

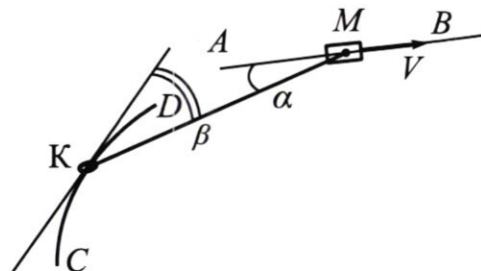
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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.



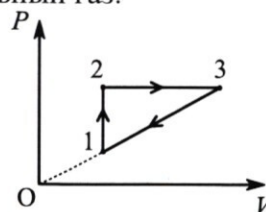
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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.

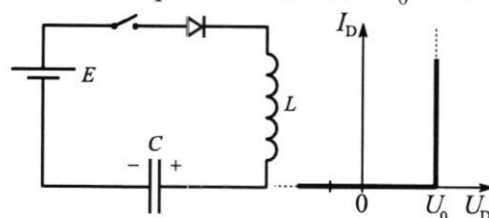
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

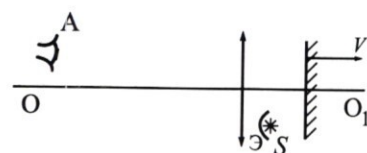


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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



$$\eta = 1 - \frac{Q^-}{Q^+} = \frac{A_u}{Q^+}$$

$$A_y = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_3 - V_1)$$

$$Q^+ = \frac{3}{2} (p_2 V_1 - p_1 V_3) + \frac{5}{2} (p_2 V_3 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} V_1 (p_2 - p_1) + \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_1)$$

$$V_3 - V_1 = \frac{p_2}{\alpha} - \frac{p_1}{\alpha} = \frac{1}{\alpha} (p_2 - p_1)$$

$$Q^+ = \frac{3}{2} V_1 (p_2 - p_1) + \frac{5}{2} p_2 \cdot \frac{1}{\alpha} (p_2 - p_1) =$$

$$= \frac{1}{2} (p_2 - p_1) \left(3 V_1 + \frac{5 p_2}{\alpha} \right) = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) \left(\frac{3 p_1}{\alpha} + \frac{5 p_2}{\alpha} \right) =$$

$$= \frac{1}{2 \alpha} (p_2 - p_1) (5 p_2 + 3 p_1)$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_1} + \frac{5}{2} \cdot \frac{T_3 - T_2}{T_3 - T_1}$$

$$A_y = \frac{1}{2 \alpha} (p_2 - p_1) (p_2 - p_1)$$

$$\eta = 1 - \frac{5 p_2 + 3 p_1}{p_2 - p_1}$$

$$Q^- = \frac{1}{2} (p_2 + p_1) (V_1 - V_3) + \frac{3}{2} (p_1 V_1 - p_2 V_3) = \frac{\alpha}{2} (V_1^2 - V_3^2) + \frac{3 \alpha}{2} (V_1^2 - V_3^2) =$$

$$Q^- = 2 \alpha (V_3^2 - V_1^2)$$

$$\frac{3 \Delta T_{21} + 5 \Delta T_{32}}{2 \Delta T_{31}} =$$

$$Q^+ = \frac{3}{2} (p_2 V_1 - p_1 V_1) + \frac{5}{2} (p_2 V_3 - p_1 V_1) = \frac{3 T_2 - 3 T_1 + 5 T_3 - 5 T_2}{2 T_3 - 2 T_1} = \frac{5 T_3}{2}$$

$$Q^+ = \frac{3}{2} \mathcal{O} R \Delta T_{21} + \frac{5}{2} \mathcal{O} R \Delta T_{32}$$

$$Q^- = \frac{1}{2} (p_2 V_1 + p_1 V_1 - p_2 V_3 - p_1 V_3) = \frac{3}{2} \mathcal{O} R \Delta T_{13} + \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_3 - V_1) =$$

$$= 2 \mathcal{O} R \Delta T_{13}$$

$$\eta = 1 - \frac{2 \Delta T_{13}}{\frac{3}{2} \Delta T_{21} + \frac{5}{2} \Delta T_{32}} = 1 - \frac{2 \Delta T_{13}}{\frac{3 \Delta T_{21}}{2} + \frac{5 \Delta T_{32}}{2}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

$$v = 68 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 190 \text{ см}$$

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

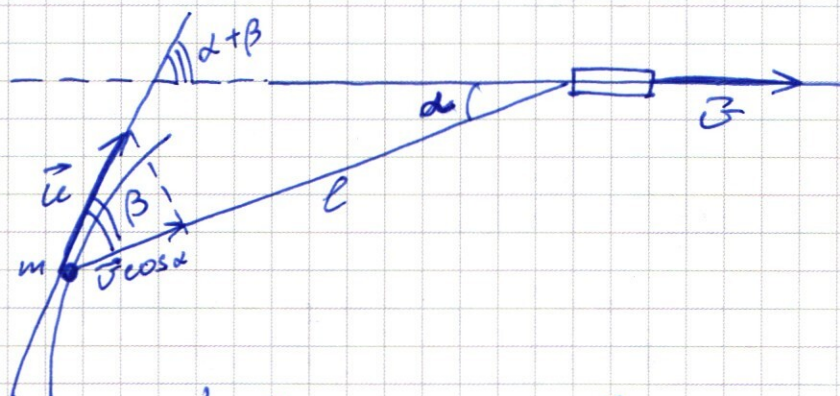
$$\cos \alpha = \frac{15}{17}$$

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

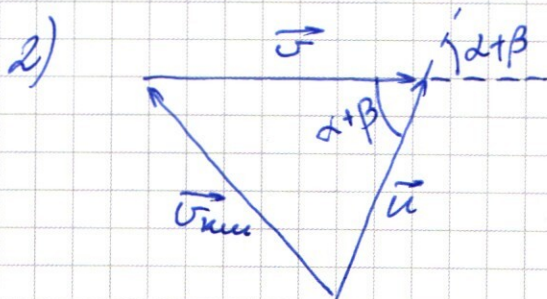
1) u - ?

2) $v_{\text{км}}$ - ?

3) T - ?



1) Скорость движения
каждой точки нити в этот
момент времени $v \cos \alpha \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ скорость колеса, вектор которой
совпадает по напр. с нитью
равна $v \cos \alpha \Rightarrow$
 $\Rightarrow u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 75 \frac{\text{см}}{\text{с}}$



$$v_{\text{км}}^2 = v^2 + u^2 - 2v \cdot u \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

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

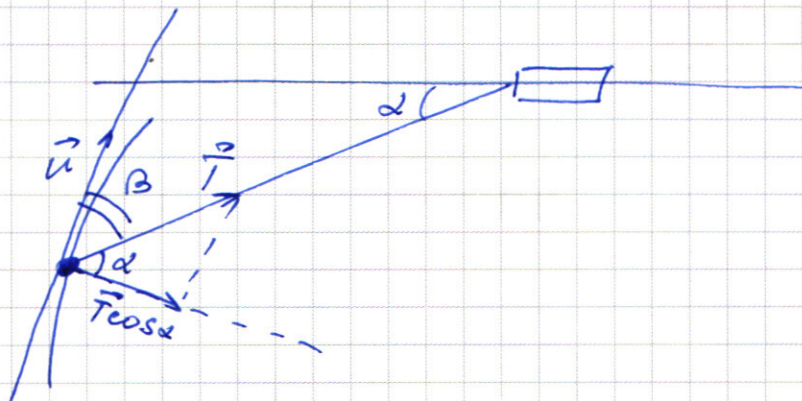
$$= \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} =$$

$$= \frac{4 \cdot 3 (5 - 2)}{17 \cdot 5} = \frac{36}{17 \cdot 5}$$

$$v_{\text{км}}^2 = 68^2 + 75^2 - 2 \cdot 68 \cdot 75 \cdot \frac{36}{17 \cdot 5} = 5929 = 77^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{\text{км}} = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

3)



$$m \frac{u^2}{R} = T \cos \alpha$$

$$T = \frac{m u^2}{R \cos \alpha} = \frac{0,1 \cdot 75 \cdot 75 \cdot 17}{190 \cdot 15} = \frac{0,1 \cdot 75 \cdot 17}{38}$$

$$= \frac{127,5}{38} \approx 3,3 \text{ Н.}$$

Ответ: 1) $45 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

2) $44 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

3) 3,3 Н.

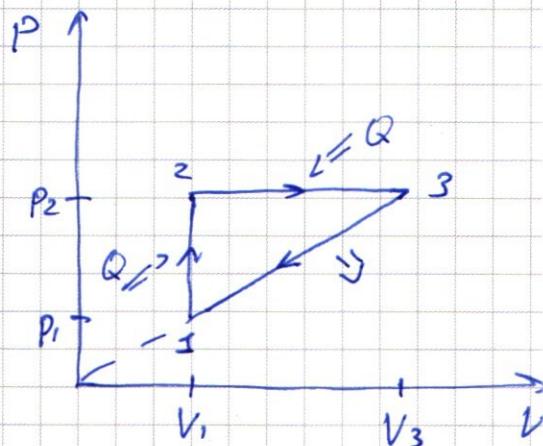
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2

1) $\frac{C_{12}}{C_{23}} - ?$

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

3) $\eta_{\max} - ?$



1) $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \cancel{R} \Delta T_{12} = C_{12} \cancel{\Delta T_{12}} \quad (A = 0)$

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

~~$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} R \Delta T_{23}$~~ $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$

~~$A_{23} = R(T_3 - T_2) = R \Delta T_{32}$~~

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} R(T_3 - T_2) = \frac{3}{2} R \Delta T_{32}$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} R \Delta T_{32} = C_{23} \cancel{\Delta T_{32}}$$

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

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

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} R \Delta T_{23}}{R \Delta T_{23}} = \boxed{\frac{5}{2}}$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.

Дано:

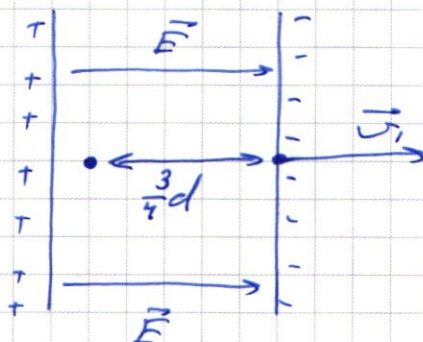
$S, d,$

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

1) $v_1 - ?$

2) ~~Q~~ $Q - ?$

3) $v_2 - ?$



$$1) \begin{cases} m \frac{v_1^2}{2} = E \cdot q \cdot \frac{3}{4} d \\ m a = E \cdot q \end{cases}$$

$$\begin{cases} m \frac{v_1^2}{2} = \frac{3}{4} E \cdot q d \\ m \frac{v_1}{T} = E q \end{cases}$$

$$\frac{v_1 T}{2} = \frac{3}{4} d$$

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

$$2) m \frac{v_1}{T} = E \cdot q$$

$$\frac{v_1}{T} = E \gamma,$$

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

$$\frac{v_1}{T} = \frac{Q \gamma}{S \epsilon_0}$$

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

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

Ответ: 1) $\frac{3}{2} \frac{d}{T}$

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

№4.

$$\mathcal{E} = 9 \text{ В}$$

$$C = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Ф}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

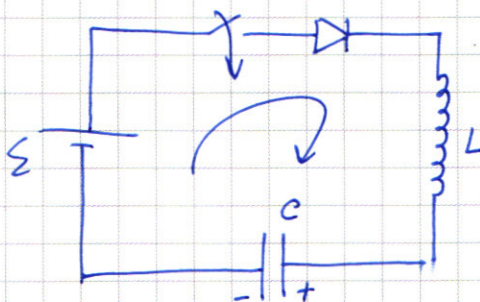
$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

1) $\frac{d\gamma}{dt} - ?$

2) $\gamma_{\text{max}} - ?$

3) $U_2 - ?$



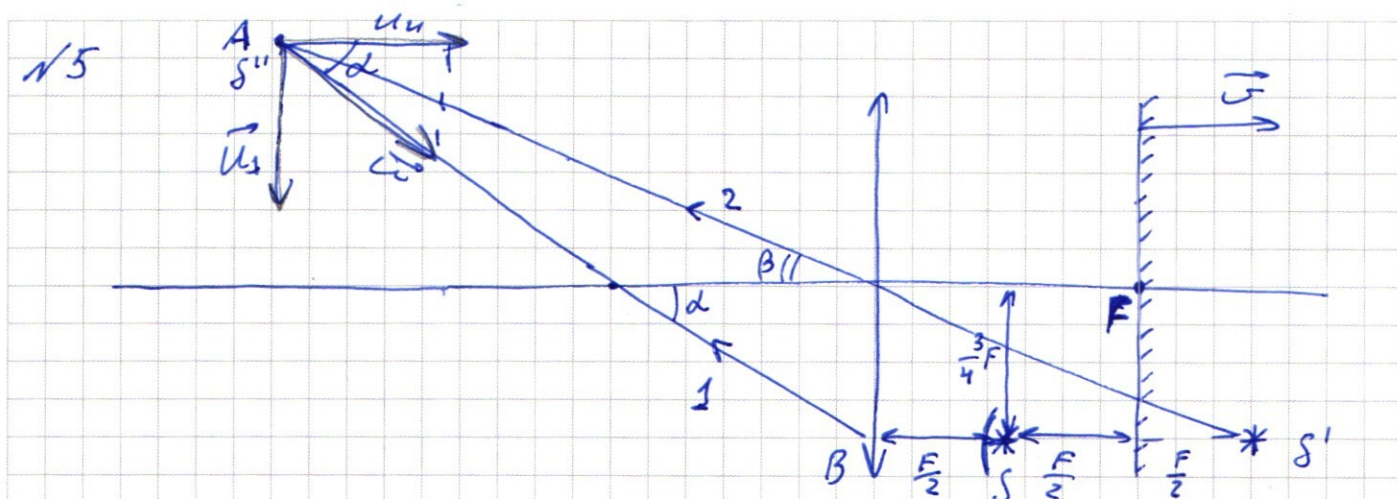
$$1) \quad \mathcal{E} - L \frac{d\gamma}{dt} = U_1$$

$$\boxed{\frac{d\gamma}{dt} = \frac{\mathcal{E} - U_1}{L}} = \frac{9 - 5}{0,1} = 40 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$3) \quad U_2 = \mathcal{E} = 9 \text{ В}$$

Ответ: 1) $40 \frac{\text{А}}{\text{с}}$ 3) 9 В

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

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

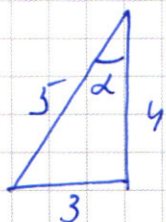
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{3F}$$

$$f = 3F$$

2) ~~В~~ ~~В~~ В процессе движения зеркала
 луч 1 меняется не будет, а
 будет меняться лишь луч 2 (угол β
 будет становиться меньше) $\Rightarrow$ изображение
 движется вдоль прямой АВ $\Rightarrow$ искомый
 угол - α . $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3/4 F}{F} \Rightarrow \alpha = \arctg(3/4)$

3) Продольная ск-ть движения изображения
 $u_{||} = \Gamma^2 v$; $\Gamma = \frac{5}{4} = 2$

$$u_{||} = 4v \Rightarrow u = \frac{u_{||}}{\cos \alpha} = \frac{4v}{\cos \alpha} = \frac{4v \cdot 5}{4} = 5v.$$

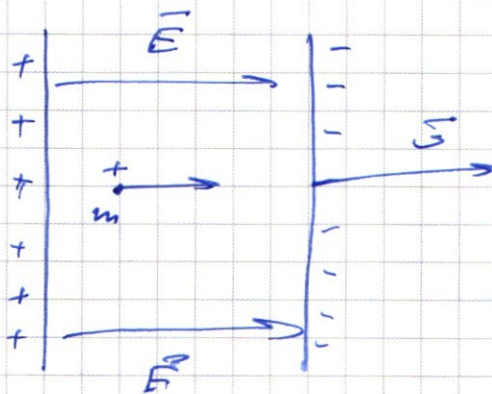


Ответ: 1) $3F$
2) $\arctg(\frac{3}{4})$
3) $5v$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$k \frac{Q^2}{R+d} + k \frac{Q^2}{R} =$$

$$= k \frac{Q(R+2d)}{R(R+d)} \cdot R$$



$$U = \frac{A}{q}$$

$$A = U \cdot q$$

$$U = Ed$$

$$\begin{cases} m \frac{v_1^2}{2} = E \frac{3}{4} d \cdot q \\ m \frac{v_1}{T} = E \cdot q \end{cases}$$

$$\frac{v_1^2 T}{2} = \frac{3}{4} d$$

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

m

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 d}$$

$$F = -\frac{kQ^2}{(R+d)^2} + \frac{kQ^2}{R^2}$$

$$E' = kQ^2 \left(\frac{1}{R^2} + \frac{1}{(R+d)^2} \right)$$

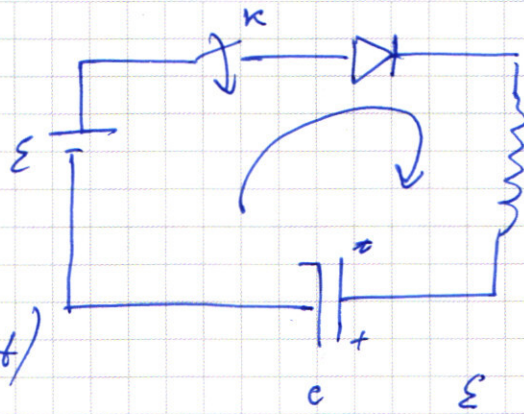
~~1/2~~

$$m \frac{v_1^2}{2} = m \frac{v_2^2}{2} +$$

$$= k \frac{Q^2 (2R^2 + 2Rd + d^2)}{(R^2 + Rd)^2}$$

$$dA = k \frac{Q^2 (2R^2 + Rd + d^2)}{(R^2 + Rd)^2} dR$$

$$q'' = Q \cdot \cos(\omega t)$$



$$W = L y \frac{dy}{dt}$$

$$W = U y$$

$$\frac{dy}{dt} \Rightarrow \varepsilon - L \frac{dy}{dt} = + U_1$$

$$\varepsilon - L \frac{y}{dt} = \varepsilon$$

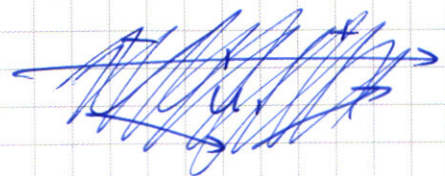
$$\boxed{\frac{dy}{dt} = \frac{\varepsilon - U_1}{L}}$$

$$y' = \frac{\varepsilon - U_1}{L}$$

$$\varepsilon - L y' = \frac{q}{C}$$

$$\varepsilon - L q'' = \frac{q}{C}$$

$$q'' + \frac{q}{LC} - \varepsilon = 0$$



$$b = \frac{1}{\frac{3F+5t}{2} + \frac{1}{3F-4t} - \frac{F}{1}}$$

$$\lg \beta = \frac{34F}{\frac{3F+25t}{2}} = \frac{3F \cdot 2}{(3F+45t)4} = \frac{3F}{6F+85t}$$

$$\lg \beta = \frac{\frac{3}{4}F}{\frac{3}{2}F} = \frac{1}{2}$$

$$U = \frac{dS}{dt}$$

12

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

$$\frac{1}{\frac{3F+85t}{2}} + \frac{1}{1}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v = 68 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

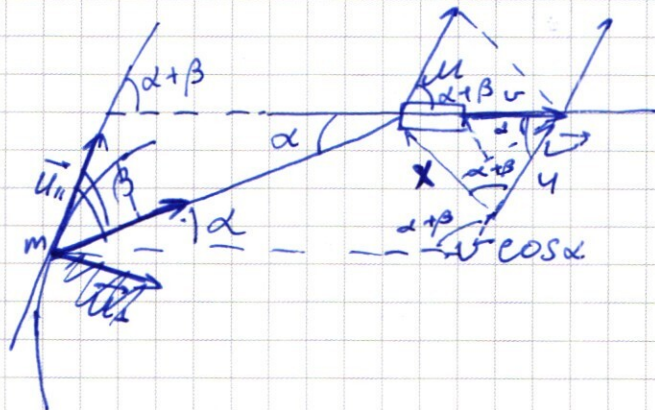
$$R = 190 \text{ см}$$

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

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

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

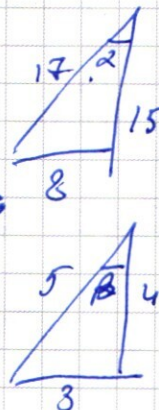
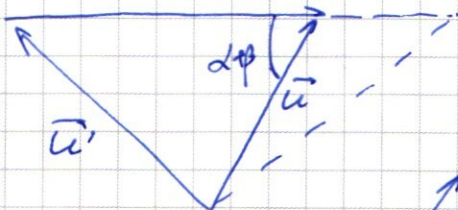
1) u - ?



$$u_{\perp}^2 + u_{\parallel}^2 = v^2 \cos^2 \alpha \quad \times \frac{17}{68}$$

$$\frac{u_{\perp}}{R} = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta}$$

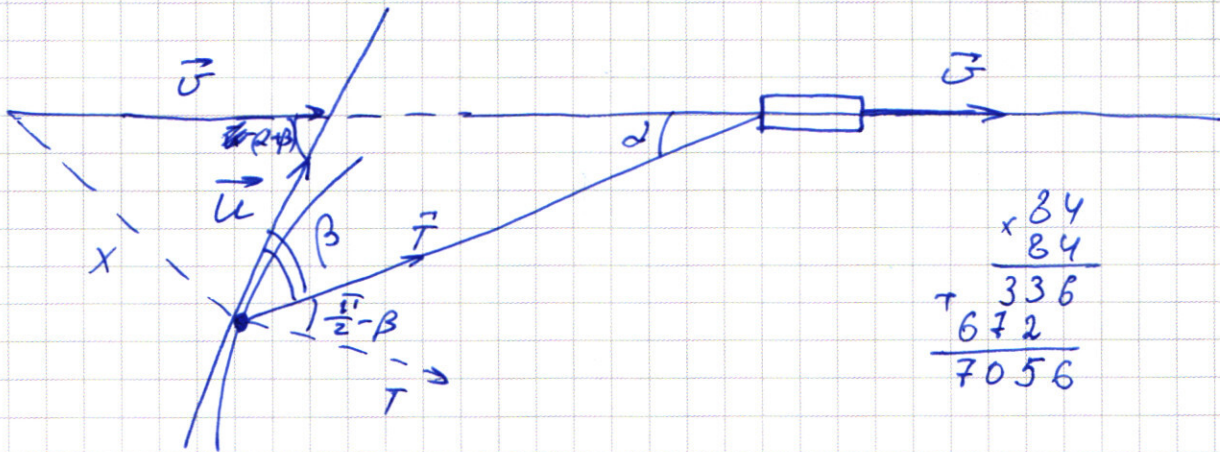
$$= \frac{68 \cdot 15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 60 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$



$$\sqrt{17^2 - 15^2} = \sqrt{2 \cdot 32} = 8$$

$$u' = \sqrt{v^2 + u^2 - 2vu \cdot \cos(\alpha + \beta)} = \sqrt{68^2 + 60^2 - 2 \cdot 68 \cdot 60}$$

$$\begin{aligned} \cos(\alpha + \beta) &= \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta = \\ &= \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \\ &= \frac{15 \cdot 4 - 8 \cdot 3}{17 \cdot 5} = \frac{4 \cdot 3(5 - 2)}{17 \cdot 5} = \\ &= \frac{36}{85} \end{aligned}$$



$$\begin{array}{r} \times 84 \\ 84 \\ + 336 \\ \hline 672 \\ + 7056 \\ \hline \end{array}$$

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

$$= \times \frac{83}{83}$$

$$\times \frac{68}{68}$$

$$x^2 = v^2 + u^2 - 2uv \cdot \cos(\alpha + \beta) =$$

$$= 60^2 + 68^2 - 2 \cdot 60 \cdot 68 \cdot \frac{36}{17.8} =$$

$$= 60^2 + 68^2 - 2 \cdot 12 \cdot 4 \cdot 36$$

$$68^2 - 12^2 = (68 - 12)(68 + 12) =$$

$$= 56 \cdot 80 = 7 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 10 =$$

$$= 8\sqrt{70} \approx 64 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$$

$$\begin{array}{r} \times 24 \\ 4 \\ \hline \times 96 \\ 36 \\ + 576 \\ \hline 288 \\ - 3456 \\ \hline 3600 \\ - 856 \\ \hline \end{array}$$

$$144$$

$$56 \cdot 80$$

$$56 = 4 \cdot 14 =$$

$$8 \cdot 7$$

$$\begin{array}{r} \times 15 \\ 8 \\ \hline 120 \end{array}$$

$$\sin \frac{u^2}{R} = T \cdot \sin \beta$$

$$\begin{array}{r} \times 68 \\ 68 \\ + 544 \\ \hline 408 \\ + 4624 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 36 \\ 12 \\ \hline 72 \\ + 36 \\ \hline 4320 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 75 \\ 75 \\ + 375 \\ \hline 525 \\ + 5625 \\ \hline 4624 \\ - 10249 \\ \hline 432 \\ + 9817 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 83 \\ 83 \\ - 10249 \\ \hline 4320 \\ + 6929 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 83 \\ 83 \\ + 249 \\ \hline 664 \\ + 6889 \\ \hline \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



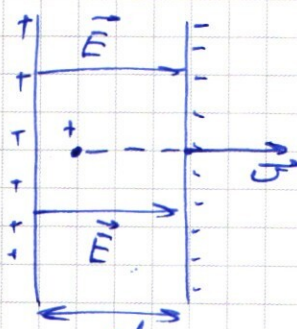
$$v^2 = u^2 + x^2 - 2 \cdot u \cdot x \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$x^2 - 2 \cdot 60 \cdot \frac{36}{17} x + (60^2 - 68^2) = 0$$

$$x^2 - \frac{2 \cdot 12 \cdot 36}{17} x - 8 \cdot 128 = 0$$

$$\frac{D}{4} = \frac{12^2 - 36^2}{17^2} + 8^2 \cdot 128^2$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$



$$m \frac{v_i^2}{2} = E \cdot \frac{3}{4} d$$

$$\frac{\times 17}{5}$$

$$\times 18$$

$$\frac{\times 19}{5}$$

$$8 \cdot 128$$

$$E = k \frac{q}{R^2}$$

$$ma = E \cdot q$$

$$ma = E \cdot \gamma m$$

$$a = \gamma E$$

$$\frac{v}{T} = \gamma E$$

$$ma = E \cdot q$$

$$= \frac{6a}{\epsilon_0} = \frac{q q}{S \epsilon_0}$$

$$4^2 \cdot 17^2 + 5^2 \cdot 15^2 - 4^2 \cdot 15 \cdot 18 =$$

~~$$4^2$$~~
$$4^2(17^2 - 15 \cdot 18) = 4^2 \cdot 19$$

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

$$\begin{array}{r} \times 15 \\ 18 \\ \hline 120 \\ + 15 \\ \hline 270 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} \times 75 \\ 17 \\ \hline 525 \\ + 75 \\ \hline 1275 \end{array} \quad \begin{array}{r} 380 \\ 3 \\ \hline 1240 \end{array}$$

$$16 \cdot 19 + 25 \cdot 225 =$$

$$\begin{array}{r} \times 225 \\ 25 \\ \hline 1125 \\ + 456 \\ \hline 5625 \\ + 304 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -190 \overline{) 5} \\ 18 \\ \hline 40 \end{array}$$

$$\times 34$$

~~$$180$$~~

$$\begin{array}{r} \times 77 \\ 77 \\ \hline 539 \\ 539 \\ \hline 5929 \end{array}$$

$$p = \alpha v$$

$$\eta = 1 - \frac{Q^-}{Q^+}$$

$$Q^- = A_{32} + \Delta U_{31} =$$

$$= \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_3 - V_1) + \frac{3}{2}(p_2 V_3 - p_1 V_1) =$$

$$A_{32} = \frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_3 - V_1) = \frac{\alpha}{2}(V_3^2 - V_1^2) + \frac{3\alpha}{2}(V_3^2 - V_1^2) =$$

$$= 2\alpha(V_3^2 - V_1^2)$$

$$Q^+ = \frac{3}{2}(p_2 V_1 - p_1 V_1) + \frac{5}{2}(p_2 V_3 - p_2 V_2) =$$

$$= \frac{3}{2}p_2 V_1 - \frac{3}{2}p_1 V_1 + \frac{5}{2}p_2 V_3 - \frac{5}{2}p_2 V_2$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned}
 Q^- &= Q^+ - A_y = \frac{3}{2}(p_2 V_1 - p_1 V_1) + \frac{5}{2}(p_2 V_3 - p_2 V_1) - \\
 &- \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_3 - V_1) = \frac{3}{2}p_2 V_1 - \frac{3}{2}p_1 V_1 + \frac{5}{2}p_2 V_3 - \frac{5}{2}p_2 V_1 - \\
 &- \frac{1}{2}p_1 V_3 + \frac{1}{2}p_1 V_1 - \frac{1}{2}p_2 V_3 + \frac{1}{2}p_2 V_1 = \\
 &= 2 \cdot \frac{1}{2}p_2 V_1 - p_1 V_1 + 2p_2 V_3 - \frac{1}{2}p_1 V_3 = \\
 &= \frac{1}{2}p_2(4V_3 - V_1) - \frac{1}{2}p_1(2V_1 + V_3)
 \end{aligned}$$

$$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \infty$$

$$\eta = \frac{A_{23} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23}} =$$

$$\eta = \frac{A_{23} + A_{31}}{Q^+}$$

$$q = Q$$

$$\begin{aligned}
 Q^+ &= \frac{3}{2} \mathcal{R}(T_2 - T_1) + \frac{3}{2} \mathcal{R}(T_3 - T_2) + \\
 &+ \mathcal{R}(T_3 - T_2) =
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3}{2} \mathcal{R}(3T_2 - 3T_1 + 5T_3 - 5T_2) = \\
 &= \frac{1}{2} \mathcal{R}(5T_3 - 3T_1 - 2T_2)
 \end{aligned}$$

$$A_{23} = \mathcal{R}(T_3 - T_2)$$

$$A_{31} =$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{1}{2}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{u \sin \alpha}{v}$$

$$u = v$$

↑

↓