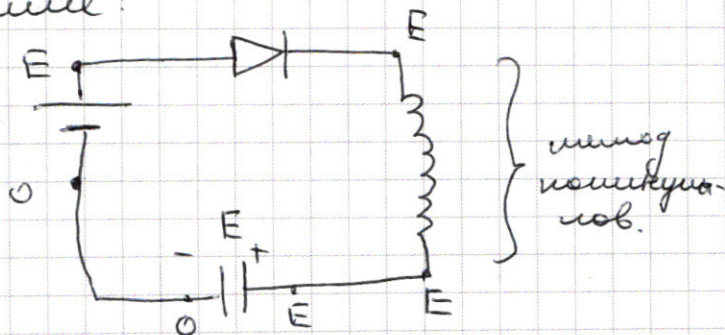
$$I' = \frac{U_L}{L} = \frac{U_1 + E_1 - U_0}{L} = \frac{2 + 6 - 1}{0,1} =$$

$$= \frac{7}{0,1} = 70 \text{ А}$$

В установившемся режиме:

$U_L = 0$; $I_C = 0$; ток течет

$$U_2 = E = 6 \text{ В}$$



По закону сохранения энергии $W_{\text{смах}} = W_{\text{сmax}}$

т.е. на полную ток течет, то U_2 - максимальное.

$$\frac{CU_2^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}; \quad I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{CU_2^2}{L}} = U_2 \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$I_{\text{max}} = 6 \cdot \sqrt{\frac{40}{10^{-6} \cdot 0,1}} = \frac{6}{10^3} \cdot 20 = \frac{12}{100} = 0,12 \text{ А}$$

Ответ: 1) $I' = 70 \text{ А}$; 2) $U_2 = 6 \text{ В}$; 3) $I_{\text{max}} = 0,12 \text{ А}$.

$$= \frac{3}{2} V_0 k (V_1 - V_0) + \frac{5}{2} k V_1 (\cancel{V_1} - V_0) =$$

$$= \frac{V_1 - V_0}{2} (3V_0 k + \cancel{\frac{5}{2} k V_1}) = \frac{(V_1 - V_0)}{2} (3V_0 \cancel{k} + 5V_1)$$

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} (V_1 - V_0)^2}{\frac{(V_1 - V_0) k}{2}} = \frac{V_1 - V_0}{3V_0 + 5V_1}$$

(V₀) $V_1 = V_0 \cdot k$

$$\eta = \frac{V_0 k - V_0}{3V_0 + 5V_0 k} = \frac{V_0 (k-1)}{V_0 (3+5k)}$$

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

$$3+5k - 5k(k-1) = 3+5k - 5k^2 + 5k$$

$$5k^2 - 10k - 3 = 0$$

$$b = 25 + 3 \cdot 5 = 40$$

$$k_{1,2} = \frac{5 \pm 2\sqrt{10}}{5} = 1 \pm \frac{2\sqrt{10}}{5}$$

$$\eta = \frac{\frac{2\sqrt{10}}{5}}{3+5+\frac{2\sqrt{10}}{5}} = \frac{2\sqrt{10}}{5(8+2\sqrt{10})} = \frac{\sqrt{10}}{5(4+\sqrt{10})} = \frac{\sqrt{10}}{20+5\sqrt{10}}$$

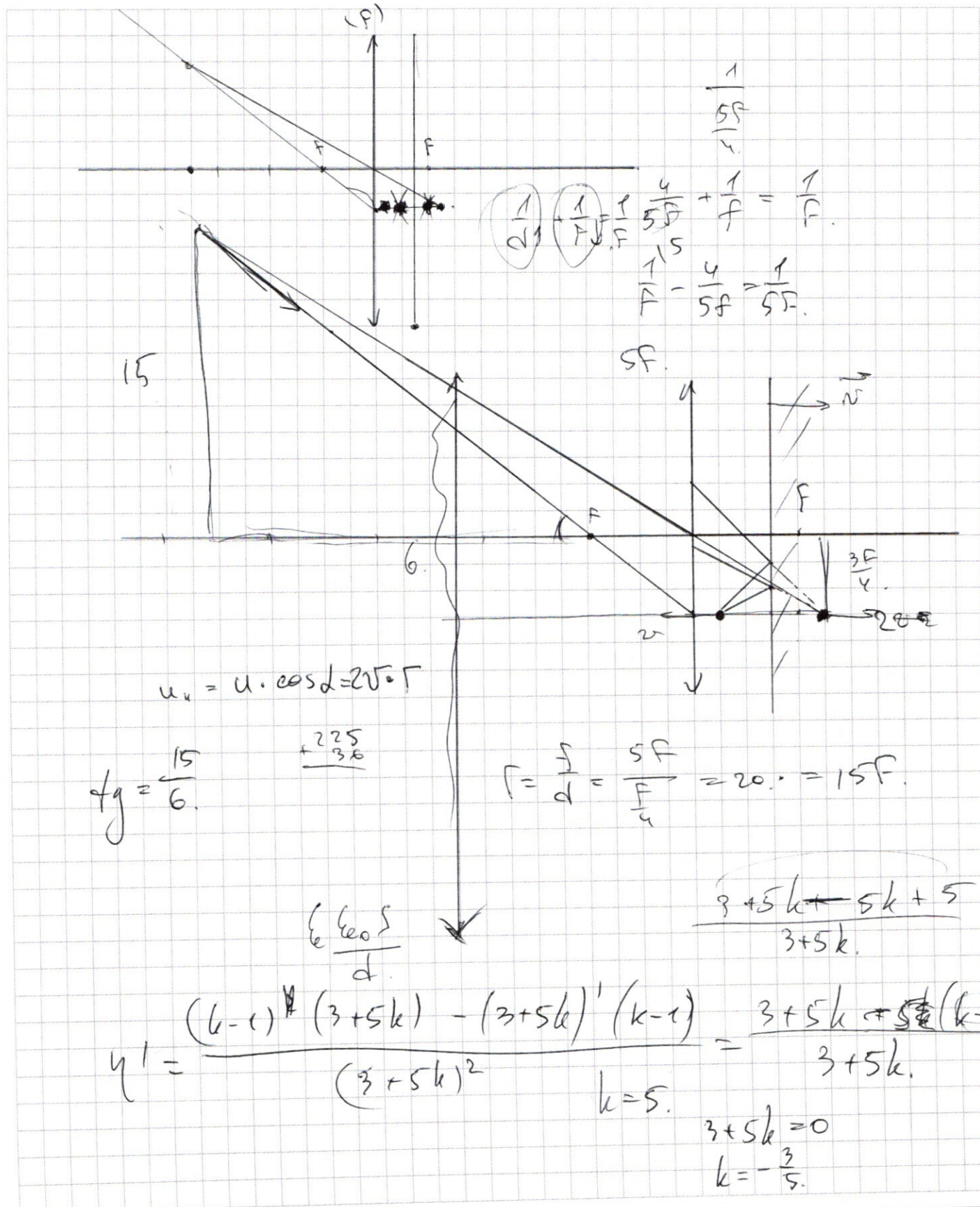
$$V_1 = kV_0$$

$$\eta_{\text{пр.}} = \frac{\frac{9}{53}}{\frac{V_0 p_0 (k-1)^2}{2 \frac{p_0 V_0 (k-1)}{2} (3+5k)}}$$

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

$$\frac{k-1}{3+5k} \xrightarrow{2} \frac{1}{18} \xrightarrow{1} \frac{1}{9}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$p_0 = k p_0$$

$$A = \frac{p_0(k-1) \cdot V_0(k-1)}{2}$$

$$Q = \frac{3}{2} V_0 p_0(k-1) +$$

$$+ V_{32} = \frac{3}{2} R (T_3 - T_2) = k^2 p_0 V_0 - k p_0 V_0 - \frac{3}{2} k p_0 V_0 (k-1)$$

$$A = k p_0 (k V_0 - V_0) = k p_0 V_0 (k-1)$$

$$Q = \frac{5}{2} p_0 V_0 k (k-1)$$

$$\eta = \frac{p_0 V_0 (k-1)^2}{\frac{5}{2} p_0 V_0 k (k-1)} = \frac{(k-1)^2}{5k(k-1)} = \frac{k-1}{5k}$$

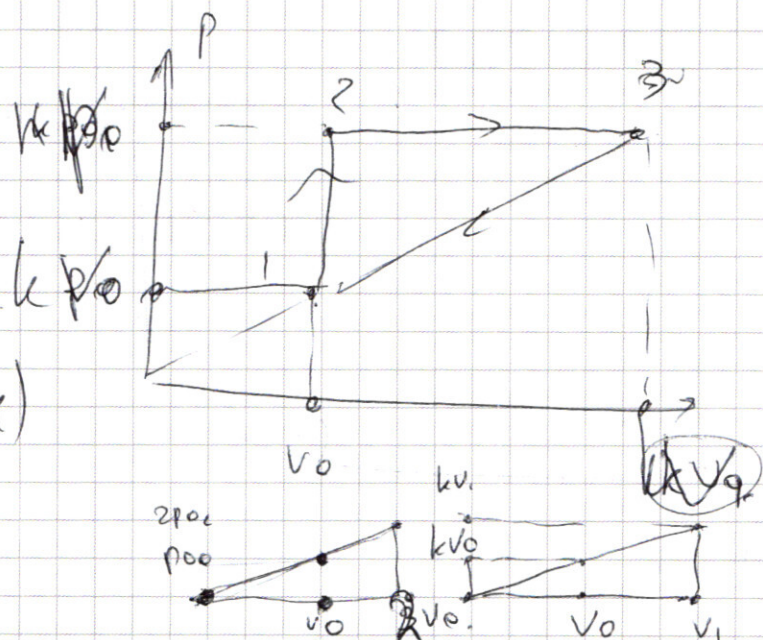
$$\eta' = \frac{(k-1)' 5k - (5k)' (k-1)}{25k^2} = \frac{5k - 5k + 5}{25k^2}$$

$$A = \frac{(k V_1 - k V_0)(k V_1 - V_0)}{2} = \frac{k(V_1 - V_0)^2}{2}$$

$$Q = \frac{3}{2} V_0 (k V_1 - k V_0) + \frac{5}{2} (k V_1^2 - k V_1 V_0) =$$

$$= \frac{3}{2} V_0 k (V_1 - V_0) + \frac{5}{2} k V_1 (V_1 - V_0) = \frac{(V_1 - V_0) k}{2}$$

$$\eta = \frac{k(V_1 - V_0)^2}{2 \left(\frac{3}{2} V_0 k (V_1 - V_0) \right)}$$



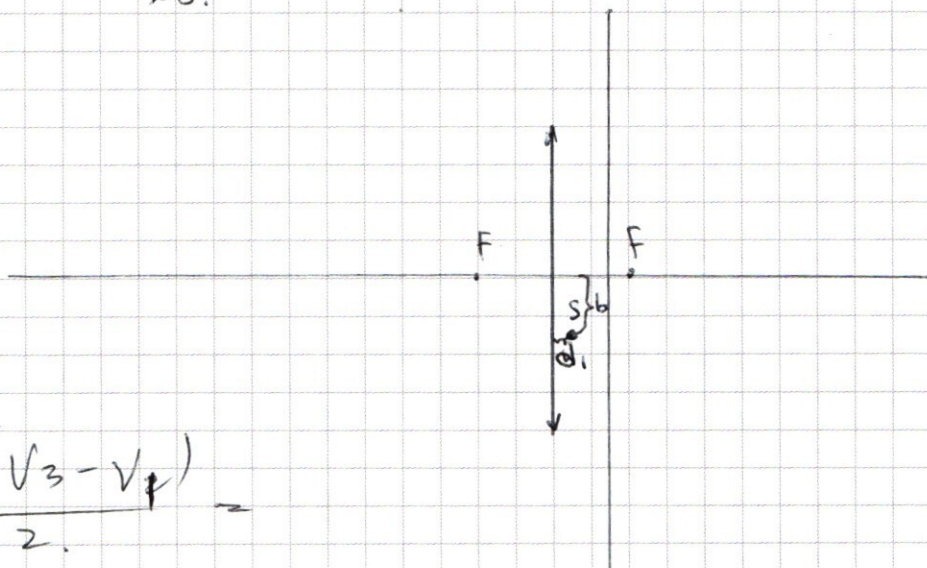
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~5.

Дано:

$$b = \frac{2}{4} F$$

$$d_1 = \frac{F}{4}$$



$$A = \frac{(p_3 - p_1)(V_3 - V_1)}{2}$$

$$= \frac{p_3 V_3 - p_3 V_1 - p_1 V_3 + p_1 V_1}{2} = \frac{\nu R T_3 - \nu R T_2 - \nu R T_2 + \nu R T_1}{2}$$

$$= \frac{\nu R (T_3 - T_1)}{2} = \frac{\nu R (T_3 - 2T_2 + T_1)}{2}$$

$$\nu R (T_2 - T_1) + \nu R (T_3 - T_2) - \nu R (T_3 - T_1) = T_2 - T_1 + T_3 - T_2 - T_3 + T_1$$

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

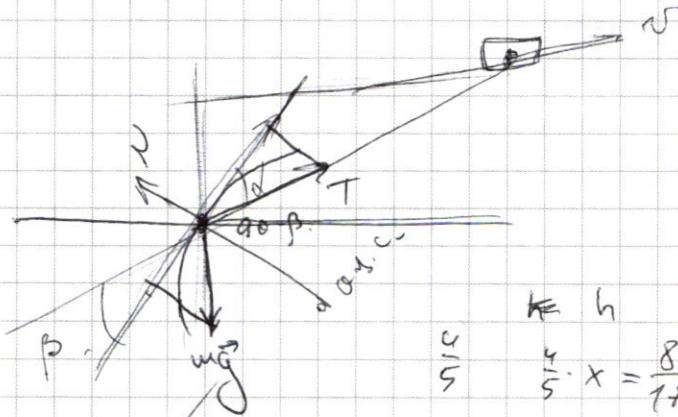
$$= \nu R \left(\frac{3}{2} T_2 - \frac{3}{2} T_1 + \frac{5}{2} T_3 - \frac{5}{2} T_2 \right) =$$

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

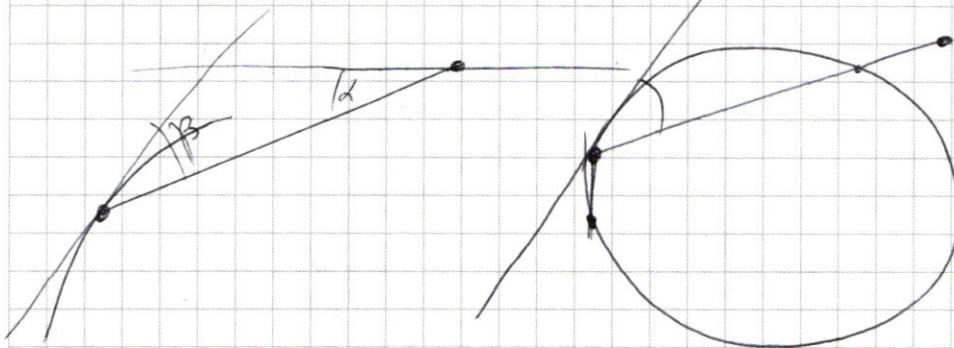
$$= \frac{1}{2} \nu R (5T_3 - 2T_2 - 3T_1)$$

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

$$T \cos \beta =$$

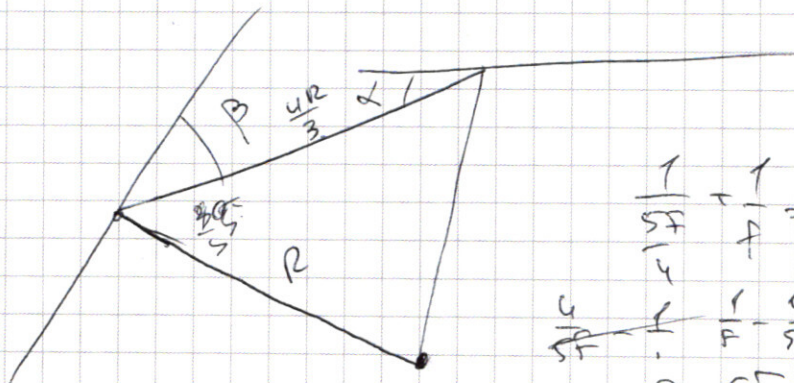


$$\frac{4}{5} \cdot x = \frac{8}{17} (1-x) =$$



$$= \frac{6}{5} x - \frac{8}{17} L - \frac{8}{17} x$$

$$N = m a_{y.c.}$$

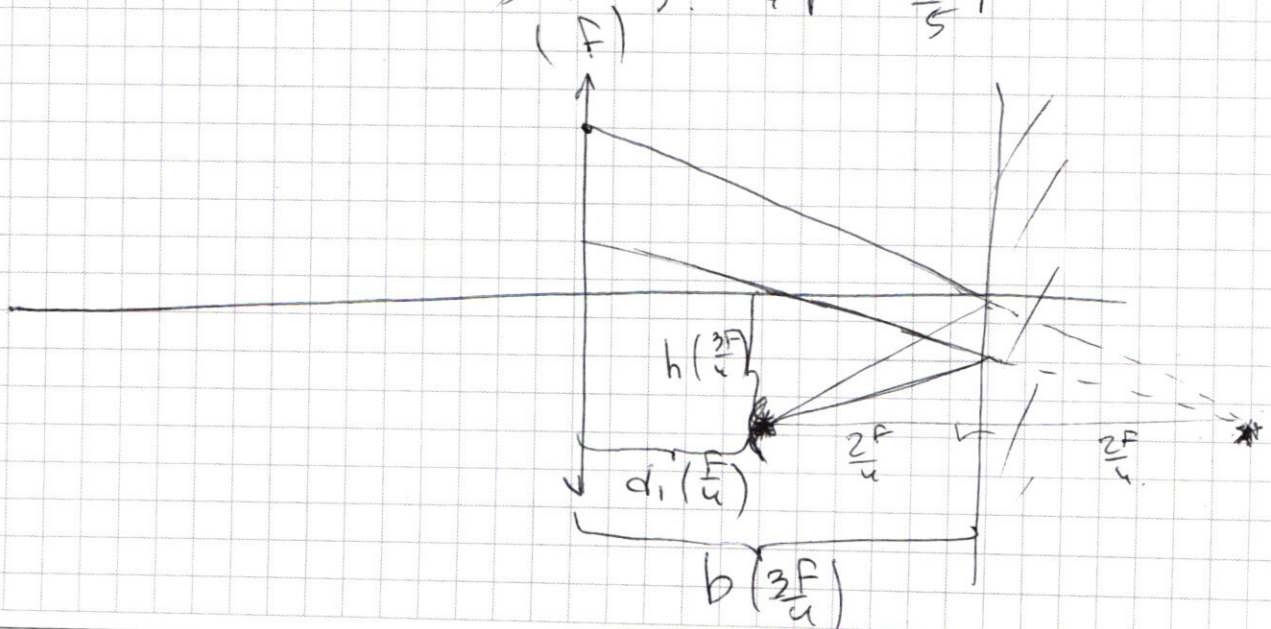


$$\frac{1}{5F} + \frac{1}{F} = \frac{1}{125} \Rightarrow 2 =$$

$$\frac{4}{5F} + \frac{1}{F} = \frac{1}{5F} + \frac{1}{5F} + \frac{1}{5F} = \frac{3}{5F}$$

$$F = 5F.$$

$$x^2 = \frac{16}{9} F^2 + b^2 - 2 \cdot \frac{4R}{3} \cdot R \cdot \frac{3}{5} = \frac{25}{9} R^2 - \frac{8}{5} R^2 =$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$a = \frac{v_1}{\Delta t} = Fg = \frac{v_1}{\Delta t}$$

$$0,2d$$

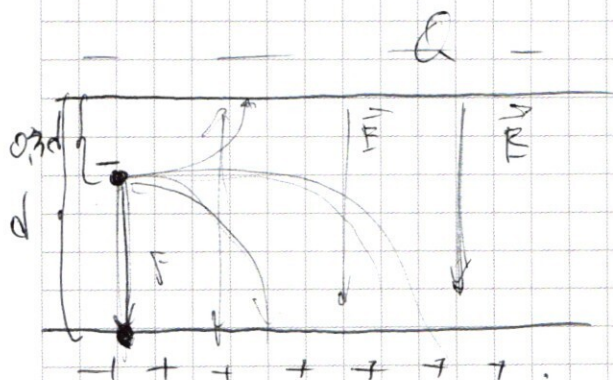
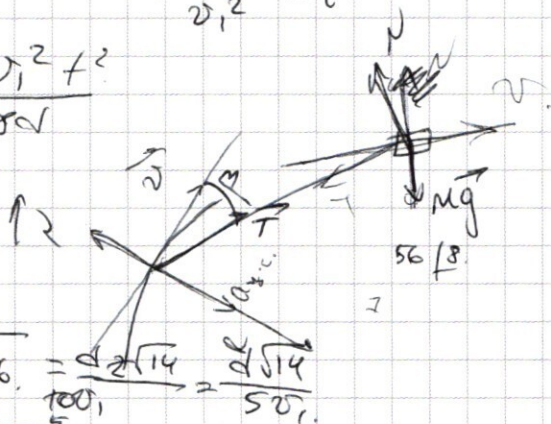
$$0,2d = \frac{a t^2}{2} = \frac{v_1^2 t^2}{2 \cdot 0,5d}$$

$$0,7d = \frac{v_1^2}{2a}$$

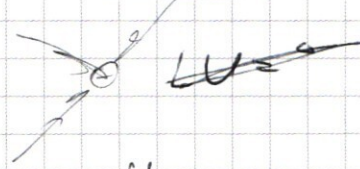
$$a = \frac{v_1^2}{1,4d}$$

$$\frac{0,56d^2}{v_1^2} = t^2$$

$$t = \frac{d}{v_1} \sqrt{0,56} = \frac{d \sqrt{14}}{100,1} = \frac{2\sqrt{14}}{50,1}$$



$$F = Eq$$



$$F = \frac{U}{d} \quad I = LI'$$

$$Ed, u = LI'$$

$$u = \frac{Q}{C}$$

$$Eq = V$$

$$F = ma$$

$$\frac{mv^2}{2} = Uq$$

$$C = \frac{Q}{U} \quad u = \frac{Q}{C}$$

$$Eq = m \frac{v_1}{\Delta t}$$

$$\frac{mv^2}{2} = Edq Uq = q \frac{Q}{C}$$

$$Eot = \frac{m}{q} v_1$$

$$E = \frac{m}{q} \frac{v_1}{\Delta t}$$

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

$$Uq = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$ot = \frac{m v_1}{q E} = \frac{m v_1 d q}{q m v_1^2} = \frac{E}{d} = \frac{m v_1^2}{d q}$$

$$Uq = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\frac{mv_1^2}{2} = Uq$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$k p_0$
 p_0
 v_0
 $k v_0$
 $\frac{v_0 p_0 (k-1)^2}{2}$

$Q = \frac{3}{2} v_0 p_0 (k-1) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$

$Q = \frac{3}{2} v_0 p_0 (k-1) + \frac{5}{2} k p_0 v_0 (k-1) =$
 $= \frac{p_0 v_0 (k-1)}{2} (3 + 5k)$

$\nu k (T_3 - T_1) = p_1 V_1 - p_1 V_0 = p_1 (V_1 - V_0) =$
 $= k p_0 v_0 (k-1)$

$\frac{p_1}{T}$ 1-2. 2-3. $Q = \nu C_{\Delta} T$

$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$

$Q = C_{12} = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T}{\Delta T} = \frac{3}{2} R$

$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = p_2 (V_3 - V_2) + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) =$
 $= p_2 V_3 - p_2 V_2 + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \nu R T_3 - \nu R T_2 + \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) =$
 $= \frac{5}{2} \nu R \Delta T$

$C_{23} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T}{\Delta T} = \frac{5}{2} R$

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

2-3.

$$Q = \frac{\Delta V_{23}}{\Delta T} = \frac{\frac{3}{2} R \Delta T}{\Delta T} = \frac{3}{2}.$$

$$3) Q = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} R (T_3 - T_2) =$$

$$A = (p_2 - p_1) (V_3 - V_2) \frac{1}{2} = \frac{p_2 V_3 - p_2 V_2 - V_3 p_1 + p_1 V_2}{2} =$$

$$= R T_3 - R T_2 - R T_2 + R T_2$$

$$A = (p_2 - p_1) \frac{(V_3 - V_2)}{2} = \left(\frac{R T_2}{V_2} - \frac{R T_1}{V_2} \right) \left(\frac{R T_3 - R T_2}{p_2} \right)$$

$$= \frac{R (T_2 - T_1) R (T_3 - T_2)}{2 p_2 V_2} = \frac{R (T_2 - T_1) R (T_3 - T_2)}{2 \cdot R T_2} =$$

$$= Q = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} V_1 (p_2 - p_1) + p_2 (V_3 - V_2) +$$

$$+ \frac{3}{2} p_2 (V_3 - V_2) = \frac{3}{2} V_1 (p_2 - p_1) + \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_2) =$$

$$= \frac{3}{2} V_1 p_2 - \frac{3}{2} V_1 p_1 + \frac{5}{2} p_2 V_3 - \frac{5}{2} p_2 V_2 =$$

$\frac{p_1 V_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_3}$ и $\frac{p_1 V_3}{p_2 V_3} = \frac{p_2 V_1}{p_2 V_2}$

