

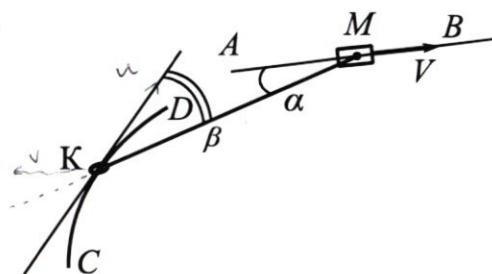
Олимпиада «Физтех» по физике, фс

Класс 11

Вариант 11-03

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

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.



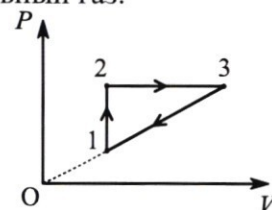
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

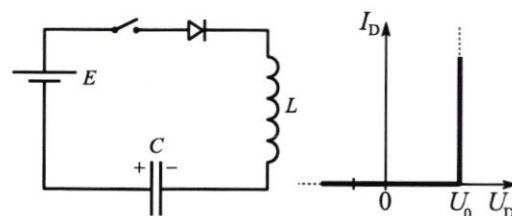
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке,

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.

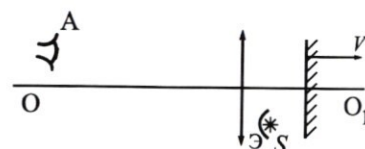


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

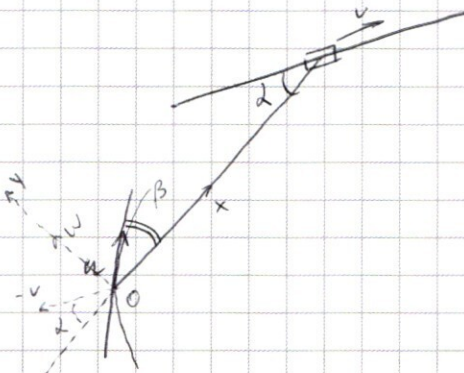


ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1

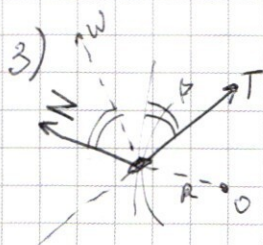
$$\begin{aligned} V &= 34 \frac{\text{см}}{\text{с}} \\ m &= 0,3 \text{ кг} \\ R &= 0,53 \text{ м} \\ l &= 5R/4 \\ \cos \alpha &= \frac{15}{17} \\ (\sin \alpha = \frac{8}{17}) \\ \cos \beta &= \frac{3}{5} \\ (\sin \beta = \frac{4}{5}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u &=? \\ \omega &=? \\ T &=? \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} 1) \quad l &= \text{const} \\ \Rightarrow V \cos \alpha &= u \cos \beta \\ u &= \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{V \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 3} = \frac{25}{17} V = \\ &= 50 \frac{\text{см}}{\text{с}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \omega_x &= u \cos \beta - V \cos \alpha = 0 \\ \omega_y &= u \sin \beta + V \sin \alpha = \\ &= \left(\frac{25}{17} \cdot \frac{4}{5} + \frac{8}{17} \right) V = \frac{28}{17} V = \\ &= 56 \frac{\text{см}}{\text{с}} \end{aligned}$$



Движение по окружности по
прямой:

$$\frac{mu^2}{R} = T \sin \beta - N$$

Движение по окружности относительно -
по центру:

$$\frac{m\omega^2}{e} = T - N \sin \beta$$

$$\Rightarrow N = \frac{T}{\sin \beta} - \frac{m\omega^2}{e \sin \beta}$$

$$\frac{mu^2}{R} = T \sin \beta - \frac{T}{\sin \beta} + \frac{m\omega^2}{e \sin \beta}$$

$$T \left(\sin \beta - \frac{1}{\sin \beta} \right) = m \left(\frac{u^2}{R} - \frac{\omega^2}{e \sin \beta} \right)$$

$$T = 0,08 \text{ Н.}$$

Ответ: 1) $50 \frac{\text{см}}{\text{с}}$
2) $56 \frac{\text{см}}{\text{с}}$
3) $0,08 \text{ Н.}$

№2.

1) $T \uparrow$ на $1 \rightarrow 2$ и $2 \rightarrow 3$.

$$\Delta Q_{12} = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = C_{12} \nu \Delta T$$

$$\Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} R.$$

$$\Delta Q_{23} = \underbrace{P V_3 - P V_2}_{\nu R \Delta T} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = C_{23} \nu \Delta T$$

$$\Rightarrow C_{23} = \frac{5}{2} R.$$

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

2) $A = P V_3 - P V_2 = \nu R \Delta T$ $\frac{\Delta U}{A} = \frac{3}{2}.$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

3) $\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{(P_2 - P_1)(V_3 - V_1) \cdot \frac{1}{2}}{Q_{12} + Q_{23}}$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (P_2 - P_1) V_1 \quad Q_{23} = \frac{5}{2} (V_3 - V_1) P_2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_3}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \frac{P_2}{V_3} V_1 (V_3 - V_1) \quad Q_{23} = \frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_1)$$

$$A = \frac{1}{2} (V_3 - V_1)^2 \cdot \frac{1}{V_3}$$

$$\eta = \frac{V_3 - V_1}{3V_1 + 5V_3}$$

при уменьшении ~~числителя~~ ^{знаменателя}
и увеличении ^{числителя} ~~знаменателя~~
значение дроби увеличивается
 $\Rightarrow$ max. КПД достигается при $V_1 = 0$
 $\eta = \frac{1}{5}$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.

$$1) \frac{mv_1^2}{2} = 0,7 d E q$$

$$E = \frac{mv_1^2}{1,4 d \gamma}$$

$$V_1 = aT$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{Eq}{m} = E\gamma = \frac{v_1^2}{1,4 d}$$

$$T = \frac{V_1}{a} = \frac{v_1 \cdot 1,4 d}{v_1^2} = \sqrt{\frac{1,4 d}{v_1}}$$

$$2) E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad \sigma = \frac{Q}{\pi R^2} \quad R - \text{радиус обкладки.}$$

$$Q = E \epsilon_0 \cdot \pi R^2 = \frac{v_1^2 \epsilon_0 \pi R^2}{1,4 d \gamma}, \text{ где } \pi R^2 = S.$$

$$3) \text{ Потенциал электронов в начале} = -E \cdot 0,2 d$$

$$\text{Потенциал в конце} = 0.$$

$$\Rightarrow E \cdot 0,2 d \gamma = \frac{v_2^2}{2} \quad v_2 = \sqrt{0,4 E d \gamma} = \sqrt{\frac{0,4 \cdot v_1^2}{1,4}} =$$

$$= v_1 \sqrt{\frac{2}{7}}$$

№4

$$1) \mathcal{E} + V_1 = V_0 + L \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{\mathcal{E} + V_1 - V_0}{L} = 0,7 \frac{A}{C}$$

$$2) \frac{q_1^2}{2C} + \mathcal{E}(q_1 - q) - V_0(q_1 - q) = \frac{L \dot{I}^2}{2}$$

$$q_1 = CV_1$$

$$q = CV \quad \mathcal{E} + V = V_0 \quad V = V_0 - \mathcal{E} = -5B.$$

Ответ: 1) $\frac{1,4 d}{v_1}$

2) $\frac{v_1^2 \epsilon_0 S}{1,4 d \gamma}$

3) $v_1 \sqrt{\frac{2}{7}}$

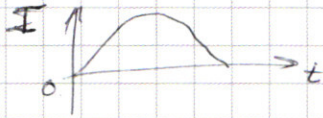
№4)

3) После того В установленное состояние

№4

3) ~~В установившемся~~

Во время первой перезарядки ток меняется по гармоническому закону $\Rightarrow U$ на катушке $= -U$ на катушке в начале



$$U_2 = \mathcal{E} - U_0 + LI' = 12 \text{ В}$$

(Этот же результат получается из энергетических соображений, $\frac{dI^2}{dt} = 0$).

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{C \cdot U_1^2}{2} + \varepsilon C (U_1 - U) - U_0 C (U_1 - U) = \frac{L I^2}{2} + \frac{C U^2}{2}$$

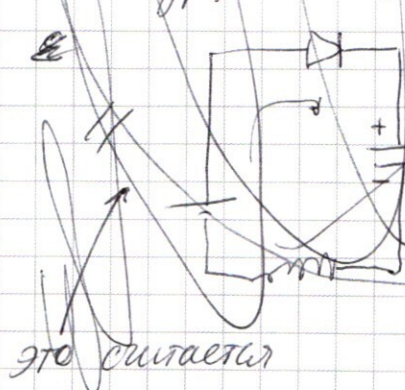
$$40 \cdot 10^{-6} \left(\frac{4^2}{2} + 6 \cdot 7 - 7 \right) = \frac{L I^2}{2} + 40 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{5^2}{2}$$

$$2 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \left(8 + 42 - 7 \right) - \frac{25}{2} = L I^2$$

$$I^2 = 82 \cdot 10^{-4} \quad I \approx 9 \cdot 10^{-2} \text{ A.}$$

3) На шестовике №6.

3) Так как во время первой перезарядки конденсатора ток будет изменяться по гармоническому закону, то на катушке будет то же напряжение, что и сначала, но с другим знаком.



$$\varepsilon = U_0 + U_2 - L \dot{I}$$

$$U_2 = \varepsilon - U_0 + \varepsilon + U_1 - U_0 = 6 - 1 + 6 + 2 - 1 = 12 \text{ V.}$$

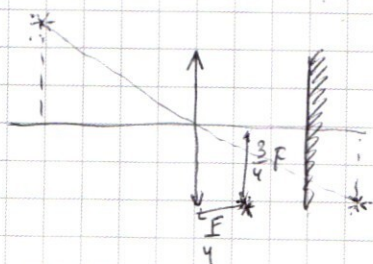
После этого ток в обратной направлении течь не будет.

Ответ: 1) $0,7 \frac{\text{A}}{\text{с}}$

$$2) \sim 9 \cdot 10^{-2} \text{ A } (= \sqrt{82} \cdot 10^{-2})$$

$$3) 12 \text{ V. } 3) 12 \text{ V. } 3) 12 \text{ V.}$$

№5.

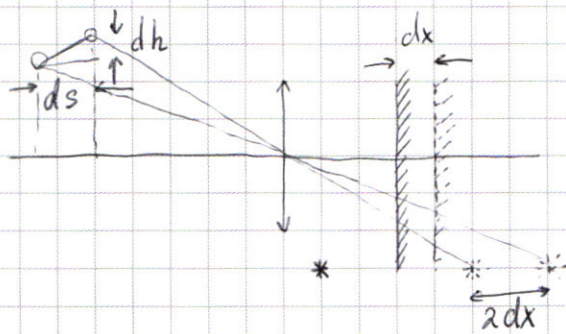


1) Предмет и изображение будут находиться на 100, проекции рассчитанный на 100 соответствует формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad f = \frac{F}{4} + F = \frac{5F}{4}$$

$$\frac{1}{d} = \left(\frac{4}{5F} - \frac{1}{F} \right) = \frac{1}{5F} \Rightarrow d = 5F$$

2)



$$\frac{1}{d'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f'} = \frac{f + dx - f}{f \cdot f'}$$

$$d' \approx \frac{F \cdot f'}{F - f} = \frac{F \cdot f + F \cdot 2dx}{f - F} = d + \frac{F \cdot 2dx}{f - F} = d + \frac{8dx}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{ds}{dx} = \frac{8dx}{4} \Rightarrow \angle \alpha = 0$$

~~при перемещении зеркала на dx = V dt изображение смещается на 8dx~~

$$ds = d' - d$$

$$dh = \frac{3F}{4} \cdot \frac{d}{f} - \frac{3F}{4} \cdot \frac{d'}{f'} =$$

$$= \frac{3F}{4} \left(\frac{d}{f} - \frac{d'}{f'} \right)$$

$$f' = f + 2dx$$

$$\frac{d}{f} - \frac{d'}{f'} = \frac{df' - d'f}{ff'}$$

$$= \frac{d f' + d' 2dx - d' f}{ff'} \approx \frac{d \cdot 2dx - 8dx}{f^2}$$

$$= dx \cdot \left(\frac{5F \cdot 2}{\left(\frac{5}{4}F\right)^2} - \frac{8}{5F} \right) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{ds}{dx} = 0$$

3) при перемещении зеркала на $dx = V dt$ изображение смещается на $8dx$
 $\Rightarrow u = 8V$

Ответ: 1) $5F$
 2) $\angle \alpha = 0$
 3) $8V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{1}{d'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f'}$$

$$\frac{1}{d'} = \frac{f + dx - F}{F \cdot f'}$$

$$d' = \frac{F \cdot f'}{f - F} = \frac{F \cdot f + F \cdot dx}{f - F} = d + \frac{F \cdot dx}{f - F} = \frac{d \cdot 2dx - f \cdot 8dx}{f^2}$$

$$\frac{d \cdot dx}{f^2} - \frac{dx}{4f}$$

$$f = \frac{5}{4}F$$

$$df + d$$

$$d' = d + \frac{F \cdot dx}{\frac{F}{4}} = d + \frac{dx}{4}$$

$$= 5F \cdot 2 - \frac{5}{4}F \cdot 8$$

$$f^2 -$$

$$\frac{5 \cdot 4}{25F} = \frac{20}{25F} - \frac{1}{5F} = \frac{20 - 5}{25F} = \frac{15}{25F} = \frac{3}{5}F$$

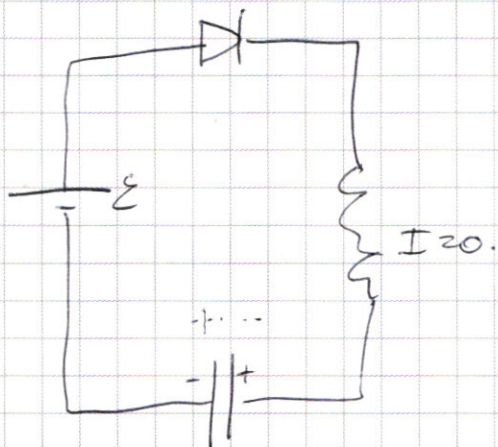
$$f - F = \frac{1}{4}F$$

$$d = 5F$$

$$f = \frac{5}{4}F$$

$$\frac{5 \cdot 16}{25} - \frac{32}{5} = \frac{8 \cdot 16 - 32 \cdot 5}{25}$$

$$\frac{8 \cdot 2 \cdot 16}{25} - \frac{32}{5} = 20$$



$$\varepsilon \Delta q - U \Delta q = W_2 - W_1$$

$$\varepsilon (U_1 + U_2) \cdot 5 = \frac{\varepsilon}{2} (U_2^2 - U_1^2)$$

$$5 \cdot 2 = U_2 \rightarrow U_1$$

11
2.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{1}{2} (P_2 - P_1) (V_3 - V_1)$$

$$Q_H = \frac{3}{2} V_1 (P_2 - P_1) + \frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_1) =$$

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

$$\Delta T_2 = \frac{V_1 (P_2 - P_1) \Delta}{3} \quad \Delta T_1 = \frac{P_2 (V_3 - V_1) \Delta}{3}$$

$$\Delta T_2 = \frac{2}{3} \Delta V_1 (V_3 - V_1) \quad \Delta T_1 = \frac{2}{3} \Delta V_3 (V_3 - V_1)$$

A =

Если $V_1 = 0$ то $\eta = \frac{1}{5}$

$$\frac{q}{m} = g \quad F = Eq$$

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

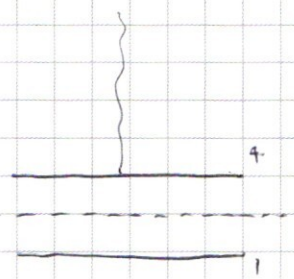
$$E = \frac{V_1^2}{1,4d}$$

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

$$F = \frac{Q^2}{R^2}$$

$$Q = R \sqrt{F} = m \cdot \sqrt{k R^2 \cdot \frac{m}{c^2}}$$

или десятичные
 $\frac{1}{\gamma^2} = \frac{1}{1 + \frac{v^2}{c^2}}$
 $\frac{1}{\gamma^2} = \frac{1}{1 + \frac{v^2}{c^2}}$



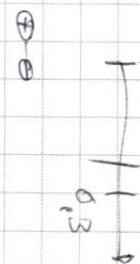
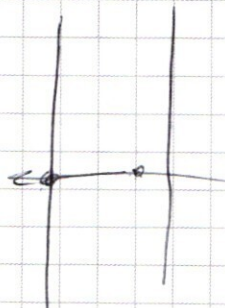
$$\frac{kq}{r} \left(\frac{1}{\gamma} - \frac{1}{\gamma + \frac{v}{c}} \right) =$$

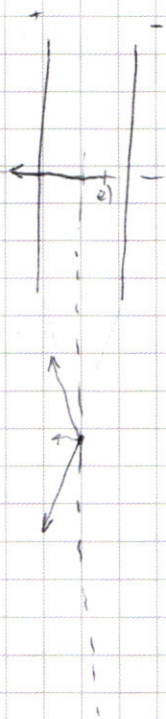
$$= kq \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r + \frac{v}{c}} \right) =$$

$$= kq \frac{v}{r(r + \frac{v}{c})}$$

потенциал в центре
 $E \cdot 0,2d$

$$\frac{kQd}{r^2}$$

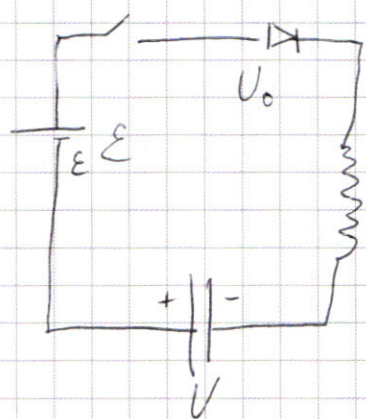




$$\textcircled{Q} = 59$$

Вектор: $\frac{4}{3F} \frac{d}{dt} \cdot \frac{f}{f'}$ $\frac{4}{3F} \frac{d}{dt} \cdot \frac{f}{f'}$

$f \downarrow$ на Δx
 dx
 измерение времени
 V_0



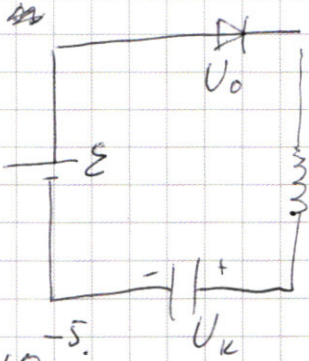
$$\mathcal{E} + V = V_0 + L \dot{I}$$

$$\dot{I} = \frac{\mathcal{E} + V - V_0}{L} = \frac{f + \Delta x \cdot f'}{L} = \frac{f}{L} \cdot \frac{d}{dt} \left(\frac{p}{f} \right)$$

max.

$$\mathcal{E} + V = V_0$$

$$V = V_0 - \mathcal{E} = -5B$$



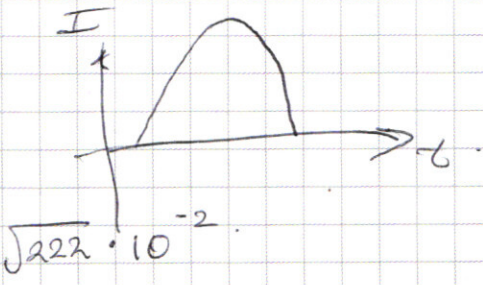
$$43 + 12,5 =$$

$$= 55,5 \cdot 40 \cdot 10^{-5}$$

Эдг-Ведг

$$55,5 \cdot 4 \cdot 10^{-4}$$

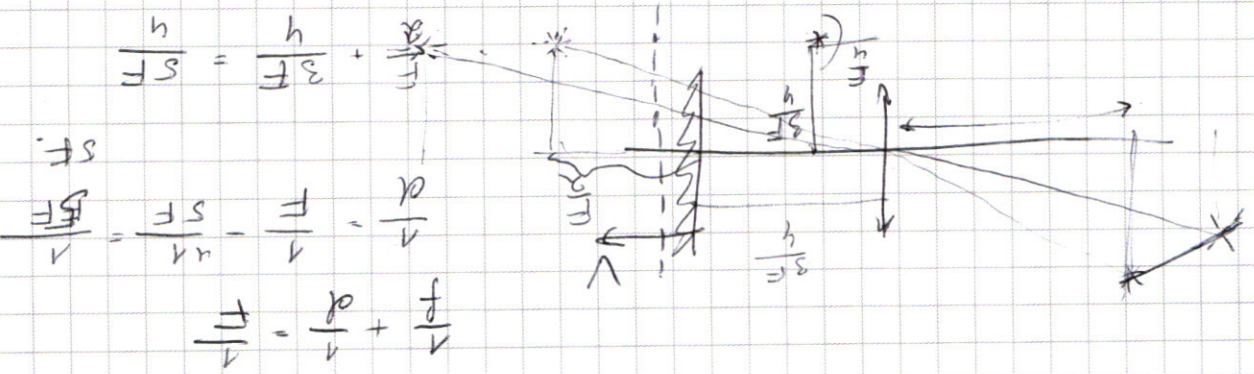
$$\frac{55,5 \cdot 4}{222,0}$$



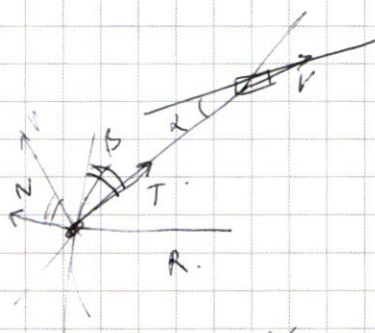
$$43 - 12,5 = 20,5$$

$$\frac{20,5}{82}$$

ток перестает идти, когда.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$l = \frac{5R}{4} \quad V = 34 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$R = 0,53 \text{ м}$$

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

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

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

$$\frac{mV^2}{R} = T - N \sin \beta$$

$$\frac{mu^2}{R} = T \sin \beta - N$$

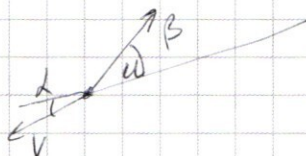
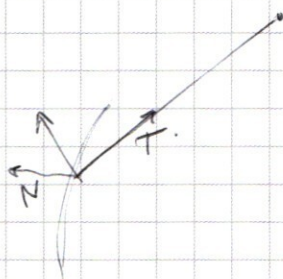
и конуса = ?

$$u \cos \beta = V \cos \alpha \quad (l = \text{const})$$

$$u = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{V \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 3} = \frac{25}{17} V$$

$$ma_n = T \sin \beta - N$$

$$ma_n = \frac{mv^2}{R}$$

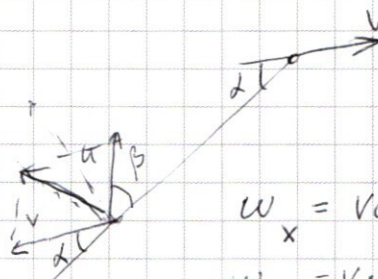


$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{15^2}{17^2}}$$

$$\sin \alpha = \frac{8}{17}$$

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

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ + 17 \\ \hline 289 \\ - 225 \\ \hline 64 \end{array}$$



$$w_x = V \cos \alpha - u \cos \beta$$

$$w_y = V \sin \alpha + u \sin \beta$$

$$w_x = \frac{25}{17} V - V$$

$$V_y = V$$

$$25 + 4 = 29$$

$$28 \cdot 2 = 56$$

$$464$$

$$V \sin \alpha = \frac{8}{17} V$$

$$u \sin \beta = \frac{25}{17} \cdot \frac{4}{5} V = \frac{20}{17} V$$

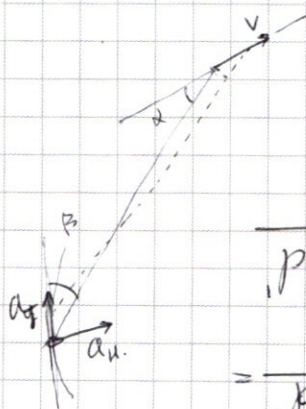
$$\text{и то } w_y = \frac{w}{17} \sqrt{20^2 + 8^2} =$$

$$= \frac{V}{17} \cdot 4 \sqrt{5^2 + 2^2} = V \cdot \frac{4}{17} \sqrt{29}$$

$$\frac{2f}{pf - f_p} =$$

$$= \frac{f}{pf - f_p} = \frac{f}{p} - \frac{f}{p}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{p} + \frac{1}{f} = \frac{f}{p} + \frac{p}{f}$$



$$\frac{u}{5} - \frac{5}{4} = \frac{16-25}{20} = -\frac{9}{20}$$

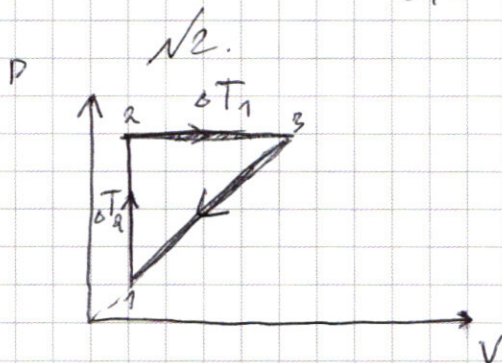
$$\frac{w^2}{R} = \frac{0,5^2}{0,53}$$

$$\frac{w^2}{\frac{4}{5} \cdot 0,53 \cdot \frac{4}{5}} = \frac{0,56^2}{\frac{4}{5} \cdot 0,53 \cdot \frac{4}{5}}$$

$$\frac{u^2}{R} - \frac{w^2}{\frac{4}{5} \cdot 0,53 \cdot \frac{4}{5}} = \frac{(0,5^2 - 0,56^2)}{0,53}$$

$$T = \frac{0,06 \cdot (0,56^2 - 0,5^2) \cdot 2}{0,53 \cdot 3} =$$

$$= \frac{0,06 \cdot 0,06 \cdot 2}{0,53 \cdot 3} = 0,02 \cdot 4 = 0,08 \text{ К.}$$



1^я T: 12 и 23.

$$12: \Delta Q = \Delta U$$

$$C \Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T$$

$$C = \frac{3}{2} R.$$

$$C_{m1} = \frac{3}{2} R.$$

23: P - const.

$$\Delta Q = \frac{5}{2}$$

$$Q_{TH} = \frac{3}{5}.$$

2) Изобарный:

$$A = P(V_3 - V_2).$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (P_1 V_3 - P_1 V_2)$$

$$\frac{3}{2}.$$

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{(P_2 - P_1)(V_3 - V_2)}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{P_2 - P_1}{P_2} = 1 - \frac{P_1}{P_2}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} (P_2 - P_1) V_1.$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} P_2 (V_1 - V_3).$$

$$13 \quad P = dV.$$

$$P_2 = dV_3.$$

$$P_1 = dV_1.$$

$$\Sigma = d(V_3 - V_1) \left(\frac{3}{2} V_1 + \frac{5}{2} V_3 \right).$$

$$A = \frac{d(V_3 - V_1)(V_3 - V_1)}{2}.$$

$$\eta = \frac{V_3 - V_1}{3V_1 + 5V_3}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} d(V_3 - V_1) V_1.$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} dV_3 (V_3 - V_1).$$