

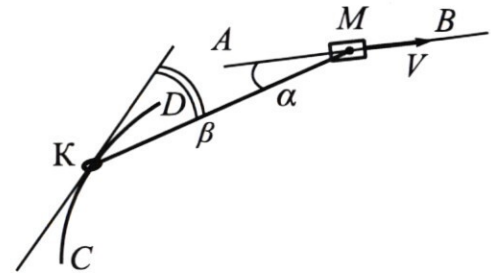
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-01

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

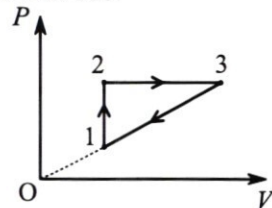
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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

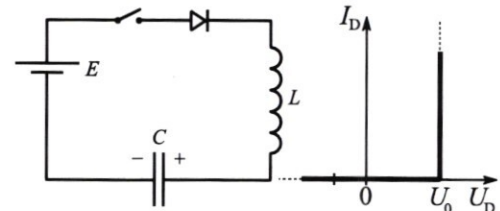
- 1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
- 2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
- 3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

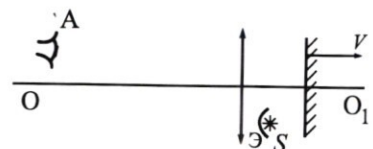


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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



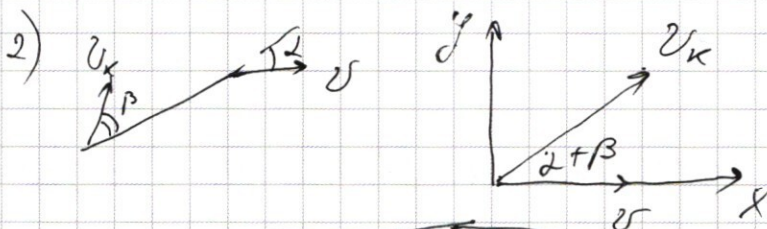
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~1

Т.к. продольные скорости равны (нить не растягивалась) $\Rightarrow V \cos \alpha = V_k \cos \beta$

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

$V = 75 \text{ см/с}$



$$V_{\text{откл.}} = \sqrt{V_k^2 \sin^2(\alpha + \beta) + (V_k \cos(\alpha + \beta) - V)^2}$$

$$1 - \cos^2 \alpha = \sin^2 \alpha \quad \sin \alpha = \frac{8}{17} \quad \cos \alpha = \frac{15}{17}$$

$$\sin \beta = \frac{3}{5}$$

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

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

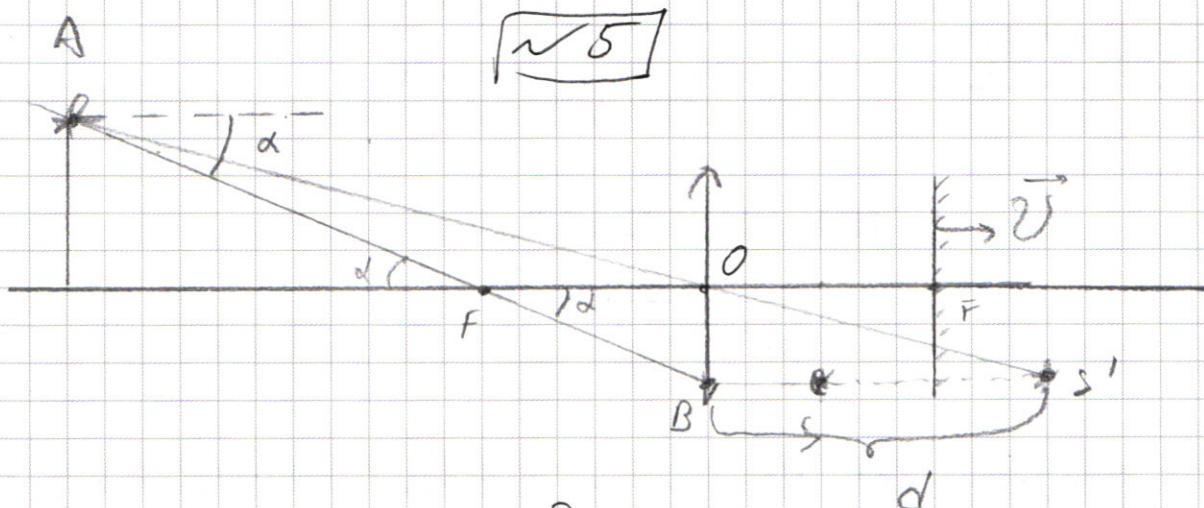
$$= \frac{77}{85}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{36}{85}$$

$$75^2 \cdot \frac{77^2}{85^2} + \left(75 \cdot \frac{36}{85} - 65 \right)^2 = 75^2 \cdot \frac{77^2}{85^2} + \left(\frac{565}{17} \right)^2 = \frac{15^2 \cdot 77^2 + 565^2}{17^2}$$

$$= \frac{(3 \cdot 77)^2 + 113^2}{17^2} \cdot 5^2 = \frac{5^2}{17^2} \cdot 66330$$

$V_{\text{откл.}} = \frac{5}{17} \sqrt{66330} \text{ см/с.}$



$$1) d = F/2 + \frac{F}{2} \cdot 2 = \frac{3F}{2}$$

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

$$\boxed{f = 3F}$$

2) при дальнейшем передвижении зеркала, изображение источника всегда будет лежать на прямой AB $\Rightarrow U$ направлена вдоль AB

$$\text{tg } \alpha = \frac{OB}{OF} = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4} \quad \boxed{\text{tg } \alpha = \frac{3}{4}}$$

$$3) \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{9}{16} \quad \text{на } \frac{1}{\cos^2 \alpha} - 1 = \frac{9}{16}$$

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

$$\frac{U_{\text{из}} \cdot \cos \alpha}{2U} = \frac{f^2}{d^2} \Rightarrow \frac{U_{\text{из}} \cdot \frac{4}{5}}{2U} = \frac{9 \cdot 4}{9}$$

$$\boxed{U_{\text{из}} = 10U}$$



(заполняется секретарем)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~ 3

$$1) \frac{3}{4} d = \frac{a T^2}{2}$$

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

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

$$v_1 = \frac{3d}{2T}$$

$$2) Q = UC = EdC; E = \frac{a}{\gamma}$$

$$Q = \frac{a}{\gamma} dC = \frac{3d^2C}{2T^2\gamma}$$

$$Q = \frac{3d^2C}{2T^2\gamma}$$

$$3) \frac{kQq}{\frac{1}{4}d} + \frac{4kQq}{3d} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$\frac{kQ}{d} \left(4 + \frac{4}{3}\right) = \frac{v_2^2}{2\gamma}$$

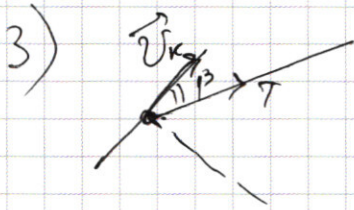
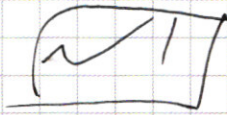
$$\frac{k \cdot 16C}{2T^2\gamma} \cdot \frac{16}{3} = \frac{v_2^2}{2\gamma}$$

$$v_2 = \frac{4}{T} \sqrt{k\epsilon_0 S}$$

$$v_2 = \frac{4}{T} \sqrt{k\epsilon_0 S} = \frac{2\sqrt{S}}{T\sqrt{\pi}}$$

$$v_2 = \frac{4}{T} \sqrt{k\epsilon_0 S}$$

$$\frac{2\sqrt{S}}{T\sqrt{\pi}}$$



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

$$T \cdot \frac{3}{5} = \frac{0,1 \cdot 3^2}{42 \cdot 1,9}$$

$$T = \frac{\frac{1}{2} \cdot 9^3}{16 \cdot 1,9} = \frac{3}{32 \cdot 1,9} = \frac{3}{60,8} \approx \frac{3}{60} = \frac{1}{20} \text{ Н}$$

$$T \approx 0,05 \text{ Н}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2

1) $T \uparrow$ на участках 1-2 и 2-3, т.к. увеличивается либо давление, либо ~~температура~~ объем

$$1-2: \frac{3}{2} \nu R \Delta T = C_1 \Delta T,$$

$$C_1 = \frac{3}{2} R$$

$$2-3: \frac{3}{2} p_2 V = -p_0 V + C_2 \Delta T,$$

$$\frac{5}{2} \nu R \Delta T_2 = C_2 \Delta T_2$$

$$C_2 = \frac{5}{2} R$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{C_1}{C_2} = \frac{3}{5}}$$

$$2) A_{23} = p_2 V = \nu R \Delta T$$

$$Q_{23} = \Delta U + A_2 = \frac{5}{2} \nu R \Delta T$$

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

$$3) 3-1: p = k V$$

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

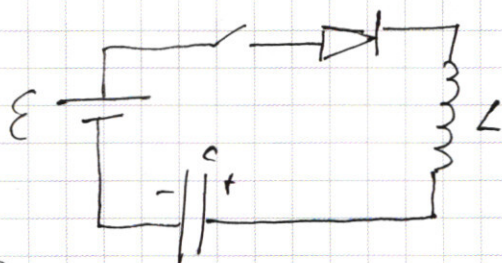
$$Q_{\text{отб}} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{p_1 + p_3}{2} (V_3 - V_1) = \frac{5}{2} (p_1 V_1 - p_3 V_3)$$

$$A = (V_3 - V_1) (p_3 - p_1) \cdot \frac{1}{2} = (p_3 V_3 - 2 p_3 V_1 + p_1 V_1) \cdot \frac{1}{2}$$

$$A = Q_{\text{подб}} - Q_{\text{отб}} \Rightarrow Q_{\text{подб}} = \cancel{3 p_1 V_1} + 2 p_3 V_3 - p_3 V_1$$

$$\eta = \frac{p_3 V_3 + p_1 V_1 - 2 p_3 V_1}{4 p_3 V_3 + 6 p_1 V_1 - 2 p_3 V_1}$$

~4



$$1) L \frac{dI}{dt} = E - U_0 - U_1$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{3B}{0,1H} = 30 \frac{A}{C}$$

$$\frac{dI}{dt} = 30 \frac{A}{C}$$

$$2) \frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow E - U'_c = U_0 +$$

$$U'_c = 8B$$

$$q_1 = U_1 C \quad q_2 = U'_1 C$$

$$E(U'_1 - U_1)C = \frac{CU_1'^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_m^2}{2}$$

$$2 \cdot 9 \cdot 9 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = (64 - 25) \cdot 40 \cdot 10^{-6} + 0,1 I_m^2$$

$$54 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 39 \cdot 40 \cdot 10^{-6} + 0,1 I_m^2$$

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

$$60 \cdot 10^{-4} = I_m^2$$

$$I_m \approx 7,79 \cdot 10^{-2} A$$

$$3) I = 0; \frac{dI}{dt} = 0$$

$$E - U_0 = U_2$$

$$U_2 = 8B$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

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

$$S = \pi R^2$$

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

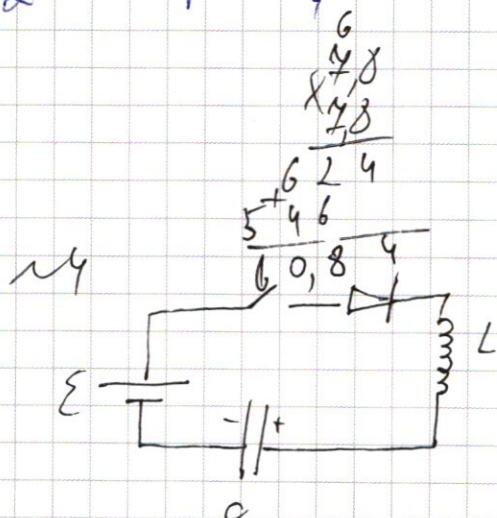
$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_3}{V_3}$$

$$P_3 = \frac{P_1}{V_1} V_3$$

$$\frac{m v^2}{2} = q \cdot E \cdot d$$

$$15 \cdot 40 = 600 \cdot 10^{-6}$$

$$= 6 \cdot 10^{-4}$$



$$E = \frac{d\phi}{dt} = \mathcal{E} - U_0 - U_L$$

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{3B}{0,1 \text{ м}} = 30 \frac{\text{В}}{\text{с}}$$

$$2) \frac{dT}{dt} = 0 \quad \mathcal{E} = U_0 + U_L \quad U_L = 8 \text{ В}$$

$$q_1 = U_1 C \quad q_2 = U_2' C$$

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

$$\mathcal{E} - U_L = U_1 + \frac{L d\delta}{dt}$$

$$2 \cdot 9 \cdot 4 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = (64 - 25) \cdot 40 \cdot 10^{-6} + 0,1 \cdot \delta^2$$

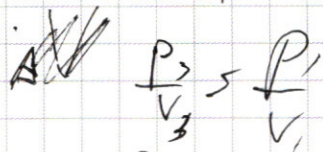
$$(72 - 39) 40 \cdot 10^{-6} = 0,1 \delta^2$$

$$23 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 0,1 \delta^2$$

$$Q_{ns} = \frac{\rho^3}{2} (P_3 V_1 - P_1 V_3) + \frac{\rho^3}{2} (P_3 - P_1) V_1 + \frac{\rho}{2} (P_3 V_3 - P_1 V_1)$$

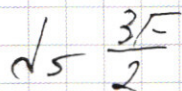
$$5 \frac{5}{2} \rho_3 V_3 - \frac{3}{2} \rho_1 V_1 - \rho_3 V_1$$

$$P_3 = k V_3 \quad V_3 = \frac{k V_1}{P_1} V_1$$



$$V_3 \propto \frac{P_3}{P_1} V_1$$

$$\sim 5^{\frac{1}{2}}$$



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

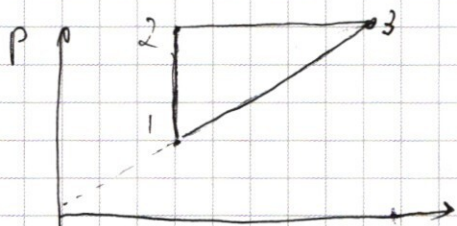
$$-\frac{2}{3F} + \frac{3}{3F} - \frac{1}{F}$$

$$69 \text{ d. s. } \frac{3}{4}$$

$$f \sim 3f$$

$$K = \frac{1}{48} G$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$P = \frac{\Delta P}{\Delta V} V$$

$$Q_n = \frac{3}{2} OR (T_3 - T_1) + P_3 (V_3 - V_1) = \frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_1 V_1) + P_3 V_3 - P_1 V_1$$

$$A_0 = \frac{P_3 + P_1}{2} (V_3 - V_1)$$

$$Q_n = \frac{5}{2} P_3 V_3 - (P_1 + P_3) V_1$$

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

$$Q_{amb} = \frac{3}{2} OR (T_1 - T_3) - \frac{P_1 + P_3}{2} (V_3 - V_1) = \frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_3 V_3) - \frac{1}{2} (P_3 V_3 + P_1 V_1)$$

$$P_1 = \frac{P_3 - P_1}{V_3 - V_1} V_1$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta V} = \frac{P_3}{V_3} = \frac{P_1}{V_1} \quad \frac{5}{2} (P_1 V_1 - P_3 V_3)$$

$$P_3 V_1 = P_1 V_3$$

$$P_1 V_3 - P_1 V_1 + P_3 V_3 - P_3 V_1$$

$$Q_n = \frac{5}{2} P_3 V_3 - P_1 V_1 + P_3 V_1$$

$$A_0 = \frac{1}{2} (P_3 V_3 + P_1 V_1)$$

$$P_3 (V_3 - V_1) - \frac{1}{2} (P_3 V_3 + P_1 V_1) = \frac{1}{2} (P_3 - P_1) (V_3 - V_1)$$

$$\frac{1}{2} P_3 V_3 - P_3 V_1 - \frac{1}{2} P_1 V_1 = \frac{1}{2} P_3 V_3 + \frac{1}{2} P_1 V_1 - \frac{1}{2} P_3 V_1$$

$$E = \frac{U}{d} \quad a = E \cdot \gamma \quad t = \frac{\gamma}{a} = \frac{q}{ma}$$

$$0,75d = U \cdot t - \frac{at^2}{2}$$

$$T = 2t$$

$$0,75d = \frac{at^2}{2}$$

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

$$1,5d = \frac{E \cdot \gamma \cdot t^2}{E \gamma^2 \cdot 2} = \frac{\gamma}{2E}$$

$$0,75d = \frac{aT^2}{2}$$

$$a = E \cdot \gamma$$

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

$$Q = U \cdot C$$

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

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

$$Q = E \cdot d \cdot C$$

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

$$\frac{1,5}{3,8} \cdot 16$$

$$3,8 \cdot 16$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 1,9 \\ \hline 288 \\ 320 \\ \hline 608 \end{array}$$

$$\frac{kQq}{\frac{1}{4}d} = \frac{mU_2^2}{2}$$

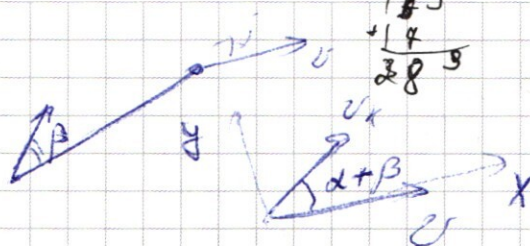
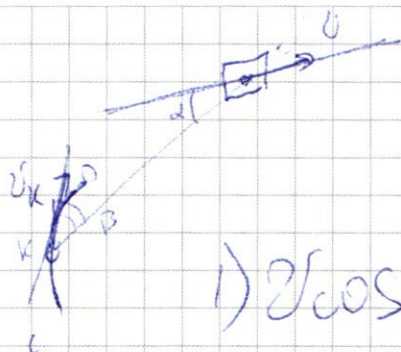
$$\frac{4kQq}{d} = \frac{U_2^2}{2}$$

$$\frac{5}{100}$$

$$\frac{4kQq}{3d}$$

==

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) U \cos \alpha = U_k \cdot \cos \beta$$

$$2) U_{\text{англ.}} = \sqrt{U_k^2 \cdot \sin^2(\alpha + \beta) + (U_k \cdot \cos(\alpha + \beta) - U)^2}$$

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

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

$$T \sin \beta = m \frac{U_{\text{англ.}}^2}{R}$$

$$1 - \frac{125}{289} = \sin^2 \alpha = \frac{64}{289} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{8}{17}$$

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

$$\cos(30^\circ + 60^\circ) = \sin 30^\circ \cdot \sin 60^\circ + \cos 30^\circ \cdot \cos 60^\circ$$

$$\cos 90^\circ = \sin 30^\circ \cdot \sin 60^\circ + \cos 30^\circ \cdot \cos 60^\circ$$

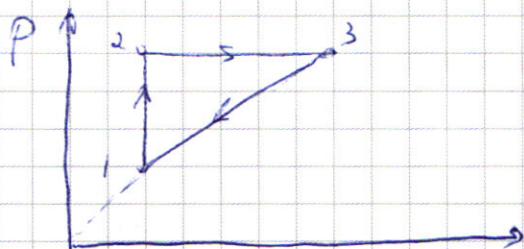
$$\sin(\alpha + \beta) = \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} + \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{32 + 45}{85} = \frac{77}{85}$$

$$U_k = \frac{4 \cdot 68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 75 \text{ км/ч}$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{60 - 24}{85} = \frac{36}{85}$$

$$\left(\frac{36 \cdot 75}{85} - 68 \right)^2 = \left(\frac{36 \cdot 15 - 17^2 \cdot 4}{17} \right)^2$$

$$75^2 \cdot \frac{77^2}{85^2} = \left(\frac{15 \cdot 77}{17} \right)^2 + \left(\frac{36 \cdot 15 - 17^2 \cdot 4}{17} \right)^2 = \frac{(15 \cdot 77 - 36 \cdot 15 + 17 \cdot 9)(15 \cdot 77 + 36 \cdot 15 - 17 \cdot 9)}{17^2}$$



for $T \uparrow$ for 1-2 ; 2-3

$$1-2: \frac{3}{2} \nu R \Delta T = C_V \Delta T$$

$$C_V = \frac{3}{2} R$$

$$2-3: \frac{3}{2} p \Delta V = -p \Delta V + C_2 \Delta T$$

$$\frac{5}{2} \nu R \Delta T = C_2 \Delta T$$

$$C_2 = \frac{5}{2} R$$

$$\begin{array}{r} 72 \\ \times 3 \\ \hline 216 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 231 \\ \times 231 \\ \hline 231 \\ 462 \\ 693 \\ \hline 53361 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 113 \\ \times 113 \\ \hline 113 \\ 226 \\ \hline 12769 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 53361 \\ + 12769 \\ \hline 66130 \end{array}$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{3}{5}$$

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

$$A_{23} = p_2 \Delta V = \nu R \Delta T$$

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

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

$$3) A_0 = \frac{\Delta p \cdot \Delta V}{2}$$

$$3-1: p = \frac{\Delta p}{\Delta V} V$$

$$Q_{23} = \frac{p_2 \Delta V}{2}$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{p_1 + p_3}{2} \Delta V = Q_{\text{amb}}$$

$$1-3: \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) = -p_3 \Delta V + Q_{\text{amb}}$$

$$Q_{\text{amb}} - Q_{23} = A_0$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) + p_3 \Delta V - \frac{p_1 + p_3}{2} \Delta V + \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \frac{\Delta p \Delta V}{2}$$

$$p_3 \Delta V = \frac{(p_3 - p_1) \Delta V}{2}$$

$$\frac{3}{2} p_3 V_3 - \frac{3}{2} p_1 V_1 + p_3 V_3 - p_3 V_1 = \frac{5}{2} p_3 V_3 - \frac{3}{2} (p_1 + p_3) V_1$$