

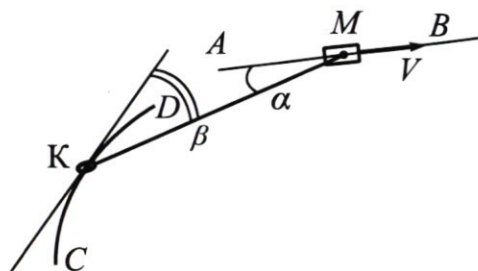
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-02

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

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.



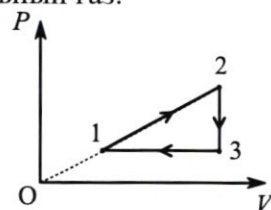
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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

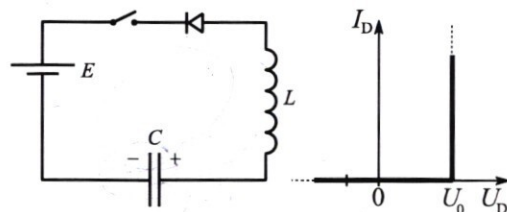
1) Найдите продолжительность T движения частицы в конденсаторе до остановки.

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.

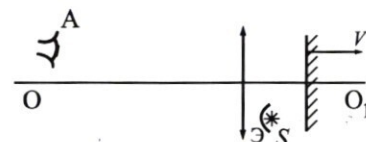
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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

1) Дано:

$$V = 40 \text{ км/ч} = 0,4 \text{ м/с}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

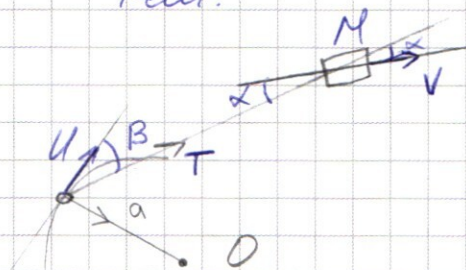
$$R = 1,7 \text{ м}$$

$$l = 17R/15$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{5}; \cos \beta = \frac{8}{17}$$

U - ?
 $U_{\text{отн}}$ - ?
 T - ?

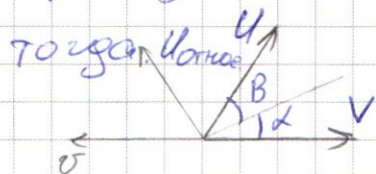
Реш:



1) т.к. трос шит между точками, значит проекции скоростей на ось троса равны. $U \cdot \cos \beta = V \cdot \cos \alpha$ $U = \frac{V \cdot \cos \alpha}{\cos \beta}$

$$U = \frac{0,4 \cdot 3 \cdot 17}{5 \cdot 8} = 0,51 \text{ (м/с)}$$

2) Возьмем вектора скоростей из одной точки.



$|V| = |U|$ $V \perp U$ т.е. $U_{\text{отн}}$ - векторная сумма U и V .

$$U_{\text{отн}} = \sqrt{U^2 + V^2 + 2UV \cdot \cos(180 - \beta - \alpha)} = \sqrt{U^2 + V^2 - 2UV \cdot \cos(\beta + \alpha)}$$

$$\cos(\beta + \alpha) = \cos \beta \cdot \cos \alpha - \sin \beta \cdot \sin \alpha = \frac{3 \cdot 8}{5 \cdot 17} - \frac{4 \cdot 15}{5 \cdot 17} = -\frac{36}{5 \cdot 17}$$

$$U_{\text{отн}} = \sqrt{0,4^2 + 0,51^2 - \frac{36}{5 \cdot 17} \cdot 0,4 \cdot 0,51 \cdot 2} = 0,77 \text{ (м/с)}$$

3) по 2-му. И. $ma = T \cdot \sin \beta$ $a = \frac{U^2}{R}$

$$T = \frac{mU^2}{R \cdot \sin \beta}$$

$$T = \frac{1 \cdot 0,51^2 \cdot 17}{15 \cdot 1,7} = 0,17 \text{ (Н)}$$

2) Дано:

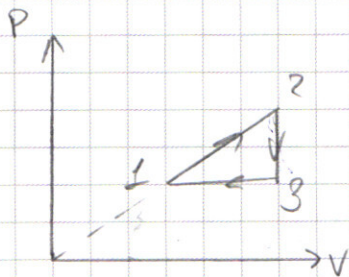
реш.

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

2) $\frac{Q_{12}}{A_{12}} - ?$

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

Реш:



1) $\int C_{23} (T_3 - T_1) = Q_{23}$

$Q_{23} = \frac{3}{2} \int R (T_3 - T_1) \text{ т.к.}$

$\Delta V = 0 \quad A = 0$

т.е. $C_{23} = \frac{3}{2} R$

$\int C_{31} (T_1 - T_3) = Q_{13} = \Delta U_{13} + A_{13}$

$A_{13} = P_3 V_1 - P_1 V_3 = P_1 (V_1 - V_3) =$

$= \int R (T_1 - T_3)$

$\Delta U_{13} = \frac{3}{2} \int R (T_1 - T_3) \text{ т.е. } C_{31} = \frac{5}{2} R$

$\eta = \frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5} = 0,6$

2) A_{12} - найдем как S под график. $A_{12} = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_2 - V_1) =$

$= \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \text{ т.к. по усл. } \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \int R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \text{ т.е. } \Delta U_{12} = 3 A_{12}$

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 4 A_{12} \quad \frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$

3) $\eta = \frac{T_2 - T_1}{T_2} \text{ т.е. } T_2 - \text{ макс темп. } T_1 - \text{ мин темп. овесу граф.}$

$\int R T_2 = P_2 V_2$

$\int R T_1 = P_1 V_1$

$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \text{ т.к.}$

$V_2 = x V_1$
 $P_2 = x P_1$

значит $T_2 = x^2 T_1$

$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = \frac{\frac{(x-1)^2}{2} \cdot P_1 V_1}{4 A_{12}} = \frac{(x-1)^2}{8(x^2-1)} = \frac{1}{4} \cdot \frac{(x-1)^2}{x^2-1}$

$\left(\frac{(x-1)^2}{x^2-1} \right)' = \frac{2(x-1)(x^2-1) - 2x(x-1)^2}{(x^2-1)^2} = \frac{(x-1)(2x^2-2-2x^2+2x)}{(x^2-1)^2} =$

$= \frac{2(x-1)^2}{(x^2-1)^2} \geq 0 \text{ т.е. при } x \rightarrow \infty \quad \eta_{\max} = \frac{1}{4} = 0,25$

$\eta_{\max} = 25\%$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Дано:

$$d$$

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

Реш:

1) т.к. полная остановка зарядов $d = 0,7 \text{ d} = 0,8 \text{ d}$
то $\frac{aT^2}{2} = 0,8 \text{ d}$ $aT = v_1$

$$a = \frac{E \cdot q}{m} = E \cdot j$$

$$\frac{v_1^2}{2a} = 0,8 \text{ d}$$

$$\frac{v_1^2}{2Ej} = 0,8 \text{ d}$$

$$E = \frac{v_1^2}{1,6 \text{ d} \cdot j}$$

$$T = \frac{v_1 \cdot 1,6 \text{ d} \cdot j}{v_1^2 \cdot j} = \frac{1,6 \text{ d} \cdot j}{v_1 \cdot j} = \frac{1,6 \text{ d}}{v_1}$$

2) $U = E \cdot d$

$$U = \frac{v_1^2}{1,6 j}$$

3) по ЗСЭ.

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{E \cdot q \cdot d}{2} \quad (\text{энергия не складывается}).$$

$$mv_0^2 = v_1^2 + j \cdot d \cdot \frac{v_1^2}{1,6 \text{ d} \cdot j}$$

$$v_0 = v_1 \sqrt{\frac{1,6 + 1}{1,6}} = v_1 \sqrt{\frac{13}{8}}$$

$$v_0 = v_1 \sqrt{\frac{13}{8}}$$

4) Дано:

Реш:

$$E = 3 \text{ В}$$

$$C = 20 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 6 \text{ В}$$

$$L = 0,2 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$I = ?$$

$$I_{\text{max}} = ?$$

$$U_2 = ?$$

1) по Кирхгофу

$$-U_C + U_L + U_0 = -E \quad U_1 = -U_C + U_0 + E$$

$$U_L = LI' \quad I' = \frac{-6 + 3 + 1}{0,2} = -10 \left(\frac{\text{А}}{\text{с}} \right)$$

ответ отриц. т.к. ток течет в обратном направлении.

ток возрастает со скоростью $10 \frac{\text{А}}{\text{с}}$

2) когда I_{max} , $U_L = 0$

$$\Delta A = E(C(E + U_0 - U_1)) + U_0(C(E + U_0 - U_1)) = EC(E + U_0 - U_1)$$

$$\Delta W_C = \frac{C(E + U_0)^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} \quad \Delta W_L = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\Delta A = \Delta W_C + \Delta W_L \quad EC(E + U_0 - U_1) = \frac{C(E + U_0 + U_1)(E + U_0 - U_1)}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

$$C(E + U_0 - U_1)$$

$$-3 \cdot 2 \cdot C = C \cdot 5 \cdot 2 + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}$$

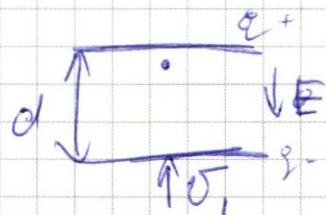
$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{8C}{L}} =$$

$$= \sqrt{\frac{8 \cdot 20 \cdot 10^{-9}}{0,2}} = 2 \sqrt{0,2} \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

3) если напряжение устанет то $I = 0$ т.е. $U_L = 0$ значит.

$$U_C = U_0 = E \quad U_C = 4 \text{ В}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$T_a = 25$$

$$E + U_0 - U_L = U_C$$

$$a = \frac{E \phi_r}{m_r}$$

$$U_L = E + U_0 - U_c$$

$$E = \frac{Q_k}{Q \epsilon_0 S}$$

$$E + U_0 = U_e$$

$$Q T = V$$

$$\frac{aT^2}{2} = 0,8d$$

$$\frac{a_{TV}^{\circ}}{2a} = 0,8 \text{cl}$$

$$U_o + U_c = -E$$

$$U = E_{\text{ad}}$$

$$u = \frac{1.6 \text{ d}^2}{\text{s}^2}$$

$$U_c = U_0 - \varepsilon + U_L \frac{U_1}{2.5 U_0} = 0,8 \text{cl}$$

$$T = \frac{v_1}{E_f} = \frac{v_1^3}{c^3}$$

$$U_1 = E + U_c - U_p$$

$$E = \frac{1.6 \text{ eV}}{v_1} - \frac{v_2}{1.6 \text{ eV}}$$

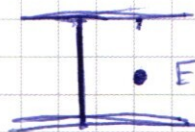
$$F = \frac{U}{d}$$

$$\frac{CE^2}{2} = \frac{CE \cdot d^2}{2}$$

cf ggs

$$T = \frac{v_1}{f \cdot \frac{v_1}{1,66f}} = \frac{1,66}{v_1}$$

$$T = \frac{v_1}{f \cdot \frac{v_1}{1,66f}} = \frac{1,66}{v_1}$$



- $E_k = 0$ $E_n = 0,8 \text{ eV}$ $F = \frac{m v_1^2}{2}$

$$= -U_0 + U_e + U_L$$

E-2

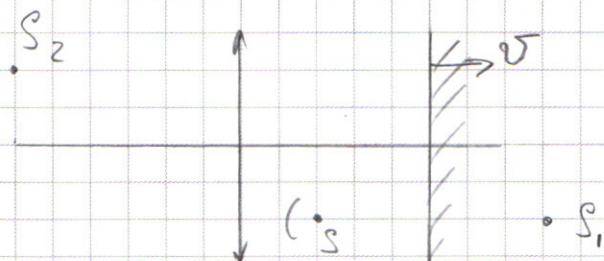
$$U_p =$$

$$= E + U_0 - U_c$$

5) Дано:

реш
 S_1 - ?
 S_2 - ?
 v_2 - ?

Реш:



S_2 - разлет от S ; 80 м/с

$$a = F + (F - \frac{F}{3}) = \frac{5}{3} F$$

S_1 - движется

S_2 - движется в.

$$1) \frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} + \frac{3F}{5F} = \frac{2}{5F} \quad f = \frac{5F}{2}$$

$$2) F = \frac{p}{a} = \frac{3}{2}$$

S_1 - движется вправо со скоростью $2V$ т.к. удар в зеркале.

т.к.

проекция скорости на линию источников S_1 и S_2

относ как Γ к проекции. из скорости S_1 развед 0 т.к.

он движется $\perp$ значит S_2 тоже 0 значит $v_2 \perp$ линде

$$\alpha = 0 \quad \text{т.е.} \quad \sin \alpha = 0$$

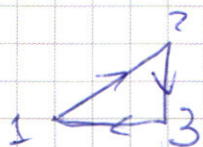
$$3) \frac{v_2}{v_1} = \Gamma^2$$

$$v_1 = 2V$$

$$\text{т.е.} \quad v_2 = 2\Gamma^2 V = 4,5 \text{ м/с}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

[illegible]



$$Q_- = \frac{(P_2 - P_3)(V_3 - V_1)}{2} = \frac{P_2 V_3 - P_3 V_3 - P_2 V_1 + P_3 V_1}{2} = \frac{2(P_2 V_2 - P_1 V_1)}{2}$$

$P_3 = P_1$
 $V_3 = V_2$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma} = x^{\gamma}$$

$$T_3 - T_1 = \Delta T$$



$$V_2 = x V_1$$

$$V_3 = x V_1$$

$$(P_2 V_1 - P_1 V_2 - P_2 V_1 + P_1 V_1) = P_1 (V_1 - V_2)$$

$$P_2 = x P_1$$

$$P_3 = P_1$$

$$Q_+ = 4 P_0 V_0 (x^{\gamma} - 1)$$

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

$$Q_- = \frac{\gamma}{2} (P_0 V_0 - P_3 V_3) = \frac{\gamma}{2} (1 - x) \cdot P_0 V_0$$

$$= \frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_2 V_2) =$$

$$= \frac{3}{2} (P_1 x V_1 - x^{\gamma}) = \frac{3}{2} P_0 V_0 (x - x^{\gamma})$$

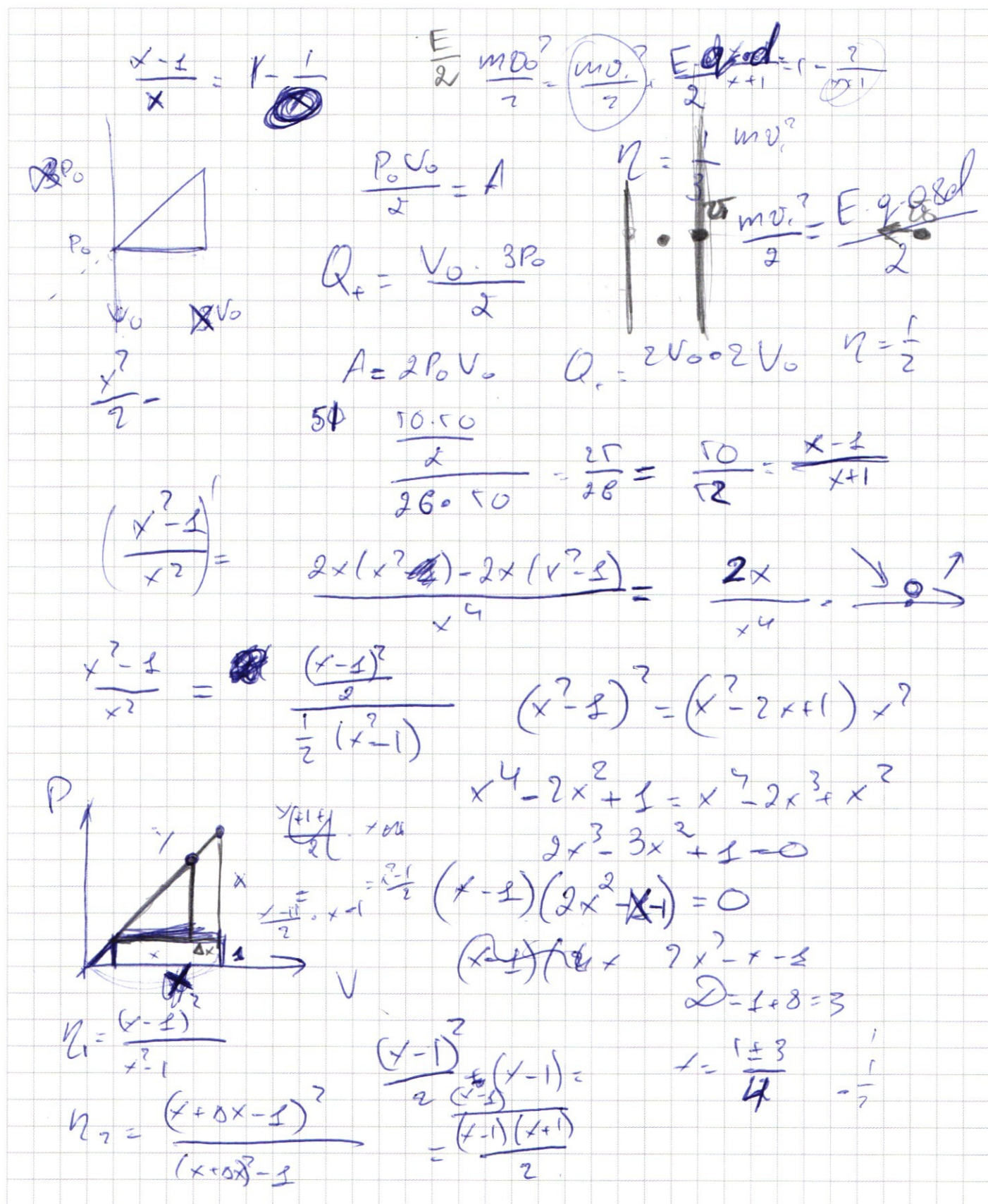
$$\eta(x) = \frac{4(x^{\gamma} - 1) - (x^{\gamma} - x) \cdot \frac{3}{2}}{(x^{\gamma} - x) \cdot \frac{3}{2} + (x - 1) \cdot \frac{\gamma}{2}} =$$

$$= \frac{(x-1) \left((x+1) 4 - \frac{3}{2} x - \frac{\gamma}{2} \right)}{(x-1) \left(x \cdot \frac{3}{2} + \frac{\gamma}{2} \right)} = \frac{(4x + 4 - 1.5x - 1.5)}{(1.5x + 1.5)} =$$

$$= \frac{2.5x + 2.5}{1.5x + 1.5} = \left(\frac{5x + 5}{3x + 3} \right) =$$

$$\frac{5(3x+3) - 3(5x+3)}{(3x+3)^2} = \frac{15x+15-15x-9}{(3x+3)^2} = \frac{6}{(3x+3)^2} \approx 0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



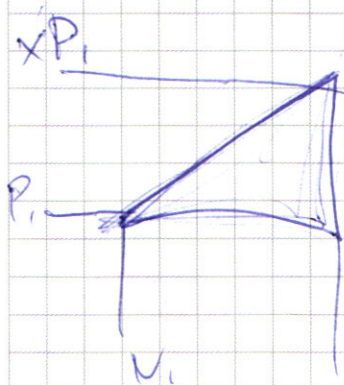
T_2

$$\frac{E}{2} \cdot 0,2d$$

$$A_{12} = \frac{x+1}{2} \cdot (x-1)$$

$$\frac{120 \cdot 10^3}{2} + \frac{E}{2} \cdot q \cdot d$$

$$= \frac{x-1}{2}$$



$$T_2 = x^2 T_1$$

$$\frac{T_2 - T_1}{T_2} = \frac{x^2 - 1}{x^2} = 1 - \frac{1}{x^2}$$

$$\frac{(x-1)^2}{x^2-1} \text{ или } \frac{x^2-1}{x^2}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2}(x-1) = \frac{3}{2}(x-1) = (x-1) \left(\frac{3}{2} \right)$$

$$4(x^2-1)$$

$$\left(\frac{(x-1)^2}{x^2-1} \right)' = \frac{2(x-1)(x^2-1) - 2x(x-1)^2}{(x^2-1)^2}$$

$$\frac{2x^3 - 2x - 2x^2 + 2 - 2x^3 + 2x^2 - 2x}{-4x}$$

241



черновик



чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_T^2}{2} +$$

$$\frac{E}{2} \cdot \frac{q}{d} \cdot 0,8d + \frac{E \cdot q}{\epsilon} \cdot 0,2d =$$

$$\frac{mv_i^2}{2} = \frac{mv_f^2}{2} + \frac{EL \cdot x \cdot q \cdot x}{d}$$

$$\begin{array}{r} 0,8 \text{ Volt} \\ \hline 1,6 \text{ d-f} \end{array}$$

$$\frac{v^2}{2} = \frac{E_{\text{rod}}}{2} + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\frac{U}{2} = \frac{Q}{2} + d$$

$$\frac{U}{2} = \frac{Q}{2} = E_p + E_k$$

F d

$$\frac{F_{\text{rad}}}{\hbar \omega} = \cos \theta_1$$

A hand-drawn diagram on graph paper. It features a vertical line with a point marked by a solid black dot. An arrow points from this dot to the right, towards the letter 'A'.

12/12/20

$$\frac{E \cdot q}{2}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} + \frac{E - q_{\text{eff}}}{2} d =$$

E.g. of
Eda. of

$$0.801 \cdot F = \frac{mv}{2}$$

$$0,8d \cdot F_g = \frac{v^2}{2}$$

$$\frac{m U_c^2}{2} + U_c \cdot q_n = \cancel{U_c \cdot q_n}$$

$$2\phi = \frac{mv_i}{2}$$

$$q \cdot g = \frac{m \cdot \dot{\sigma}_1}{2}$$

$$\varphi = \frac{kq}{r}$$

$$m_1 \cdot v_1 = U_c \cdot q \cdot d_w$$

$$2\psi = \psi_u$$

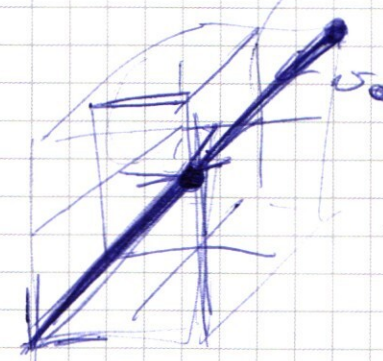
$$U_c = \frac{1}{2} \frac{v_c^2}{r}$$

$$\varphi = \frac{\log}{r} =$$

$$\frac{mO_2}{21} = \frac{1}{2} \text{ mol} \quad \text{für } Q =$$

$$\varphi_6 = \frac{k_2 \cdot 2}{8 \cdot 5} = \frac{k_2}{20}$$

$$\varphi_3 = 3\varphi_0 = -\frac{2kq}{r}$$



$$Q = 4(x^2 - 5)$$

$$0 = \frac{3}{2}(x^2 - x) + \frac{5}{2}(\dots)$$

$$\begin{array}{r} 5x+3 \overline{) 3x+5} \\ 3x+1 \\ \hline 2x+4 \\ 2x+1 \\ \hline x+3 \end{array}$$

$$\frac{(x-1)^2}{2} = 4x + 4 - 1.5x - 1.5$$

$$x-1 = 5x+3 \quad x = -1$$

$$\frac{5}{3} + \frac{3-2.5}{3 \cdot 5}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{c_1}{2} = \frac{c_2}{\sqrt{2}} = \frac{c_3}{4}$$

$$\frac{5x+3}{3x+5}$$

$$\frac{5x+3-3x-5}{3x+5} = 0$$

$$\frac{2x-2}{3x+5} = 0$$

$$x = 1$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{2}}$$



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

$$\mu R T_1 = P_1 V_1$$

$$\mu R T_2 = P_2 V_2$$

$$P = 2V$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2^2}{V_1^2} = 2$$

$$4(x^2 - 5)$$

$$4x+1) \quad \frac{2.5x+1.5}{4x+4}$$

$$\frac{2.5 \cdot (4x+4) - 4(2.5x+1.5)}{(4x+4)^2}$$

$$\frac{(x-1)^2}{2} = \frac{x-1}{(x+1) \cdot 8}$$

$$= \frac{x+1-x+1}{(x+1)^2} = \frac{2}{(x+1)^2} > 0$$

$$\frac{2}{(x+1)^2} < 1$$

$$(x+1)^2 > 2$$

$$x+1 > \sqrt{2}$$

$$x > \sqrt{2} - 1$$

$$\frac{x-1}{(x+1) \cdot 8} < 1$$

$$\frac{x-1-8x-8}{8(x+1)} < 0$$

$$x > 1$$

$$x-1 < 8x+8$$

$$7x > 9$$

$$\frac{7x+9}{x+1} > 0$$

$$\frac{7x+9}{x+1}$$



черновик



чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №

(Нумеровать только чистовики)