

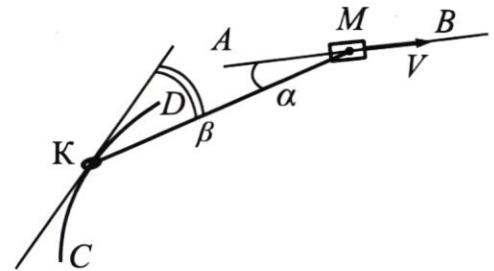
Олимпиада «Физтех» по физике, (

Класс 11

Вариант 11-01

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

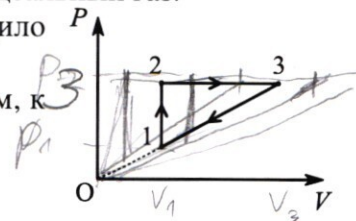
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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



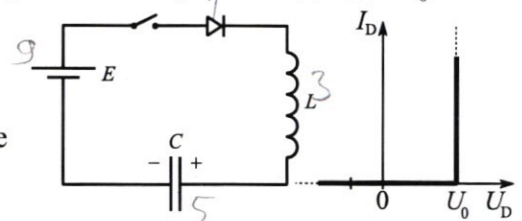
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица 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.

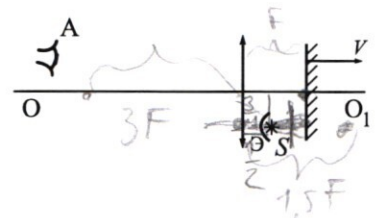


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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



$$\frac{20 \cdot 25}{10^6} + \frac{90 \cdot 12}{10^5} = \frac{12}{10^5} + \frac{I^2}{20} + \frac{20 \cdot 64}{10^6}$$

$$\frac{50}{10}$$

22

$$\frac{8 \cdot 12}{10^5} = \frac{I^2}{20} + \frac{20 \cdot 39}{10^6} = \frac{2 \cdot 39}{10^5}$$

$$\frac{I^2}{20} = \frac{96 - 78}{10^5} = \frac{18 \cdot 20}{10^5} = \frac{18 \cdot 2}{10^4} =$$

$$I = \sqrt{\quad} = \frac{36}{10^4}$$

$$\frac{6}{10^2}$$

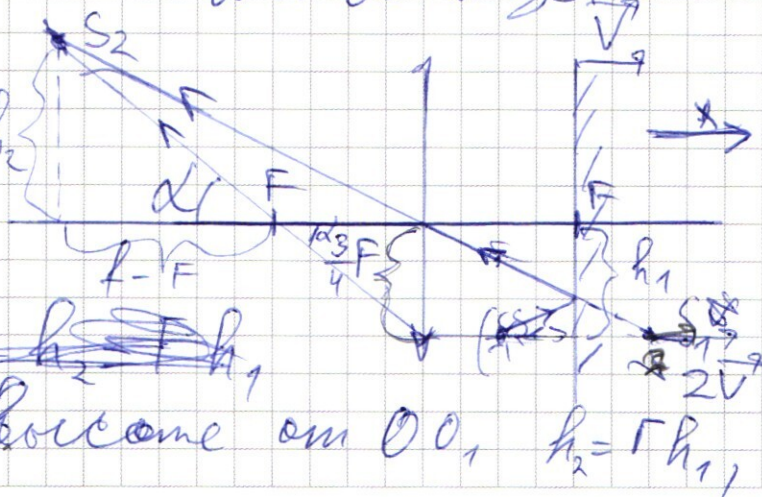
$$\frac{9492}{10}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5. 1) Расстояние от источника до зеркала равно этому
макету $F - \frac{F}{2} = \frac{F}{2}$.
Значит ^{иногда} изображение S_1
источника в зеркале на
расстоянии $\frac{F}{2}$ справа от
него. Оно является ^{действ.}действительной
точкой для линзы. Его изображе-
ние S_2 в линзе по формуле
тонкой линзы находится
на расстоянии $f = \frac{Fd}{d-F} =$
 $= \frac{F \cdot 1,5F}{1,5F - F} = \frac{1,5F^2}{0,5F} = 3F$ слева от линзы,

то есть наблюдатель А его
может видеть на расстоя-
нии $3F$ от плоскости линзы.

2) Искать
участь обозначена
на рисунке.



~~Расстояние от S_2 до S_1~~
~~находящаяся на высоте от OO_1 , $h_2 = \Gamma h_1$~~

$h_1 = \frac{3}{4}F$ высота S_1 (расстояние от O_1)

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{3F}{\frac{3}{4}F} = 2$$

$$\operatorname{tg} d = \frac{\frac{3}{4}F}{F} = \frac{3}{4}$$

3) Продольная составляющая скорости $u_x = 2V \cdot \Gamma^2 = 2V \cdot 2^2 = 8V$

Скорость S_2 $U = \frac{u_x}{\cos d} = \frac{8V}{\frac{4}{5}} = \frac{8}{4} \cdot 5V = 10V$ (м.к. $\cos d = \frac{4}{5}$)

$$= \sqrt{\frac{1}{\frac{9}{16} + \frac{16}{16}}} = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$$
$$= \sqrt{\frac{1}{\operatorname{tg}^2 d + 1}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{9}{16} + 1}} = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$$

Ответ: 1) $f = 3F$; 2) $\operatorname{tg} d = \frac{3}{4}$; 3) ~~$U = 10V$~~ $U = 10V$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. ↑ Товышение температуры
на 1-2 (изохоре) и 2-3 (изобаре).
Тогда теплоёмкость на 1-2
изохора C_v , а на 2-3 изобара
 C_p .

$$C_v = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\Delta U}{\Delta T} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T}{\Delta T} = \frac{3}{2} R = 1,5 R$$

$$C_p = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{A + \Delta U}{\Delta T} = \frac{\nu R \Delta T + \frac{3}{2} \nu R \Delta T}{\Delta T} = 2,5 R$$

$$\frac{C_v}{C_p} = \frac{1,5 R}{2,5 R} = \frac{3}{5} = 0,6$$

$$2) \frac{Q}{A} = \frac{A + \Delta U}{A} = \frac{\nu R \Delta T + \frac{3}{2} \nu R \Delta T}{\nu R \Delta T} = 2,5$$

$$3) \eta = 1 - \frac{Q_H}{Q_K}$$

↑ тогда достигается при $\frac{Q_H}{Q_K} \min$
Заметим что ↑ максимален,
когда участок 1-3 имеет очень
малый ($\rightarrow 0$ но > 0) изобарный,
то есть является почти
изохорой. Тогда $\eta \max \approx \frac{A_{\text{изобар}}}{Q_{\text{изобар}}} = 0,4$

Ответ: 1) $\frac{C_v}{C_p} = 0,6$; 2) $\frac{Q}{A} = 2,5$; 3) $\eta_{\max} = 40\%$.

☐ черновик

☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 8

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.1) По схеме действующей слева

(по рисунку) силы Кулона $F_{\text{Кул}}$ и статического

тяжения от $\ominus$ обкладки и $F_{\text{Ке}}$ притя-
гивания $\ominus$ обкладки. Частица движется влево.

Эл. поле однородное между обкладками
на оси симметрии. Тогда

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

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

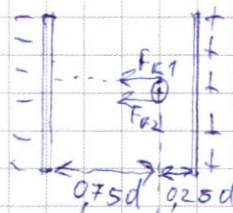
2) Ёмкость конденсатора $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$. Напря-
жение на нём $U = CQ = \frac{\epsilon_0 S Q}{d}$.

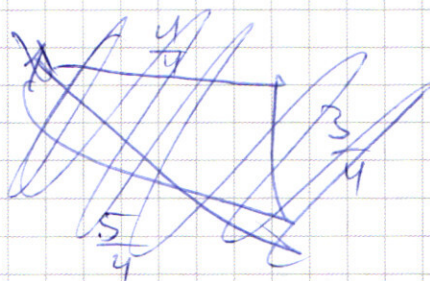
$$U = Ed = \frac{ma}{q} d = \frac{ad}{\gamma}; a = \frac{v_1}{T}$$

$$\text{Тогда } \frac{\epsilon_0 S Q}{d} = \frac{v_1 d}{T \gamma} = \frac{1,5d \cdot d}{T \cdot T \gamma} = \frac{1,5d^2}{T^2 \gamma}$$

$$Q = \frac{1,5d^3}{T^2 \gamma \epsilon_0 S}$$

$$3) \text{ По 3СЭ: } \frac{mv_2^2}{2} = \frac{kqQ}{(0,25r)^2} - \frac{kqQ}{(0,75r)^2}$$





Ответ: 1) $V_1 = \frac{1,5d}{T}$; 2) $Q = \frac{1,5d^3}{T^2 \epsilon_0 \epsilon_s}$

☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 6
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. 1) Сразу после замыкания
катода срабатывает диод,
т.к. $E > U_0 + U_1$
 $9В > 1В + 5В$

В этот момент напряжение
на катушке $U_2 = L I' = E - U_0 - U_1$

$$I' = \frac{E - U_0 - U_1}{L} = \frac{9В - 1В - 5В}{0,1 Гн} =$$

$$= \frac{3В}{0,1 Гн} = 30 \frac{А}{с}$$

2) Максимальный ток после
замыкания катода будет,
когда напряжение на катушке
сойдет к нулю, а напряжение
на конденсаторе будет $U' = E - U_0 = 8В$

~~Когда по ЗСЭ: $\frac{CU^2}{2} + qE = L I_{max}^2 + qU_0$~~
Когда заряд на конденсаторе равен

$$q_2 = C U' = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 8В = 32 \cdot 10^{-5} Кл$$

~~При этом ЗСЭ: Заряд на конденсаторе~~
~~в начале $q_1 = C U_1 = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 5В =$~~
 ~~$= 20 \cdot 10^{-5} Кл$. Через источник и резистор~~
~~заряд $\Delta q = q_2 - q_1 = 12 \cdot 10^{-5} Кл$.~~

Потом по ЗСЭ:

$$\frac{CU_1^2}{2} + E \Delta q = U_0 \Delta q + \frac{L I_{\max}^2}{2} + \frac{C U_1'^2}{2}$$

Подставляем числа

$$\frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 5^2}{2} + 9 \cdot 12 \cdot 10^{-5} = 1 \cdot 12 \cdot 10^{-5} + \frac{0,1 \cdot I_{\max}^2}{2} + \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 8^2}{2}$$

Отсюда:

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{36}{10^4}} \text{ A} = \frac{6}{10^2} \text{ A} = 0,06 \text{ A}$$

3) ~~По ЗСЭ:~~ $\frac{L I_{\max}^2}{2} + \frac{C U_1'^2}{2} = \Delta q (E + U_0)$

Ответ: 1) $I' = 30 \frac{\text{A}}{\text{с}}$; 2) $I_{\max} = 0,06 \text{ A}$.

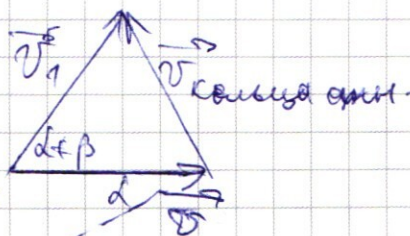
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. 1) П.к. нить переставленная, то
для скорости v , которая в
этом моменте имеет: $v_1 \cos \beta = v \cos \alpha$
$$v_1 = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{15}{17}}{\frac{4}{5}} = \frac{60.5}{4} \frac{\text{см}}{\text{с}} =$$

$$= 75 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

2) ~~Преобразование~~ скорости:

$\angle(\vec{v}_1, \vec{v}) = \alpha + \beta$
(и угол в внеш.
угле).



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

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

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

$$v_{\text{конец нити}}^2 = v_1^2 + v^2 - 2v_1 v \cos(\alpha + \beta) =$$

$$= \left(75 \frac{\text{см}}{\text{с}}\right)^2 + \left(68 \frac{\text{см}}{\text{с}}\right)^2 - 2 \cdot 75 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot 68 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{36}{85} =$$

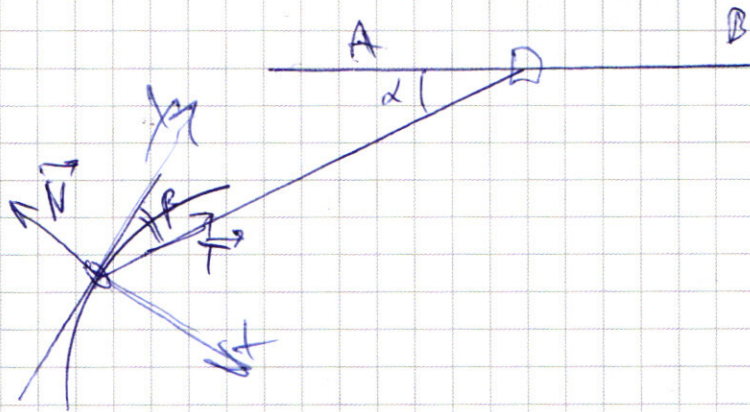
$$= (5625 + 4624 - 4320) \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} = 5929 \frac{\text{см}^2}{\text{с}^2} =$$

$$\star v_{\text{конец нити}} = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

3.)

$$x: \frac{mv^2}{R} = T \sin \beta - N$$

$$y: ma_{\text{танг}} = T \sin \beta$$



Ответ: 1) $v_1 = 75 \frac{\text{см}}{\text{с}}$; 2) $v_{\text{полная}} = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$.

☐ черновик

(Поставьте галочку в нужном поле)

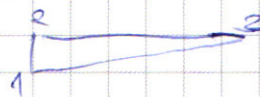
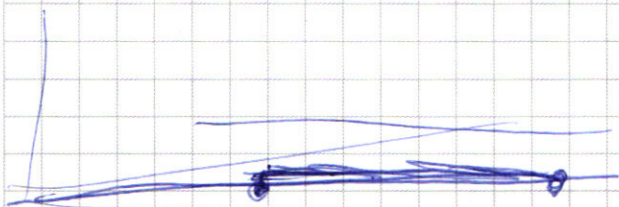
☒ чистовик

Страница № 2

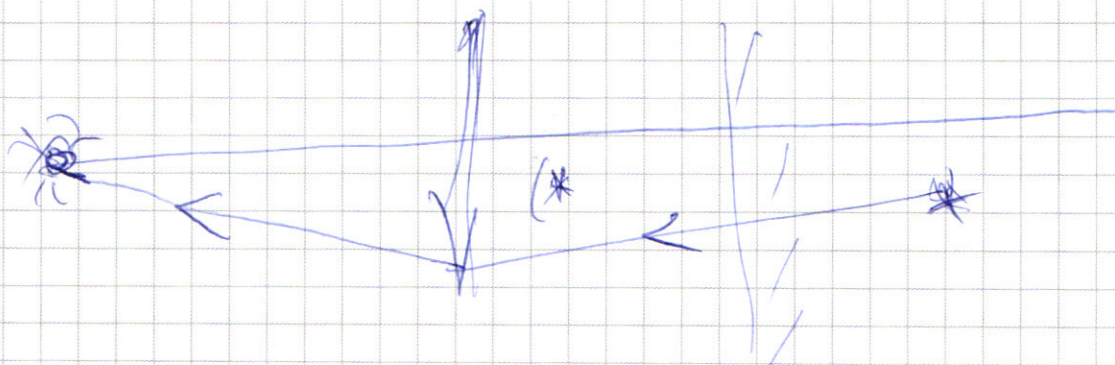
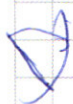
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$
 $\frac{1}{f} - \frac{1}{a} = \frac{1}{b}$
 $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$
 $Q = U = Ed = \frac{ma}{q}$
 $ma = Eq$
 $a = \text{const}$
 $v = at$
 $0,75d = \frac{v^2}{2a}$
 $0,75d = \frac{v + v_1}{2} \cdot T = \frac{v_1 T}{2}$
 $a = \frac{v}{T}$
 $1 - \frac{Q_H}{Q_X}$
 $\frac{Q_H - Q_X}{Q_X} = 8$
 $\frac{Q_H - Q_X}{Q_X} = 1$
 $\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$



$$\frac{Q_{\text{н}}}{Q_{\text{г}}} = \frac{(T_2 - T_1)}{2,2} R \times 5 + 2,5 VR \times (T_3 - T_2)$$



$$\frac{mv^2}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{c} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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



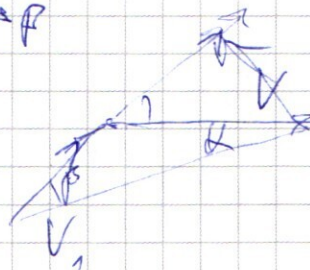
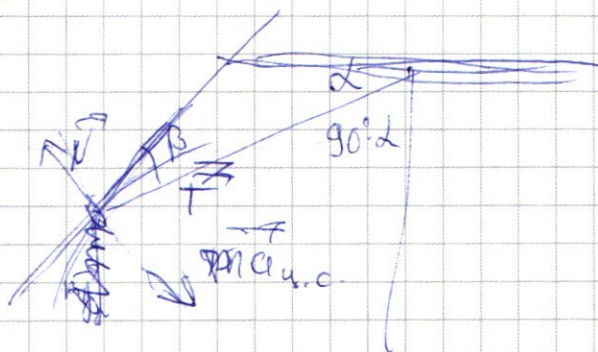
$$l = \text{const}$$

$\downarrow$

$$\frac{mv^2}{2} \quad T \cos \beta = m a_T$$

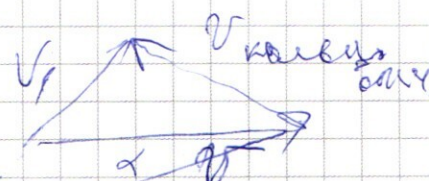
$$T \sin \beta - N = \frac{mv^2}{R}$$

$$v_1 = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} \quad \cos \alpha = v_1 \cos \beta$$

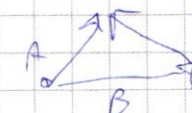


$$\cos(\arccos \frac{15}{17} + \arccos \frac{4}{5}) =$$

$$= \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \sqrt{\frac{289-225}{289}} \cdot \sqrt{\frac{25-16}{25}}$$



$$2,5 \sqrt{\frac{4}{17 \cdot 3}} = \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{25}$$



A and B

1-

$$\sin(\arccos x) = ?$$

$$\cos(\arccos x) = x$$

$$\sin(\arccos x) = \sqrt{1-x^2}$$

$$C_{1-2} = \frac{Q_{1-2}}{V(T_2 - T_1)} = \frac{539}{5929} = 0,91$$

$$+ \frac{C_p}{C_v}$$

$$5625 + 304 = 5929$$

$$C_{2-3}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{A + \Delta U}{A} = \frac{P_0 V + \frac{3}{2} P \Delta V}{P_0 V} = 2,5$$

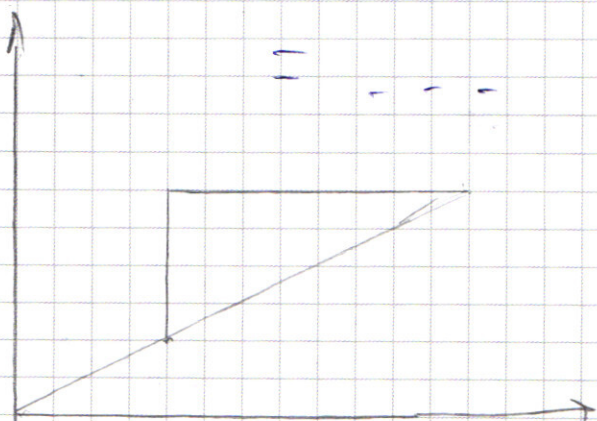
$$\eta = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} = \frac{A}{Q_H} =$$

$$\frac{(P_3 - P_1)(V_3 - V_1)}{2} = \frac{Q_{1-2} + Q_{2-3}}{2}$$

$$\frac{3}{2}(P_3 V_1 - P_1 V_1) + \frac{5}{2}(P_3 V_3 - P_3 V_1)$$

$$= \frac{P_3 V_3 - P_1 V_3 - P_3 V_1 + P_1 V_1}{2} = \frac{7,5 P_3 V_1 + 2,5 P_3 V_3 - 1 P_3 V_1 + 2,5 P_3 V_3 - 7,5 P_1 V_1}{2}$$

$$75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{36}{85} =$$



$$= \frac{2 \cdot 4 \cdot 75 \cdot 36}{5} =$$

$$= \frac{2 \cdot 4 \cdot 15 \cdot 36}{8 \cdot 15 \cdot 36} = 120 \cdot 36$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ \times 75 \\ \hline 375 \\ + 525 \\ \hline 5625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 68 \\ \times 68 \\ \hline 544 \\ + 408 \\ \hline 4624 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 36 \\ \hline 720 \\ + 3600 \\ \hline 4320 \end{array}$$