

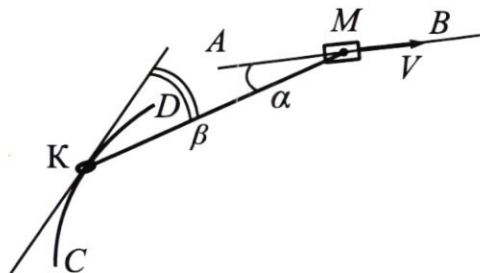
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

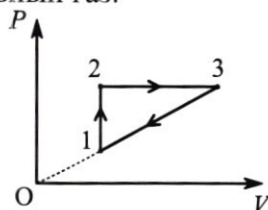
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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

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

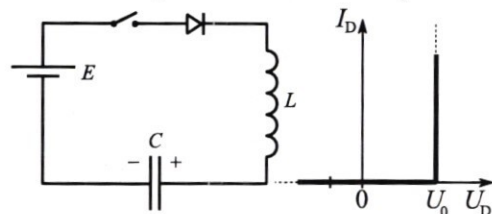
- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

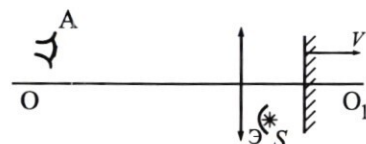
Ключ замыкают.

- 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:

$$V = 68 \text{ см/с}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

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

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

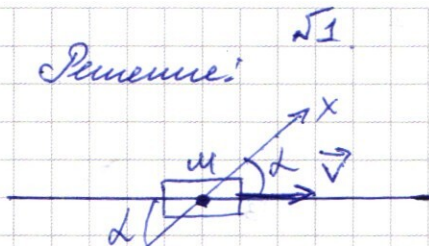
$$\cos \beta = \frac{4}{5}$$

1) V - ?

2) $V_{\text{отн}}$ - ?

3) T - ?

Решение:



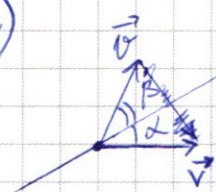
1) М.к. есть левый и правый, то: Ox :

$$V \cos \alpha = V' \cos \beta$$

$$V' = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$V' = \frac{68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 75 \text{ см/с}$$

2)



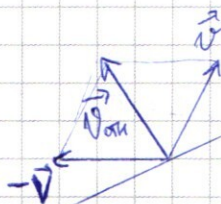
$$\vec{V} = \vec{V}' + \vec{V}$$

$$\vec{V}_{\text{отн}} = \vec{V}' - \vec{V}$$

$$V_{\text{отн}}^2 = V'^2 + V^2 - 2V'V \cos(\alpha + \beta)$$

$$V_{\text{отн}}^2 = 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} = \sqrt{\left(1 - \frac{16}{25}\right) \left(1 - \frac{225}{289}\right)}$$

$$V_{\text{отн}} = 77 \text{ см/с}$$



3) ~~Решение~~ II закон Ньютона для м:

04:
(ось $Ox \perp \vec{V}$)

$$T \sin \beta = m a_n = \frac{m V^2}{R}$$

$$\Rightarrow T = \frac{m V^2}{R \sin \beta}$$

$$T = \frac{0,1 \cdot 0,75^2}{1,9 \cdot 0,6} = \frac{15}{304} \approx 0,041 \text{ Н}$$

(T - сила натяжения
нити; a_n - центростремительное
ускорение кольца)

Ответ: 1) 75 см/с

2) 77 см/с

3) 0,041 Н

Дано:

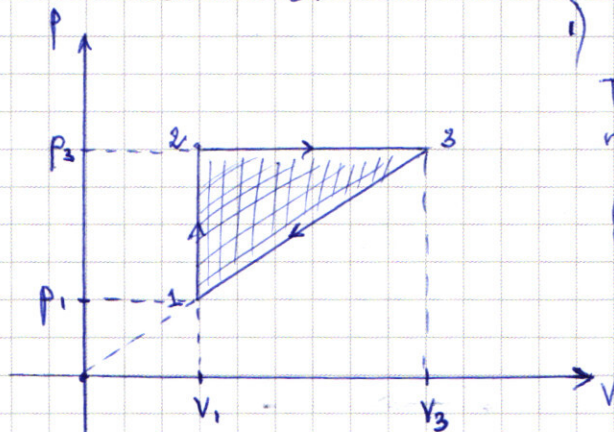
идеальный
одноатомный
газ

1) $\tilde{C}_{12} - ?$

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}}$

3) $\eta_{\text{м}} - ?$

Решение:



1) процесс 1-2: $V = \text{const}$, $p \uparrow \Rightarrow$

$T \uparrow$

процесс 2-3: $p = \text{const}$, $V \uparrow \Rightarrow T \uparrow$

(и $\frac{pV}{T} = \text{const}$, т.к. кон-ста в формуле не меняется)

$\tilde{C} = \frac{Q}{\sqrt{\Delta T}}$; $Q = \Delta U + A$

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

(т.к. процесс изохорный)

$\tilde{C}_{12} = \frac{Q_{12}}{\sqrt{T_2 - T_1}} = \frac{3}{2} R$

$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + A = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$

$\left. \begin{aligned} p_3 V_3 &= \nu R T_3 \\ p_2 V_2 &= \nu R T_2 \end{aligned} \right\}$

т.к. $p_2 = p_3$, то $p_3 (V_3 - V_2) = \nu R (T_3 - T_2) = A$

$\tilde{C}_{23} = \frac{Q_{23}}{\sqrt{T_3 - T_2}} = \frac{5}{2} R$; $\frac{\tilde{C}_{12}}{\tilde{C}_{23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = 0,6$

2) т.к. процесс изобарный, то $Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$, а $A = \nu R (T_3 - T_2)$,

тогда $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = 2,5$

3) $\eta = \frac{A}{Q}$; $Q = Q_{12} + Q_{23} = \frac{\nu R}{2} (5T_3 - 5T_2 + 3T_2 - 3T_1)$

$A = A_{23} + A_{31} = \frac{(p_3 - p_1)(V_3 - V_1)}{2} = \frac{p_3 V_3 + p_1 V_1 - p_1 V_3 - p_3 V_1}{2}$

$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_3}{V_3} \Rightarrow p_3 V_1 = p_1 V_3 = \nu R T_2$

$A = \frac{\nu R T_3 + \nu R T_1 - 2\nu R T_2}{2} = \frac{\nu R (T_3 + T_1 - 2T_2)}{2}$

$\eta_{\text{м}} = \frac{5T_3 - 3T_1 - 2T_2}{T_3 + T_1 - 2T_2}$ $\eta_{\text{м}} = 1$, если $5T_3 - 3T_1 = T_3 + T_1$
 $4T_3 = 4T_1$
 $T_3 = T_1$

Ответ: 1) 0,6

2) 2,5

3) 100%, если 1 и 3 принадлежат изотерме

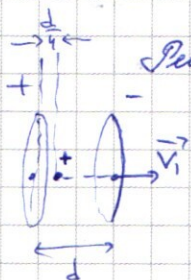
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

Дано:

$$S; d; \frac{d}{4}; T;$$

$$\frac{q}{m} = \gamma; v_0 = 0$$



Решение:

1) В силу равномерного ускорения и равноотстояния зарядов до вылета из конденсатора заряд пройдет $\frac{1}{2}d = \frac{3d}{4}$

$$\frac{3d}{4} = \frac{aT^2}{2} \Rightarrow a = \frac{3d}{2T^2}$$

$$v_1 = v_0 + aT = 0 + \frac{3d}{2T} = \frac{3d}{2T}$$

$$2) E = \frac{F}{q} = \frac{U}{d}$$

$$U = \frac{Fd}{q}$$

E — напряженность электрического поля между обкладками конденсатора
 F — сила, действующая на заряд, помещенный в конденсатор

где q : $F = ma = m \frac{3d}{2T^2}$

$$U = \frac{mad}{q} = \frac{m \frac{3d}{2T^2} d}{2qT^2} = \frac{3d^2}{2\gamma T^2}; C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

$$Q = CU = \frac{\epsilon_0 S 3d}{2\gamma T^2}$$

Ответ: 1) $\frac{3d}{2T}$

2) $\frac{\epsilon_0 S 3d}{2\gamma T^2}$

$$F, \frac{3F}{4}, \frac{F}{2}, V$$

- 1) f - ?
- 2) tg α - ?
- 3) v - ?

$$4) SM = MS' = F - \frac{F}{2} = \frac{F}{2}$$

$$d = F + \frac{F}{2} = \frac{3F}{2}$$

(d - расстояние от источника S¹ где много до точки много)

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

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

2) $V_1 = 2V$ (V_1 - скорость ~~вторичного~~ вторичного источника (S'))
 $\vec{v}_{||}$ и $\vec{v}_{\perp}$ - составляющие скорости движения конечного преобразования (S'')
 $v_{||} = \Gamma^2 V_1$ где $\Gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ - лорентцевское увеличение в данной точке

$$V_{\perp} = \cap V_i$$

$$\tan \alpha = \frac{v_{\perp}}{v_{\parallel}} = \frac{1}{r} = \frac{d}{f} = \frac{1}{2}$$

$$3) \vec{v} = \vec{v}_{||} + \vec{v}_{\perp} ; v = \sqrt{v_{||}^2 + v_{\perp}^2} = \sqrt{v_{||}^2 + v_{\perp}^2}$$

$$v = 1.2 \sqrt{1^2 + 1} \Rightarrow v = 4\sqrt{5} \text{ V}$$

Amber:

- 1) 3F
- 2) 0,5
- 3) $4\sqrt{5}V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

$$V = 68 \text{ см/с}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ мк}$$

$$l = \frac{5h}{3}$$

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

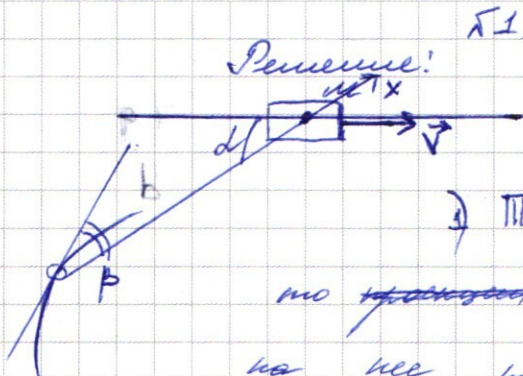
$$\cos \beta = \frac{4}{5}$$

1) v - ?

2) v_{center} - ?

3) T - ?

Решение:



П.к. нить легкая и нерастяжимая,
то ~~трение~~ сумма касательных сил
на нее равна 0:

$$\text{ок: } V \cos \alpha$$

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = \frac{VR}{2} (5T_3 - 5T_2 + 3T_2 - 3T_1)$$

$$A = \frac{p_3 - p_1}{2} (V_3 - V_1) = \frac{p_3 V_3 - p_1 V_3 + p_1 V_1 - p_3 V_1}{2}$$

$$A = \frac{(p_3 - p_1)(V_3 - V_1)}{2} = \frac{p_3 V_3 - p_1 V_3 + p_1 V_1 - p_3 V_1}{2}$$

$$p_1 = kV_1$$

$$\frac{p_1^2}{T_1} = \frac{p_3^2}{T_3} \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_3}{T_3}$$

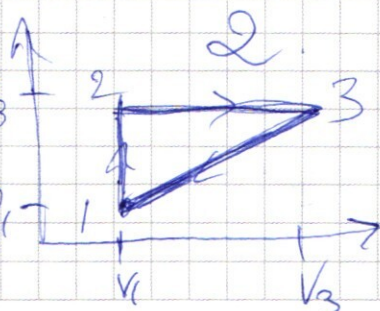
$$Q_{12} + Q_{23} =$$

$$\frac{p_3 V_3 + p_1 V_1 - 2p_3 V_1}{2}$$

$$\frac{VR}{2} (T_3 - T_2) + \frac{VR}{2} (T_1 - T_2) = \frac{VR}{2} (T_3 + T_1 - 2T_2)$$

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_3}{V_3}$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_3 V_3}{T_3}$$



$$T_3 + T_1 = 5T_3 - 3T_1$$

$$4T_1 = 4T_3$$

$$T_1 = T_3$$

$$\frac{VR}{2} (5T_3 - 3T_1 - 2T_2)$$

$$T_3 + T_1 = 5T_3 - 3T_1$$

$$6T_3 = 4T_1$$

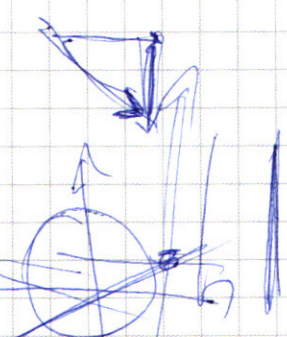


$v^2 = \frac{1}{\Gamma^2} v_1^2 + \frac{1}{\Gamma^2} v_2^2$
 $r^2 v_1^2 (\Gamma^2 + 1) = \frac{k q_1 q_2}{d^2}$

$C = \frac{\epsilon S}{d}$
 $CU = \frac{\epsilon S F d}{d q}$

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

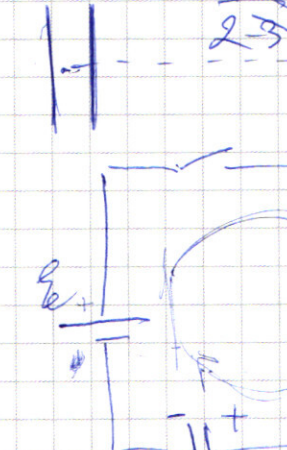
$\gamma = \frac{W_n}{q}$



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

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

$\text{Data: } \epsilon; C; U_1; L; U_0$



$\frac{3d}{42} = \frac{aI^2}{2}$
 $a = \frac{3d}{2I^2}$

$v = aT = \frac{3d}{2T}$

$F = ma$

$\frac{Uq}{d} = ma = \frac{m3d}{2T^2}$

$U = \frac{A_{\text{ср}}}{q}$

$Q = CU$

$U = \frac{3md^2}{2T^2 q}$

$\frac{3md^2 k \epsilon S}{2T^2 q}$

$E - LI' = U_1 = 0$
 $I' = \frac{U_1 + E}{L}$

$CU_1 - \epsilon A = CU_2$

$A = \frac{C(U_1 - U_2)}{\epsilon}$

$\frac{CU_1^2}{2} + A = \frac{CU_2^2}{2}$

$A = \frac{C(U_1 - U_2)}{\epsilon}$

$A = \frac{C(U_1 - U_2)}{\epsilon}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

- $\mathcal{E} = 9 \text{ В}$
- $C = 40 \text{ мкФ}$
- $U_1 = 5 \text{ В}$
- $L = 0,1 \text{ Гн}$
- $U_0 = 1 \text{ В}$

Решение:

1) по II з. Кирхгофа:

$$\mathcal{E} + \mathcal{E}_i - U_1 = 0$$

(т.к. конденсатор включен не по тому направлению)

$$\mathcal{E}_i = -L I'$$

$$L I' = \mathcal{E} - U_1$$

$$I' = \frac{\mathcal{E} - U_1}{L} = 40 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) ЗСЗ:

$$\mathcal{E} U_1 - \Delta q = C U_2; \quad \Delta q = \frac{A_{\text{ист.}}}{\mathcal{E}} \Rightarrow A = C \mathcal{E} (U_1 - U_2)$$

ЗСЗ:

$$\frac{C U_1^2}{2} + A_{\text{ист.}} = \frac{C U_2^2}{2}$$

$$\frac{C U_1^2}{2} + C \mathcal{E} (U_1 - U_2) = \frac{C U_2^2}{2}$$

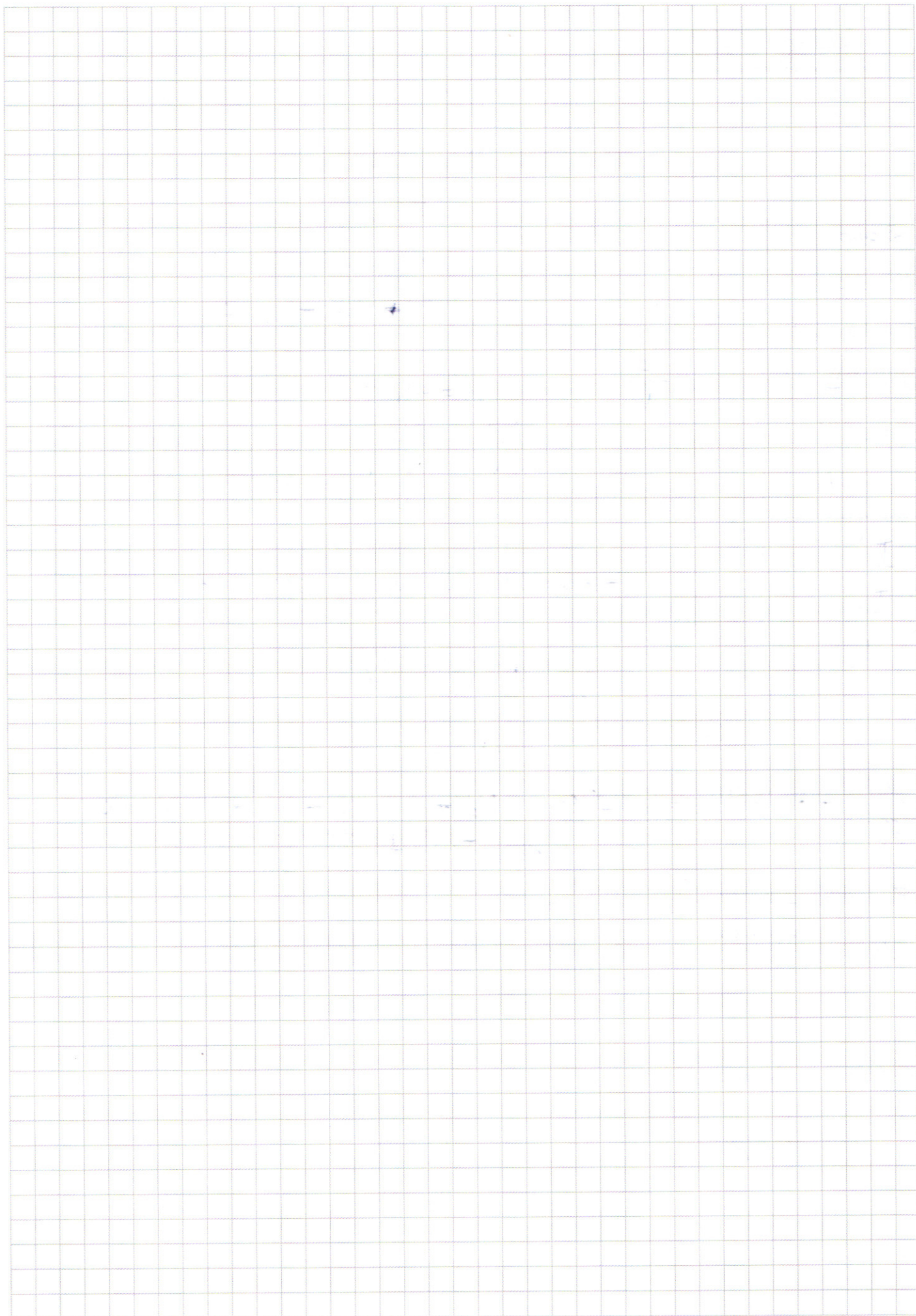
$$U_2^2 + 2 \mathcal{E} U_2 - (U_1^2 + 2 \mathcal{E} U_1) = 0$$

$$D = 4 \mathcal{E}^2 + 4 (U_1^2 + 2 \mathcal{E} U_1) = 28^2$$

$$U_2 = \frac{-18 \pm 28}{2} = \begin{cases} 5 \rightarrow \text{конденсатор перезарядится до того же начального значения, но в обратном направлении} \\ -23 \rightarrow \text{не удовлетворяет условию данной цепи.} \end{cases}$$

Ответ:

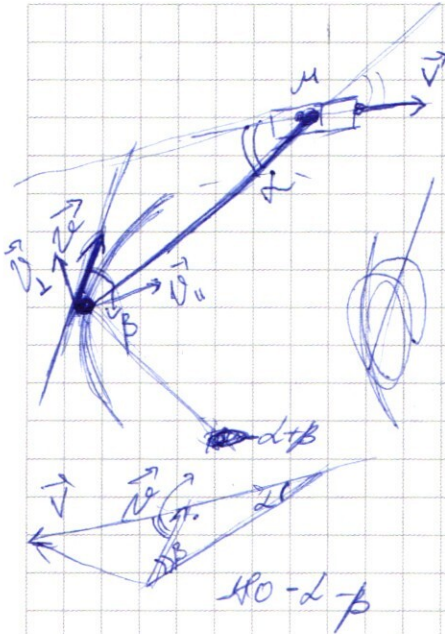
- 1) $40 \frac{\text{А}}{\text{с}}$
- 2) 5 В



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$V \cos \beta + V \cos \alpha = 0 \quad \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$V = - \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot 15 \cdot 5}{75} = 75 \text{ km/h}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_{\text{orn}} + \vec{v}$$

$$\vec{v}_{\text{orn}} = \vec{v} - \vec{v}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 17 \\ \hline 17 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 283 \\ -225 \\ \hline 64 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 60 \\ -24 \\ \hline 36 \end{array}$$

$$v_{\text{orn}}^2 = 75^2 + 68^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \cos(\alpha + \beta) \quad \frac{19}{68} \quad \frac{6}{54}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos\alpha \cos\beta - \sin\alpha \sin\beta = \frac{4}{5}$$

$$5 \times \frac{4}{17} - \frac{3}{5} \cdot \frac{8}{17} = \frac{68}{544}$$

$$\begin{array}{r} 289 - \\ \underline{225} \\ 64 \end{array} \quad \begin{array}{r} (80-24) \times 5 \cdot 2408 \\ \underline{5.1} \end{array} \quad \begin{array}{r} 2408 \\ \underline{4624} \end{array}$$

$$88^2 - 36 \cdot 15 \cdot \frac{1}{2} + 75^2$$

$$\begin{array}{r} 75 \\ 75 - 75.72 \\ \hline 1 \end{array} \quad \begin{array}{r} 75/5 \\ \hline 15 \end{array}$$

$$68^2 + 75 \cdot 3$$

1 $\frac{60}{24}$ 225 

36

$$\begin{array}{r} 5 \\ 25 \\ \hline 36 \end{array}$$

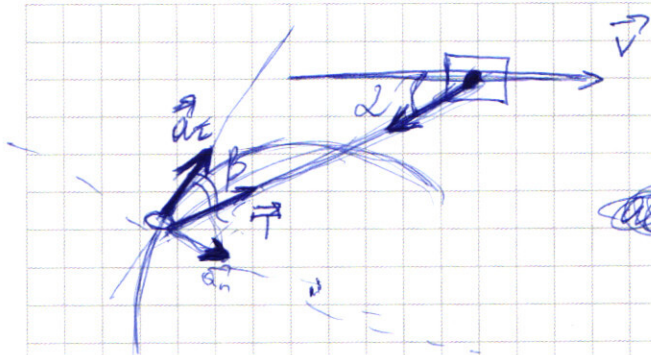
$$\begin{array}{r} 2 \times \\ 375 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4624 \\ 1305 \end{array} \quad \begin{array}{r} 34 \\ 14 \end{array} \quad \begin{array}{r} 288 \\ 04 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 59.29 \\ \times 1029 \\ \hline \end{array}$$

ОБЛИК ☐ ИСТОРИК ☒ Страница №

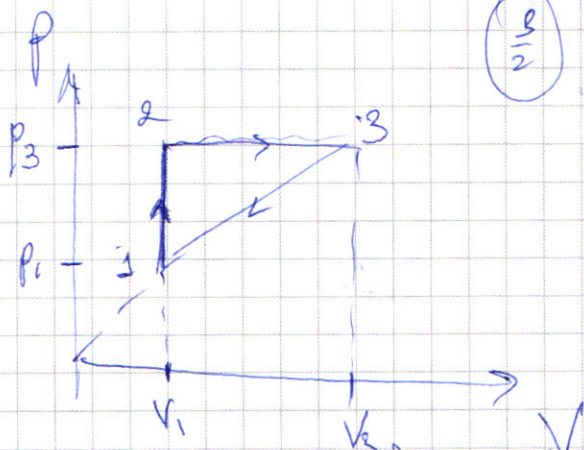
те галочку в нужном поле)



$$T \sin \beta = m a_n = m v^2 / R$$

$$T = \frac{m v^2}{R \sin \beta} = \frac{1.75 \cdot 10^5}{19.5} = 8974.3$$

$$\left(\frac{3}{2} \right)$$



нужно найти работу за процесс 1-2 и 2-3.

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

$$\epsilon_{12} = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)}{\nu (T_2 - T_1)} = \frac{3}{2} R$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

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

$$\frac{\epsilon_{12}}{\epsilon_{23}} = \frac{3}{5} = 0.6$$

$$\frac{p_3 V_1}{T_2} = \nu R$$

$$\frac{p_3 V_2}{T_3} = \nu R$$

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

$$p_3 (V_3 - V_1) = \nu R (T_3 - T_1)$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{\frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu R (T_3 - T_2)} = 2.5$$

$$= 2.5$$

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

$$\frac{h a g}{91} \cdot \frac{h h 1}{61} \cdot \frac{91}{5}$$

$$\frac{h a g}{91} \cdot \frac{h h 1}{61} \cdot \frac{91}{5}$$

$$\frac{51 \cdot 91}{51}$$

$$\frac{91 \cdot 61}{51}$$

$$\frac{h a g}{91} \cdot \frac{h h 1}{61} \cdot \frac{91}{5}$$

$$\frac{h a g}{91} \cdot \frac{h h 1}{61} \cdot \frac{91}{5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{m_1^2}{2} + \frac{2(m_1 - m_2)}{\epsilon} = \frac{2m_2}{2}$$

$$\epsilon m_1^2 + 2m_1 - 2m_2 = \epsilon m_2^2$$

$$\epsilon m_2^2 + 2m_2 - (2m_1 + \epsilon m_1^2) = 0$$

$$4 + 4\epsilon(2m_1 + \epsilon m_1^2)$$
~~$$4 + 4\epsilon(2m_1 + \epsilon m_1^2)$$~~

$$9x^2 + 2x - 5.47 = 0$$

$$4 + 4 \cdot 9 \cdot 5.47 = (46.2)^2$$

$$\frac{-2 \pm 92}{18} = \frac{90}{18} = \frac{10}{2} = 5$$

$$\frac{-94}{18} = -\frac{47}{9} = -5.22$$

$$10 + 9 \cdot 25 = 3$$

$$5(2 + 45) = 5.47$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 5 \\ \hline 3235 \\ 9 \\ \hline 2115 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ 9 \\ \hline 86 \\ 6 \\ \hline 516 \end{array}$$

Дано: F ; $\frac{3F}{4}$; $\frac{F}{2}$; V ; F

$$\frac{v_{up1}}{v_{up2}} = \Gamma^2$$

$$\frac{v_{up1}}{v_{up2}} = \Gamma$$

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{3F}$$

$$3F$$

$$\frac{2 \cdot 3F}{3F}$$

$$v_{up1} = \Gamma^2 2V = 0.8V$$

$$v_{\perp} = 2 \cdot V =$$

