

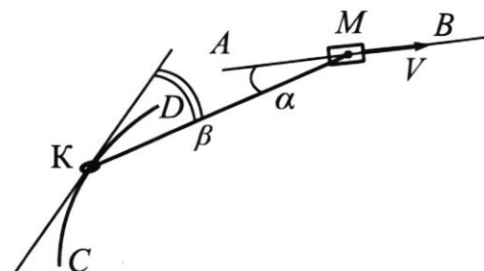
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

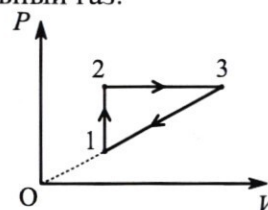
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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

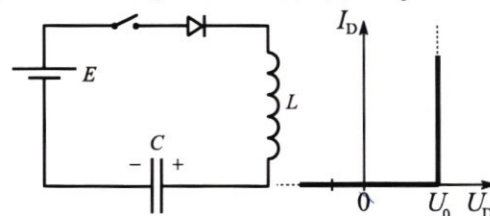


3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица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

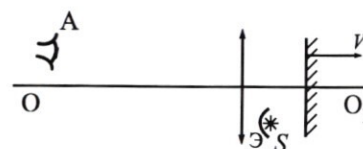
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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

Дано:

$$V = 0,68 \text{ м/с}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

$$L = \frac{5}{3} R$$

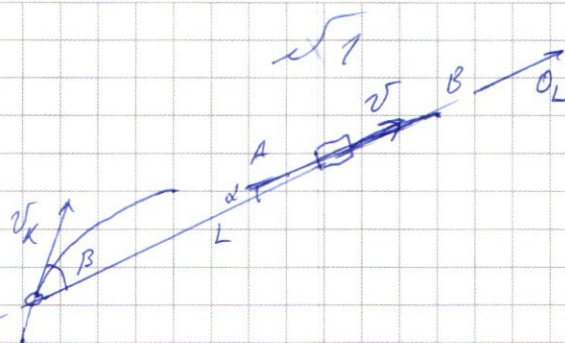
$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

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

$$V_k = ?$$

$$V_{\text{ком}} = ?$$

$$T = ?$$

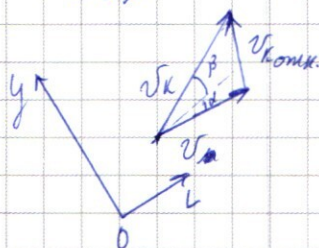


1) Скорости кольца и муфты в проекции на ось OL , OL перпендикулярна к поверхности.

$$OL: V \cdot \cos \alpha = V_k \cdot \cos \beta$$

$$V_k = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{0,68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = \frac{0,04 \cdot 75}{4} = 0,75 \text{ м/с}$$

2)



~~OL~~ $OL \perp$ к поверхности

$$Oy \perp OL$$

$$OL: V_{\text{ком}OL} = -V \cos \alpha + V_k \cos \beta = 0$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{225}{289}}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{64}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$Oy: V_{\text{ком}Oy} = V \sin \alpha + V_k \sin \beta$$

$$V_{\text{ком}Oy} = V_k \sin \beta - V (-\sin \alpha)$$

$$V_{\text{ком}Oy} = 0,75 \cdot \frac{3}{5} + 0,68 \cdot \frac{8}{17} = 0,45 + 0,32 = 0,77 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{ком}} = \sqrt{V_{\text{ком}OL}^2 + V_{\text{ком}Oy}^2} = 0,77 \text{ м/с}$$

$$3) T = m a$$

$$a = \ddot{x}$$

См. к. стр. 2

$$T = m a_{\text{дог}} = m \cdot \frac{v_k^2}{R \cdot \sin \beta} = 0,1 \cdot \frac{(0,75)^2 \cdot 5}{1,9^2 \cdot 3} \approx \frac{0,16 \cdot 5}{3} \cdot 0,1 =$$

$$\begin{array}{r} 0,25 \\ \times 0,25 \\ \hline 375 \\ + 5250 \\ \hline 0,5625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 19 \\ \times 19 \\ \hline 171 \\ + 190 \\ \hline 361 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 56,25 / 3,61 \\ \underline{361} \\ 201 \\ \underline{201} \\ 0,96 \end{array}$$

$$\rightarrow 0,053 \cdot 5 \cdot 0,1 =$$

$$\approx 0,03$$

$$\begin{array}{r} 16 \overline{) 5} \\ \underline{15} \\ 10 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Delta x_{\text{горизонт}} = \Delta x_{\text{кабачка}}$$

$$\Delta x_{\text{горизонт}} \cdot \cos \alpha = \Delta x_{\text{кабачка}} \cos \beta$$

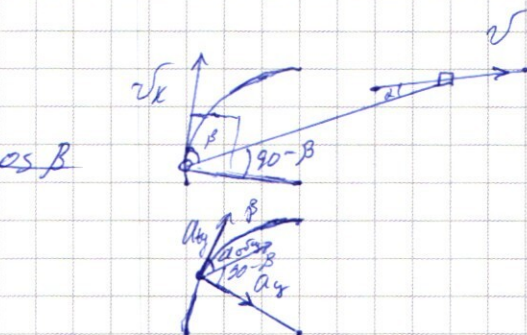
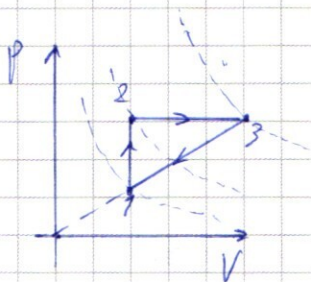
$$T = m a_{\text{обд}}$$

$$a_{\text{обд}} = \sqrt{a_y^2 + a_x^2}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

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

$$T = m \cdot a_{\text{обд}} = 0,1 \cdot \frac{0,75^2 \cdot 5}{17^2 \cdot 3}$$



$$v \cos \alpha = v_x \cos \beta$$

$$\cos \alpha = \frac{L}{x_0 + \Delta x}$$

$$\cos \beta = \frac{L}{y_0 + \Delta y}$$

$$v = \frac{v_x}{\cos \alpha} \Rightarrow a_y = \frac{v_x^2}{R} \Rightarrow a_{\text{обд}} = \frac{a_y}{\cos(90 - \beta)} = \frac{a_y}{\sin \beta}$$

$$T \approx 0,03 \text{ Н}$$

1) Повышение T газа происходило на участках 1-2 и 2-3, т.к. изотерма 1 ките изотерма 2 ките изотерма 3
 $C = \frac{Q}{\Delta T \cdot \nu}$

1) процесс 1-2:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} ; A_{12} = 0 \Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12}$$

$$C_{12} \cdot \Delta T_{12} \cdot \nu = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

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

2) процесс 2-3:

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

$$A_{23} = p_0 V = \nu R T_3 - \nu R T_2$$

$$C_{23} \cdot \Delta T_{23} \cdot \nu = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} + \nu R \Delta T_{23}$$

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

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

2) процесс 2-3:

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

$$Q_{23} = \nu R \Delta T_{23} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}$$

$$A_{23} = \nu R \Delta T_{23}$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu R \Delta T_{23}} = \frac{5}{2}$$

$$3) \eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} = \frac{Q_{\text{затр}} - Q_x}{Q_{\text{затр}}} = \frac{A_{\text{пол}}}{Q_H}$$

$Q_x = Q_{31}$, т.к. газ охлаждают.

$$Q_{\text{затр}} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_2 V_2) + \frac{5}{2} (P_2 V_2 - P_3 V_3)$$

$$A_{\text{пол}} = A_{23} - A_{31} = S_{0123} = \frac{(P_2 - P_1) \cdot (V_3 - V_2)}{2}$$

$$\eta = \frac{\frac{3}{2} P_1 V_1 - \frac{3}{2} P_2 V_2 + \frac{5}{2} P_2 V_2 - \frac{5}{2} P_3 V_3}{\frac{3}{2} P_1 V_1 - \frac{3}{2} P_2 V_2 + \frac{5}{2} P_2 V_2 - \frac{5}{2} P_3 V_3}$$

$$\eta = \frac{P_2 V_3 - P_2 V_1 + P_2 V_2 - P_1 V_3}{2 \cdot (\frac{3}{2} P_1 V_1 - \frac{3}{2} P_2 V_2 + \frac{5}{2} P_2 V_2 - \frac{5}{2} P_3 V_3)}$$

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

$\Delta U_{31} = \Delta U_{12}$, т.к. процесс

$A_{31} = S_{\text{пол}} \text{ участка } 13$

$\Delta U_{31} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23}$, т.к. процесс циклический.

$$A_{31} = \frac{P_1 + P_3}{2} \cdot (V_3 - V_1) \cdot (-1) = \frac{+P_1 V_1 + P_3 V_3}{2} = \frac{\nu R \Delta T_{13}}{2}$$

$$Q_{31} = C_{31} \cdot \nu \cdot \Delta T_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{13} + \frac{\nu R \Delta T_{13}}{2} \text{ из 2р}$$

$$C_{31} = 2R$$

✓ 3

см. на стр. 4

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Решо!

S
 d
 $d_0 = 0,25d$
 T
 $\frac{q}{m} = \gamma$
 $v_1 = ?$
 $Q = ?$
 $v_2 = ?$

1) $E_{к1} = E_{п0}$

$\frac{mv_1^2}{2} = q \cdot (U_1 - U_2)$

$U_1 - U_2 = E \cdot (d - d_0) = E \cdot 0,75d$

$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 S}$

1) $\begin{cases} v_1 = a \cdot T \\ 0,75d = \frac{aT^2}{2} \end{cases}$

$a = \frac{1,5d}{T^2}$

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

2) $\begin{cases} U_1 - U_2 = \frac{mv_1^2}{2q} = \gamma \cdot \frac{2,25d^2}{2T^2} \\ U_1 - U_2 = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} \cdot 0,75d \end{cases}$

$\frac{1}{\gamma} \cdot \frac{2,25d^2}{2T^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 S} \cdot 0,75d$

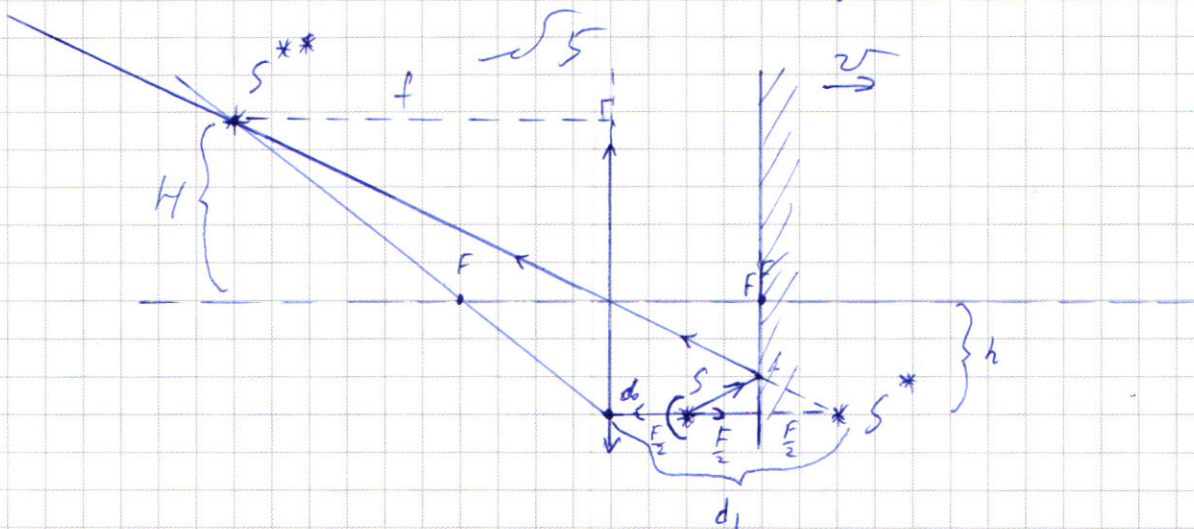
$Q = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{2,25d}{0,75 \cdot 2T^2} \cdot \epsilon_0 S$

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

3) За пределами конденсатора его пластины суммарно не дают эл. поле $\Rightarrow$ частица будет двигаться

без ускорения $\Rightarrow v_2 = v_1 = \frac{1,5d}{T}$

Объем: $v_1 = \frac{1,5d}{T}$ $Q = \frac{3d \cdot 5 \cdot \epsilon_0}{2 T^2 g}$ $v_2 = \frac{1,5d}{T}$



1) $d_1 = d_0 + 2(F - d_0) = \frac{3F}{2}$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d_1}$$

$$f = \frac{F \cdot \frac{3F}{2}}{\frac{3F}{2} - F} = 3F$$

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

2) $v_{xs**} = \Gamma^2 \cdot v_{xs*}$

$$v_{xs*} = v_{xs} + 2v \quad 2(v_{xs} + v) = 2v$$

$$v_{xs**} = 2^2 \cdot 2v = 8v$$

$$v_{ys**} = v_{ys*} \cdot \Gamma$$

$$v_{ys*} = v_{ys} + v_y = 0$$

$v_{ys**} = 0 \Rightarrow$ изобр. движется // оси $OO' \Rightarrow z d \neq 0$

$$\Gamma \cdot h = H$$

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{F \cdot d}{d - F} = \frac{F \cdot (d_0 + 2(vt - d_0))}{F - (d_0 + 2(vt - d_0))} = \Gamma(t)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Gamma(t) \cdot h = H$$

$$h \neq \frac{H}{\Gamma(t)}$$

$$v_{s^{**}y} = \dot{H} = \frac{d}{dt} \left(\Gamma(t) \cdot h \right)$$

$$v_{s^{**}y} = \Gamma'(t) \cdot h$$

$$\Gamma(t) = \frac{F \cdot (d_0 + 2(vt - d_0))}{(F - (d_0 + 2(vt - d_0)) \cdot (d_0 + 2(vt - d_0)))} = \frac{F \cdot d_0 + 2Fvt - 2Fd_0}{(F - d_0 + 2vt - 2d_0)(d_0 + 2vt - 2d_0)}$$

$$= \frac{Fd_0 + 2Fvt - 2Fd_0}{-Fd_0 + 3d_0^2 - d_0 \cdot 2vt + F \cdot vt \cdot 2 + 4v^2t^2 - 8d_0 \cdot vt}$$

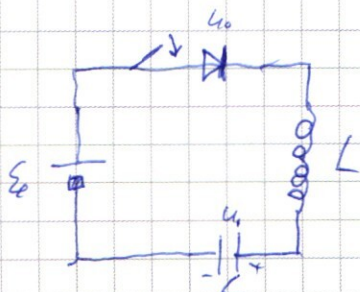
$$= \frac{Fd_0 + 2Fvt - 2Fd_0}{3d_0^2 + 4v^2t^2 - 8d_0vt - Fd_0 + 2Fvt}$$

$$\Gamma'(t) = \frac{(3d_0^2 + 4v^2t^2 - 8d_0vt - Fd_0 + 2Fvt) \cdot 2Fv - (8v^2t - 8d_0v + 2Fv) \cdot (Fd_0 + 2Fvt - 2Fd_0)}{(3d_0^2 + 4v^2t^2 - 8d_0vt - Fd_0 + 2Fvt)^2}$$

$$\cdot (Fd_0 + 2Fvt - 2Fd_0)$$

$$v_{s^{**}y} = \sqrt{(\Gamma'(t) \cdot h)^2 + (8v)^2}$$

$$t_{gd} = \frac{\Gamma'(t) \cdot h}{8v}$$

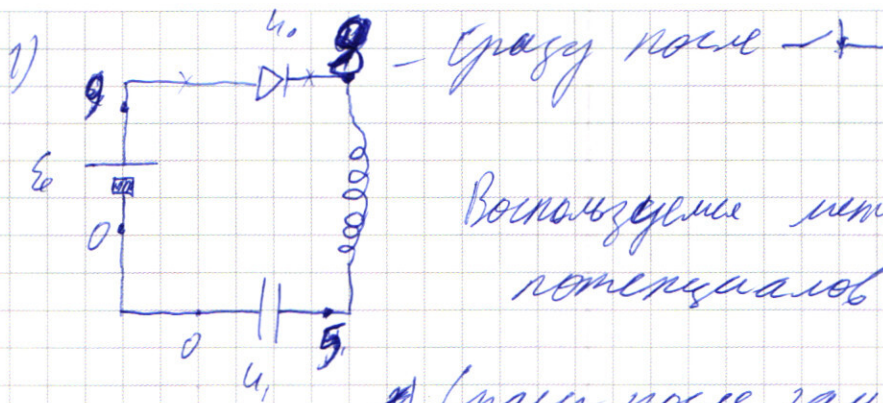


Дано:

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_0 = 5 \text{ В}$$

$$L = 9 \text{ мГн}, U_C = 1 \text{ В}$$



Вспользуемся методом узловых потенциалов

Сразу после замык. $U_{\text{конд.}}$ и $I_{\text{кат.}}$ не изменяются, $\Rightarrow$ Тока в цепи нет $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \mathcal{E}_0 = U_1 + U_{\text{кат.}} + U_0$$

$$U_{\text{кат.}} = 9 - 5 - 1 = 3 \text{ В}$$

$$U_{\text{кат.}} = I'(t) \cdot L$$

$$I'(t) = \frac{U_{\text{кат.}}}{L} = \frac{3}{0.1} = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

3) При $t = t_{\text{уст}}$ тока в цепи нет $\Rightarrow U_{\text{кат.}} = 0$

$$\mathcal{E}_0 = U_0 + U_1^*$$

$$U_1^* = 8 \text{ В}$$

2) $U_{\text{конд.}}$ $I_{\text{конд.}} = U'(t) \cdot C$

$I_{\text{в цепи}} = I_{\text{max}}$, когда $U_{\text{конд.}}$ минимально, а $I_{\text{конденсатора}}$ максимально

$$I'(t) = 0$$

$U_{\text{конд.}} = \mathcal{E}$

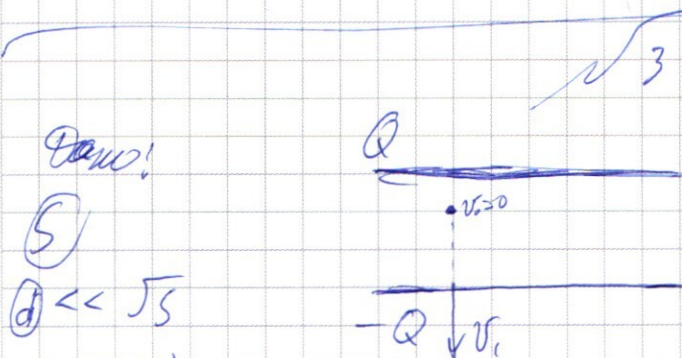
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$2 \cdot 2R \cdot \Delta T_{31} = Q_{31}$$

$$\eta = \frac{\frac{3}{2}R \cdot \Delta T_{12} + \frac{5}{2}R \cdot \Delta T_{23} - 2R \cdot \Delta T_{13}}{\frac{3}{2}R \cdot \Delta T_{12} + \frac{5}{2}R \cdot \Delta T_{23}} = \frac{3\Delta T_{12} + 5\Delta T_{23} - 4\Delta T_{13}}{3\Delta T_{12} + 5\Delta T_{23}}$$

$$\eta = \frac{3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2 - 4T_3 + 4T_1}{3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2} = \frac{T_1 - 2T_2 + T_3}{5T_3 - 2T_2 - 3T_1}$$

$$\Delta U_{\text{обш}} = 0$$



$$\frac{m v_1^2}{2} = \Delta U \cdot q$$

$$\Delta U = E \cdot d \cdot 0,75$$

$$E = \frac{Q}{S \cdot d}$$

$$\Delta U =$$

$$225 / 75$$

$$\frac{225}{75} = \frac{45}{15} = \frac{9}{3} = 3$$

$$a = q \cdot E$$

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

$$v_1 = T \cdot \frac{q \cdot Q}{m \cdot S \cdot \epsilon_0}$$

$$\frac{1,5d}{T} = T \cdot \gamma \cdot \frac{Q}{S \epsilon_0}$$

$$= T \cdot \gamma \cdot \frac{Q}{S \cdot \epsilon_0}$$

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

