

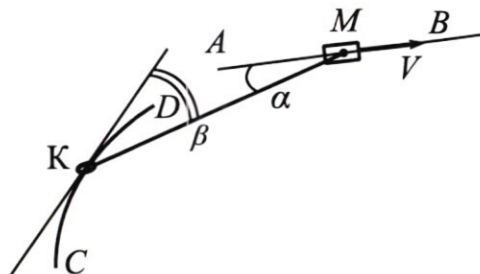
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



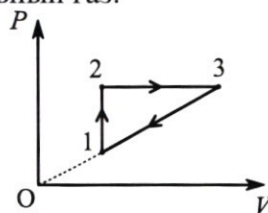
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



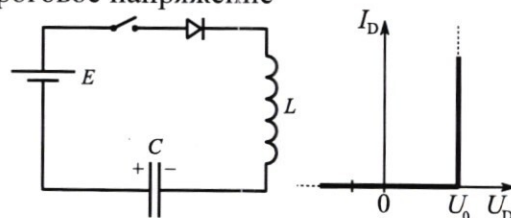
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

- 1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?
- 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 $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.



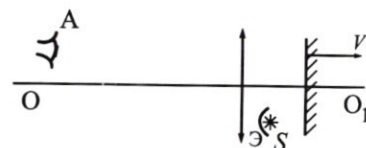
- 1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
- 3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

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 плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ 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

Задача 1.

$$v = 34 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$l = \frac{5}{4} R$$

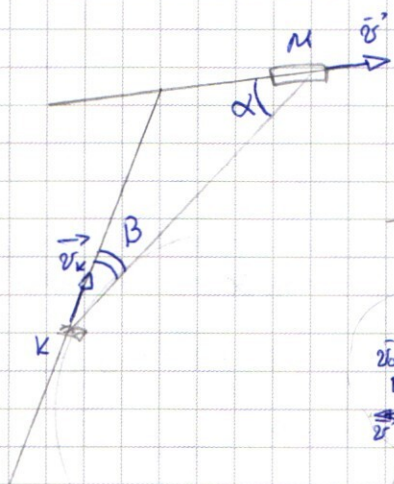
$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

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

$$0 v_k - ?$$

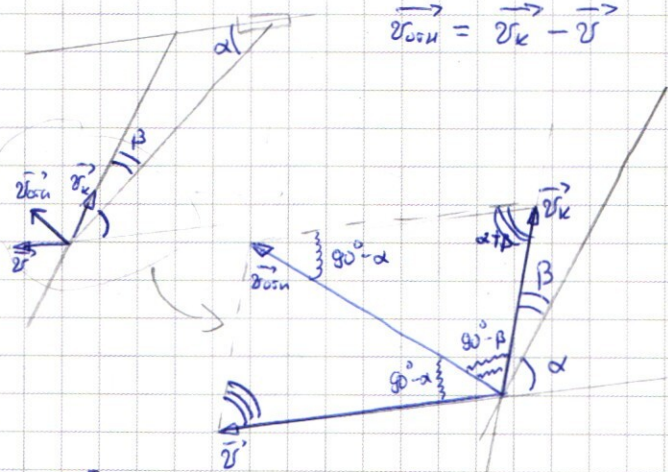
$$2) v_{\text{огн}} - ?$$

$$3) T - ?$$



Нить нерастяжима $\Rightarrow$ в СО, связанной с нитью, движение по окружности радиусом l .
Значит $v_{\text{огн}} \perp l$

$$\vec{v}_{\text{огн}} = \vec{v}_k - \vec{v}$$



В треугольнике скоростей

$$\frac{v_k}{\sin(90^\circ - \alpha)} = \frac{v}{\sin(90^\circ - \beta)}$$

$$v_k = v \frac{\sin(90^\circ - \alpha)}{\sin(90^\circ - \beta)} = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$v_k = 34 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{3} = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$\frac{v_{\text{огн}}}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{v}{\sin(90^\circ - \beta)} \quad v_{\text{огн}} = \frac{v}{\cos \beta} \cdot \sin(\alpha + \beta)$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \left(\frac{15}{17}\right)^2} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \left(\frac{3}{5}\right)^2} = \frac{4}{5}$$

$$\Rightarrow \sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha = \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{84}{17 \cdot 5}$$

$$v_{\text{огн}} = \frac{34 \cdot 84}{17 \cdot 5} = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$T = m a_n = \frac{m v_{\text{огн}}^2}{l} \Rightarrow T = m \cdot \frac{v_{\text{огн}}^2}{\frac{5}{4} R} = m \frac{4 v_{\text{огн}}^2}{5 R}$$

$$T = 0,3 \cdot \frac{0,50^2}{0,53} \cdot \frac{4}{5} = 0,14 \text{ Н}$$

$$\text{Ответ: 1) } 50 \frac{\text{см}}{\text{с}} \quad 2) 50 \frac{\text{см}}{\text{с}} \quad 3) 0,14 \text{ Н}$$

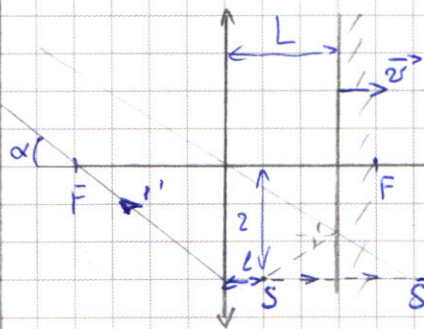
Задача 5.

F, v

$$z = \frac{3}{4}F$$

$$l = \frac{F}{4}$$

$$L = \frac{3}{4}F$$



Через линзу будет видно

минное изображение источника света.

$$d = l + 2(L - l) = \frac{F}{4} + 2\left(\frac{3F}{4} - \frac{F}{4}\right) = \frac{5F}{4}$$

(Расстояние от источника до зеркала и от зеркала до минного источника разны, поэтому же $v' = 2v$)

1) f - ?

2) α - ?

3) v_{uy} - ?

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{dF}{d - F} = \frac{\frac{5F}{4} \cdot F}{\frac{5F}{4} - F} = 5F$$

Скорость минного источника направлена по прямой SS' . Прямая преломляется в точку $\Rightarrow \alpha$ (луч i ; ω_i)

$$\Gamma = \frac{d}{d - F} = \frac{5F}{\frac{5F}{4} - F} = 4 \quad \Gamma = \frac{v_{uy}}{v} \Rightarrow v_{uy} = \Gamma v = \frac{3}{4}F \cdot 4 = 3F$$

$$\tan \alpha = \frac{v_{uy}}{v - F} = \frac{3F}{5F - F} = \frac{3}{4} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} = \frac{4}{5}$$

$$v_{uy} = v' \cdot \Gamma_{\text{прел}} = 2v \cdot \Gamma = 32v \quad v_{uy} = \frac{v_{uy}}{\cos \alpha} = \frac{32 \cdot 25}{4} = 40v$$

Ответ: а) $5F$ б) $\tan \alpha = \frac{3}{4}$ в) $40v$

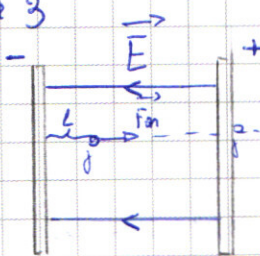
Задача 3

S, d, v_1

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

$q < 0$

$$l = 0,3d$$



$$\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_-$$

$$\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_-$$

$$E_+ = E_- = \frac{\sigma}{2S} = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

$$E = 2 \cdot \frac{Q}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \text{ - внутри конденсатора.}$$

$$\text{Вне конденсатора } \vec{E}_+ \uparrow \vec{E}_- \downarrow \Rightarrow \vec{E}_{\text{внеш}} = 0$$

1) T - ?

2) Q - ?

3) v_2 - ?

$$\begin{cases} d - l = \frac{a}{2} t^2 \\ v_1 = at \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t = \frac{v_1}{a} \\ d - 0,3d = \frac{a}{2} \frac{v_1^2}{a^2} \Rightarrow 0,7d = \frac{v_1^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{1,4d} \end{cases}$$

$$\frac{d}{2} - l = \frac{a}{2} T^2 \Rightarrow T = \sqrt{\frac{d - 2l}{a}} = \sqrt{\frac{d - 0,6d}{a}} = \sqrt{\frac{0,4d}{a}} = \sqrt{\frac{0,4d \cdot 1,4d}{v_1^2}} = \frac{0,2\sqrt{14}d}{v_1}$$

$$ma = |q|E \Rightarrow E = \frac{mg}{|q|} = \frac{a}{\gamma}$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{a}{\gamma} \quad Q = \frac{\epsilon_0 S v_1^2}{1,4d}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЗСЭ: $W_p = W_{кин}$

$$\frac{m}{2} v_2^2 = W_{p+} + W_{p-} = 4 \cdot 191 + 4 \cdot 191 = 191(4 + 4)$$

$$q = \frac{E}{2} \Rightarrow \frac{E}{2} = \frac{E \cdot d \cdot p}{2 \cdot c} \Rightarrow \frac{E}{2} = \frac{E \cdot d \cdot p}{2 \cdot c} \Rightarrow \frac{E}{2} = \frac{E \cdot d \cdot p}{2 \cdot c} \Rightarrow \frac{E}{2} = \frac{E \cdot d \cdot p}{2 \cdot c}$$

$$q = E \cdot z \Rightarrow q_+ = E \cdot (d + p) = 1,4 E d$$

$$q_- = E \cdot (p) = 0,6 E d$$

$$\frac{m}{2} v_2^2 = 191 \cdot E d (1,4 + 0,6) \Rightarrow v_2^2 = \frac{4 \cdot 191}{m} \cdot E \cdot d \Rightarrow v_2^2 = 4 \cdot \frac{q}{d} \cdot d$$

$$v_2 = 2 \sqrt{q d} = 2 \sqrt{\frac{q}{1,4 d} \cdot d} = \frac{2 v_1}{\sqrt{1,4}}$$

Ответ: 1) $\frac{0,2 \sqrt{14} d}{v_1}$ 2) $\frac{6,5 v_1^2}{1,4 q d}$ 3) $\frac{2 v_1}{\sqrt{1,4}}$

Задача 2.

(1-2) $V = const \Rightarrow A_{12} = 0$

$$Q = \Delta U + A \Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

1) $\frac{C_{p12}}{C_{p23}} - ?$

$$C_p = \frac{Q}{\nu \Delta T} \Rightarrow C_{p12} = \frac{Q_{12}}{\nu \Delta T_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)}{\nu (T_2 - T_1)} = \frac{3}{2} R$$

2) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} - ?$

(2-3) $p = const \Rightarrow A_{23} = p_2 (V_3 - V_2) = p_3 V_3 - p_2 V_2$

$$pV = \nu RT \Rightarrow A_{23} = \nu R T_3 - \nu R T_2 = \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) \quad Q_{23} = \left(\frac{3}{2} + 1\right) \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$C_{p23} = \frac{\frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu (T_3 - T_2)} = \frac{5}{2} R$$

Значит $\frac{C_{p12}}{C_{p23}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} = 0,6$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu R (T_3 - T_2)} = \frac{3}{2} = 1,5$$

В процессе (3-1) $T_3 < T_2 \Rightarrow \Delta U_{31} < 0 \quad A_{31} < 0 (V_1 < V_3) \Rightarrow Q_{31} < 0$

$$\eta = \frac{A_y}{Q_{non}}$$

$$A_y = S_{pup}(p; V) = \frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_3 - V_2) = \\ = \frac{1}{2}(\alpha V_3 - \alpha V_1)(V_3 - V_1) = \frac{\alpha}{2}(V_3 - V_1)^2$$

$$p = \alpha V(3-p) \Rightarrow$$

$$Q_{non} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{5}{2} \nu R T_3 - \frac{5}{2} \nu R T_2 = \\ = \frac{5}{2} \nu R T_3 - \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{5}{2} p_3 V_3 - p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = \\ = \frac{1}{2}(5\alpha V_3^2 - 2\alpha V_1 V_3 - 3\alpha V_1^2) = \frac{\alpha}{2}(V_3 - V_1)(5V_3 + 3V_1)$$

$$\eta = \frac{\frac{\alpha}{2}(V_3 - V_1)^2}{\frac{\alpha}{2}(V_3 - V_1)(5V_3 + 3V_1)} = \frac{V_3 - V_1}{5V_3 + 3V_1}$$

КПД тем больше, чем ~~меньше~~ больше разность V_3 и V_1 и чем меньше их сумма.

$$\eta = \frac{V_3 - V_1}{4V_3 + 4V_1 + V_3 - V_1} = \frac{V_3 - V_1}{4(V_3 + V_1) + (V_3 - V_1)}$$

$$\text{Если } V_1 \rightarrow 0, \text{ то } \eta = \frac{V_3}{5V_3} = 0,2 = \eta_{max}$$

Ответ: ~~то~~ 1) 0,6 2) 1,5 3) 0,2

Задача 4.

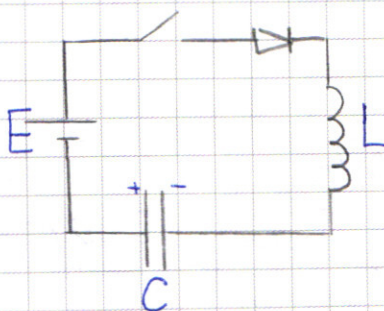
$$E = 6 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$



Сразу после замыкания ключа катушечный ток в цепи равен 0.

$$E + U_1 - \mathcal{E}_{si} = 0 \Rightarrow \mathcal{E}_{si} = E + U_1$$

$$\mathcal{E}_{si} = J' L \Rightarrow J' = \frac{\mathcal{E}_{si}}{L} = \frac{E + U_1}{L}$$

$$J' = \frac{6+2}{0,1} = 80 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

Происходят электро-магнитные колебания

I_{max} , когда $U_{конденсатора} = -5 \text{ В} = E$ (Дальше закрывается диод)

$$W_{mag} = A_{ист} + \Delta W_C$$

$$\frac{I_{max}^2 L}{2} = \mathcal{E} \Delta q E + \Delta W_C \quad I_{max} = \sqrt{\frac{2}{L} C(U_1 + E)^2} = \frac{C(E+U_1)}{2}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{2}{L} \left(C U_1 + E C E + \frac{C U_1^2}{2} - \frac{C E^2}{2} \right)}$$

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

1) J' - ?

2) I_{max} - ?

3) U_2 - ?

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$I_{max} = \sqrt{\frac{2 \cdot 40 \cdot 10^{-6}}{0,1} (6+2)} = \sqrt{2 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 8} = 1,6 \sqrt{2} \cdot 10^{-2} \text{ A}$$

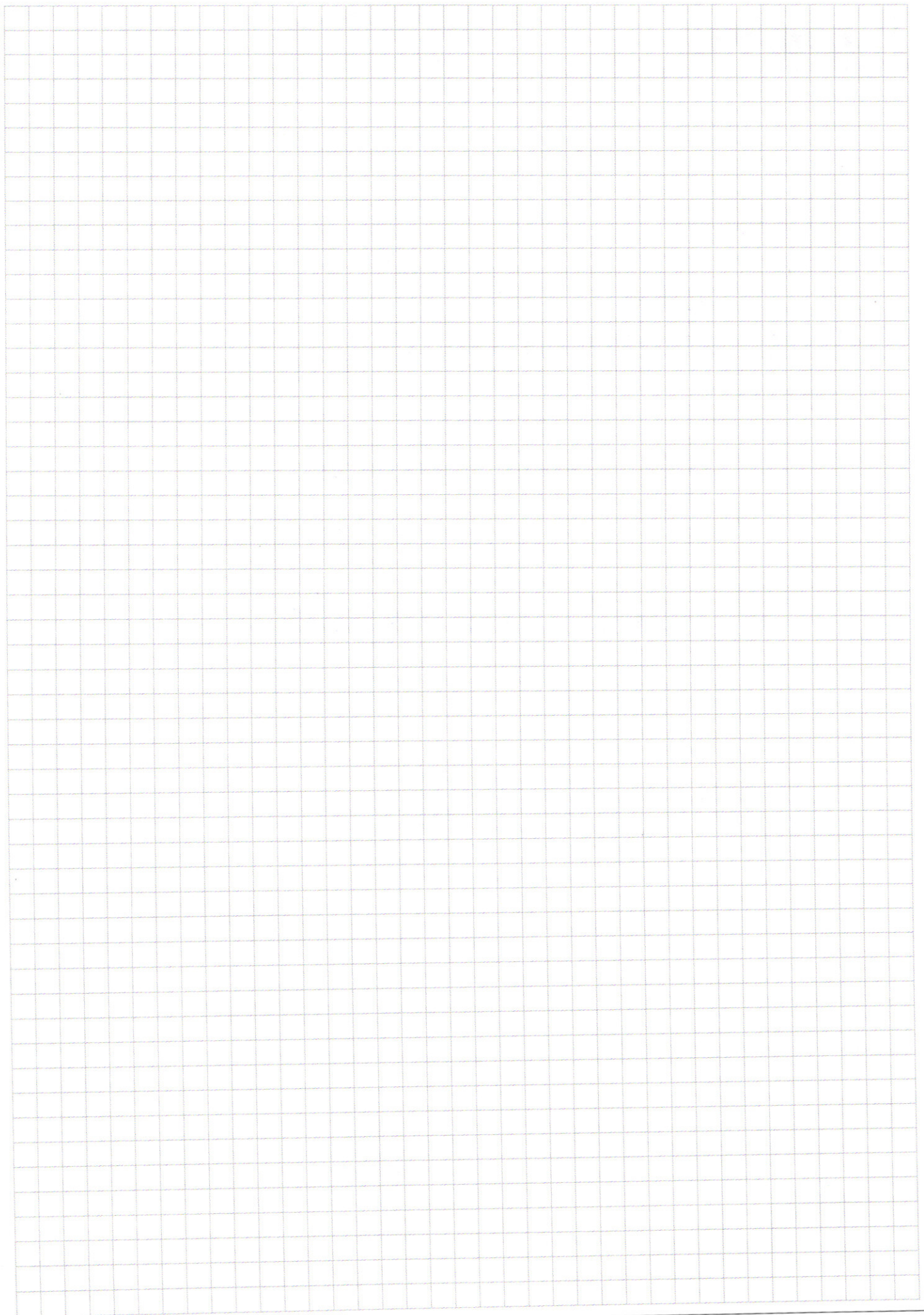
$$I_{max} = \sqrt{\frac{2}{L} \left(C(U_1 + U_{конг})E - \frac{CU_1^2}{2} - \frac{CU_{конг}^2}{2} \right)}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{2C}{L} \left(2(U_1 + U_{конг})E + U_1^2 - U_{конг}^2 \right)}$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1} \left(2 \cdot (6+5) \cdot 6 + 4 - 25 \right)} = 2 \cdot 10^{-2} \sqrt{84 + 4 - 25} =$$
$$= 2 \cdot 10^{-2} \sqrt{88 - 25} = \sqrt{63} \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 6\sqrt{7} \cdot 10^{-2} \text{ A}$$

$$U_2 = U_{конг} = 5 \text{ B}$$

$$\text{Ответ: } 1) 80 \frac{\text{A}}{\text{с}}; \quad 2) 6\sqrt{7} \cdot 10^{-2} \text{ A} \quad 3) 5 \text{ B}$$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

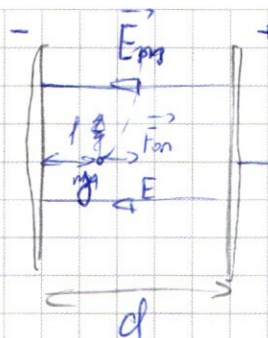
③

d, v_1
 $\gamma = \frac{|q|}{m}$
 $q < 0$

$T = ?$

$Q = ?$

$v_2 = ?$



$$E_{\text{пл}} = E_+ + E_-$$

$$E_+ = E_- = \frac{\sigma}{2S} = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

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

$$\gamma = \frac{W_p}{Q} = \frac{E}{2}$$

$$W_p = \frac{Eq}{2}$$

~~$m \left(\frac{d}{2} - 0,3d \right) = \frac{Q}{2} \frac{1}{2}$~~

~~$T = \sqrt{\frac{d - 0,3d}{a}} = \sqrt{\frac{0,4d}{a}}$~~ $C_{\text{пл}} = F_{\text{эл}}$

$$d - 0,3d = \frac{a}{2} t^2$$

$$0,7d = \frac{a}{2} \frac{v_1^2}{a^2} \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{1,4d}$$

$$v_1 = at \Rightarrow t = \frac{v_1}{a}$$

$$T = \sqrt{\frac{0,4d}{a}} = \sqrt{\frac{0,4d \cdot 1,4d}{v_1^2}} = \frac{0,56d}{v_1}$$

$$T = \frac{0,2114d}{v_1}$$

$$ma = |q| \cdot E \Rightarrow E = \frac{ma}{|q|} = \frac{a}{\gamma}$$

$$am = |q| \cdot \frac{Q}{\epsilon_0 S} \quad \frac{am}{|q|} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{\epsilon_0 S \cdot a}{\gamma} = \frac{v_1^2 \epsilon_0 S}{1,4d\gamma}$$

ЗСЭ: $W_0 = W_k$ $\frac{E|q|}{0,3d} + \frac{E|q|}{0,7d} = \frac{m}{2} v_2^2$

$$0,7E|q| + 0,3E|q| = \frac{m}{2} v_2^2$$

$$\frac{E|q|}{0,21d} = \frac{m}{2} v_2^2$$

$$v_2^2 = \frac{2E|q|}{0,21md} = \frac{2E\gamma}{0,21d} = \frac{2a}{0,21d} = \frac{2v_1^2}{1,4 \cdot 0,21d^2} = \frac{v_1^2}{0,1575d^2}$$

$$A_{\text{пол}} = q \cdot E \cdot d$$

$$v_2 = \frac{v_1}{\sqrt{0,1575d^2}}$$

4)

$$E = 6 \text{ В}$$

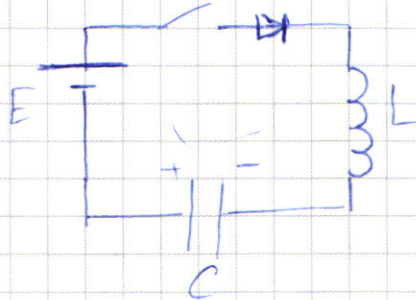
$$C = 40 \text{ нФ}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

С самого начала не идет ток из-за катушки.



$$E + U_1 - \mathcal{E}_{si} = 0 \Rightarrow \mathcal{E}_{si} = E + U_1$$

$$\mathcal{E}_{si} = J' L \Rightarrow J' = \frac{\mathcal{E}_{si}}{L} = \frac{E + U_1}{L}$$

$$J' = \frac{6 + 2}{0,1} = 80 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Колебания:

$$\mathcal{E}_{si} = J' \cos \omega t \cdot L$$

$$q = q_{\max} \cos \omega t$$

$$J = J_{\max} \cdot \sin \omega t$$

1) J' - ?

2) $J_{\max}$ - ?

3) U_2 - ?

$$\frac{q_{\max}}{2C} = W_0$$

$$W_1 = \frac{q^2}{2C}$$

$$W_{\text{маг}} = \frac{J^2 L}{2}$$

$$U_1 = \frac{q_{\max}}{C}$$

$$U_x = \frac{q_{\max} \cos \omega t}{C} = U_1 \cos \omega t$$

$$U_0 = E + U_x - \mathcal{E}_{si} \quad U_0 = E + U_1 \cos \omega t - \mathcal{E}_{si} \cos \omega t$$

$$U_0 = E + U_1 \cos \omega t (U_1 - \mathcal{E}_{si}) \quad \cos \omega t = \frac{U_0 - E}{U_1 - \mathcal{E}_{si}} = \frac{U_0 - E}{U_1 - E - U_1} \frac{E - U_0}{E}$$

$$\cos \omega t = \frac{6 - 1}{6} = \frac{5}{6}$$

$$\sin \omega t = \sqrt{1 - \frac{25}{36}} = \frac{\sqrt{11}}{6}$$

$$J_{\max} = \frac{J}{\sin \omega t} = \frac{80}{\sqrt{11}}$$

$$q_{\max} = C U_1$$

$$A_u + \Delta W_c = W_L$$

$$E \cdot q_{\max} (1 - \cos \omega t) + \frac{C U_1^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} \cos^2 \omega t = \frac{J^2 L}{2}$$

$$2 C U_1 (2 E (1 - \cos \omega t) + U_1 (1 - \cos^2 \omega t)) = J^2 L$$

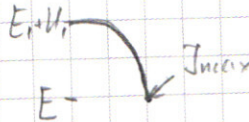
$$2 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot 2 (12 \text{ В} \cdot \frac{1}{6} + 2 \cdot \frac{11}{36}) = J^2 \cdot 0,1$$

$$8 \cdot 10^{-4} (2 + \frac{22}{36}) = J^2 \cdot 0,1 \quad J = \sqrt{\frac{84 \cdot 10^{-4}}{36}} = \sqrt{47} \cdot \frac{2}{3} \cdot 10^{-2} \text{ А}$$

$$J_{\max} = \frac{J}{\sqrt{11}} = 4 \cdot \frac{\sqrt{11}}{11} \cdot 10^{-2} \text{ А}$$

$$\frac{C U_1^2}{2} = \frac{J_{\max}^2 L}{2} = C$$

Колебания:



$$\frac{J_{\max}^2 L}{2} = A_{\text{ист}} - W_c$$

$$A_{\text{ист}} = \Delta q E + \frac{C U_1^2}{2}$$

$$C U_1 E + \frac{C U_1^2}{2}$$

$$C U_1 (E + \frac{U_1}{2})$$

$$\frac{J_{\max}^2 L}{2} = C (U_1 + E) \cdot E + \frac{C (U_1 E U_1)}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

②

$$(1-2) \quad V = \text{const} \Rightarrow \Delta p_{12} = 0 \Rightarrow Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$C_{p12} = \frac{Q_{12}}{\nu \Delta T_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}}{\nu \Delta T_{12}} = \frac{3R}{2}$$

1) $\frac{C_{p12}}{C_{p23}} - ?$

$$C_{p23} = \frac{Q_{23}}{\nu \Delta T_{23}}$$

2) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} - ?$

$$(2-3) \quad p = \text{const} \Rightarrow A_{23} = p_2(V_3 - V_2) = p_3 V_3 - p_2 V_2 = \nu R T_3 - \nu R T_2 = \nu R (T_3 - T_2)$$

3) $\eta - ?$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$p_2 = p_3 = \alpha V_3$$

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

$$p_1 = \alpha V_1$$

$$C_{p23} = \frac{\frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu (T_3 - T_2)} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{p12}}{C_{p23}} = \frac{\frac{3R}{2}}{\frac{5R}{2}} = 0.6$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)}{\nu R (T_3 - T_2)} = \frac{3}{2}$$

$$(3-4) \quad p = \alpha V$$

$$A_{34} = p_4 V_4 - p_3 V_3 = \nu R (T_4 - T_3)$$

$$\Delta U_{34} < 0, \text{ так как } T_4 < T_3$$

$$Q_{34} < 0, \text{ так как } A_{34} < 0, \Delta U_{34} < 0$$

$$\eta = \frac{A_y}{Q_{\text{eng}}}$$

$$A_y = A_{12} + A_{23} + A_{34}$$

$$A_y = 0 + \nu R (T_3 - T_2) - \nu R (T_3 - T_1) =$$

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

$$\frac{5}{2} \alpha V_3^2 - \frac{3}{2} \alpha V_1^2 - \alpha V_1 V_3 = Q_{\text{non}} = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2) =$$

$$\frac{5}{2} p_3 V_3 - \frac{3}{2} p_1 V_1 - p_2 V_2 = \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{5}{2} \nu R T_3 - \frac{5}{2} \nu R T_2 =$$

$$\eta = \frac{\nu R \left(\frac{T_3}{2} + T_1 - T_2 \right)}{\nu R \left(\frac{5}{2} T_3 - \frac{3}{2} T_1 - T_2 \right)} = \frac{T_3 + 2T_1 - 2T_2}{5T_3 - 3T_1 - 2T_2} = \frac{(T_3 - 2T_2) + 2T_1}{(T_3 - 2T_2) + 4T_3 - 3T_1}$$

$$p_3 = \alpha V_3$$

$$p_1 = \alpha V_1$$

$$A_y = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) \cdot (V_3 - V_2) = \frac{1}{2} p_3 V_3 - \frac{1}{2} p_1 V_3 - \frac{1}{2} p_2 V_2 + \frac{1}{2} p_1 V_2 = \frac{1}{2} \alpha V_3^2 - \frac{1}{2} \alpha V_1 V_3 - \frac{1}{2} \alpha V_3 V_1 + \frac{1}{2} \alpha V_1^2 = \frac{1}{2} \alpha (V_3 - V_1)^2$$

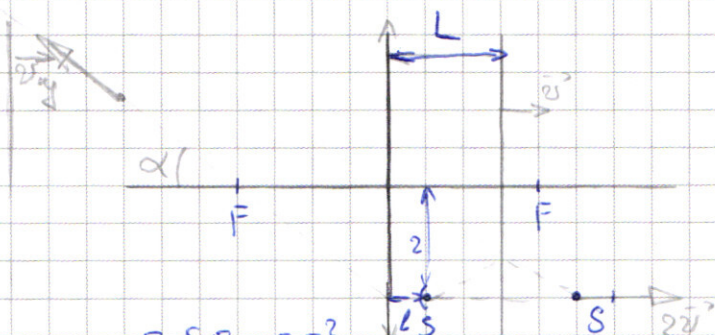
5)

$$F; z = \frac{3}{4}F$$

$$l = \frac{F}{4}; v$$

$$L = \frac{3}{4}F$$

$f = ?$
 $\alpha = ?$
 $v_y = ?$



$$f = \frac{F \cdot \frac{3}{4}F}{\frac{3}{4}F - F} = \frac{\frac{3}{4}F^2}{-\frac{1}{4}F} = -3F$$

$$\tan \alpha = \frac{h_y}{f - F} = \frac{3F}{-F - F} = -\frac{3}{2}$$

$$\tan \alpha = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$v_y = 225 \sqrt{2} = 322.5 \quad v_y = \frac{v_{y0}}{\cos \alpha} = \frac{322.5}{\frac{4}{5}} = 403.125$$

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

$$d = (L - l) \cdot 2 = l = \frac{5}{4}F$$

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

$$\frac{1}{f} = \frac{Fd}{d \cdot F}$$

$$h_y = \Gamma z = \frac{f}{d} z = \frac{5F}{\frac{5}{4}F} z = 4z$$

$$h_y = 3F$$

1)

$$v = 34 \frac{\text{cm}}{\text{с}}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$l = \frac{5R}{4}$$

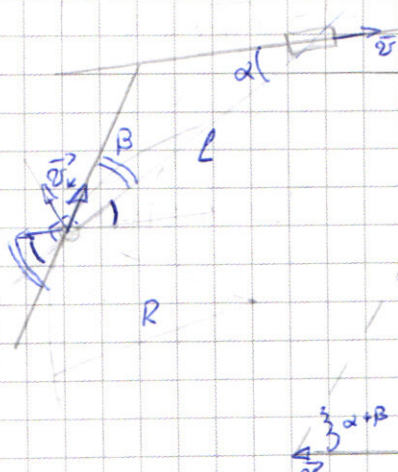
$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

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

$v_k = ?$

$v' = ?$

$T = ?$



В 0), связанной с нулевой

концы движется по окружности радиусом $l \Rightarrow v' \perp l$

$$\frac{v}{\sin(90^\circ - \beta)} = \frac{v_k}{\sin(90^\circ - \alpha)} \Rightarrow v_k = v \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$v_k = 34 \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{5}{3} = 50 \frac{\text{cm}}{\text{с}}$$

$$v' = \frac{v}{\sin(90^\circ - \beta)} \cdot \sin(\alpha + \beta)$$

$$\sin \alpha = \frac{8}{17} \quad \sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha = \frac{4}{17} \cdot \frac{15}{17} + \frac{3}{5} \cdot \frac{15}{17} = \frac{84}{25}$$

$$\sin \beta = \frac{4}{5} \quad v' = \frac{34 \cdot 8}{8} \cdot \frac{84}{17 \cdot 5} = 50 \frac{\text{cm}}{\text{с}}$$

$$T = m a_n = m \frac{v'^2}{l} \Rightarrow T = \frac{0,3 \cdot 0,56^2}{0,53 \cdot \frac{5}{4}} = \frac{4 \cdot 0,3 \cdot 56 \cdot 0,56}{5 \cdot 2,53} = \frac{12 \cdot 56 \cdot 0,56}{2,65} = \frac{12 \cdot 56 \cdot 56}{265}$$