

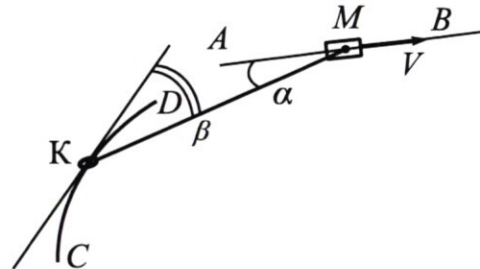
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

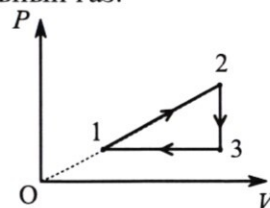
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной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



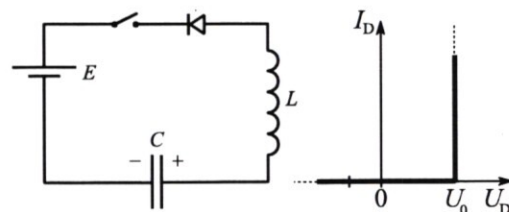
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается между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

В вакууме

- 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.

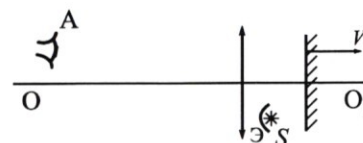
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

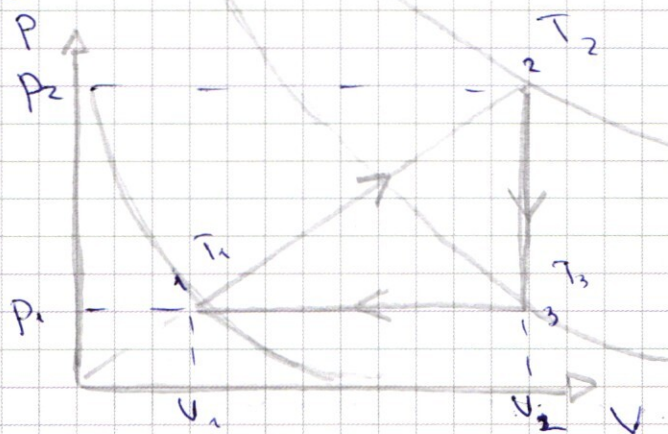
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

Задача 2



Пусть газа ν молей
 P_1, V_1, T_1 - в точке 1
 P_2, V_2, T_2 - в точке 2
 P_1, V_2, T_3 - в точке 3

1) Проведем изотермы через точки 1, 2, 3

2) Заметим, что $T_2 > T_3 > T_1 \Rightarrow$ понижение температуры происходит на участках 2-3 и 3-1.

$$3) Q_{23} = C_{23} \cdot \nu (T_3 - T_2) = \Delta U_{23} + A_{23} \quad (\text{по I началу термодинамики})$$

$A_{23} = 0$, т.к. процесс изохорный

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

$$3) Q_{23} = C_{23} \nu (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) \quad C_{23} = \frac{3}{2} R$$

$$4) Q_{31} = C_{31} \nu (T_1 - T_3) = A_{31} + \Delta U_{31}$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3)$$

$$A_{31} = -S_{13} \quad (\text{под графиком 3-1})$$

$$A_{31} = p(V_1 - V_2) = pV_1 - pV_2 = \cancel{\cancel{p}}RT_1 - \cancel{\cancel{p}}RT_3 = \cancel{\cancel{p}}R(T_1 - T_3)$$

$$\begin{aligned} pV_1 &= \cancel{\cancel{p}}RT_1 \\ pV_2 &= \cancel{\cancel{p}}RT_3 \end{aligned} \quad (\text{уравнение Менделеева-Клапейрона})$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = \frac{5}{2} \cancel{\cancel{p}}R(T_1 - T_3) = C_{31} \cancel{\cancel{p}}(T_1 - T_3)$$

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

$$5. \quad \boxed{\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5}}$$

$$2) \quad Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} \quad (\text{I закон термодинамики})$$

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

$$A_{12} = + S_{rp} \quad (\text{под графиком 1-2})$$

$$A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_1 V_2 + p_2 V_2 - p_1 V_1 - p_2 V_1)$$

$$\text{Из условия: } \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow p_1 V_2 = p_2 V_1 \quad (\text{подставим это})$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} \cancel{\cancel{p}}RT_2 - \frac{1}{2} \cancel{\cancel{p}}RT_1 = \frac{1}{2} \cancel{\cancel{p}}R(T_2 - T_1)$$

по уравнению Менделеева-Клапейрона.

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 2 \cancel{\cancel{p}}R(T_2 - T_1)$$

$$\boxed{\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2 \cancel{\cancel{p}}R(T_2 - T_1)}{\frac{1}{2} \cancel{\cancel{p}}R(T_2 - T_1)} = 4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3). Пусть $V_1 = V$, а $V_2 = k \cdot V$ и $T_1 = T$

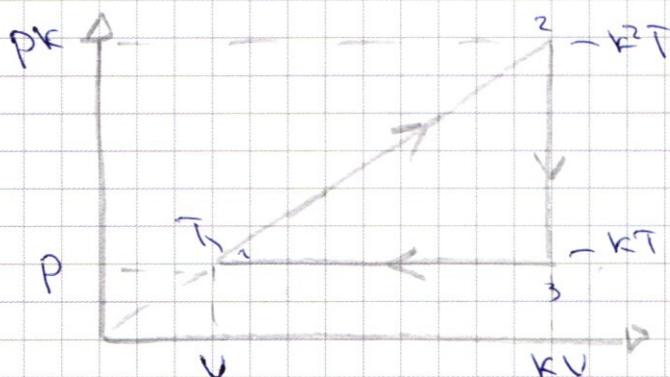
Тогда по ф-ле Менделеева-Клапейрона

$$pV = \nu RT$$

$$p_2 V_2 = p_2 \cdot kV = \nu RT_2 = k^2 pV = \nu RT_2 \quad (\text{т.к. } p \text{ постоянна})$$

$$T_2 = k^2 T$$

$$p_1 V_2 = p kV = \nu RT_3 \Rightarrow T_3 = kT$$



$$\eta = \frac{A_z}{Q_n}$$

, где

Q_n - подведенная теплота

A_z - работа газа за цикл.

$$A_z = S_{\text{ф}} = \frac{1}{2} (pk - p)(kV - V) = \frac{1}{2} pV (k - 1)^2$$

В процессе 2-3 $A_{23} = 0$, $\Delta U_{23} < 0$, т.к. температура падает $\Rightarrow Q_{23} < 0$

В процессе 3-1 $A_{31} < 0$, т.к. газ сжимают $\Rightarrow Q_{31} < 0$
 $\Delta U_{31} < 0$, т.к. температура падает $\Rightarrow Q_{31} < 0$

Значит $Q_k = Q_{12}$

из цикла 2) $Q_{12} = 2DR(T_2 - T_1) =$
 $= 2DR(k^2 T - T) = 2DRT(k^2 - 1) = 2pV(k^2 - 1)$

$$pV = DRT$$

Подставим в формулу КПД $k \neq 1$

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_k} = \frac{\frac{1}{2} pV(k-1)^2}{2 pV(k^2-1)} = \frac{(k-1)}{4(k+1)}$$

$$\forall k \quad \frac{k-1}{k+1} < 1 \Rightarrow \frac{k-1}{4(k+1)} < \frac{1}{4}$$

При k , стремящемся к ∞

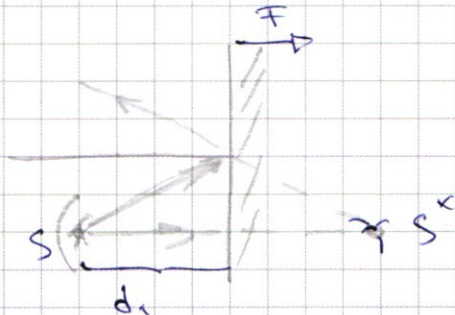
$$\lim \eta = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{k-1}{4(k+1)} = \frac{1}{4} \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{k-1}{k+1} = \frac{1}{4}$$

Ответ: 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$ 2) $\frac{Q_{12}}{A_{\Sigma}} = 4$ 3) $\eta_{\max} = \frac{1}{4}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5

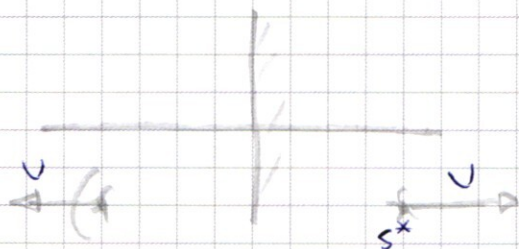
Рассмотрим только источник и зеркало



По условию $d_1 = F - \frac{F}{3} = \frac{2F}{3}$

Изображение S' предмета S в зеркале находится на таком же расстоянии от зеркала, как и предмет S : $f_1 = d_1 = \frac{2F}{3}$

Переидем в со зеркала, тогда $V_n = V$ и
направление от зеркала



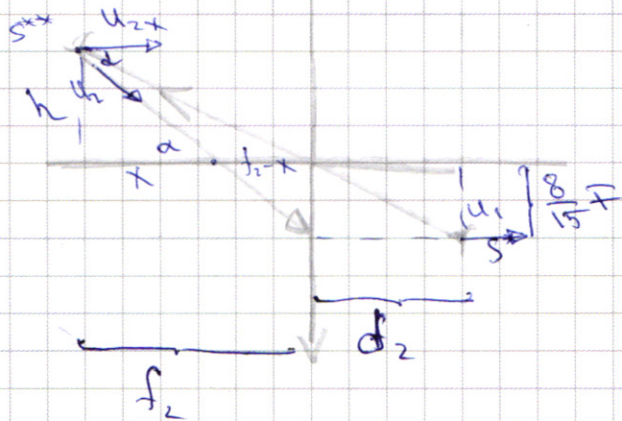
$u_1 = V$ (т.к. увели-
чение в зеркале равно 1)

Переидем обратно в со земли. Тогда
скорость изображения будет $V + V = 2V = u_1$,
т.к.

$$\overline{V_{абс}} = \overline{V_{отн}} + \overline{V_{пер}}$$

$$V_{абс} = u_1 = 2V$$

Рассмотрим только линзу и действительный для нее предмет s^*



$$d_1 = F + f_1 = \frac{5}{3} F$$

$d_2 > F \Rightarrow$ изображение s^* предмета s^* в линзе действительное

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} \quad \boxed{f_2 = \frac{F d_2}{d_2 - F} = \frac{\frac{5}{3} F}{\frac{2}{3}} = \frac{5}{2} F}$$

2) Прямая, содержащая вектор скорости изображения и содержащая вектор скорости предмета, пересекаются на линзе (либо параллельны ей).

Из подобия видно, что

$$\frac{h}{\frac{8}{15} F} = \frac{f_2}{d_2} = \frac{3}{2} \quad h = \frac{3}{2} \cdot \frac{8}{15} F = \frac{4}{5} F$$

Также из подобия

$$\frac{x}{f_2 - x} = \frac{h}{\frac{8}{15} F} = \frac{3}{2}$$

$$2x = \frac{15}{2} F - 3x$$

$$5x = \frac{15}{2} F \quad x = \frac{3}{2} F$$

$$\boxed{\tan \alpha = \frac{h}{x} = \frac{\frac{4}{5}}{\frac{3}{2}}} = \frac{8}{15}$$

$$\sin \alpha = \frac{8}{17} \quad \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) u_{2x} - проекция скорости $\vec{s}^{**}$ на главную оптическую ось.

Тогда $u_{2x} = \Gamma^2 \cdot u_1$, где Γ - увеличение изображения

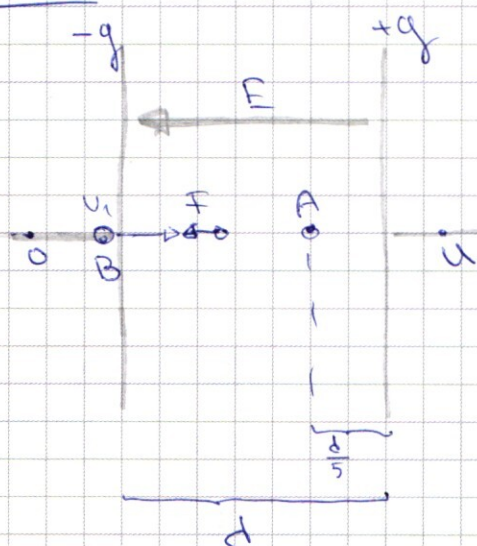
$$\Gamma = \frac{f_2}{d_2} = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{5}{3}} = \frac{3}{2}$$

$$u_{2x} = \Gamma^2 u_1 = 2V \cdot \frac{9}{4} = \frac{9}{2} V$$

$$\text{Тогда } u_2 = \frac{u_{2x}}{\cos \alpha} = \frac{9}{2} V : \frac{15}{17} = \frac{51}{10} V = 5,1 V$$

Ответ: 1) $f_2 = \frac{5}{2} F$ 2) $\tan \alpha = \frac{8}{15}$ 3) $u_2 = 5,1 V$.

Задача 3



Пусть внутри конд.
напряженность E .

Т.к. заряд положит.
тельный и его скорость
уменьшилась $\Rightarrow$ он
влетел в отриц. заряде
пластину.

Пусть потенциал левой обкладки 0,
а правой обкладки U .

$$U = E \cdot d$$

По ЗСЭ: $\frac{mV_1^2}{2} = \varphi_B q = \varphi_A q$

$$\frac{mV_1^2}{2} = (\varphi_A - \varphi_B) q = Uq = \frac{4}{5} E d q \quad (1)$$

Также запишем 2-й для заряда,
когда он движется внутри конденсатора

$$m\bar{a} = \bar{F}_z$$

$$ma = -Eq$$

$$a = -E \frac{q}{m} = -E\delta$$

Заряд движется равноускоренно и остано-
вится $\Rightarrow$

$$V_1 + aT = 0$$

$$V_1 = ET\delta \quad E = \frac{V_1}{T\delta}$$

Подставлю это в (1)

$$mV_1^2 = \frac{8V_1 d q}{5T\delta}$$

$$V_1^2 = \frac{8V_1 d \delta}{5T\delta}$$

$$V_1 = \frac{8d}{5T}$$

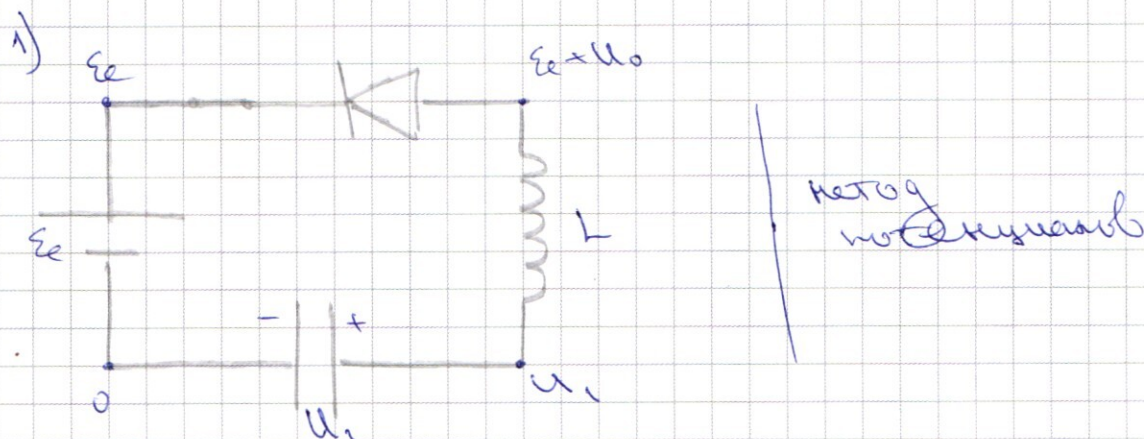
$$T = \frac{8d}{5V_1}$$

$$2) \quad U = Ed = \frac{V_1}{T\delta} \cdot d = \frac{V_1 d}{\delta} \cdot \frac{5V_1}{8d} = \frac{5V_1^2}{8\delta}$$

Ответ: 1) $T = \frac{8d}{5V_1}$ 2) $U = \frac{5V_1^2}{8\delta}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4

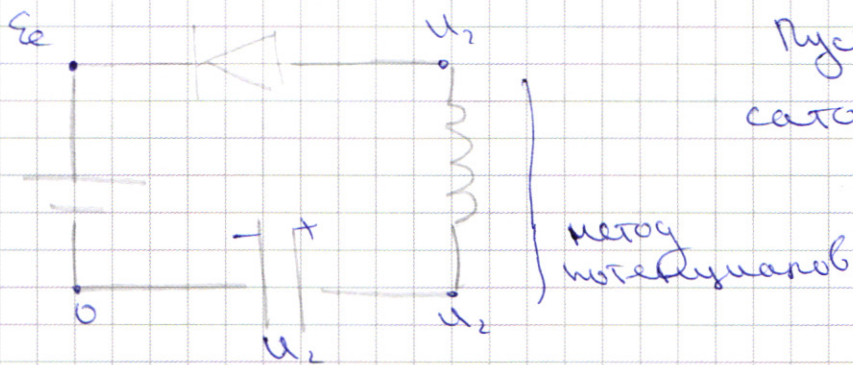


Напряжение на ---||--- скачком не меняется $\Rightarrow$ сразу после замыкания $U_C = U_0$
 Ток через ---||--- скачком не изменится $\Rightarrow$
 $I(0) = 0$.

$I'(0) > 0$, т.к. ток потечет после
 напряжения на диоде $U_D(0) = U_0$, т.к.
 ток потечет сразу после.

$$U_L = I' \cdot L \quad \boxed{I'(0) = \frac{U_L(0)}{L} = \frac{U_1 - \varepsilon - U_0}{L} = 10 \frac{\text{A}}{\text{с}}}$$

2). В установившемся режиме ток
 через ---||--- не течет, напряжение на
 ---||--- равно 0

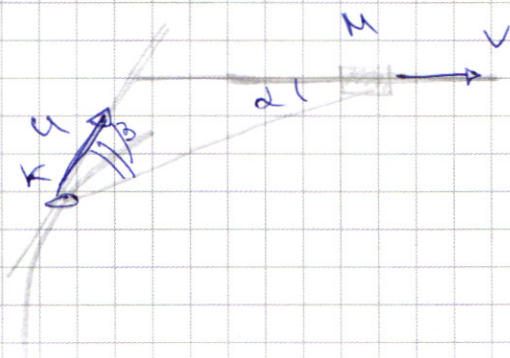


Пусть заряд конденсатора U_2

$U_2 - \mathcal{E} \leq U_0$ заряд будет утекать с правой обкладки конденсатора, когда $U_2 = \mathcal{E} + U_0$, ток через $\text{---}\text{>}$ прекратится $\Rightarrow$ заряд не будет меняться

$$\boxed{U_2 = \mathcal{E} + U_0 = 4B}$$

Задача 1



1). Кольцо К движется по окружности $\Rightarrow$ (в со земли)

в со земли скорость K направлена по касательной к окружности.

Трос не рвется $\Rightarrow$ проекции скоростей муфты и кольца на трос равны.

$$u \cdot \cos \beta = V \cdot \cos \alpha \quad u = V \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = V \cdot \frac{3 \cdot 17}{40} = 51 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

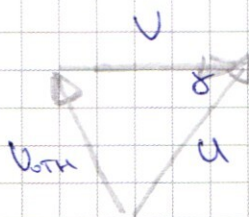
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2). По закону сложения скоростей

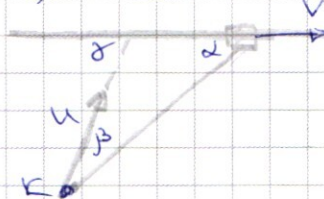
$$\vec{V}_{абс} = \vec{V}_{отн} + \vec{V}_{пер}$$

$$\vec{u} = \vec{V}_{отн} + \vec{V}$$

$$\vec{V}_{отн} = \vec{u} - \vec{V}$$



$\delta = \beta + \alpha$, т.к. внешний



$$\cos \delta = \cos(\beta + \alpha) = \cos \beta \cdot \cos \alpha - \sin \beta \cdot \sin \alpha$$

$$\cos \beta = \frac{8}{17} \quad \sin \beta = \frac{15}{17}$$

$$\Rightarrow \cos(\delta) = \frac{24}{85} - \frac{60}{85} = -\frac{36}{85}$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5} \quad \sin \alpha = \frac{4}{5}$$

По Теореме косинусов

$$V_{отн}^2 = V^2 + u^2 - 2V \cdot u \cos \delta = V^2 + u^2 + \frac{72}{85} V \cdot u =$$

$$= V^2 + \left(\frac{51}{40}\right)^2 V^2 + \frac{72 \cdot 51}{40 \cdot 85} V^2 = V^2 + \left(\frac{51}{40}\right)^2 V^2 + \frac{27}{25} V^2$$

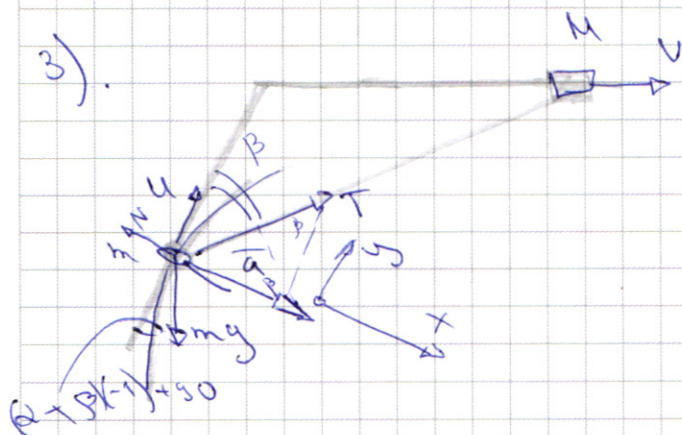
$$V_{отн} = V \sqrt{1 + \left(\frac{51}{40}\right)^2 + \frac{27}{25}} \approx V \sqrt{1 + \frac{13}{80} + \frac{27}{25}} \approx V \sqrt{3,7}$$

Ответ: 2) $V_{отн} = 40\sqrt{3,7} \frac{cm}{c}$

1) $u = 51 \frac{cm}{c}$

Задача 1

3).



Т.к. кольцо движется только вращательно по окружности, полное ускорение направлено к центру окружности.

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

Спроецируем ЭН на ось ОУ:

$$y: \cancel{ma} = T \sin$$

$$0 = T \cos \beta - mg \cos(\alpha + \beta)$$

$$T = \frac{mg \cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta} =$$

Задача 3

3) $V_0 = V_1$, т.к. вне конденсатора поля нет $\Rightarrow$ вне него заряд не меняет скорость

ответ: 3) $V_0 = V_1$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$I_0^2 = C(u_c^2 - u^2 - 2\varepsilon(u_c - u))$$

$$I_0' = -2u + 2\varepsilon = -2(u - \varepsilon) \quad \underline{u = \varepsilon}$$

2) $U_L = L \cdot I_0' \Rightarrow$ ток возрастает, пока

$U_L > 0 \Rightarrow$ пока U_L не равно

①

$\frac{x}{x} = \frac{4}{3}$
 $x = \frac{3h}{4}$

$\cos \alpha = \frac{3}{5}$
 $\sin \alpha = \frac{4}{5}$
 $\tan \alpha = \frac{4}{3}$

$\cos \beta = \frac{8}{17}$
 $\sin \beta = \frac{15}{17}$
 $\tan \beta = \frac{15}{8}$

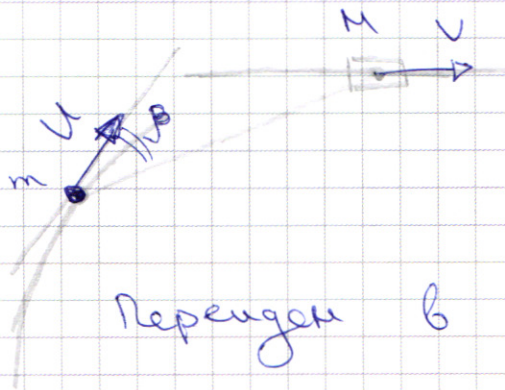
$\frac{x}{y} = \frac{15}{8}$
 $y = \frac{8h}{15}$

$\left(\frac{8}{15} \times \frac{3}{4}\right)h =$
 $= \frac{32 \times 45}{60}h = \frac{77}{60}h =$
 $= \frac{17R}{15}$

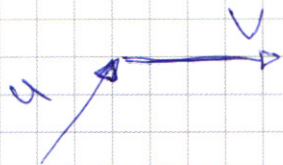
$\frac{15}{17} \left(\frac{17h}{15} - u_{ot}\right) = \frac{4}{5} \left(\frac{3}{4}h + ot \cdot V\right)$

$-\frac{15}{17} u_{ot} = \frac{4}{5} ot \cdot V$
 $u = \frac{u \cdot 17}{75} V$

$h = \frac{17 \cdot 4R}{77}$



Переносим в СО муфты тогда



$$\vec{u}_{абс} = \vec{u}_{отн} + \vec{V}$$

$$\vec{u} = \vec{u}_{отн} + \vec{V}$$

$$2500 + 1 \cdot 100 =$$

$$\frac{2601}{1600}$$

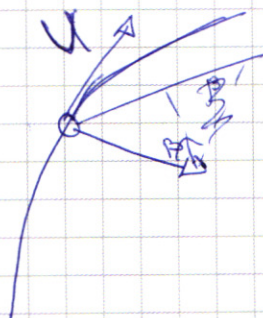
$$\frac{26}{16}$$

$$\frac{13}{8}$$



$$\begin{array}{r} 160 \\ 56 \\ 2160 \\ 525 \end{array}$$

$$\frac{21}{8} + \frac{27}{25} = \frac{21 \cdot 25 + 27 \cdot 8}{200} = \frac{525 + 216}{200} = \frac{741}{200} = 3,7$$



$$ma = \frac{u^2}{R}$$

$$a = \frac{u^2}{mR}$$

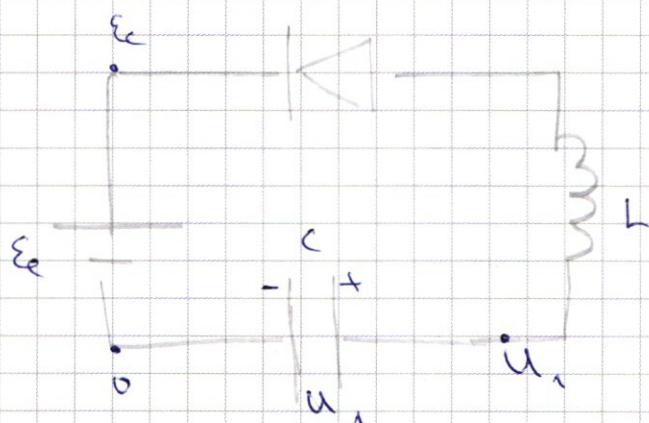
$$\underline{ma \sin \alpha = T}$$



$$180 - (\alpha + \beta) - 90 = 90 - (\alpha + \beta)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

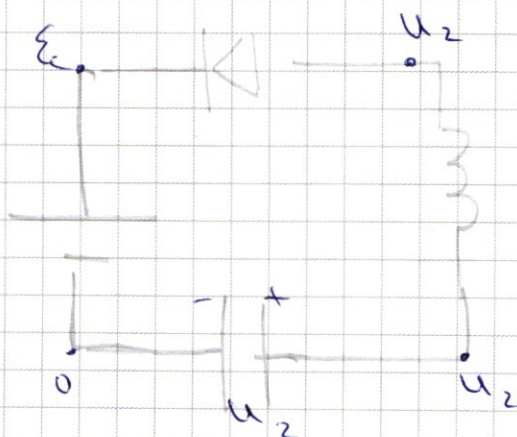
$$U = Ed = \frac{V_1}{\delta} d = \frac{V_1 d}{\delta} \cdot \frac{5V_1}{2d} = \frac{5V_1^2}{2\delta}$$



$$U_2 = I' \cdot L$$

$$I' = \frac{U_2}{L}$$

В этот ток через $\rightarrow$ не течет, напряжение $U_2 = 0$



$$U_2 - \mathcal{E} \leq U_0$$

заряд будет утекать

с правой обкладки $\rightarrow$

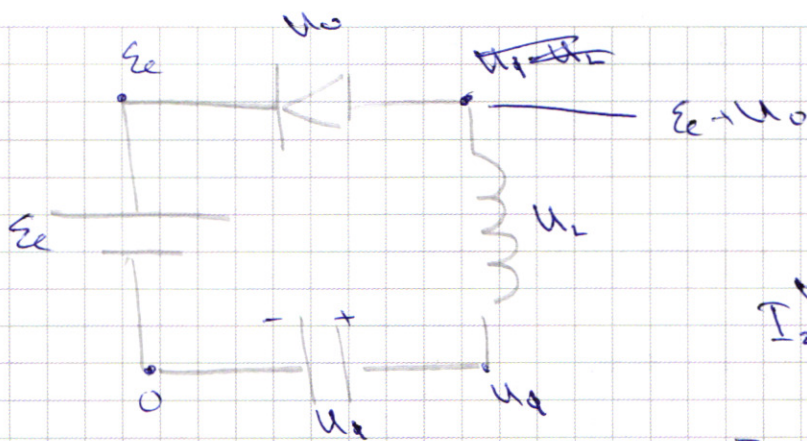
когда $U_2 = \mathcal{E} + U_0$

ток через $\rightarrow$ пере-

станет нули $\Rightarrow$ заряд

не будет уменьшаться

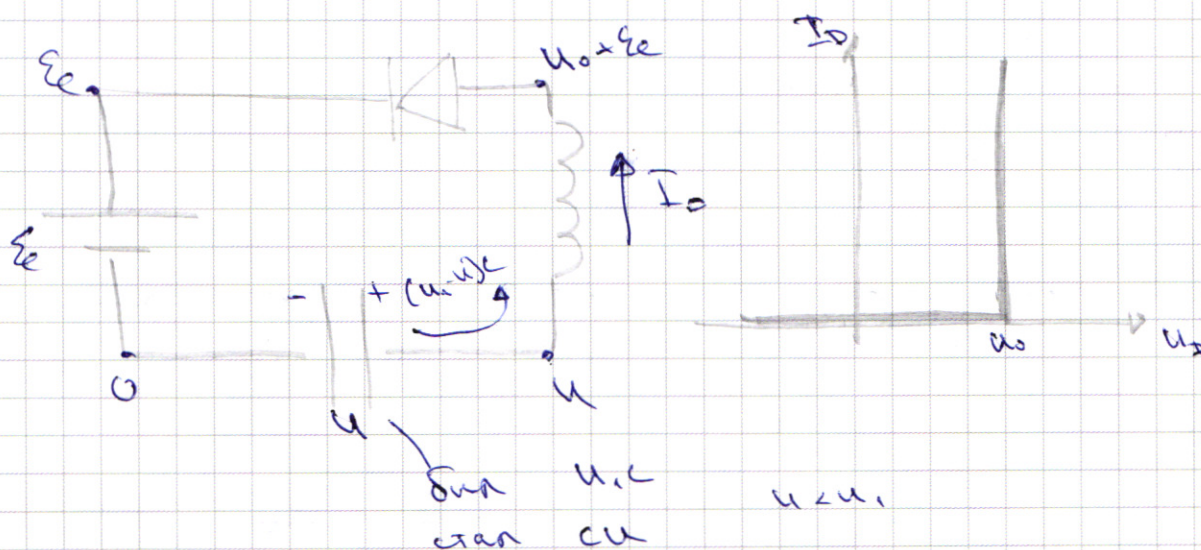
$$U_2 = \mathcal{E} + U_0 = 4\text{В}$$



$$I_3 = \frac{U_L - (U_c + U_0)}{L} = \frac{2}{0,2} = 10 \frac{A}{c}$$

$$U_D = (U_L - U_c) - U_L \leq U_0$$

Рассмотрим момент, когда течет $(I_{max} = I_0)$



$$-U_c(U - U_0)c = W_{кон} - W_{раз} + Q = 0$$

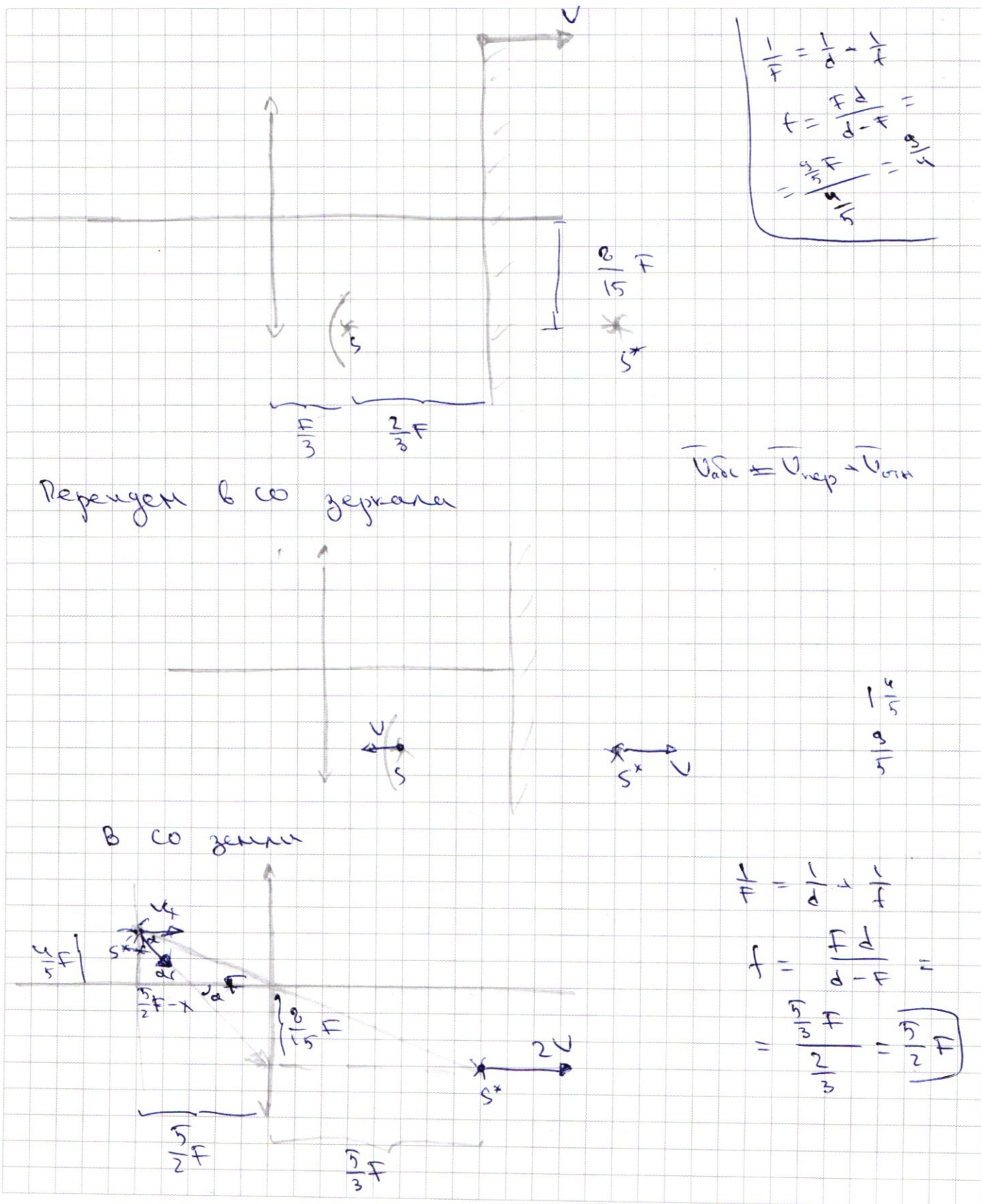
$$W_{кон} = \frac{cU^2}{2} = \frac{L I_0^2}{2}$$

$$W_{раз} = \frac{cU_0^2}{2}$$

$$-2U_c(U - U_0)c = cU^2 + L I_0^2 - cU_0^2$$

$$I_0^2 = \frac{c}{L} (U^2 - U_0^2 + 2U_c U + 2U_c U_0)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{\frac{5}{3}}{\frac{5}{2}} = \frac{\frac{8}{15} F}{x}$$

$$x = \frac{\frac{8}{15}}{\frac{5}{2}} = \frac{4}{5} F$$

$$\frac{\frac{8}{5}}{\frac{8}{15}} = \frac{\frac{5}{2} F - x}{x} = \frac{3}{2}$$

$$\begin{aligned} \cos \\ \sin \alpha &= \frac{8}{17} \\ \cos \alpha &= \frac{15}{17} \end{aligned}$$

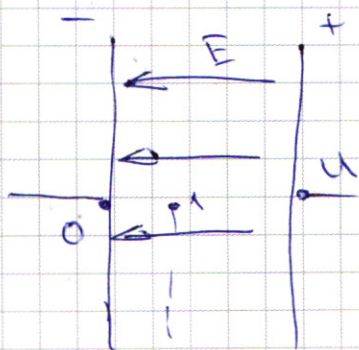
$$3x = 5F - 2x \quad x = F$$

$$\boxed{\tan \alpha = \frac{8}{15}}$$

$$\Gamma = \frac{5}{2} : \frac{5}{3} = \frac{3}{2}$$

$$u_x = \Gamma^2 \cdot U_x = \Gamma^2 \cdot 2V = \frac{9}{4} \cdot 2V = \underline{4,5V}$$

$$u = \frac{u_x}{\cos \alpha} = \frac{4,5V}{\frac{15}{17}} = \frac{9}{2} V : \frac{15}{17} = \frac{3 \cdot 17 V}{2 \cdot 5} = \boxed{5,1V}$$



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

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$F = qE$$

$$ma = qE$$

$$a = \gamma E$$

$$V_1 = \gamma E T$$

$$E = \frac{V_1}{\gamma T}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} + \Phi = \psi \cdot q$$

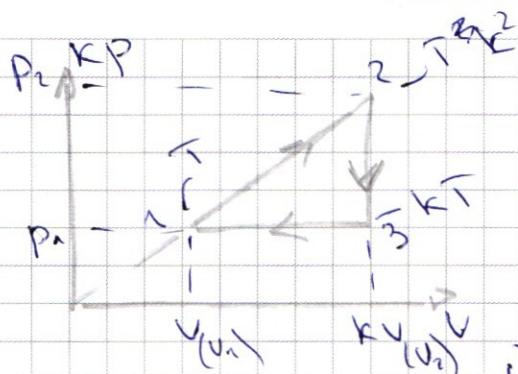
$$\varphi_1 = E \cdot 0,2d$$

$$V_1^2 = \frac{2q}{m} \cdot \frac{1}{5} E d = \frac{2Ed}{5\gamma}$$

$$V_1^2 = \frac{2V_1 d \gamma}{\gamma T \gamma}$$

$$\boxed{T = \frac{2d}{5V_1}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$i = 3$

$$\frac{c_{23}}{c_{31}} = ?$$

$$pV = \nu RT$$

$$p_k V = \nu R T_3$$

$$\frac{T_3}{T} = k \quad T_3 = kT$$

$$1) \quad Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = 0$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (kT - T k^2) = \underline{\underline{\frac{3}{2} \nu R \Delta T}}$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} =$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad A_{31} = p_0 V =$$

$$= pV - p_k V = \nu R \Delta T$$

$$Q_{31} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T \quad \left(\frac{c_{23}}{c_{31}} = \frac{3}{5} \right)$$

$$2) \quad Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (\Delta T)$$

$$A_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_1 V_2 + p_2 V_2 - p_1 V_1 - p_2 V_1) =$$

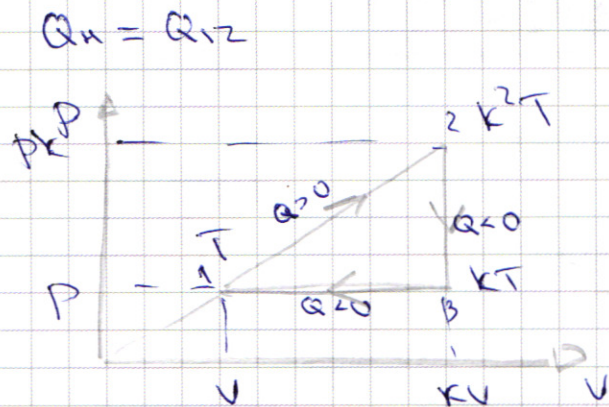
$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad p_1 V_2 = p_2 V_1 \quad = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2} \nu R \Delta T$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T}{\frac{1}{2} \nu R \Delta T} = \underline{\underline{3}}$$

3). $\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_H}$

$$A_{\Sigma} = \frac{1}{2} (pk - p)(vk - v) =$$

$$= \frac{1}{2} pV (k-1)^2$$



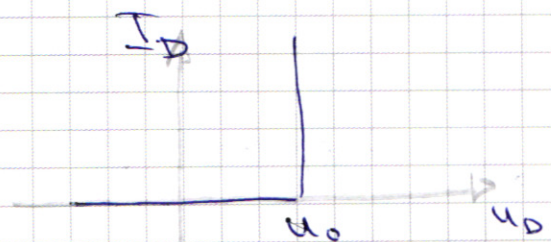
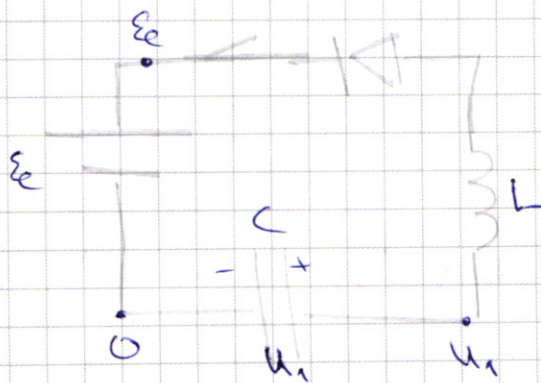
$$Q_H = Q_{12} = Q_{12} - A_{12} = 2pV(k^2T - T) = 2pV(k^2 - 1)$$

$$\frac{A_{\Sigma}}{Q_H} = \frac{(k-1)^2}{4(k-1)(k+1)} = \frac{(k-1)}{4(k+1)}$$

$$k \neq 1 \quad \frac{1}{4} \left(\frac{k-1}{k+1} \right)' = \frac{1 \cdot (k+1) - (k-1)}{4(k+1)^2} = \frac{2}{4(k+1)^2} = \frac{1}{2(k+1)^2}$$

25%

4)



Ток через индуктор и напряжение на конденсаторе не меняются

$$I_D = 0 \Rightarrow U_D =$$