

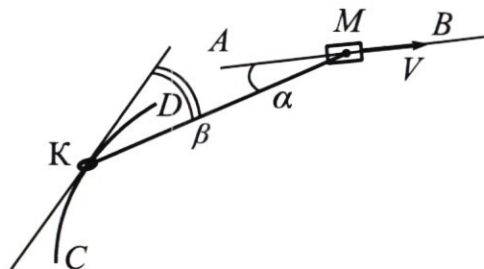
Олимпиада «Физтех» по физике, 6 класс

Вариант 11-01

Класс 11

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

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.



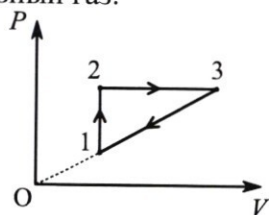
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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?

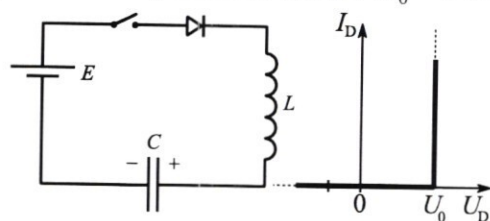
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

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.

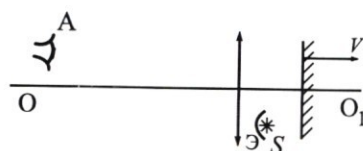


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

2. ~~Задача~~ $i=3$

Решение:

1) $\frac{Q_{1-2}}{C_{2-3}} - ?$

$$1) C_{1-2} = \frac{Q_{1-2}}{\int (T - T_0)}$$

2) $\frac{Q_{2-3}}{A_{2-3}} - ?$

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2}$$

$$A_{1-2} = 0 \quad (V = \text{const})$$

3) $\rho_{\text{max}} - ?$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (T - T_0)$$

$$Q_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (T - T_0)$$

$$C_{1-2} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T - T_0)}{\int (T - T_0)} = \frac{3}{2} R$$

$$C_{2-3} = \frac{Q_{2-3}}{\int (\kappa^2 T_0 - T)}$$

$$Q_{2-3} = \Delta U_{2-3} + A_{2-3}$$

$$A_{2-3} = \kappa p (\kappa V - V) = \kappa p V (\kappa - 1)$$

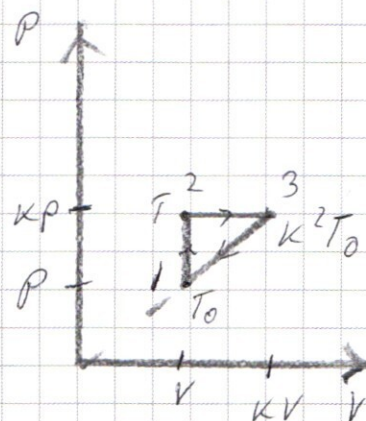
$$A_{2-3} = \nu R (\kappa^2 T_0 - T)$$

$$\Delta U_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R (\kappa^2 T_0 - T) = 1,5 A_{2-3}$$

$$Q_{2-3} = 2,5 A_{2-3} \Rightarrow 2) \frac{Q_{2-3}}{A_{2-3}} = 2,5$$

$$Q_{2-3} = \frac{5}{2} \nu R (\kappa^2 T_0 - T)$$

$$C_{2-3} = \frac{\frac{5}{2} \nu R (\kappa^2 T_0 - T)}{\int (\kappa^2 T_0 - T)} = \frac{5}{2} R$$



Ур-я Менделеева-Клапейрона

$$\kappa p \cdot \kappa V = \nu R \kappa^2 T_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \kappa^2 T_0 = \frac{\kappa p \cdot \kappa V}{\nu R}$$

$$\kappa p V = \nu R T \Rightarrow T = \frac{\kappa p V}{\nu R}$$

$$\left\| \frac{C_{1-2}}{C_{2-3}} = \frac{3Q_{2-3}}{2Q_{2-3}} = 0,6 \right\|$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_H}$$

$$Q_H = Q_{1-2} + Q_{2-3}$$

$$A = A_{2-3} + A_{3-1}$$

$$A_{3-1} = -S_{2-3-1} = -\left(\frac{p+kp}{2}\right)(kV-V) = -\frac{pV(k^2-1)}{2}$$

$$A = kpV(k-1) - \frac{pV(k-1)(k+1)}{2} = pV(k-1)\left(k - \frac{k+1}{2}\right) = \frac{pV(k-1)^2}{2}$$

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

$$Q_{1-2} = \frac{3}{2}pR(T-T_0) \quad k^2T_0 = \frac{kR \cdot kV}{pR} \Rightarrow T_0 = \frac{pV}{pR}$$

$$Q_{1-2} = \frac{3}{2}(kpV - pV) = \frac{3}{2}pV(k-1)$$

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

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

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

$$= \frac{8}{(3+5k)^2} \quad \eta(k) \uparrow \text{ при } k \uparrow$$

$\eta_{\max}$ при $k \rightarrow \infty$

$$\eta_{\max} = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{k-1}{3+5k} = \frac{1}{5}$$

$$\eta_{\max} = \frac{1}{5} = 20\%$$

$$= \frac{1}{5} = 20\%$$

Ответ: 1) 0,6 2) 2,5 3) 20%

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.) Дано:

$$S; d (d \ll r_s)$$

$$T; V = \frac{q}{m}$$

$$V_0 = 0$$

1) V_1 - ?

2) Q - ?

3) $V_2 (x_{\text{max}} \rightarrow \infty)$ - ?

Решение:

1) Т.к. в концентри-
саторе поле ор-
тотропное, то
на частицу S
действовала

постоянная

сила $2 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$ $F = ma \Rightarrow a = \frac{F}{m} = \text{const} \Rightarrow$
т.е. сила

$\Rightarrow$ движение частицы - равноускоренное

$$0,75d = \frac{V_0 + V_1}{2} T = \frac{V_1}{2} T$$

$$V_1 = \frac{1,5d}{T}$$

2) 2-й закон Ньютона

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = F$$

$$\Delta p = m V_1$$

$$\Delta t = T$$

$$\frac{m V_1}{T} = Q q E$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$\frac{m V_1}{T} = \frac{Q q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow Q = \frac{1,5 d \epsilon_0 S}{T^2 V}$$

3) Закон сохранения энергии:

$$W = E_k$$

$$E_k = \frac{m V_1^2}{2}$$

$$W = \frac{k Q q}{0,15d} + \frac{k Q q}{0,75d}$$

$$\frac{kQq}{0,25d} + \frac{kQq}{0,75d} = \frac{mV_2^2}{2}$$

$$\frac{2kQq}{md} \left(\frac{1}{0,25} + \frac{1}{0,75} \right) = V_2^2$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{8}{0,75} \cdot \frac{1,5d\epsilon_0 S}{T^2 V} \cdot \frac{2V}{d}} = \sqrt{\frac{16kS\epsilon_0}{T^2}} = \frac{4\sqrt{kS\epsilon_0}}{T}$$

Ответ: 1) $\frac{1,5d}{T}$ 2) $\frac{1,5d\epsilon_0 S}{T^2 V}$ 3) $\frac{4\sqrt{kS\epsilon_0}}{T}$

4) Дано:

$$\mathcal{E} = 9\text{В}$$

$$C = 40\text{мкФ}$$

$$V_1 = 5\text{В}$$

$$V_0 = 1\text{В}$$

$$L = 0,1\text{Гн}$$

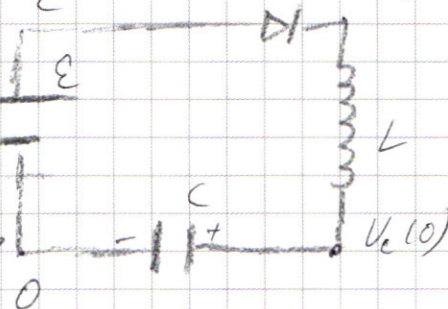
Решение:

1) Рассмотри цепь сразу после замыкания ключа. Тогда $\mathcal{E}$

и ток через катушку,

и напряжение через

конденсатор не изменяются



1) $I'(0) = ?$

$$I_L(0) = 0$$

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

$$V_C(0) = V_0$$

3) $V_2 = ?$

Воспользуемся методом узловых потенциалов:

потенциалов:

$$V_L(0) = \mathcal{E} - V_0 - V_C(0) = L I'(0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I' = \frac{\mathcal{E} - V_0 - V_1}{L} = \frac{3}{0,1} = 30 \text{ А/с}$$

2) $W(0) = \frac{C V_1^2}{2}$

~~$$AW + Q$$~~

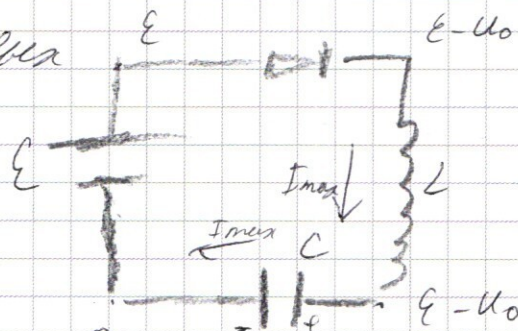
~~$$Q = 0 \text{ (так как нет кон-денсаторов)}$$~~

Рассмотри цепь в момент времени, когда ток I максимален. Тогда $V_2 = 0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Выползуемая методом узловых потенциалов

$$W = L \frac{I_{\max}^2}{2} + C \frac{(\varepsilon - U_0)^2}{2}$$



Рассмотрим процесс от момента замыкания ключа до установления максимального тока;

$$A_{\text{зам}} = \Delta W + Q$$

$$Q = 0$$

$$A_{\text{зам}} = (C(\varepsilon - U_0) - CU_1)\varepsilon$$

$$\frac{L I_{\max}^2}{2} + C \frac{(\varepsilon - U_0)^2}{2} - C\varepsilon(\varepsilon - U_0)$$

$$\frac{L I_{\max}^2}{2} = C(\varepsilon - U_0)(2\varepsilon - \varepsilon + U_0)$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{C(\varepsilon^2 - U_0^2)}{L}} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6} (8.1 - 1)}{0.1}} =$$

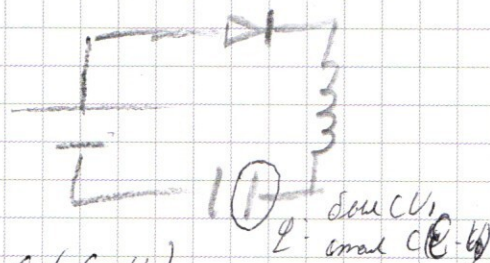
$$= \sqrt{40 \cdot 80 \cdot 10^{-6}} = 0.1$$

$$\frac{L I_{\max}^2}{2} + C \frac{(\varepsilon - U_0)^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = C\varepsilon(\varepsilon - U_0)$$

$$L I_{\max}^2 - CU_1^2 = C(\varepsilon - U_0)(\varepsilon + U_0)$$

$$L I_{\max}^2 = C(\varepsilon^2 - U_0^2 + U_1^2)$$

$$I = \sqrt{\frac{C(\varepsilon^2 - U_0^2 + U_1^2)}{L}} = 40 \cdot 10^{-6} (81 - 1 + 15)$$



$$A_{\text{зам}} = C(\mathcal{E} - U_0 - U_1)$$

$$C(\mathcal{E} - U_0 - U_1) = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2} + \frac{C(\mathcal{E} - U_0)^2}{2}$$

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2C}{L} (2(\mathcal{E}^2 - \mathcal{E}U_0 - \mathcal{E}U_1) + U_1^2 - (\mathcal{E} - U_0)^2)}$$

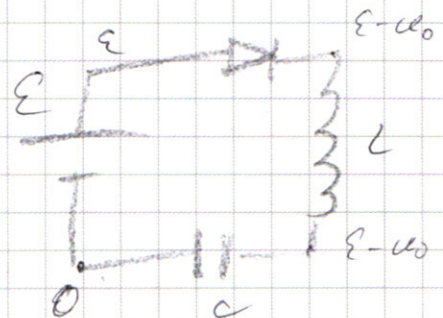
$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}{0,1} (2(181 - 9 - 45) + 25 - 64)}$$

$$= \sqrt{400 \cdot 10^{-6} \cdot 15} = 80 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 0,08 \text{ А}$$

3) В установившемся состоянии $I = 0 \Rightarrow U_L = 0 \Rightarrow$

используемся методом узловых потенциалов:

$$U_2 = \mathcal{E} - U_0 = 8 \text{ В}$$



Ответ: 1) $\frac{\mathcal{E} - U_0 - U_1}{L}$; 30 А/с 2) $\frac{C}{L}$

$$\sqrt{\frac{C}{L} (2(\mathcal{E}^2 - \mathcal{E}U_0 - \mathcal{E}U_1) + U_1^2 - (\mathcal{E} - U_0)^2)}$$

3) $\mathcal{E} - U_0$; 8 В

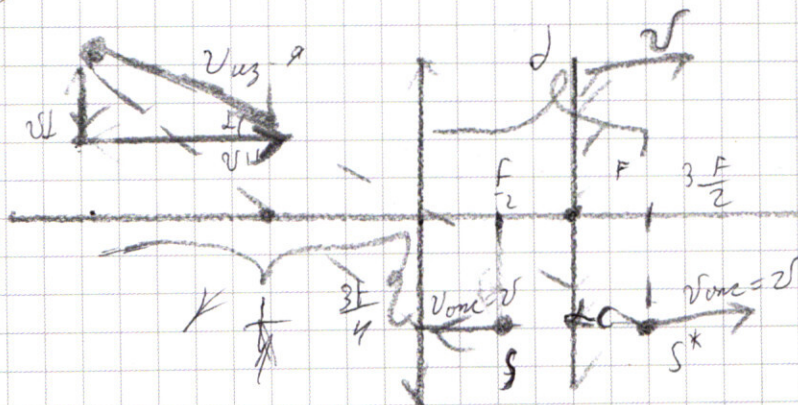
5) Дано:

F; v

1) F - ?

2) L - ?

3) $v_{\text{из}}$ - ?



1) S^* - из-е источника в зеркале или те
новый предмет для линзы.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$K = \frac{fd}{d-f} = \frac{\frac{3}{2} \cdot f^2}{\frac{3}{2}f - f} = 3f$$

$$2) \varphi = \frac{3f}{4} : \frac{3f}{2} = \frac{1}{2}$$

3) Для того, чтобы говорить о скорости
из-я в зеркале надо перейти в С.О зер-
кала. Тогда $v_c = v$; $v_{окс} = 0$

$$v_{окс1} = v_{окс} - v$$

$v_{окс} = v$ - скорость из-я ^{в зеркале} отн-но зеркала.

$v_{окс2}$ - скорость из-я в С.О Земли.

$$v_{окс2} = v_{окс} + v = 2v$$

$$v_{11} = \gamma^2 v_{окс2}$$

$$\gamma = \frac{1}{\beta} = \frac{1}{\frac{v}{c}} = \frac{c}{v} = \frac{3f}{\frac{3f}{2}} = 2$$

$$v_{11} = 4 v_{окс2} = 8v$$

$$v_{из-я} = \frac{v_{11}}{\cos \alpha}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

$$\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$

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

$$\cos \alpha = \frac{2\sqrt{5}}{5}$$

$$v_{из-я} = \frac{8v}{\frac{2\sqrt{5}}{5}} = 4\sqrt{5}v$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$U_{\text{отн}} = \sqrt{1 + \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} + 1 + 2 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)}$$

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

$$U_{\text{отн}} = 68 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4}$$

$$U_{\text{отн}} = \sqrt{1 + \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} + 1 + 2 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} (\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta)}$$

$$= 68 \sqrt{1 + \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} + 1 + 2 \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{4} \left(\frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} \right)}$$

$$= 68 \sqrt{1 + \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} + 1 + \frac{36 \cdot 15}{17 \cdot 5}}$$

$$= 68 \sqrt{1 + \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} + 1 + \frac{36 \cdot 15}{17 \cdot 5}} = 68 \sqrt{1 + \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} + 1 + \frac{36 \cdot 15}{17 \cdot 5}}$$

$$= 68 \sqrt{1 + \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} + 1 + \frac{36 \cdot 15}{17 \cdot 5}} = 68 \sqrt{1 + \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} + 1 + \frac{36 \cdot 15}{17 \cdot 5}}$$

$$= \sqrt{14474} \cdot 68 = \sqrt{12838} \cdot 68 = \sqrt{746} \cdot 68$$

$$= 68 \sqrt{1 + \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} + 1 + \frac{36 \cdot 15}{17 \cdot 5}} = 68 \sqrt{1 + \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} + 1 + \frac{36 \cdot 15}{17 \cdot 5}}$$

$$= 68 \sqrt{1 + \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} + 1 + \frac{36 \cdot 15}{17 \cdot 5}} = 68 \sqrt{1 + \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} + 1 + \frac{36 \cdot 15}{17 \cdot 5}}$$

$$= 68 \sqrt{1 + \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} + 1 + \frac{36 \cdot 15}{17 \cdot 5}} = 68 \sqrt{1 + \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} + 1 + \frac{36 \cdot 15}{17 \cdot 5}} = 27 \text{ км/с}$$

3) 2-й закон Кирхгофа:

$$I \cos(90^\circ - \beta) = ma$$

$$a = \frac{v_k^2}{R}$$

$$I = \frac{mv_k^2}{R \sin \beta} = 0,1 \cdot \frac{75^2}{1,9 \cdot \frac{3}{5}} = \frac{0,1 \cdot 75^2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{1,9 \cdot 3}$$

$$= \frac{75^2 \cdot 10^{-5} \cdot 5}{1,9 \cdot 3} = \frac{40 \cdot 75 \cdot 5 \cdot 10^{-5}}{3} = 40 \cdot 25 \cdot 5 \cdot 10^{-5}$$

$$= 0,05 \text{ Н}$$

Ответ: 1) $\frac{75 \cos \alpha}{\cos \beta}$; 75 см/с 2).

$$\frac{75 \cos \alpha}{\cos \beta} \left(1 + \frac{\cos \beta}{\cos \alpha} - 2(\cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta) \right);$$

$$270 \text{ см/с} \quad 3) \frac{mv_k^2}{R \sin \beta}; 0,05 \text{ Н}$$

2) Учитывая, что скорости нити и колеса одинаковы на оси нити, то их ~~изменение~~ от-
носительная скорость $v_{\text{отн}}$ колеса от-но нити
будет иметь только y составляющую:

$$v_{\text{отн}} = v \sin \alpha = \frac{8}{17} \quad \sin \beta = \frac{3}{5}$$

$$v_{\text{отн}} = v_k \sin \beta - v \sin \alpha = \frac{75 \cdot 3}{5} - \frac{68 \cdot 8}{17} =$$

$$= 45 - 32 = 13 \text{ см/с}$$

Ответ: $\frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$; 75 см/с 2) $v_k \sin \beta - v \sin \alpha$; 13 см/с 3) $\frac{mv_k^2}{R \sin \beta}$; 0,05 Н

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$Q_{2-3} = 1,5A = 1,5 k p (kV - V) = \\ = \frac{5}{2} k p V (k-1)$$

$$Q_{13} = \frac{3}{2} pV(k-1) + \frac{5}{2} k p V (k-1) = \\ = k \frac{pV(k-1)}{2} (3 + 5k)$$

$$A_{2-3} = k p V (k-1)$$

$$A_{3-1} = - \frac{p + k p}{2} (kV - V) = - \frac{pV}{2} (k+1)(k-1)$$

$$A = k p V (k-1) - \frac{pV}{2} (k+1)(k-1) = pV(k-1)$$

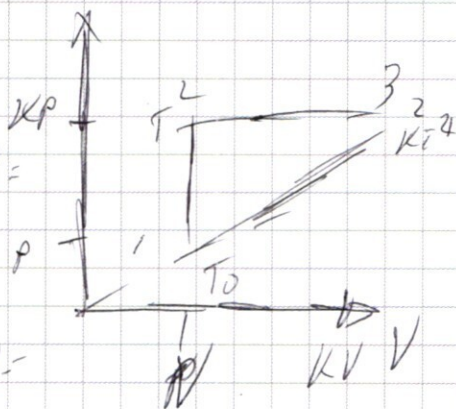
$$\frac{(2k - k - 1)}{2} = \frac{pV(k-1)^2}{2}$$

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

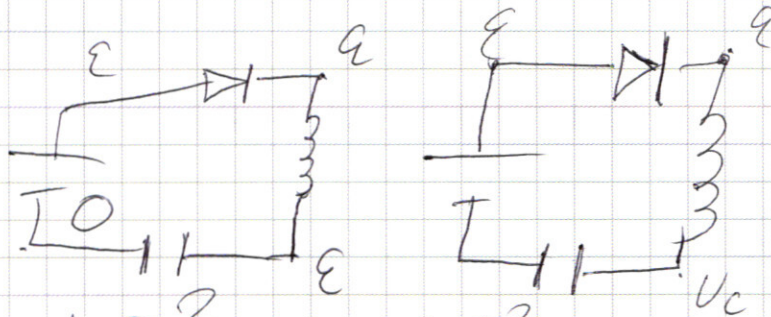
$$\eta' = \frac{k(3+5k) - 5(k-1)}{(3+5k)^2} = \frac{8}{(3+5k)^2} \uparrow$$

$$k = \infty$$

$$\eta = \frac{\infty - 1}{3 + 5\infty} = 20\%$$



$$W_r = \frac{C U_C^2}{2}$$



$$W \geq \frac{L I_{max}^2}{2} + \frac{C E^2}{2}$$

$$A_{dam} = E (C E - C U_C)$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{2}{L} (E (E - U_C) + \frac{C E^2}{2})}$$

$$\approx 0,4 \cdot 9,3 = 0,41$$

$$V_{omax} \sin \alpha \quad V_{omax} = V_K \sin \alpha - V_B \sin \alpha =$$

$$= \frac{75 \cdot 3}{3} - \frac{68 \cdot 8}{17} = 45 - 32 = 13$$

$$\sqrt{65^2 + 13^2}$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

☒ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

