

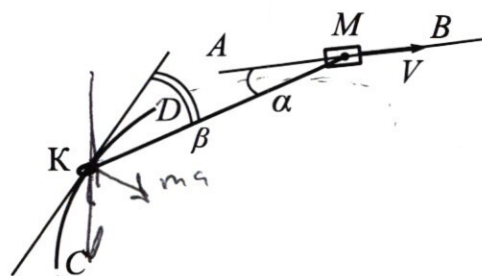
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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

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.



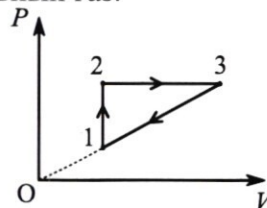
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

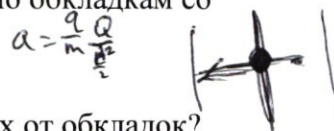
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.

2) Найти в изобарном процессе отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



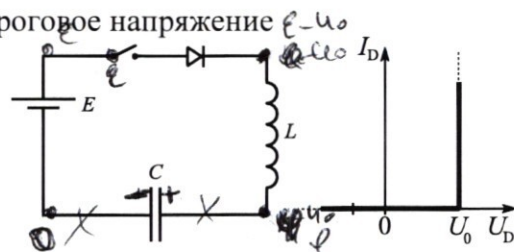
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица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

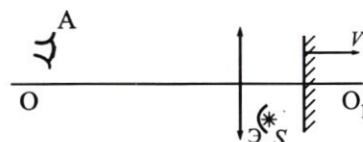
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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

№ 1.

$$V = 34 \text{ м/с}$$

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

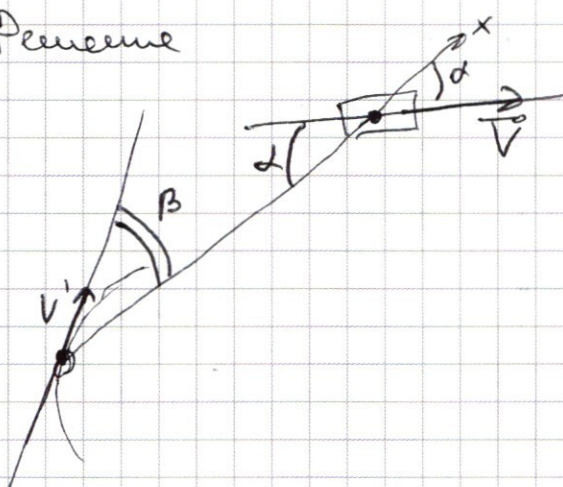
$$R = 0,53 \text{ м}$$

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

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

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

Решение

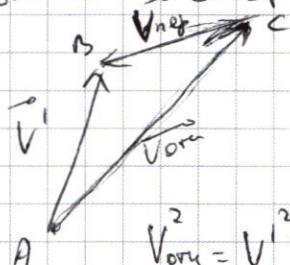


- 1) Кольцо движется со скоростью V по дуге окружности радиуса R . Вектор скорости V направлен по касательной к её траектории (окружности).

Проекция скорости V на ось OX равна проекции скорости V' на ось OX .

$$Ox: V' \cos \beta = V \cos \alpha \Rightarrow V' = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{34 \cdot \frac{15}{17}}{\frac{3}{5}} = 50 \text{ м/с}$$

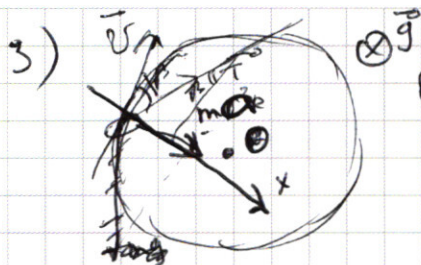
- 2) Перенесем в СО муфта и нарисуем треугольник скоростей:



$$\angle BAC = \beta$$

$$\angle BCA = \alpha \Rightarrow \angle B = 180 - \beta - \alpha$$

$$\begin{aligned} V_{отн}^2 &= V'^2 + V_{пер}^2 + 2 V' V_{пер} \cos(\beta + \alpha) = \\ &= 50^2 + 34^2 + 2 \cdot 50 \cdot 34 \cdot \cos(\beta + \alpha) = \\ &= 50^2 + 34^2 + 2 \cdot 50 \cdot 34 (\cos \beta \cos \alpha - \sin \beta \sin \alpha) = \\ &= 50^2 + 34^2 + 2 \cdot 50 \cdot 34 \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} - \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} \right) = \\ &= 50^2 + 34^2 + 2 \cdot 50 \cdot 34 \cdot \frac{13}{17} = 50^2 + 34^2 + 40 \cdot 13 = \\ &V \approx 64,5 \text{ м/с} \end{aligned}$$



Ок $ma = T \sin \beta$
 $\frac{0,3 \cdot 0,5^2 \omega^2}{0,53 \cdot 4}$

$\Rightarrow T = \frac{ma}{\sin \beta} = \frac{m v^2}{R \sin \beta} =$
 $\frac{0,3 \cdot (0,5)^2 \cdot 5}{0,53 \cdot 4} = \frac{0,3 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 5}{0,53 \cdot 4} \approx$

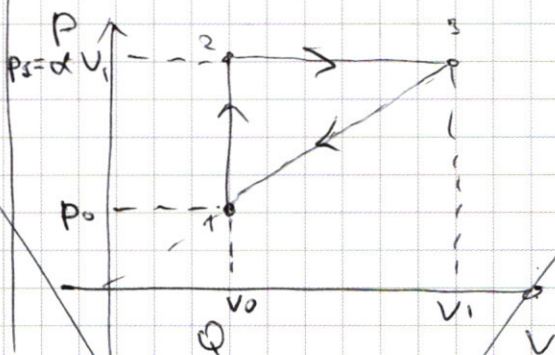
$\approx 0,17 \text{ Н.}$

№2.

Ответ: а) 50 см/с б) 0,17 Н
 в) 64,5 см/с

Решение

$\dot{e} = 3$
 $p_1 = \alpha U$



1) повышение температуры при сжатии по участкам 1-2 и 2-3 т.к. потеря в т. 2 меньше, а потеря в т. 3 больше, а потеря в т. 2 больше, а потеря в т. 3 больше.

$C_p = \frac{Q}{\Delta T}$
 $C_{p12} = \frac{Q_{12}}{V(T_2 - T_1)}$

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A$. Процесс изохорный $\Rightarrow A = 0$.

$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{\dot{e}}{2} \gamma R (T_2 - T_1)$

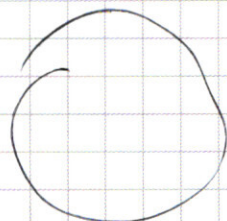
~~$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{\dot{e}}{2} \gamma R (T_2 - T_1)$~~

по у-ю Менделеева идеального газа состояния

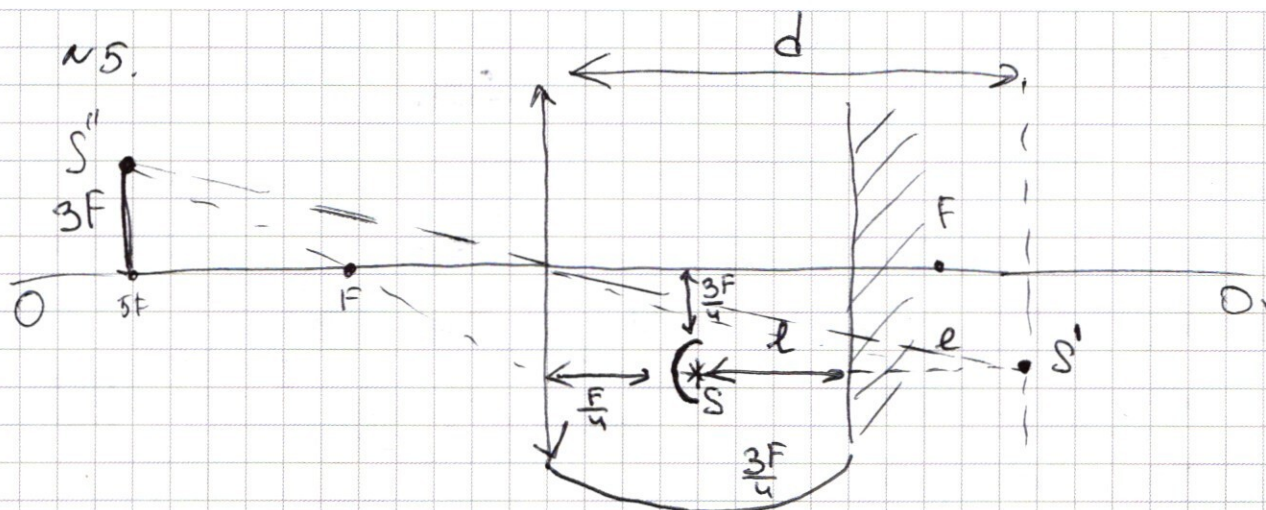
1 и 2: $p_0 V_0 = \gamma R T_1 \Rightarrow \gamma R (T_2 - T_1) = V_0 (p_1 - p_0)$,
 $p_1 V_0 = \gamma R T_2$

тогда $Q_{12} = \frac{\dot{e}}{2} \gamma R V_0 (p_1 - p_0)$. $p_1 = \alpha U_1$
 $p_0 = \alpha U_0$, тогда

$Q_{12} = \frac{\dot{e}}{2} \alpha U_0 (U_1 - U_0) \Rightarrow C_{p12} =$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



① S' -изображение предмета в зерноре в момент, когда расстояние от зеркала до предмета равно 20 см .

$$\Rightarrow d = \frac{F}{4} + 2l = \frac{F}{4} + F = \frac{5F}{4} \quad \text{суммирование}$$

$\Rightarrow d = \frac{1}{u} + 2l = \frac{1}{u} + l = \frac{1}{u}$ соотнесение
 где формула линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ длина объектива равное,
 $\frac{5}{5F} = \frac{4}{5F} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{5F} = \frac{1}{f} \Rightarrow \boxed{f = 5F}$ т.к. $d > f$.
объект на первом фокусе.

2) пог. уном 0° и 90° . Там в any case, no ^{zero} ^{angle}
between the vectors V or frequency, so it is obvious

предела в жизни является ее предела и даже со своей
V. Поверенная широта равна нулю, если только ~~предела~~ ^{предела}

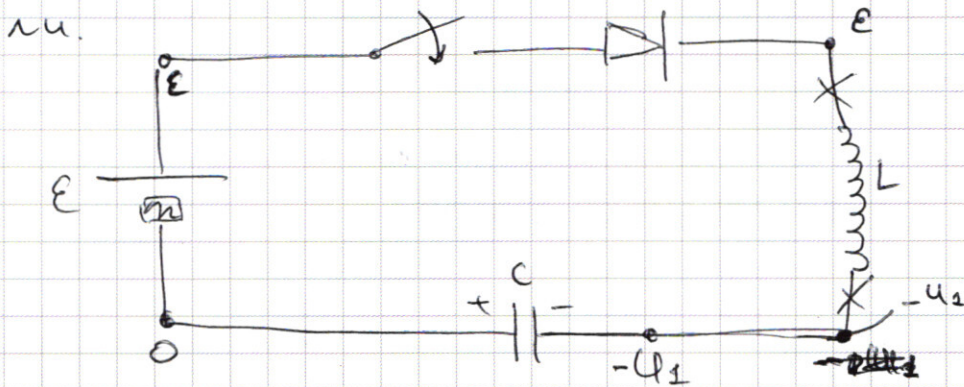
$$U_{\text{eq}} = V r^2, \quad r = \frac{d}{2} = 4 \Rightarrow \underline{U_{\text{eq}} = 16 \text{ V}} \ll \text{range}$$

глюкон haben ① бачеу абуе асцет абуе новекем ас абуе

Orbital: 1) 5F

2) 0°

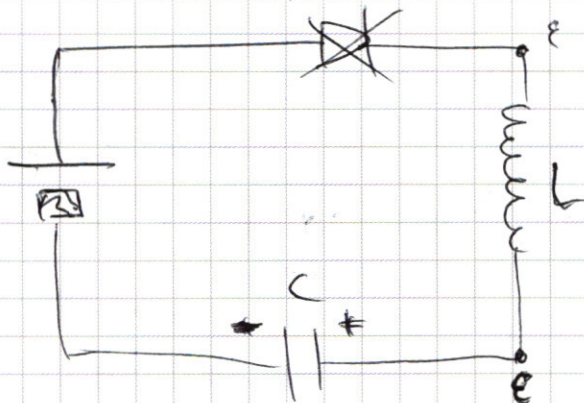
3) 16V



после замыкания ключа ток в цепи не изменяется $\Rightarrow$

$\Rightarrow I(0) = 0$. Воспользуемся методом узловых потенциалов: $U_L = E - (-U_1) = E + U_1 = L I'(0) \Rightarrow \boxed{I'(0) = \frac{E + U_1}{L} = \frac{8\text{В} + 2\text{В}}{0,1\text{Гн}} = 100}$

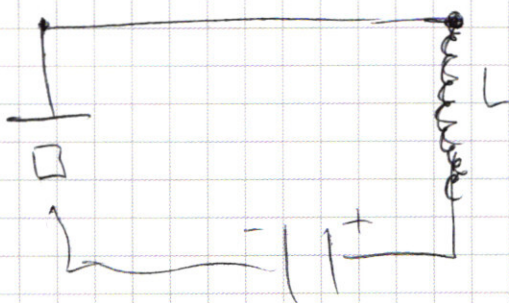
При $I = 0$ $U_C = 0$ $\rightarrow$ указываем в МЭП.
После того, как



$$E = L I' + \frac{q}{C} =$$

$$q + I' \frac{L}{C} = E$$

$q =$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

На бесконечно большом расстоянии взаимодействие
частицы с обкладками конденсатора можно пренебречь.

Все ~~электрическое~~ потенциальное взаимодействие ~~за~~ частицы
и ионизированной среды в шпинетизации, т.е.

$$\frac{k|Q|q|}{0,3d} + \frac{k|Qq|}{0,7d} = \frac{mv^2}{2}$$

$$2 \left(\frac{kQ}{0,3d} + \frac{kQ}{0,7d} \right) \gamma = v^2 \Rightarrow v = 2\gamma \sqrt{\frac{kQ}{d} \left(\frac{1}{0,3} + \frac{1}{0,7} \right)}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2kQ}{d} \left(\frac{1}{0,3} + \frac{1}{0,7} \right)} = \sqrt{\frac{2kQ}{d \cdot 0,21}} = (3)$$

$$= \sqrt{\frac{2kQ\gamma}{0,21d}}$$

мы получим, что $E_{\Sigma} = \frac{V_1^2}{1,4d\gamma}$

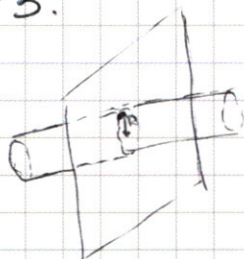
найдём поле в центре конденсатора:

$$2E = \frac{2kQ}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{8kQ}{d^2} = E_{\Sigma}, \text{ тогда}$$

$$\frac{V_1^2}{1,4d\gamma} = \frac{8kQ}{d^2} \Rightarrow Q = \frac{V_1^2 d}{11,2k}$$

подставим в (3): $v = \sqrt{\frac{2kQ \cdot V_1^2 d}{11,2k \cdot d \cdot 0,21}} \approx V_1 \sqrt{8,6}$

~3.

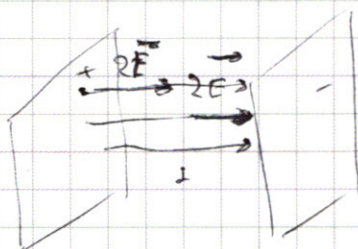


$$\Phi = E \cdot S \cdot \cos \alpha = E \cdot 2\pi R^2$$

$$\Phi = \frac{\sigma \cdot 2\pi R^2}{\epsilon_0} \quad (\text{no Th Gauss})$$

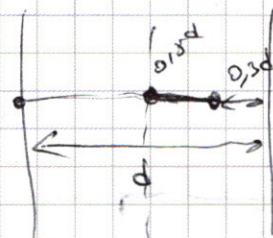
$$E \cdot 2\pi R^2 = \frac{\sigma \cdot 2\pi R^2}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{Энергия} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \left(-\frac{\sigma}{2\epsilon_0}\right) = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$



1) поле однородно $\Rightarrow F = \text{const} \Rightarrow a = \text{const}$, тогда:

$$\begin{cases} v_1 = at_1 \\ 0,2d = \frac{at_1^2}{2} \end{cases}, \text{ т.е. } \begin{cases} v_2 = aT \\ 0,2d = \frac{aT^2}{2} \end{cases} \quad (1)$$



~~$$v_2 = at_2$$~~
~~$$0,2d = \frac{at_2^2}{2}$$~~
~~$$v_1 = at_1$$~~
~~$$0,2d = \frac{at_1^2}{2}$$~~
~~$$v_2 = at_2$$~~
~~$$0,2d = \frac{at_2^2}{2}$$~~
~~$$v_1 = at_1$$~~
~~$$0,2d = \frac{at_1^2}{2}$$~~

$$\begin{cases} v_1 = at_1 \\ 0,2d = \frac{at_1^2}{2} \end{cases} \Rightarrow 2 \cdot 0,2d = t_1^2 \cdot v_1 \Rightarrow t_1 = \frac{1,4d}{v_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_1 = a \cdot \frac{1,4d}{v_1} \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{1,4d} \quad (1)$$

$$(1) \Rightarrow 2 \cdot 0,2d = \frac{v_1^2}{1,4d} T^2 \Rightarrow T^2 = \frac{0,4 \cdot 1,4d^2}{v_1^2} = 0,56 \frac{d^2}{v_1^2} = \frac{d^2}{1,75v_1^2}$$

$$\Rightarrow T \geq 0,75 \frac{d}{v_1}$$

но в-аус законь ностоне: $ma = E|q|$

$$a = \frac{E}{m} = \frac{v_1^2}{1,4d} \Rightarrow \boxed{E = \frac{v_1^2}{1,4d}}$$

так поле однородно в середине $E = \frac{kQ}{r^2} = \frac{qkQ}{d^2} = \frac{v_1^2}{1,4d}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

$\dot{e} = 3$

$p = \alpha V$
(процессе 1-3)

$\frac{C_{v12}}{C_{v23}} - ? - 1)$

2) $\frac{\Delta u_{23}}{A_{23}} - ?$

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

Решение

Повышение температур происходит в ходе процессов 1-2 и 2-3, это означает, что потери через точку 3 меньше, чем потери через т.2, а потери 2 меньше, чем потери через т.1.

$C_{v12} = \frac{Q_{12}}{T_2 - T_1}$, $Q_{12} = \Delta u_{12} + A$; процесс изохоры $\Rightarrow A = 0$.

$Q_{12} = \Delta u_{12} = \frac{i}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow$
 $\Rightarrow C_{v12} = \frac{\frac{i}{2} \nu R \Delta T_{12}}{\Delta T_{12}} = \frac{i}{2} R$.

$C_{v23} = \frac{Q_{23}}{T_3 - T_2} = \frac{Q_{23}}{\nu \Delta T_{23}}$

$Q_{23} = A_{23} + \Delta u_{23} = (V_1 - V_0) p_1 + \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{23}$

по ур-ю Менделеева - Клапейрона для точек 2 и 3:

$p_1 V_0 = \nu R T_2$
 $p_1 V_1 = \nu R T_3 \Rightarrow p_1 (V_1 - V_0) = \nu R \Delta T_{23} = A_{23}$

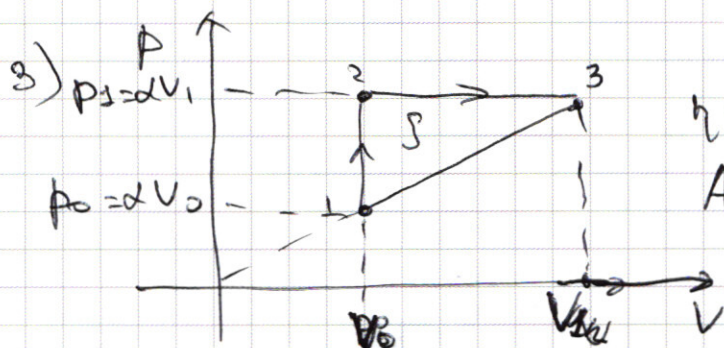
тогда $Q_{23} = A_{23} + \Delta u_{23} = \nu R \Delta T_{23} + \frac{i}{2} \nu R \Delta T_{23} =$
 $\Rightarrow C_{v23} = \frac{\nu R \Delta T_{23} (\frac{i}{2} + 1)}{\nu \Delta T_{23}} = (\frac{i}{2} + 1) R$

учитывая, что $i=3$, получаем:

$$\frac{C_{v1}}{C_{v23}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 3R}{(\frac{3}{2} + 1)R} = \frac{3}{5}$$

на 2) $\Delta U_{23} = \frac{\dot{Q}}{2} \nu R \Delta T_{23} \Rightarrow \frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{\dot{Q}}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu R \Delta T_{23}} = \frac{3}{2}$

$$A_{23} = p_1 (V_1 - V_0) = \nu R \Delta T_{23}$$



$$\eta = \frac{A}{Q^+}$$

$$A = \int_{1,2,3} p dV = \frac{(\alpha V_1 - \alpha V_0)(V_1 - V_0)}{2} = \frac{\alpha (V_1 - V_0)^2}{2}$$

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

$$\Delta U_{23} = \frac{\dot{Q}}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{\dot{Q}}{2} \alpha (V_1^2 - V_0^2) = \frac{\dot{Q}}{2} \alpha (V_1^2 - V_0 V_1)$$

$$A_{23} = p_1 (V_1 - V_0) = \alpha V_1 (V_1 - V_0) = \alpha (V_1^2 - V_0 V_1)$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \alpha \left(\frac{1}{2} + 1 \right) (V_1^2 - V_0 V_1)$$

$$\Delta U_{12} = \frac{\dot{Q}}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{\dot{Q}}{2} \alpha (V_1 V_0 - V_0^2)$$

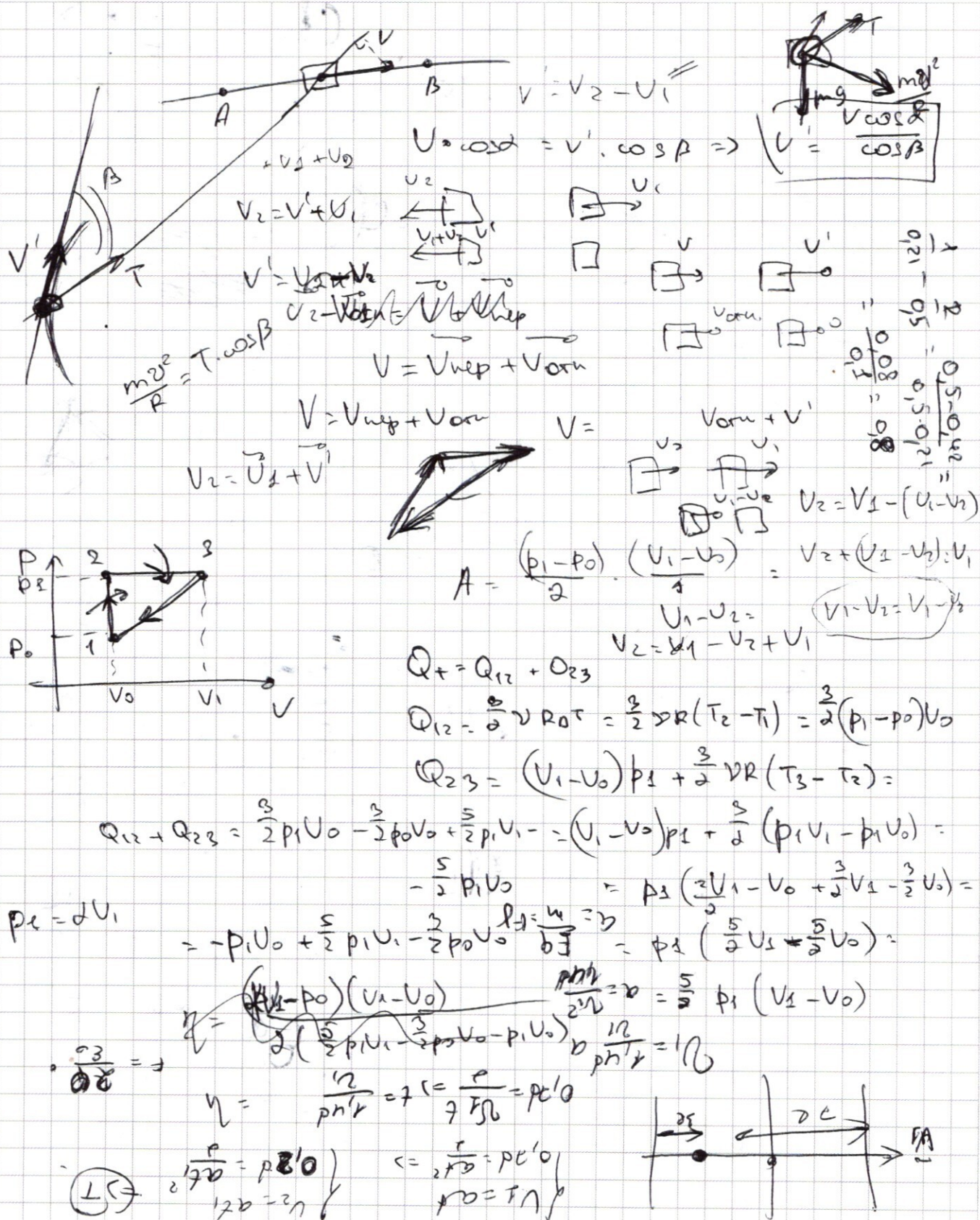
$$\eta = \frac{A}{Q^+} = \frac{\alpha (V_1 - V_0)^2}{2 \left(\frac{\dot{Q}}{2} \alpha (V_1 V_0 - V_0^2) + \alpha \left(\frac{3}{2} + 1 \right) (V_1^2 - V_0 V_1) \right)} = \frac{(V_1 - V_0)^2}{2 \left(\frac{3}{2} V_1 V_0 - \frac{3}{2} V_0^2 + \frac{5}{2} V_1^2 - \frac{5}{2} V_0 V_1 \right)} = \frac{(V_1 - V_0)^2}{5 V_1^2 - 3 V_0^2 - 2 V_0 V_1}$$

Поскольку цикл имеет КПД меньше, чем КПД цикла Карно при тех же температурах нагревателя и холодильника,

процесс $1-2-3-1$ не является циклом.

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$
2) $\frac{3}{2}$
3)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$E = \frac{F}{q} = \frac{kq}{r^2}$$

$$q = q_1 + A \cos \omega t + \dots$$

$$\frac{E - U_0}{L} = I' + \frac{q}{LC} \Rightarrow q_1 = C(E - U_0)$$

$$q = q_1(1 - \cos \omega t)$$

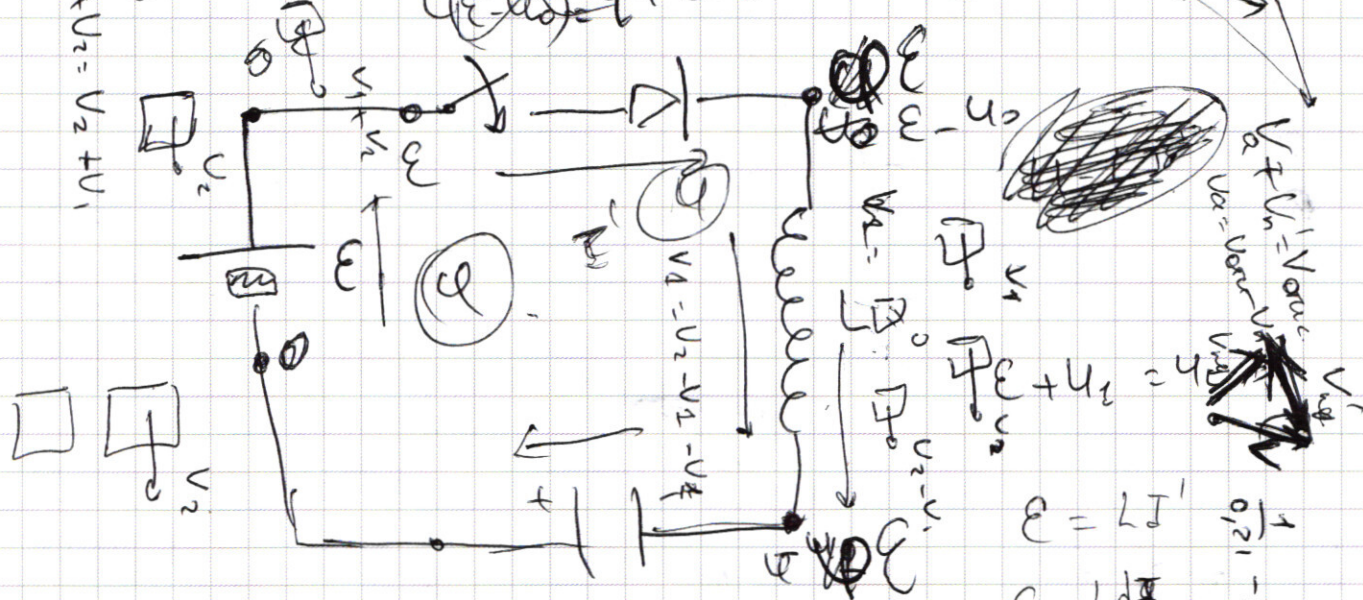
$$\frac{E - U_0}{L} = I' + \frac{q}{LC}$$

$$I = q_1 \omega \sin \omega t = \omega q_1 \omega$$

$$E = U_0 + LI' + \frac{q}{C}$$

$$C(E - U_0) = q + LC I'$$

$$U_1 + U_2 = U_2 + U_1$$



$$q = \frac{U_0}{\omega^2} = 0?$$

$$A = (q_1 - q_2)q$$

$$E = \frac{kq}{r^2} \quad E = \frac{F}{a}$$

$$E = \frac{\phi_0}{\epsilon_0}$$

$$F = E \cdot q$$

$$E \cdot v = U$$

$$U = E \cdot d$$

$$\frac{q}{\epsilon_0} = \phi$$

$$\phi = E \cdot S = E \cdot \pi r^2 \cdot z$$

$$\phi = \frac{\phi_0 \cdot \pi r^2}{\epsilon_0} = E \cdot \pi r^2$$

$$E = \frac{\phi_0}{2\epsilon_0}$$

$$F = q \cdot E$$

$$F = E \cdot q$$

$$ma = \frac{F}{m}$$

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

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

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

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

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_1 = a(t_1 + t_2)$$

$$E = \frac{Q \cdot Q}{x^2} = \frac{kQ}{x^2} = \frac{5}{\epsilon_0}$$

$$F = \frac{kQ^2}{x^2}$$

$$A = (Q_1 - Q_2) \cdot Q = \left(\frac{Q}{d_1} - \frac{Q}{d_2} \right) Q =$$

$$V_a = V_{\text{net}} + V_{\text{orn}}$$

$$F(u) = \int \frac{kQq}{r^2} du$$

$$\frac{kQ}{d_1} = \frac{kQ}{d_2} + \frac{1}{2} \frac{v^2}{d} = \frac{49}{125} ma = \frac{kQq}{x^2}$$

$$a = \frac{kQq}{x^2 m} = \frac{kQ}{x^2} g$$

$$V = V_1 + V_2$$

$$V_2 = U_2 - U_1 + U_1$$

$$V_a = V_{\text{orn}} + V_{\text{net}}$$

$$V_{\text{orn}} = V_a - V_{\text{net}}$$

$$V_1 = V_1 + U_2 + U_2$$

$$\frac{2Q}{\epsilon_0} \cdot \frac{q}{3} = F$$

$$\begin{array}{r} \text{Qty.} \quad 34 \\ \times 34 \\ \hline 136 \\ + 1020 \\ \hline 1156 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2500 \\ + 520 \\ \hline 3020 \\ + 1156 \\ \hline 4176 \end{array}$$

$\frac{5}{5A}$

4176
64E/64; 65)

$$\begin{array}{r} 65 \\ \times 65 \\ \hline \end{array}$$

$$0,3 \cdot 0,25 = 0,075$$

$\frac{3}{4}$
 $\frac{20}{20}$
 $\frac{20}{20}$

A diagram showing a sphere of mass m on an inclined plane. The incline makes an angle α with the horizontal. A horizontal force T is applied to the sphere. The weight mg acts vertically downwards. The normal force N acts perpendicular to the incline. The angle between the horizontal force T and the incline is β . The center of the sphere is marked with a dot, and the point of contact is also marked.

$$\begin{array}{r} 0,5 \\ \times 0,25 \\ \hline 1,25 \end{array}$$

$$4.5153 = (2, 12)$$

$$0,375 \leq 4.0, r3$$

$$\begin{array}{r} 3750 \overline{) 212} \\ \underline{212} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,375 \\ \hline 2,12 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1,25 \cdot 0,3,252 \\ \times 0,3 \\ \hline 0,375 \end{array} \quad 11,2$$

$$\begin{array}{r} 11,2 \\ \times 0,21 \\ \hline 112 \\ + 114 \\ \hline 252 \end{array}$$

$$A = (v_1 - v_0) \times (v_1 - v_0) = 2(v_1 - v_0)^2$$

$$T_1 = \frac{2V_1^2}{\gamma R_2}$$

$$T_x = \frac{2V_0}{VR}$$

$$Q = \frac{\dot{m}}{2} (V_1 V_0 - V_0^2) + \left(\frac{\dot{m}}{2} + 1 \right) \gamma R_0 T_0$$

$$= \frac{\dot{\epsilon}}{2} \alpha \left(V_1 V_0 - V_0^2 \right) + \left(\frac{\dot{\epsilon}}{2} + 1 \right) \left(V_1^2 - V_1 V_2 \right) \alpha$$

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

$$U_1 = \beta U_0$$

$$\frac{3V_1V_0 - 3V_0^2 + 5V_1^2}{5(3V_0^2 - 3V_0^2 - 2V_1V_0)} = \frac{5V_1^2 - 2V_0^2 - 2V_1V_0}{(3V_1 - V_0)^2 - 4V_1^2 - 4V_0^2}$$