

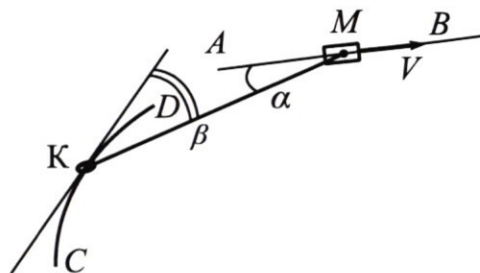
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

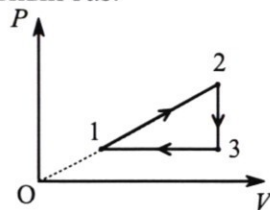
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) 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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.
- 3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



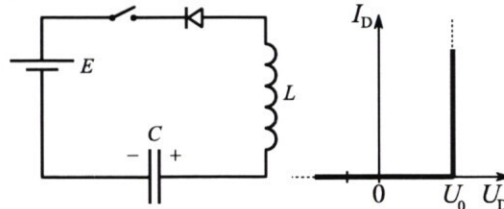
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

- 1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.
- 2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
- 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.

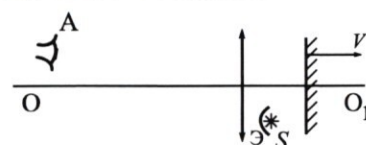
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

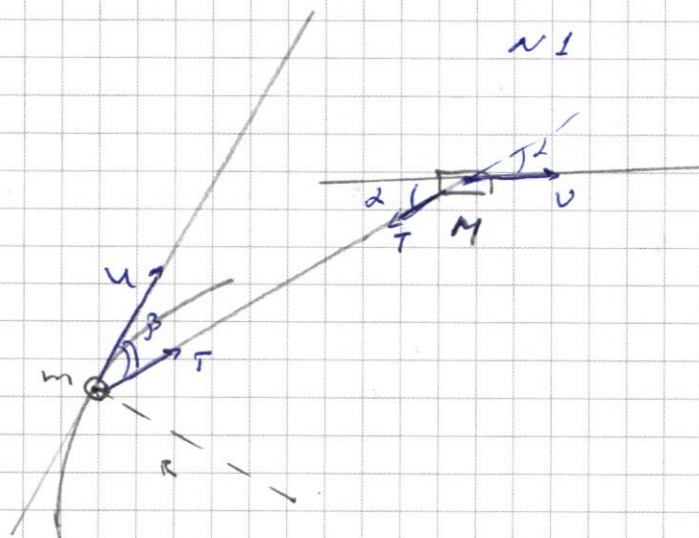


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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: $m = 0,4 \text{ кг}$

$v = 2 \text{ м/с}$

$R = 1,9 \text{ м}$

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

$\cos \alpha = \frac{4}{5}, \cos \beta = \frac{8}{17}$

1) u - ?

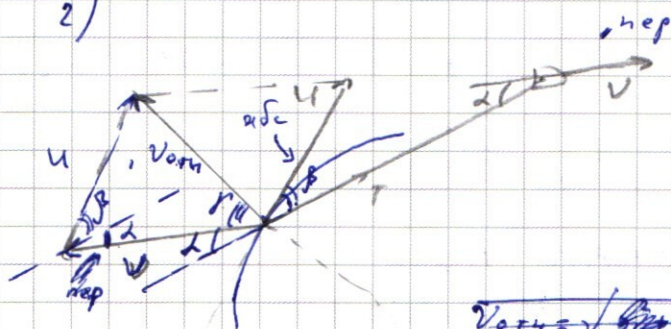
2) $v_{\text{отн}}$ - ?

3) T - ?

1) Т.к. нить нерастяжима,

то $u \cos \alpha = v \cos \beta \Rightarrow u = \frac{v \cos \beta}{\cos \alpha} = \frac{12}{5} \text{ м/с} = 3,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2)



По теореме косинусов

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

$\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$

$v_{\text{отн}} = \sqrt{\left(\frac{12}{5}\right)^2 + 4 - 2 \cdot 2 \cdot \frac{12}{5} \cdot \left(\frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17}\right)}$

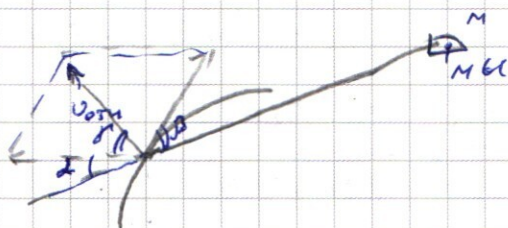
$\sin \alpha = \frac{3}{5}$

$\sin \beta = \frac{15}{17}$

$v_{\text{отн}} = \sqrt{\left(\frac{12}{5}\right)^2 + 4 - 2 \cdot 2 \cdot \frac{12}{5} \cdot \left(\frac{4}{5} \cdot \frac{8}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17}\right)} =$

$= \sqrt{\frac{289}{25} + 4 - \frac{4}{25}(-13)} = \sqrt{\frac{289 + 100 + 52}{25}} = \frac{21}{5} \frac{\text{м}}{\text{с}} = 4,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

3) Перейдем в со мутты, тогда кольцо будет вращаться относительно мутты



$\frac{m v_{\text{отн}}^2 \sin^2(\alpha + \beta)}{e} = T$

По теореме синусов для вект. σ -скоростей

$$\frac{u}{\sin \beta} = \frac{v_{0\text{тн}}}{\sin(\alpha + \beta)} \Rightarrow \sin \beta = \frac{u \sin(\alpha + \beta)}{v_{0\text{тн}}} = \frac{17}{5} \cdot \frac{24 \cdot 5}{5 \cdot 17 \cdot 21} = \frac{4}{5}$$

$$\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha = \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} + \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} = \frac{24}{25}$$

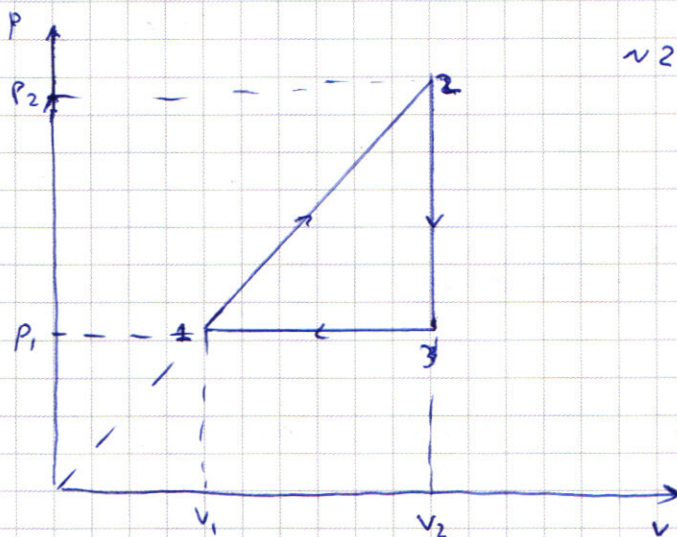
$$\sin(\beta + \alpha) = \sin \beta \cos \alpha + \sin \alpha \cos \beta = \frac{4}{5} \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \cdot \frac{3}{5} = \frac{25}{25} = 1$$

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

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

$$T = \frac{m v_{0\text{тн}}}{e} = \frac{9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 4.41 \cdot 10^6}{1.6 \cdot 10^{-19}} = \frac{4.01 \cdot 10^{-24}}{1.6 \cdot 10^{-19}} = 2.51 \cdot 10^{-5} \text{ с} \approx 3.2 \text{ нс}$$

Ответ: $u = 3.4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $v_{0\text{тн}} = 4.2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $T \approx 3.2 \text{ нс}$



~ 2

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

$$2) \Delta U_{12} - ?$$

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

$$d) Q_{23} = \int C_{23} (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \int R (T_3 - T_2) = \Delta U_{23}$$

$$A_{23} = 0$$

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

$$Q_{31} = \int C_{31} (T_1 - T_3) = \frac{5}{2} \int R (T_1 - T_3) + p_1 (V_2 - V_1)$$

$$\Delta U_{31} \quad A_{31} = \int p_1 dV = p_1 (V_2 - V_1)$$

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

$$\frac{C_{31}}{C_{23}} = \frac{5}{3}$$

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

$$A_{12} = \frac{p_2 + p_1}{2} (V_2 - V_1) = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1 + p_1 V_2 - p_2 V_1}{2}$$

$$p_1 = \lambda V_1 \Rightarrow \lambda = \frac{p_1}{V_1}$$

$$p_2 = \lambda V_2 = p_1 \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow p_2 V_1 = p_1 V_2$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} \int R (T_2 - T_1)$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \int R (T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \int R (T_2 - T_1)} = 3$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

Дано: d, U, v_1, q, d

1) $\mu = \frac{|q|}{m} \cdot ?$

2) $T = ?$

3) $v_0 = ?$

Снаружи конденсатора электрического поля нет, частица

2) Из закона Ньютона: $F = qE = ma \Rightarrow \mu = \frac{|q|}{m} = \frac{a}{E}$

$E = \frac{U}{d}, \quad 0,8d = \frac{v_1^2 - 0}{2a} \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{1,6d}$

$\mu = \frac{|q|}{m} = \frac{v_1^2 \cdot d}{1,6d \cdot U} = \frac{v_1^2}{1,6U}$

2) $T = T_1 + T_2$ (время от остановки до вылета)

$v_1 - aT_1 = 0$ (до остановки)

Время до остановки после вылета $T_1 = \frac{v_1}{a} = \frac{1,6d}{v_1}$

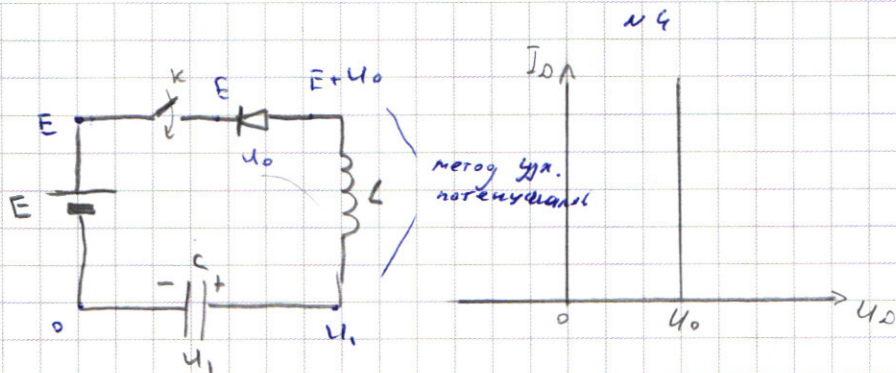
$0,8d = \frac{aT_2^2}{2} \Rightarrow T_2 = \sqrt{\frac{1,6d}{a}} = \sqrt{\frac{1,6d \cdot 1,6d}{v_1^2}} = \frac{1,6d}{v_1}$

$T = T_1 + T_2 = \frac{2 \cdot 1,6d}{v_1} = 3,2 \frac{d}{v_1}$

3) Снаружи конденсатора ~~есть~~ электрического поля нет $\Rightarrow$ частица движется равномерно после вылета!

~~$m v_0^2 = m v_1^2$~~ $v_0 = v_2 = aT_2 = v_1$

Ответ: $\mu = \frac{v_1^2}{1,6U}; \quad T = 3,2 \frac{d}{v_1}; \quad v_0 = v_1;$



Дано:

$$E = 6 \text{ В}, C = 10 \text{ нФ}$$

$$U_1 = 9 \text{ В}, L = 0,4 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$1) \frac{dI}{dt} = ?$$

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

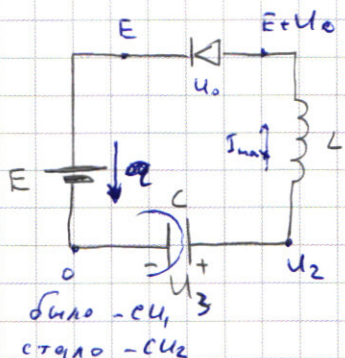
$$3) U_2 = ?$$

1) Сразу после замыкания ключа —

напр. на конденсаторе скачком не изменится!

$$U_C = U_1; L \frac{dI}{dt} = U_1 - (E + U_0) \Rightarrow \left(\frac{dI}{dt} = \frac{U_1 - (E + U_0)}{L} = \frac{2}{0,4} = 5 \frac{\text{А}}{\text{с}} \right)$$

2) В мом. когда $I = I_{\max}$:



$$U_2 = 0 \Rightarrow E + U_0 = U_3$$

ЗСЭ от нач. момента до момента, когда $I = I_{\max}$:

$$A_{\text{эл}} = \Delta W_C + \frac{LI_{\max}^2}{2}$$

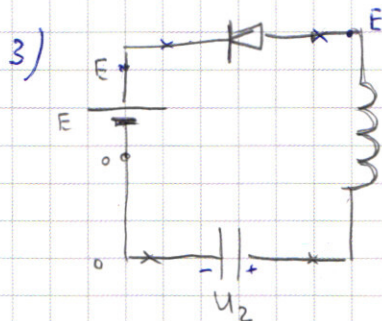
$$\Delta Q = -CU_3 + CU_1 > 0$$

$$-(-CU_3 + CU_1)E = \frac{CU_3^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_{\max}^2}{2} \quad / \times 2$$

$$2CE(U_3 - U_1) = C(U_3 - U_1)(U_3 + U_1) + LI_{\max}^2$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C(U_3 - U_1)(2E - (U_3 + U_1))}{L}} = \sqrt{\frac{C(E + U_0 - U_1)(2E - (E + U_0 + U_1))}{L}}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{10^{-5} \cdot (-2) \cdot (12 - 16)}{0,4}} = \sqrt{2 \cdot 10^{-4}} \approx 1,41 \cdot 10^{-2} \text{ А} = 14,1 \text{ мА}$$

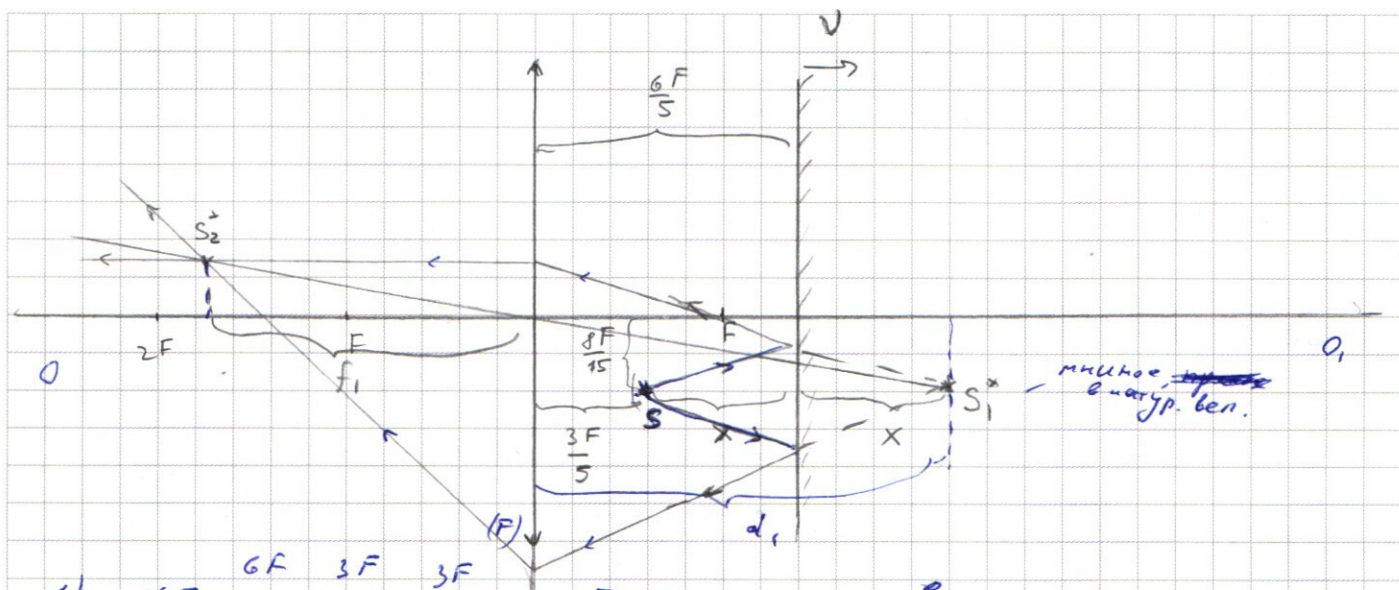


В установившемся состоянии

$$\text{тока в цепи нет} \Rightarrow U_2 = E = 6 \text{ В}$$

Ответ: $\frac{dI}{dt} = 5 \frac{\text{А}}{\text{с}}; I_{\max} = 14,1 \text{ мА}; U_2 = 6 \text{ В};$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) \quad x = \frac{6F}{5} - \frac{3F}{5} = \frac{3F}{5}$$

$$d_1 = 2x + \frac{3F}{5} = \frac{9F}{5} \quad \text{1-й шаг}$$

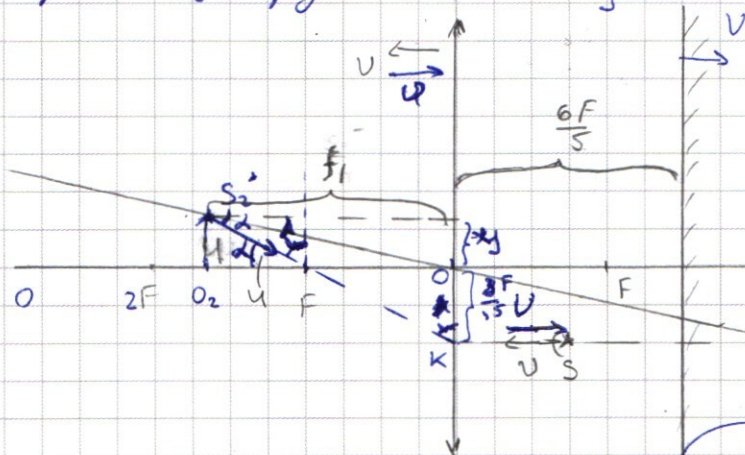
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow \left(f_1 = \frac{F d_1}{d_1 - F} = \frac{F \cdot \frac{9F}{5}}{\frac{9F}{5} - F} = \frac{9}{4} F \right)$$

После отражение в зеркале предмета S , S_1^* является предметом для линзы

2) S пересекает в со зеркала ; ~~тобы найти ка~~

тогда с v поедет и линза, и источник $\Rightarrow$ найдем ^{скорость} шир. в зеркале

Д. Затем сядем в со линзы, тогда S_1^* поедет с $2v$ и найдем скорость S_2^* предмета S_2^* в линзе:



$$\tan \alpha = \frac{y + \frac{8F}{15}}{f_1}$$

$$\Delta S_2^* O_2 F \sim \Delta K O' F \Rightarrow \frac{y}{\frac{8F}{15}} = \frac{f_1 - F}{F}$$

$$y = \frac{8}{15} \cdot \frac{4}{5} F = \frac{32}{75} F$$

$$\tan \alpha = \frac{\frac{32}{75} F + \frac{8F}{15}}{\frac{9F}{4}} = \frac{(32 + 40) \cdot 4}{75 \cdot 9} \approx 0,4$$

$$3) U \cos \alpha = I^2 \cdot (2V) \quad (\text{т.к. } \cancel{\text{тепловое}} S_1^* \text{ является вдоль оси})$$

$$I = \frac{f_1}{d_1} = \frac{\frac{9}{4} F}{\frac{9F}{5}} = \frac{5}{4}$$

$$1 + \cancel{\cos^2 \alpha} \quad 1 + \tan^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}$$

$$U = \frac{\frac{25}{16} \cdot 2V}{\cos \alpha} = \frac{25V}{8 \cdot \sqrt{0,7}} = \frac{25 \cdot 31}{8 \cdot 26} V \approx \frac{26}{31} V$$

$$\cos \alpha = \sqrt{0,7}$$

$$U \approx 4 \frac{V}{C}$$

Ответ: $f_1 = \frac{9}{4} F$; $\tan \alpha = 0,4$; $U \approx 4 \frac{V}{C}$

продолжение задачи 3

$$3) \eta_{max} = 1 - \frac{Q_{12}}{Q_{31}} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{Q_{12}}{Q_{31}} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$Q_{12} = \frac{5}{2} J R (T_2 - T_1)$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} J R (T_3 - T_1) + J R (T_3 + T_1) = \frac{5}{2} J R (T_3 - T_1)$$

$$\frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_1} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$T_3 = \sqrt{T_1 T_2}$$

$$T_1 (T_3 - T_1) = T_2 (T_2 - T_1)$$

$$T_1 \sqrt{T_1} (\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}) = T_2 (\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}) (\sqrt{T_2} + \sqrt{T_1})$$

$$T_1 \sqrt{T_1} = T_2 (\sqrt{T_2} + \sqrt{T_1}) \Rightarrow \underbrace{\left(\sqrt{T_2}\right)^3}_{a^3} + \underbrace{\left(\sqrt{T_2}\right)^2 \sqrt{T_1}}_{a^2 b} - \underbrace{\left(\sqrt{T_1}\right)^3}_{b^3} = 0$$

$$a^3 + a^2 b - b^3 = 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{T_2 - T_1}{T_1 - \sqrt{T_1 T_2}} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow T_2 (T_2 - T_1) = T_1 \sqrt{T_1} (\sqrt{T_1} - \sqrt{T_2})$$

$$T_2 (\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}) (\sqrt{T_2} + \sqrt{T_1}) = -T_1 \sqrt{T_1} (\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1})$$

$$T_2 (\sqrt{T_2} + \sqrt{T_1}) + T_1 \sqrt{T_1} = 0$$

$$T_2^{\frac{3}{2}} + T_2 T_1^{\frac{1}{2}} + T_1^{\frac{3}{2}} = 0$$

$$T_2 \left(\sqrt{\frac{T_2}{T_1}} + 1 \right) + T_1 = 0$$

$$(\sqrt{T_2})^3 + (\sqrt{T_2})^2 (\sqrt{T_1}) + \sqrt{T_1}^3 = 0$$

$$a^3 + a^2 b + b^3 = 0$$

$$(a-b)/(a^2+ab+b^2) = a/b$$

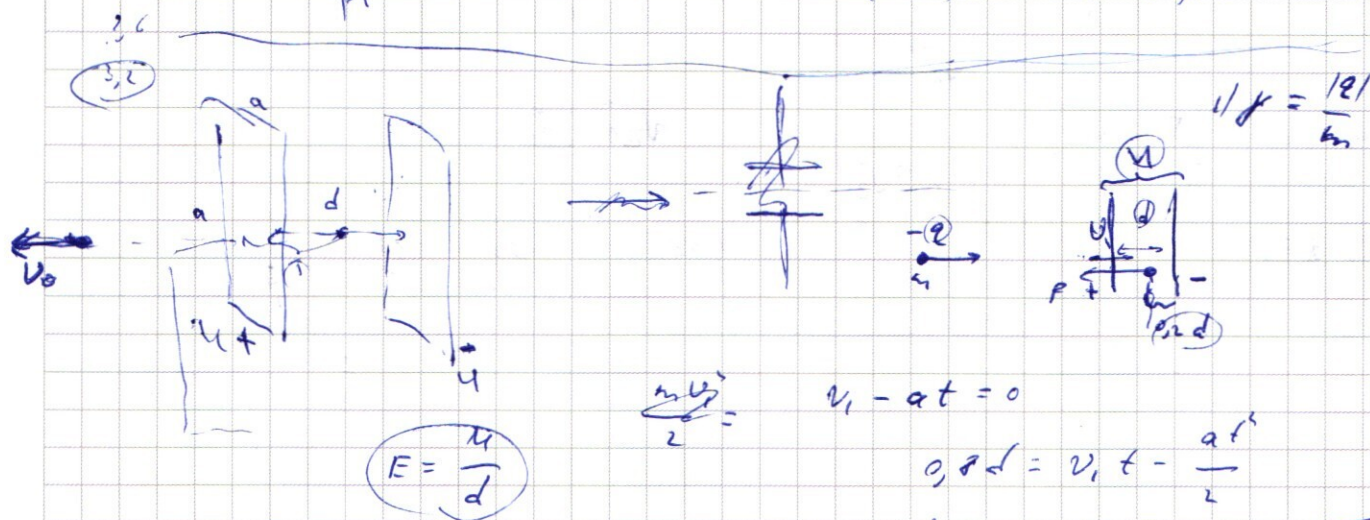
$$a^3 - b^3 = 3ab^2$$

$$(a+b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_3 \frac{V_1}{V_2}}{\frac{T_3 \rho_2}{\rho_1}}$$

$$T_2 (T_2 + T_1 + 2\sqrt{T_1 T_2}) = T_1^2 T_1$$

$$a^3 + b^3 = (a+b)(a^2 - ab + b^2) + a^2 b$$



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

$$F = qE = ma$$

$$\frac{mv_x}{2} =$$

$$v_1 - at = 0$$

$$qEd = v_1 t - \frac{at^2}{2}$$

$$S = \frac{v_1^2}{2a} \Rightarrow qEd = \frac{v_1^2}{2a} \Rightarrow \boxed{q^2 = \frac{v_1^2}{1.6d}}$$

$$t^2 \frac{q}{m} = \frac{a}{E}$$

$$at = 0, \dots$$

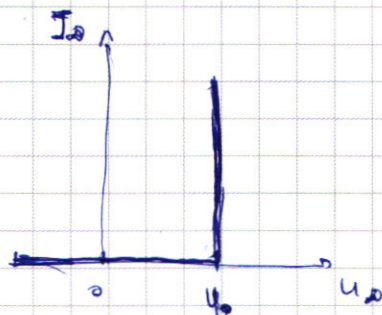
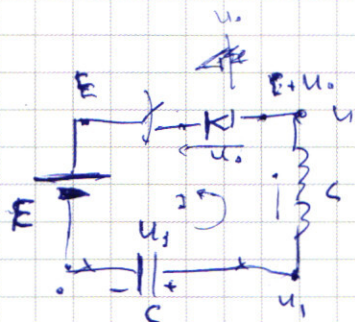
$$2d$$

$$Q_2 = a(T)$$

$$qEd = \frac{at^2}{2} = T \sqrt{\frac{1.6d}{a}}$$

$$T = T_1 + T_2$$

$$a^3 + a^2 b + b^3$$



- 1/ $\frac{dI}{dt} = ?$
- 2/ $I_{max} = ?$
- 3/ $U_2 = ?$

$$2) \quad I = \frac{U_1 - U_0}{R}$$

$$4 + 9 = 13$$

$$\frac{20}{4} = 5$$

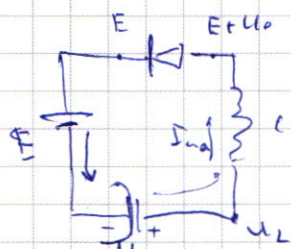
$$17 \cdot 10^{-6}$$

10

8.7

$$L \frac{dI}{dE} = U_1 - (E + U_0) \Rightarrow$$

2) когда $I = I_{max}$:



$$U_2 = E + U_0$$

$$H_0 = \Delta W_C + \frac{LI_{max}^2}{2}$$

$$\Delta Q = -CU_2 + CU_1 > 0$$

$$-(CU_2 + CU_1)E = \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2}$$

3)

$$\sqrt{2} = 1,41$$

$$1,41 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{8}{4} = 2,82 \cdot 10^{-2}$$

$$\sqrt{20} = 4,47$$

$$10^{-2} \sqrt{2}$$

$$1,96$$

$$196$$

$$1,96$$

$$\frac{1,96}{1,3}$$

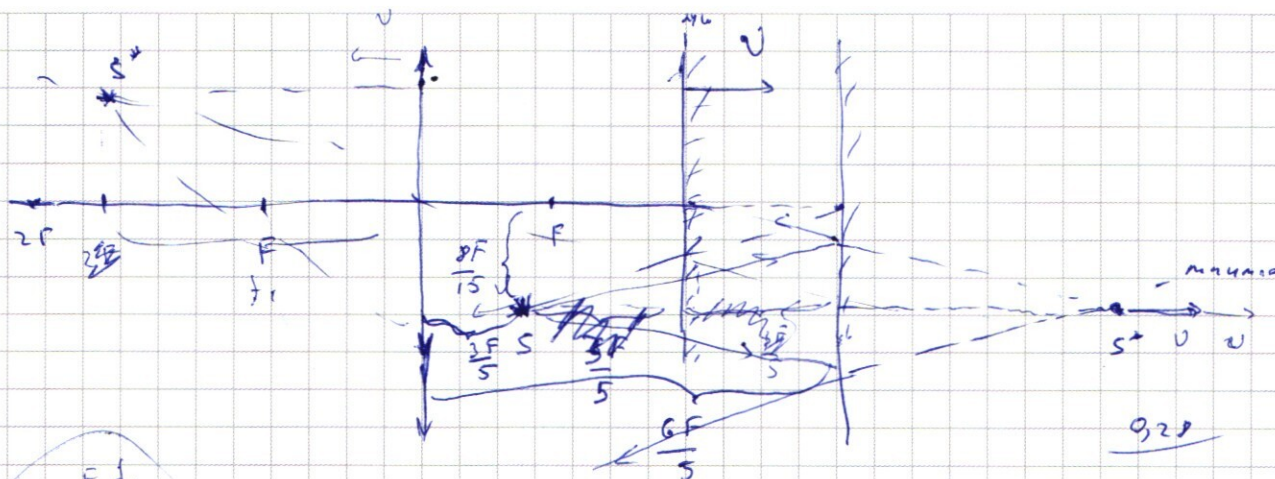
$$\frac{1,96}{1,3}$$

$$\frac{1,96}{1,3}$$

$$\frac{1,96}{1,3}$$

$$\frac{1,96}{1,3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$f_1 = \frac{F d_1}{d_1 - F}$$

$$\sqrt{0,400} = 0,632$$

$$\frac{25\sqrt{10}}{8\sqrt{2}} = 2,6$$

$$\frac{3,1}{3,1} = 1$$

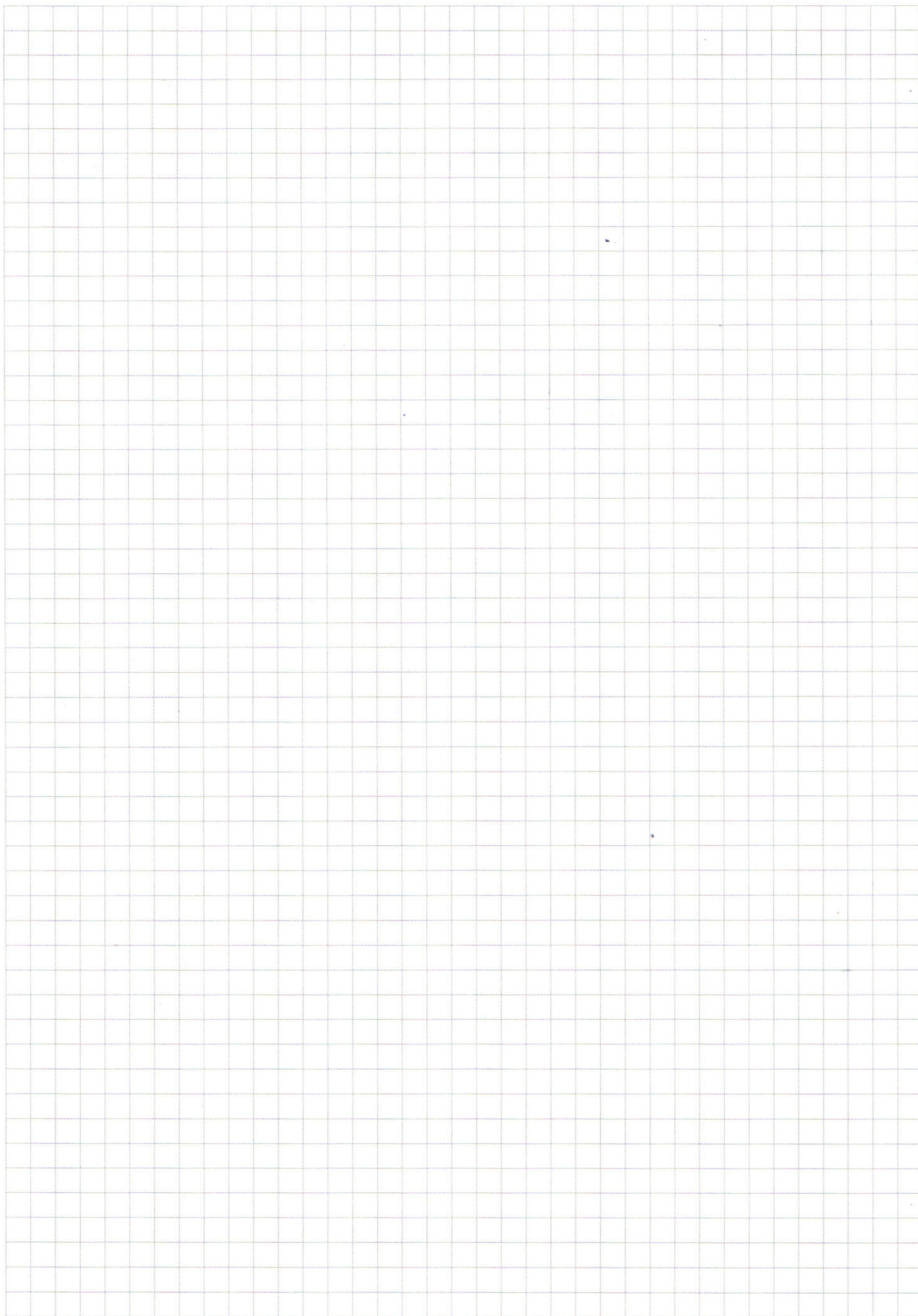
$$\frac{2,5}{2,5} = 1$$

(4)

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R} = \frac{p_1 V_2}{p_2 V_2} = \frac{p_1^2 V_2}{p_2^2 V_2} = \frac{p_1^2 T_3 (V_2)}{T_2^2 p_2^2 \nu R}$$

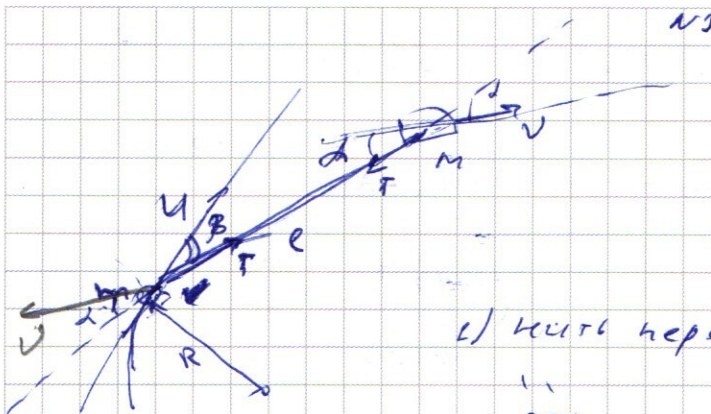
$$T_2 = \sqrt{T_1 T_3}$$



☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) 11-?

2) Vork - ?

3) T-?

1) Кить пераст.

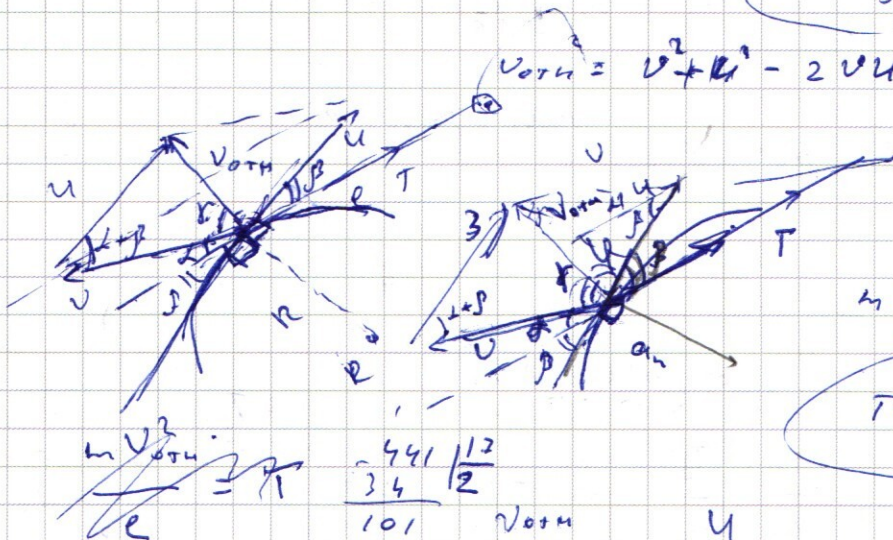
$$U \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$u = \frac{v_{\text{cord}}}{\cos \beta} = v \cdot \frac{1.5}{\frac{17}{20}} = \frac{17}{20} \cdot v$$

2/ Две отмо сит-

$$u = \frac{17}{5} \approx 3,4 \frac{m}{s}$$

$$V_{\text{result}} = v^2 + u^2 - 2vu \cos(\alpha + \beta)$$



$$m a_n = T \sin \theta$$

$$\sin \frac{4^\circ}{R} = \sin \theta$$

$$T = \frac{m v^2}{R \sin \theta}$$

$$\frac{v}{\sin \varphi} = \frac{v_{\text{atm}}}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$\frac{m V_{0n}^2 \sin^2(p + \frac{\pi}{2})}{2}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{y}{\sin \gamma}$$

$$\frac{\ln V_{0TH}^2 \sin^2(\varphi + \beta)}{R} = T$$

5

8

53

17

A hand-drawn diagram of a circle. A horizontal line segment from the center to the right edge is labeled 'r'. A vertical line segment from the center to the bottom edge is labeled 'r/2'.

$$\ln V_{\text{cash}} = \left(\frac{r}{1+r} \right)$$

$$642 \quad 17 \times 17 = 289 - 64 = 225$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ - 21 \\ \hline 21 \end{array}$$

3 2 3 5

21. 21

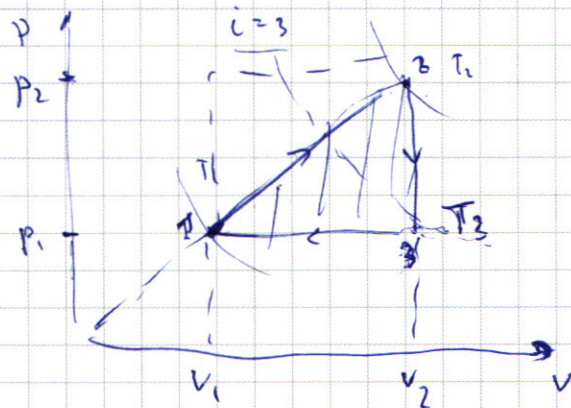
$$\begin{array}{r} 1 1 \\ + 389 \\ \underline{52} \\ 441 = \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 170 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 289 \\ \hline 35 \end{array} + 4$$

$$\sqrt{441} \mid 2$$

$$60 + 24 = 84$$



$$\frac{C_{p2}}{C_{v2}} \quad d/2 \rightarrow 3: \quad \frac{C_{p3}}{C_{v3}}$$

$$\sqrt{0,7}$$

$$(0,2)$$

$$2) \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = ?$$

$$\frac{25}{8}$$

$$3) g_{max} = ?$$

$$\frac{750/10^3}{749} (0,7)$$

$$\sqrt{0,7}$$

$$0,2 \rightarrow$$

$$Q_{23} = Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}}$$

$$\frac{3}{2} J R (T_2 - T_1) \quad \frac{P_2 + P_1}{2} (V_2 - V_1)$$

$$Q_{23} = \gamma C_{v2} (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} J R (T_3 - T_2)$$

$$C_{v2} = \frac{3}{2} R$$

$$U_{cos 2} = \gamma \cdot 2 V$$

$$\gamma = \frac{f_1}{f_1}$$

$$Q_{31} = J C_{v3} (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} J R (T_1 - T_3) + P_1 (V_2 - V_3) = \frac{5}{2} J R$$

$$\frac{C_{p1}}{C_{v1}} = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$$

$$A_{12} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1 + P_1 V_2 - P_1 V_1}{2} = \frac{J R (T_2 - T_1)}{2}$$

$$P_1 = 2 V_1 \Rightarrow \lambda = \frac{P_1}{V_1}$$

$$P_2 = 2 V_2 = \lambda \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow P_2 V_1 = P_1 V_2$$

$$\left(\frac{1}{J R} \right) V_2 = \frac{T_2}{P_2} = \frac{T_3}{P_1}, \quad \left(\frac{1}{J R} \right) P_1 = \frac{T_1}{V_1} = \frac{T_3}{V_2} \Rightarrow T_1 = \frac{V_1}{V_2} T_2 = \frac{P_1 V_2}{P_2 V_1} T_2 = T_3$$

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

$$\gamma = \frac{f_1}{f_1} = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$$

$$T_3 = \sqrt{T_1 T_2}$$

$$3) g_{max} = 1 - \frac{Q_{23}}{Q_{31}} = \frac{Q_{12}}{Q_{31}} = \frac{\Delta U_{12} + A_{12}}{Q_{31}} = \frac{\frac{5}{2} J R (T_2 - T_1)}{\frac{5}{2} J R (T_1 - T_3)}$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{3}{2} J R (T_1 - T_3) + P_1 (V_1 - V_3) = \frac{5}{2} J R (T_1 - T_3)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{Q_{12}}{Q_{31}} = \frac{T_2 - T_1}{T_1 - \sqrt{T_1 T_2}} = \frac{T_1}{T_2}$$

$$\sqrt{1 + \frac{32}{75}} = 1,07$$