

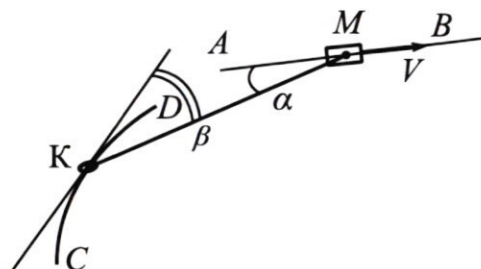
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-01

Класс 11

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

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.



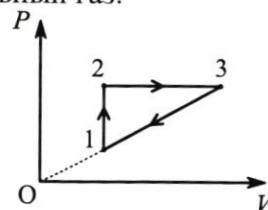
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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?

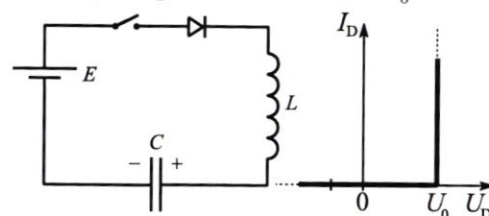
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

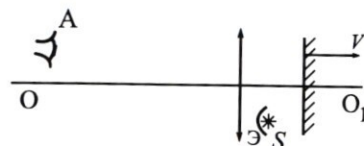


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

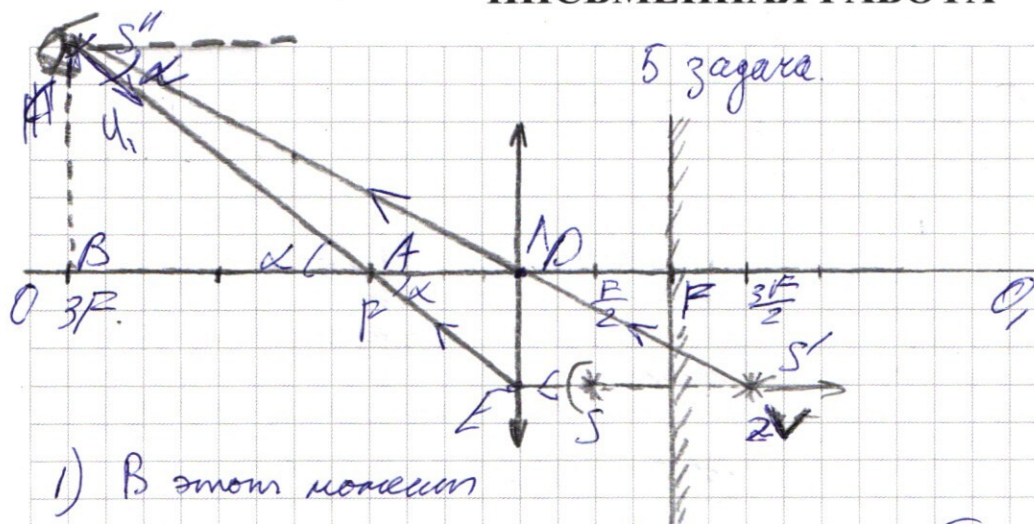
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1) В этот момент

источник S создает в зеркале изображение S' на расстоянии $F + \frac{E}{2} = \frac{3F}{2}$ от D . Тогда источник S' создает изображение S'' на расстоянии f от линзы.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{F} \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{3F}{2}} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{3}{3F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F} \Rightarrow f = 3F$$

Значит, на таком расстоянии наблюдатель сможет увидеть изображение.

2) Зеркало движется

со скоростью $\vec{V}$, значит изображение S' движется со скоростью $2\vec{V}$ навстречу фокусу F .

$\angle \alpha = \angle S''AB$ как углы касания

$\angle S''AB = \angle EAD$ как вертикальные

Тогда $\tan \angle EAD = \tan \alpha = \frac{CD}{AD} = \frac{\frac{3F}{2}}{F} = \frac{3}{2}$

Значит $\boxed{\alpha = \arctan \frac{3}{2}}$

3) $\vec{u} = \vec{u}_{||} + \vec{u}_{\perp}$

$u_{||} = \Gamma \cdot 2V$

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

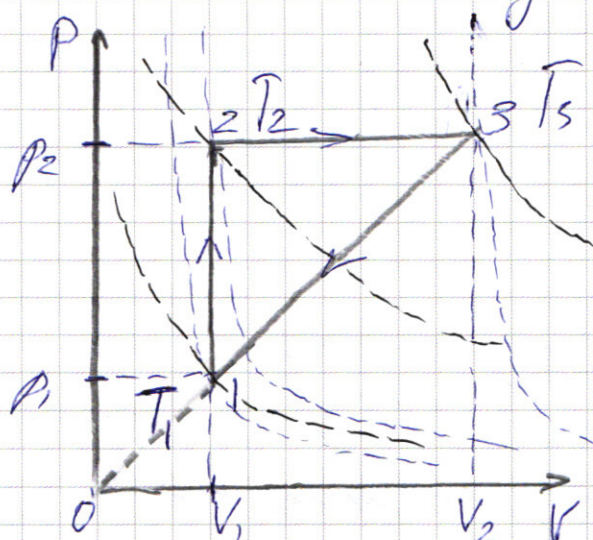
$$U_1 = 4 \cdot 2V = 8V$$

Могла $U_L = U_1 \cdot \frac{3}{4}$

$$U_L = 8V \cdot \frac{3}{4} = 6V$$

Тогда $U = \sqrt{(8V)^2 + (6V)^2} = \sqrt{64V^2 + 36V^2} = 10V$

Ответ: 1) $3R$ 2) $\text{от } \frac{3}{2}$ 3) $10V$
2 задача



1) Проведем семейство изотер, чтобы определить на какой изотерме температура была минимальна.
Для повышения на 1-2 и 2-3.

1-2: $V = \text{const} \Rightarrow A_{12} = 0$

$$\Delta U_{12} = Q_{12}$$

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

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

2-3: $p = \text{const}$

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

$$\Delta U_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$A_{23} = p_2 V_2 - p_2 V_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_3$$

$$p_2 V_1 = \nu R T_2 \quad (\text{по уравнению Менделеева-Клапейрона})$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2}$$

3) $\eta = \frac{A}{Q_1}$

Работа - площадь под графиком:

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дан процесс сжатия газа, чтобы понять на каких участках термоя увеличивалась.

$$Q_k = Q_{12} + Q_{23}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{5}{2} (p_2 - p_1) V_1$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} p_2 (V_2 - V_1)$$

М.к. 1-3 проходит через центр O, то:

$$p_1 = \kappa V_1, \quad p_2 = \kappa V_2, \text{ а значит } p_2 = \kappa p_1, \text{ и } V_2 = \kappa V_1,$$

$$\text{тогда } Q_{12} = \frac{3}{2} p_1 V_1 (\kappa - 1) \quad \Rightarrow \quad Q_k = p_1 V_1 \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \kappa \right) (\kappa - 1)$$

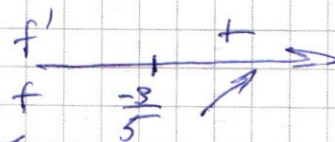
$$Q_{23} = \frac{5}{2} \kappa (\kappa - 1) p_1 V_1$$

$$A = \kappa^2 p_1 V_1 - 2 \kappa p_1 V_1 + p_1 V_1$$

$$\text{Значит } \eta = \frac{(\kappa^2 - 2\kappa + 1) p_1 V_1}{2 \left(\frac{3}{2} + \frac{5}{2} \kappa \right) (\kappa - 1) p_1 V_1} = \frac{(\kappa - 1)^2}{5\kappa^2 - 2\kappa - 3} = \frac{(\kappa - 1)^2}{(\kappa - 1)(5\kappa + 3)}$$

$$= \frac{\kappa - 1}{5\kappa + 3}$$

$$\left(\frac{\kappa - 1}{5\kappa + 3} \right)' = \frac{5\kappa + 3 - 5\kappa + 5}{(5\kappa + 3)^2} = \frac{8}{(5\kappa + 3)^2}$$

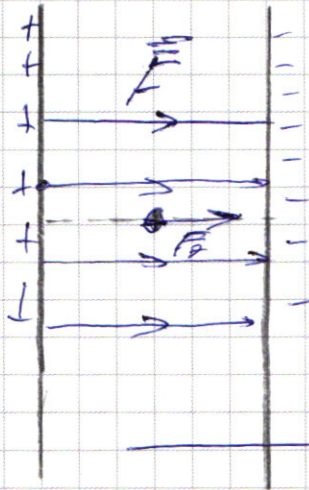


$$\text{М.к. } \kappa > 1, \text{ то } \lim_{\kappa \rightarrow \infty} \frac{\kappa - 1}{5\kappa + 3} = \frac{1}{5}$$

$$\text{Значит, } \eta_{\max} = 0,2$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{3}{5} \quad 2) \frac{5}{2} \quad 3) 0,2$$

Задача 3



И-ти 3-й Ньютона:

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

На Q: $F_2 = ma$

$$F_2 = Eq$$

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

За T время пройдёт $S = \frac{d}{4}$

$$\frac{d}{4} = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow d = 2\gamma ET^2$$

$$E = \frac{d}{2\gamma T^2} \Rightarrow a = \frac{\gamma d}{2\gamma T^2} = \frac{d}{2T^2}$$

Можно так, $v_0 = 0$, то $v_1 = aT = \frac{d}{2T^2} T = \frac{d}{2T}$

2)

$$Q = CU$$

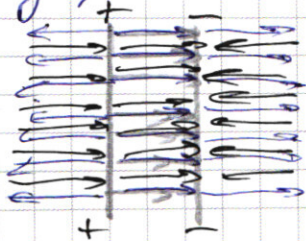
$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 \cdot S}{d}$$

$$U = \frac{Ed}{2}$$

$$Q = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} \cdot \frac{Ed}{2} = \frac{\epsilon\epsilon_0 SE}{2}$$

$$Q = \frac{\epsilon\epsilon_0 S d}{4\gamma T^2}$$

3) м.н.



Но конденсатор не создает электрич. поля вне себя, заряды на пластинах не будут действовать на заряд, значит у неё не будет ускорения.

ускорения.

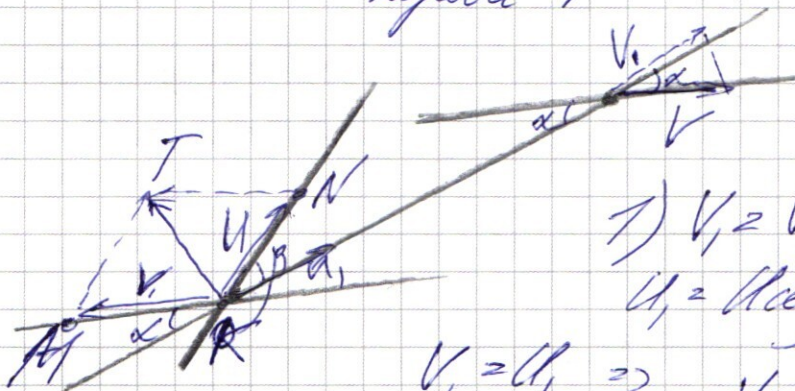
Таким образом продолжим движение со скоростью

V_1 м.с $V_2 \geq V_1 = \frac{d}{2T}$

Ответ: 1) $\frac{d}{2T}$ 2) $\frac{\epsilon\epsilon_0 S d}{4\gamma T^2}$ 3) $\frac{d}{2T}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1



$$1) V_1 = V \cos \alpha$$

$$U_1 = U \cos \beta$$

$$V_1 = U_1 \Rightarrow$$

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

Значит: $U = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta}$

$$U = \frac{68 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4}}{\frac{3}{4}} = 45 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2) \angle MKN = \pi - \alpha - \beta$$

$$\angle TNK = \pi - \angle MKN \quad | \quad 2) \angle TNK = \alpha + \beta$$

$$\vec{v} = \vec{TK} = -\vec{V} + \vec{U} \quad v^2 = V^2 + U^2 - 2VU \cdot \cos(\alpha + \beta) =$$

$$= V^2 + U^2 - 2VU (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)$$

$$v^2 = 68^2 + 45^2 - 2 \cdot 68 \cdot 45 \cdot \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} \right) =$$

$$= 68^2 + 45^2 - 2 \cdot 68 \cdot 45 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} + 2 \cdot 68 \cdot 45 \cdot \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = 9629 + 5625 - 9320 = 5929$$

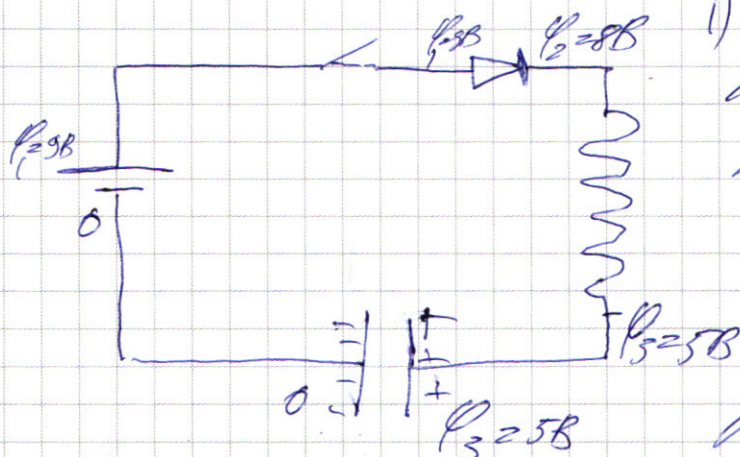
$$v = \sqrt{5929}$$

$$3) T \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = ma$$

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

$$T = \frac{mv^2}{R \sin \beta} = \frac{0,1 \text{ кг} \cdot \left(0,45 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{15 \text{ м} \cdot \frac{3}{5}} = \frac{1}{36,49} \text{ Н} = (68,9)^{-1} \text{ Н}$$

Задача 4.



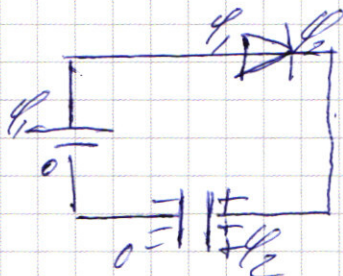
1) Как только сеть замкнется, то в цепи возникнет разность потенциалов.

На каждую ветвь падает $U - U_3 = 3V$

В этот момент возникнет $E = I_2 \cdot R_3$

$$E = L \frac{di}{dt} \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{3V}{0,1H} = 30 \frac{A}{c}$$

3) Когда все уравновесится, то в катушке не будет являться наводимой ЭДС.



Может $U_2 = U_1 - 0$

$$U_2 = U_1 - (U_1 - U_2) = 9V - 1V = 8V$$

$$U_2 = 8V$$

~~4) В этот момент не будет наводимой ЭДС.~~



$$A = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{p_2 - p_1}$$

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

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

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

$$\frac{x^2 - 2x + 1}{5x^2 + 2x - 3} = \frac{(x-1)^2}{(x-1)(5x+3)}$$

$$\left(\frac{x-1}{5x+3}\right)' = \frac{1(5x+3) - 5x+5}{(5x+3)^2} = \frac{8}{(5x+3)^2} > 0$$

$$\frac{x-1}{5x+3} = \frac{1(5x+3) - 5x+5}{5(5x+3)} + \frac{3}{5} - \frac{8}{5}$$

$$\frac{x-1}{5x+3} \quad \lim_{x \rightarrow \infty} = \frac{1}{5}$$

$$\begin{array}{r} 168 \\ \times 68 \\ \hline 539 \\ 468 \\ \hline 4629 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 195 \\ \times 15 \\ \hline 975 \\ 325 \\ \hline 5825 \end{array}$$

$$2.60$$

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

$$\begin{array}{r} 136 \\ \times 19 \\ \hline 420 \\ 36 \\ \hline 689 \end{array}$$



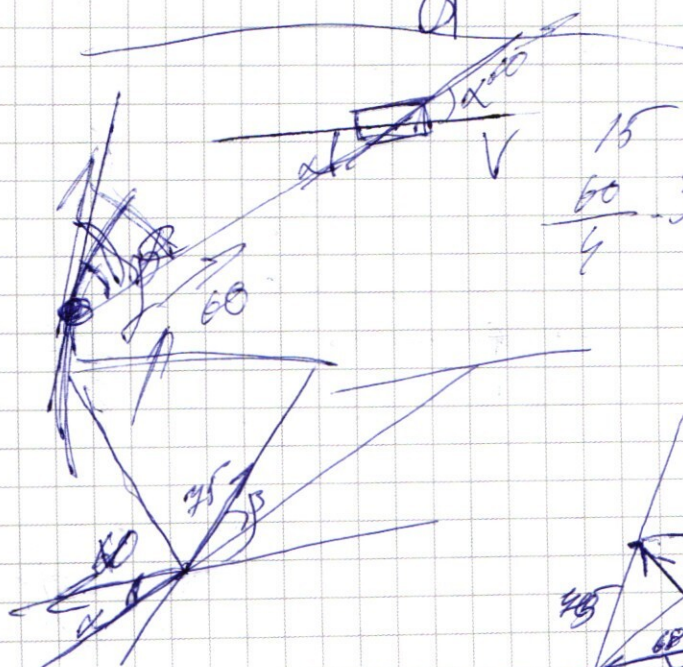
$$\begin{array}{r} 4629 \\ 1320 \\ \hline 304 \end{array}$$

$$T_{\text{ос}} \left(\frac{T}{2} \right) = \frac{m \cdot R}{R}$$

$$\frac{1}{36.19}$$

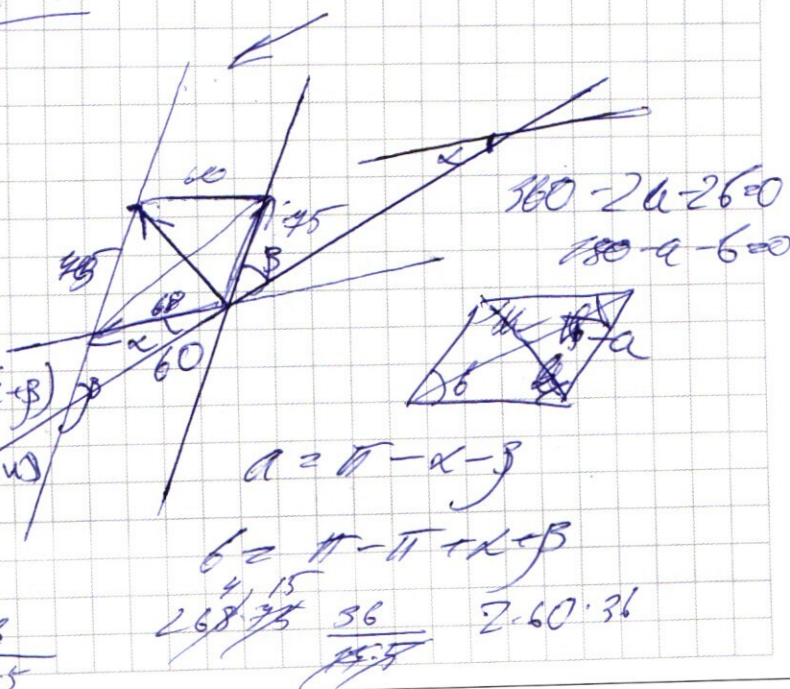
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v = d/t$ $v = d$ $\frac{d}{4} = aT$
 $F = Eq$ $r = ma$ $E_y = ma$
 $\frac{d}{4} = \frac{aT^2}{2}$ $a = \frac{qE}{m}$
 $d = \frac{qE}{m} T^2$ $aT = v$
 $V_1 = aT = \frac{qET}{m} = \frac{q^2 E^2 T^3}{m^2}$ $E = \frac{2}{q} T^2$
 $q = CU$ $U = \frac{Ed}{2} = \frac{qTd}{2}$
 $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ $Q = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \cdot \frac{qTd}{2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S q T}{2}$



$\frac{15}{60} \cdot 5 = 45$

$R^2 = 68^2 + 45^2 - 2 \cdot 68 \cdot 45 \cdot \cos(\pi - \beta)$
 $268 \cdot 45 \cdot (\cos \pi \cos \beta + \sin \pi \sin \beta)$
 $\frac{15}{17} \cdot \frac{5}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5}$
 $60 - 29 = \frac{36}{17.5}$



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

$$= \frac{5}{2} p_2 V_1 - \frac{5}{2} p_1 V_1$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R T_3 - \frac{5}{2} \nu R T_2 = \frac{5}{2} p_2 V_2 - \frac{5}{2} p_2 V_1$$

$$\eta = \frac{Q_{12} + Q_{23}}{Q_{12}} = \frac{Q_{12} + Q_{23} - Q_{31}}{Q_{12} + Q_{23}} = \cos$$

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

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

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

$$\frac{4 V_1 p_1 - p_2 V_1}{\frac{5}{2} p_2 V_2 + p_2 V_1 - \frac{3}{2} p_1 V_1}$$

$$\frac{V_1 4 p_1 - p_2}{V_1 (\frac{5}{2} \frac{p_2^2}{p_1} + p_2 - \frac{3}{2} p_1)}$$

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

$$(4 - x) p_1$$

$$\frac{4 - x}{\frac{5}{2} x^2 + p_2 x - \frac{3}{2}} = \frac{8 - 2x}{5x^2 + 2x - 3}$$

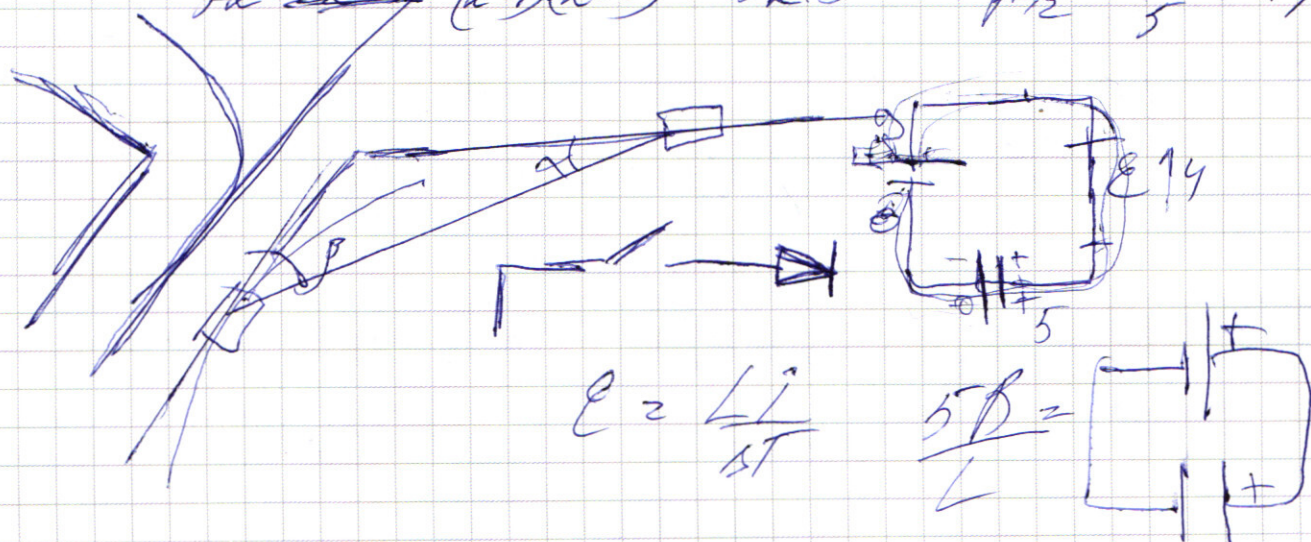
$$\frac{5}{2} p_1 x^2 + p_1 x - \frac{3}{2} p_1$$

$$x > 0 \quad f(x) = \frac{8 - 2x}{5x^2 + 2x - 3}$$

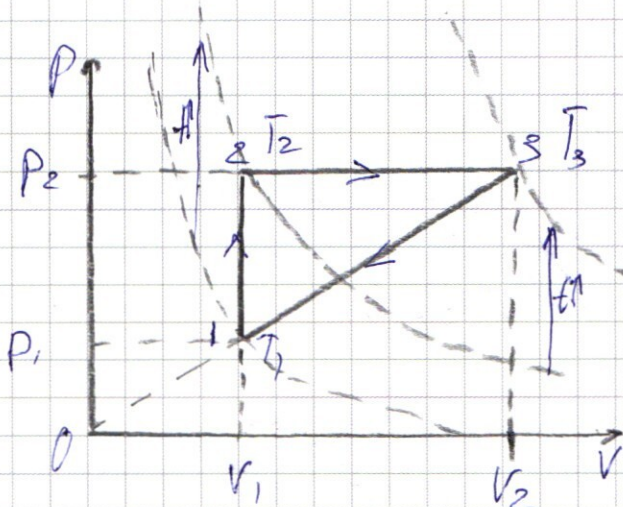
2

$$\frac{\frac{5}{2} p_2 V_1 x - \frac{5}{2} p_1 V_1 + \frac{5}{2} p_1 x V_1 + \frac{5}{2} V_1 p_1}{\frac{5}{2} p_2 V_1 x - \frac{5}{2} p_1 V_1 + \frac{5}{2} p_1 x V_1 + \frac{5}{2} V_1 p_1} = \frac{Q = 1 + 15 = 16}{9}$$

$$\frac{2 - 2x}{5x^2 + 2x - 3} = \frac{-2(x-1)}{(x-1)(x+3)} = \frac{-2}{5x+3} \quad \frac{Q = 1 + 15 = 16}{9} \quad p_{12} = \frac{1+4}{5} = 1, \frac{3}{5}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1-2: $V = \text{const} \Rightarrow A_{12} = 0$

$$\Delta U_{12} = Q_{12}$$

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

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

2-3: $p = \text{const}$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \nu p_1 (\alpha - 1)$$

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

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) \quad Q_{23} = \frac{3}{2} \alpha p_1 (\alpha - 1) \nu$$

$$A_{23} = p_2 V_2 - p_2 V_1 = p_2 (V_2 - V_1)$$

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

$$p_2 V_1 = \nu R T_2$$

$$Q_{23} = \nu C_{23} \nu (T_3 - T_2)$$

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

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

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

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

$$\frac{\frac{5}{2} \alpha^2 - \frac{5}{2} \alpha + \frac{5}{2} \alpha - \frac{3}{2}}{\frac{5}{2} \alpha^2 + \frac{5}{2} \alpha - \frac{3}{2}}$$

$$\frac{\frac{5}{2} \alpha^2 - \frac{3}{2} \alpha - \frac{3}{2}}{\frac{5}{2} \alpha^2 + \frac{5}{2} \alpha - \frac{3}{2}}$$

3) 3-1: $p = \alpha P$

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

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

$$A_{31} = p_2 V_2 + p_1 V_1$$

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2} \Rightarrow \Delta U_{31} = \frac{3}{2} p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_2 V_2$$

$$\Rightarrow p_1 V_2 = p_2 V_1 \quad Q_{31} = \frac{3}{2} p_1 V_1 + p_1 V_1 - \frac{3}{2} p_2 V_2 - p_2 V_2$$

$$(Q_{31}) = \frac{5}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{5}{2} (\alpha^2 - 1) p_1 V_1$$

$$\frac{1 - \alpha}{\frac{5}{2} \alpha^2 - \alpha - \frac{3}{2}}$$

$$\frac{2 - 2\alpha}{5\alpha^2 - 2\alpha - 3}$$