

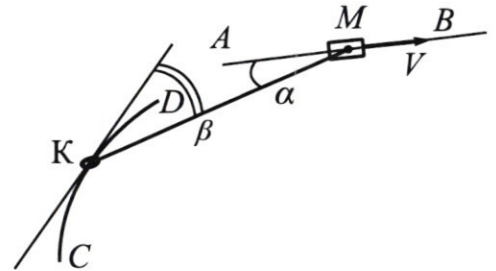
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

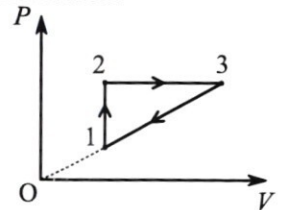
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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

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

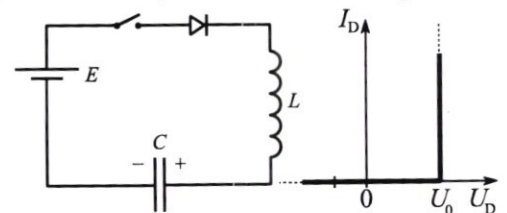
- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

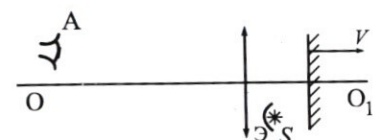
Ключ замыкают.

- 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.

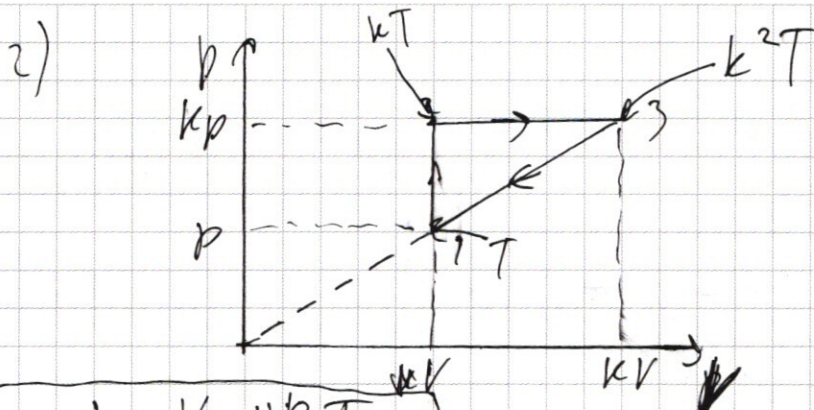


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

Найти:

- ① $\frac{C_{12}}{C_{23}} - ?$
- ② $\frac{Q_{23}}{A_{23}} - ?$
- ③ $\eta_{\text{max}} - ?$

$$\begin{aligned} 1) & pV = \nu RT \\ 2) & kpV = \nu RkT \\ 3) & k^2pV = \nu Rk^2T \end{aligned}$$

- ① ~~Найти~~ Повышение температуры в процессе 1-2 и 2-3
- 1-2: $\frac{5}{2} \nu R T$ $C_{12} = \frac{5}{2} R$ (изохор) $\frac{3}{2} R$
- 2-3: $\frac{5}{2} \nu R$ $C_{23} = \frac{5}{2} R$ (изобар)

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

- ② $Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23}$, где $A_{23} = kp(kV - V)$; $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R(kT - T)$

$$A_{23} = kpV(k-1); \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu RkT(k-1)$$

$$Q_{23} = kpV(k-1) + \frac{3}{2} \nu RkT(k-1)$$

$$1) Q_{23} = kpV(k-1) + \frac{3}{2} kpV(k-1) = \frac{5}{2} kpV(k-1)$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} kpV(k-1)}{\frac{3}{2} kpV(k-1)} = \frac{5}{3} \quad \left(\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} kpV(k-1)}{kpV(k-1)} = \frac{5}{2} \right)$$

- ③ $\eta_{\text{max}} = \frac{A_{\text{цикл}}}{Q_{\text{н}}}$; где $A_{\text{цикл}}$ — работа цикла, $Q_{\text{н}}$ — подведенное тепло.

$$A_{\text{гидра}} = S_{\text{отн}} = \frac{1}{2} \cdot p(k-1) \cdot (k-1)V = \frac{1}{2} \cdot pV(k-1)^2$$

$$Q_{12} > 0; Q_{23} > 0; Q_{31} < 0; \text{нормаль}$$

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

$$Q_{12} = \frac{3}{2} V R T (k-1) = \frac{3}{2} pV(k-1)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} k pV(k-1)$$

$$Q_k = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} pV(k-1) + \frac{5}{2} k pV(k-1) = \frac{1}{2} pV(k-1)(3+5k)$$

$$\eta_{\text{max}} = \frac{\frac{1}{2} pV(k-1)^2}{\frac{1}{2} pV(k-1)(3+5k)} = \frac{k-1}{3+5k}$$

$$\eta(k) = \frac{k-1}{3+5k} \quad \eta'(k) = \frac{1 \cdot (3+5k) - (k-1) \cdot 5}{(3+5k)^2} = \frac{3+5k-5k+5}{(3+5k)^2} = \frac{8}{(3+5k)^2}$$

$$3+10k \quad 10k-2=0 \quad k=\frac{1}{5}$$

$$\eta\left(\frac{1}{5}\right) = \frac{\frac{1}{5}-1}{3+5 \cdot \frac{1}{5}} = -\frac{4}{8} = -0.5 \quad \text{Взрыв макс, макс } k > \frac{1}{5}, \text{ то } \eta_{\text{max}} = \lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{k-1}{3+5k} \right)$$

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{k-1}{3+5k} \right) \rightarrow \frac{k}{5k} = \frac{1}{5} = 20\%$$

$$\eta_{\text{max}} = 20\%$$

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

Ответ:

$$1) \frac{G_{12}}{G_{23}} = \frac{3}{5} \quad 2) \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2} \quad 3) \eta_{\text{max}} = 20\%$$

$$2) \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{5}{2} \quad 3) \eta_{\text{max}} = 20\%$$

3) Дано:

F

$$h_1 = \frac{3}{F} F$$

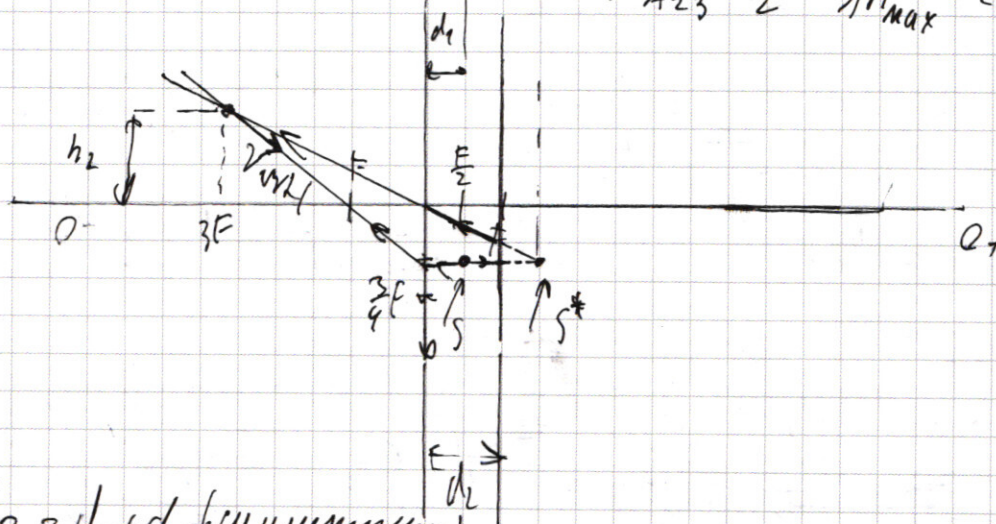
$$d_1 = \frac{1}{2} F$$

$$d_2 = F$$

$$f_1 = ?$$

$$L = ?$$

$$V_{\text{гид}} = ?$$



$$d_3 = d_2 + d_1 \text{ (суммируем)}$$

$$d_3 = F + \frac{F}{2} = \frac{3}{2} F$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_3} + \frac{1}{f_1} \quad \text{т.к.} \quad \frac{1}{F} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{3F} = \frac{1}{f_1} \quad (f_1 = 3F)$$

☐ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 2

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Gamma = \frac{t_1}{t_2} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{3F}{\frac{3}{2}F} = 2$$

$$h_2 = 2h_1 = \frac{3}{2}F$$

$$(t_{y2} = \frac{h_2}{2F} = \frac{\frac{3}{2}F}{2F} = \frac{3}{4})$$

~~$$U_1 \cos 2 = \Gamma^2 U_{y2}$$~~

~~$$U_{y2} = \frac{U_1}{\Gamma^2} \cos 2 = \frac{U_1}{4}$$~~

$$U_{y2} = \frac{t^2 U}{\cos 2}$$

~~$$\sin^2 2 + \cos^2 2 = 1$$~~

~~$$t^2 + 1 = \frac{1}{\cos^2 2} = \frac{1}{\frac{16}{25}} + 1 = \frac{25}{16} + 1 = \frac{41}{16} = \frac{1}{\cos^2 2}$$~~

~~$$\frac{25}{16} + 1 = \frac{1}{\cos^2 2} \quad \frac{25}{16} = \frac{1}{\cos^2 2} \quad \cos 2 = \frac{4}{5}$$~~

$$(U_{y2} = \frac{4 \cdot 5 \cdot 5}{4} = 5V)$$

Ответ: $t_1 = 3F$; $t_{y2} = \frac{3}{4}$; $U_{y2} = 5V$

а) Дано:

$$E = 9V$$

$$C = 40 \mu F$$

$$U_1 = 5V$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

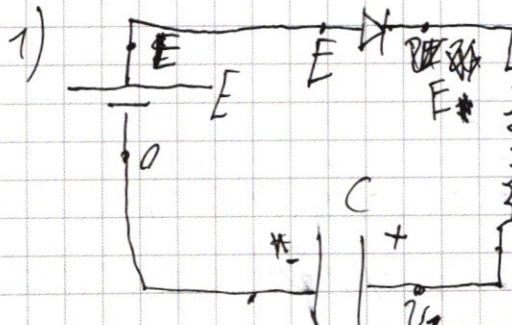
$$U_0 = 1V$$

$$I_1 - ?$$

$$I_{\max} - ?$$

$$U_2 - ?$$

Решение



Воспользуемся методом
потенциалов

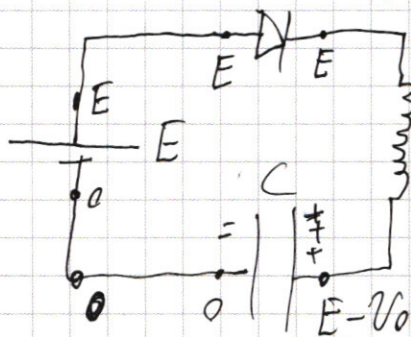
Цель сразу после замыкания ключа, так как
тут же зарядки не происходит

$E - U_1 > U_0$ так как будет протекать
ток через индуктор

$$\mathcal{E} - V_1 = LI'$$

$$(I' = \frac{\mathcal{E} - V_1}{L} = \frac{4}{0,1} = 40 \text{ А})$$

- 2) Рассчитаем заряд цепи при максимальном токе. Это будет соответствовать, когда разность потенциалов ~~на катушке~~ ^{на конденсаторе} будет V_0



Рассчитаем энергию потерь

ЗЗ: $A = W(\text{конек}) - W(\text{кат})$, где
 $W(\text{конек})$ - энергия в конденсаторе,
 $W(\text{кат})$ - энергия в катушке
 A - работа батареи

$$W(\text{кат}) = \frac{C V_1^2}{2}$$

$$W(\text{конек}) = \frac{C(E - V_0)^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2}$$

$A = E \Delta q$, где Δq - прошедший заряд через батарею

$$q_1 = C V_1 \quad q_2 = C(E - V_0)$$

$$\Delta q = q_2 - q_1 = C(E - V_0 - V_1)$$

$$3 \text{ З: } EC(E - V_0 - V_1) = \frac{C(E - V_0)^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2} - \frac{C V_1^2}{2}$$

$$9 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot (3) = \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 8^2}{2} + \frac{L I_{\max}^2}{2} - \frac{40 \cdot 10^{-6} \cdot 25}{2}$$

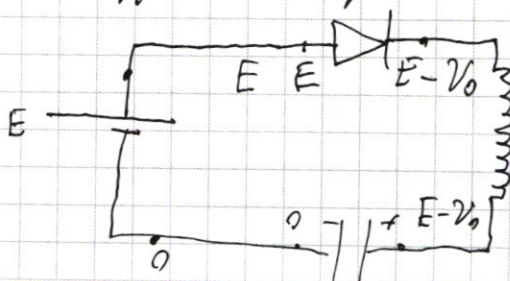
$$40 \cdot 10^{-6} \cdot (2 \cdot 3 \cdot 9 - 8^2 + 25) = 0,1 I_{\max}^2$$

$$15 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 0,1 I_{\max}^2$$

$$15 \cdot 4 \cdot 10^{-4} = I_{\max}^2$$

$$(I_{\max} = 2 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{15} \text{ А} = 20\sqrt{15} \text{ мА})$$

- 3) Рассчитаем заряд в установившемся состоянии, и найдем период потерь. В установившемся состоянии ток не будет и разность потенциалов на катушке не будет V_0 , но меньше V_0



$$V_2 = E - V_0 = 9 \text{ В} - 1 \text{ В} = 8 \text{ В}$$

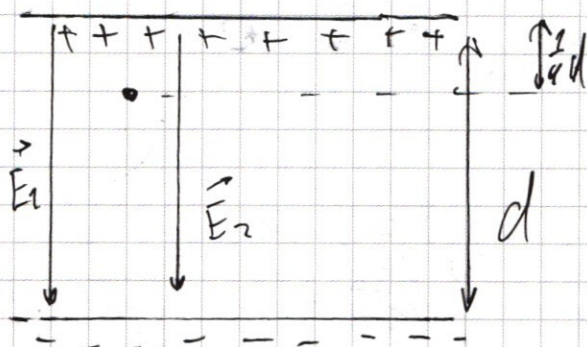
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $I' = 40 \frac{\text{В}}{\Omega}$; $I_{\text{max}} = 20\sqrt{15} \text{ мА}$; $U_2 = 8 \text{ В}$

3) Дано:

Решение

$$\left. \begin{array}{l} S \quad d \\ T \quad \frac{q}{m} = \gamma \\ U_1 - ? \\ Q - ? \\ U_2 - ? \end{array} \right\}$$



* По принципу суперпозиции:

$E_{\Sigma} = E_1 + E_2 = 2E$, где E_{Σ} — суммарная напряженность.

$$E_1 = E_2 = E$$

$$E_{\Sigma} = 2E, \text{ где } E = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

$$ma = E_{\Sigma} q$$

$$a = \frac{E_{\Sigma} q}{m} = E_{\Sigma} \gamma$$

$$\frac{3}{4}d = \frac{1}{2} E_{\Sigma} \gamma T^2 = E \gamma T^2$$

$$E = \frac{3}{4} \frac{d}{\gamma T^2} = \frac{3}{4} \frac{d}{\gamma T^2}$$

$$(U_1 = dT = E_{\Sigma} \gamma T = 2E \gamma T = 2 \cdot \frac{3}{4} \frac{d}{\gamma T^2} \gamma T = \frac{3}{2} \frac{d}{T})$$

$$E = \frac{Q}{2\epsilon_0 S} = \frac{3}{4} \frac{d}{\gamma T^2}$$

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

Так как поле вне конденсатора будет пренебрежимо, то заряд будет вычисляться равномерно и поэтому

$$V_1 = V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{3}{2} \frac{d}{T}$$

Проблем: $V_1 = \frac{3}{2} \frac{d}{T}$; $Q = \frac{3}{2} \frac{d \epsilon_0 S}{4T^2}$; $V_2 = \frac{3}{2} \frac{d}{T}$

1) Дано:

$$V = 68 \text{ км/ч}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

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

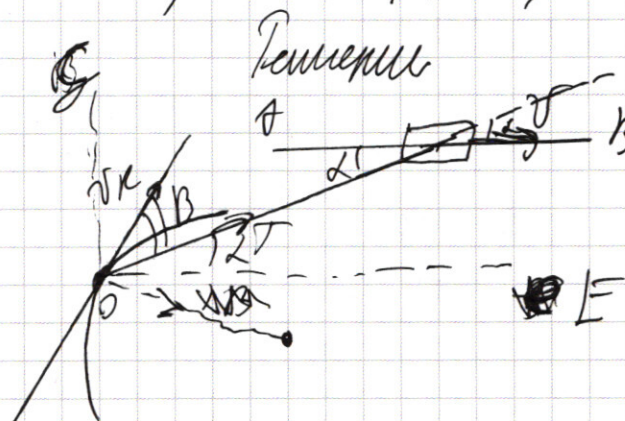
$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

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

$$V_k - ?$$

$$V_{\text{трак}} - ?$$

$$T - ?$$



$$1) V_{\text{трак}} = V_k \cos \beta = V \cos \alpha$$

$$V_k = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \cdot \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 11 \cdot 8 \cdot \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 25 \text{ км/ч}$$

2) Проведем проекцию OE, параллельную AB

$$V_{\text{коЕ}} = V_k \cos(\beta + \alpha), \text{ где } V_{\text{коЕ}} - \text{проекция}$$

на ось, параллельную OE

$$\cos(\beta + \alpha) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$$

$$\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha \quad \cos^2 \beta = 1 - \sin^2 \beta$$

$$\sin \alpha = \frac{8}{17} \quad \sin \beta = \frac{3}{5}$$

$$\cos(\beta + \alpha) = \frac{15 \cdot 4}{17 \cdot 5} - \frac{8 \cdot 3}{17 \cdot 5} = \frac{1}{17 \cdot 5} \cdot (60 - 24) = \frac{36}{17 \cdot 5}$$

$$V_{\text{коЕ}} = V_k \cdot \frac{36}{17 \cdot 5} = \frac{15 \cdot 5 \cdot 36}{17 \cdot 5} = \frac{15 \cdot 36}{17} = 36 \cdot \cos \alpha$$

OE - перпендикуляр на AB

$$\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta =$$

$$= \frac{8 \cdot 4}{17 \cdot 5} + \frac{15 \cdot 3}{17 \cdot 5} = \frac{1}{17 \cdot 5} (32 + 45) = \frac{77}{17 \cdot 5}$$

$$V_{\text{коЕ}} = \frac{72}{17 \cdot 5} \cdot 705 = \frac{72 \cdot 95}{17} = 72 \cdot \cos \alpha$$

$$V_{\text{трак}} = \sqrt{(72 \cdot \cos \alpha)^2 + (68 - 72 \cdot \cos \alpha)^2}$$

$$3) m \frac{V_k^2}{R} = T \cos(\alpha + \beta) \quad m \frac{V_k^2}{R} = T \cos(90 - \beta) = T \sin \beta$$

$$m \frac{V_k^2}{R} = \frac{36}{17 \cdot 5} T$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T = \frac{m v_k^2}{k \sin \beta} = \frac{0,1 \cdot 25^2}{19 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{5 \cdot 25^2}{19 \cdot 3} = \frac{5^3 \cdot 5^2}{19 \cdot 3} = \frac{5^5 \cdot 3^2}{19 \cdot 3} = \frac{5^5 \cdot 3}{19} \text{ Н}$$

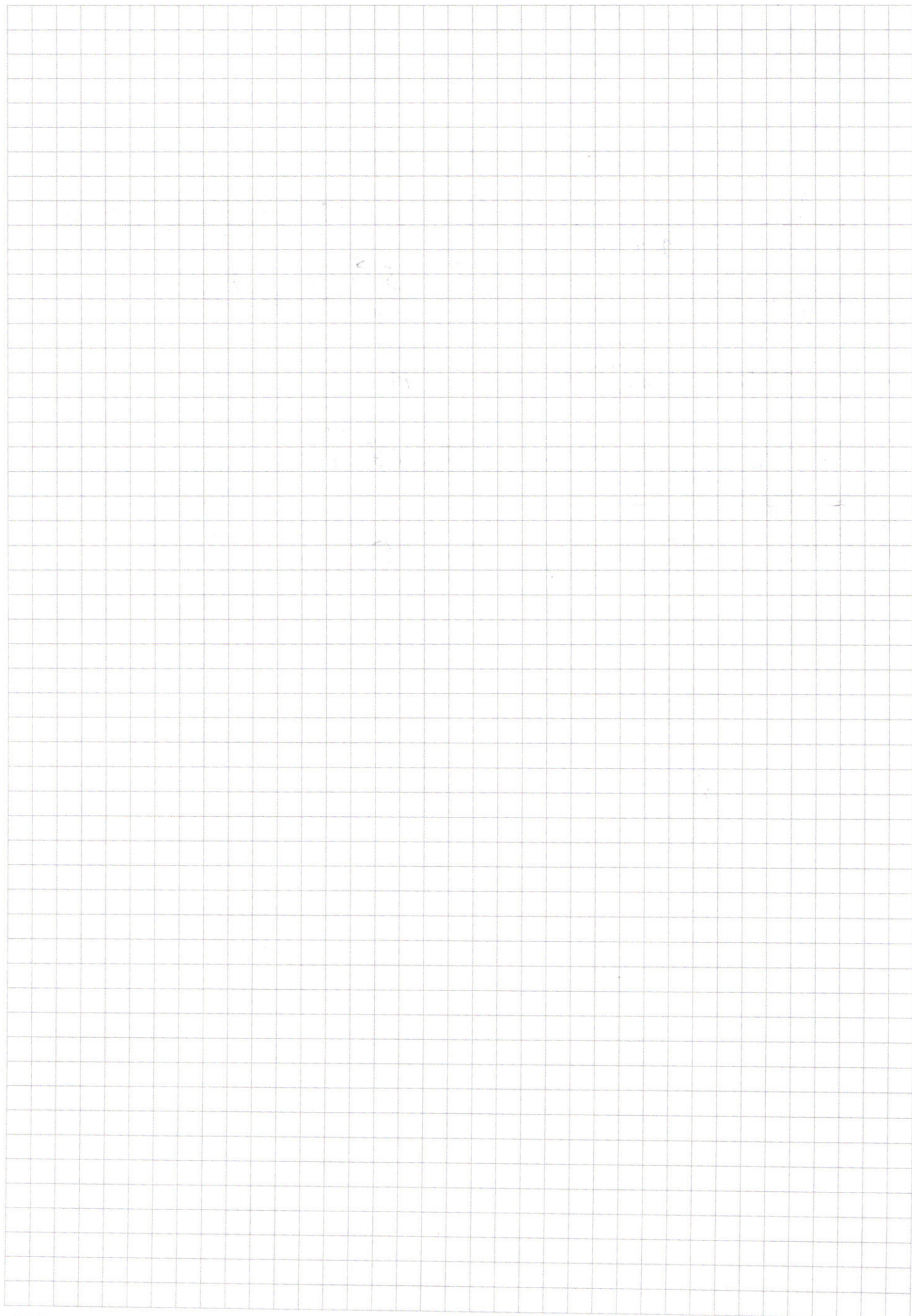
$$T = \frac{0,1 \cdot 0,25^2}{19 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{5}{3} \cdot \frac{75^2 \cdot 10^{-6}}{19} = \frac{5^5 \cdot 3}{19} \cdot 10^{-4} \text{ Н} =$$

$$= \frac{5^5 \cdot 3}{19 \cdot 5^4 \cdot 2^4} = \frac{15}{19 \cdot 2^4} \text{ Н} \approx 0,05 \text{ Н}$$

Ответ: $v_k = 25 \text{ м/с}$; $T \approx 0,05 \text{ Н}$

~~$T \approx 1,23 \text{ Н}$~~

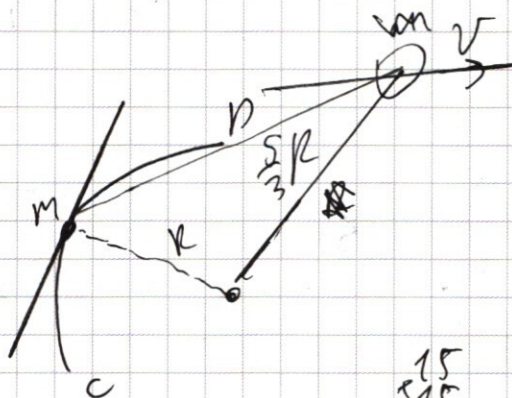
Ответ: $v_k = 25 \text{ м/с}$; $T \approx 0,05 \text{ Н}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$68 = 34.2 \text{ н.м}$$

$$1 - \frac{225}{\dots}$$

$$32 + 45 = 77$$

$$\begin{array}{r} 15 \\ \times 15 \\ \hline 225 \\ 15 \\ \hline 225 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 119 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 119 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{64}{289} \quad \frac{8}{17}$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{16}{25} \quad \frac{4}{5}$$

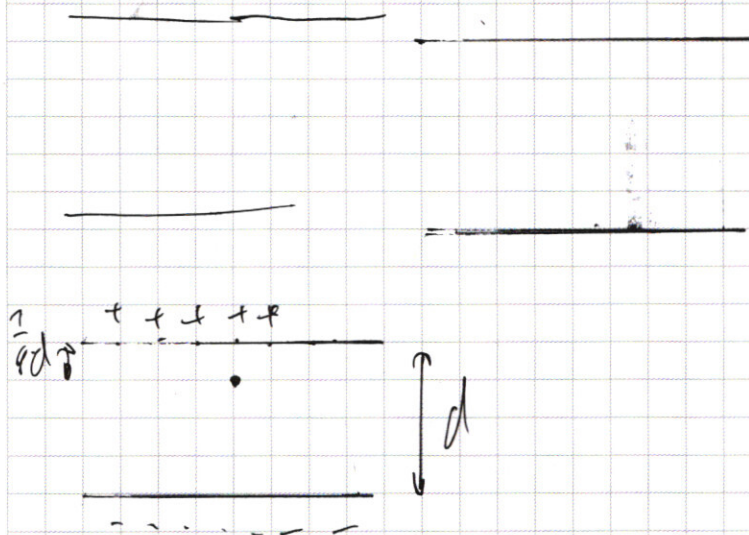
$$36$$

$$5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5$$

$$\begin{array}{r} 19 \\ \times 16 \\ \hline 114 \\ 19 \\ \hline 304 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15 \\ \times 15 \\ \hline 225 \\ 150 \\ \hline 2250 \end{array}$$

$$CU \Delta T = \frac{3}{2} VR_0 T$$



$$6.9 = 54$$

$$58 + 25 - 64$$

$$79 - 64 = 15$$

$$E = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$$

$$58 + 25 - 64$$

$$15$$

$$pV = \nu RT$$

$$pV = \nu RT$$

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

