

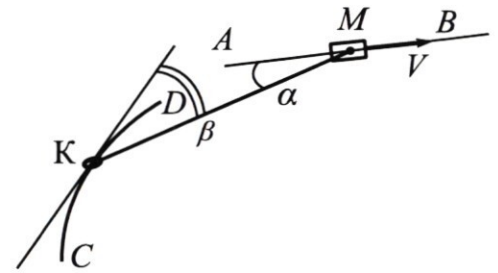
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

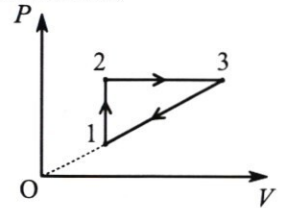
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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



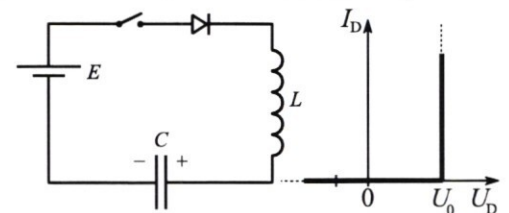
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица 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.

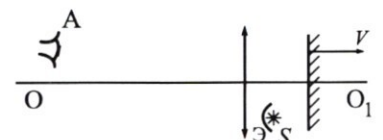
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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



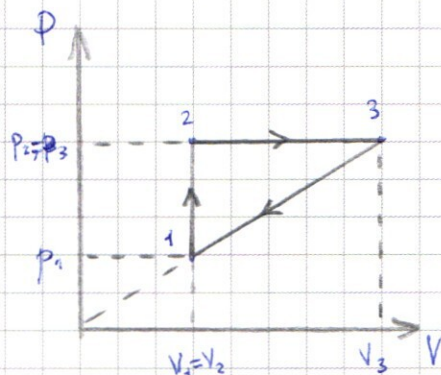
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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



②

Дано: 1-2: изохора, 2-3: изобара

3-1: $P = \alpha V$, $i = 3$

$$\frac{C_{V12}}{C_{V23}} - ? \quad \frac{Q_{23}}{A_{23}} - ?$$

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

②

1-2: изохора, $V_1 = V_2$

$$A_{12} = 0, Q_{12}$$

По 1-ому закону термодинамики:

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}$$

$$C_{V12} = \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12} \nu} = \frac{\frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12}}{\Delta T_{12} \nu} = \frac{3}{2} R$$

из ур-ния Менделеева - Клапейрона:

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_1 = \nu R T_2 \end{cases} \Rightarrow (p_2 - p_1) V_1 = \nu R (T_2 - T_1), \quad \nu R \Delta T_{12} = \Delta p_{12} V_1$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{12} = \frac{3}{2} \Delta p_{12} V_1 > 0, \text{ так как } \Delta T_{12} > 0$$

③

2-3: изобара

$$A_{23} = p_2 \Delta V_{23}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23}, \quad \nu R \Delta T_{23} = p_2 \Delta V_{23} \text{ (из ур-ния Менд. - Клап.)}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} p_2 \Delta V_{23}, \quad A_{23} = \nu R \Delta T_{23}$$

По I закону термодинамики:

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = p_2 \Delta V_{23} + \frac{3}{2} p_2 \Delta V_{23} = \frac{5}{2} p_2 \Delta V_{23} = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23} > 0,$$

$$C_{V_{23}} = \frac{Q_{23}}{\Delta T_{23} \nu} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\Delta T_{23} \nu} = \frac{5}{2} R$$

$$\nu R \Delta T_{23} = p_2 \Delta V_{23} > 0 \Rightarrow \Delta T_{23} > 0$$

④ 3-1: $p = \alpha V$,

Рассчитаем работу по формуле площади графика:

$$A_{31} = -\frac{1}{2} (p_1 + p_3) (V_3 - V_1) = -\frac{1}{2} (\alpha V_1 + \alpha V_3) (V_3 - V_1) = -\frac{\alpha}{2} (V_3 + V_1) (V_3 - V_1) =$$

$$= -\frac{\alpha}{2} (V_3^2 - V_1^2) < 0$$

Из уравнения состояния - Клапейрона:

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_3 V_3 = \nu R T_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha V_1^2 = \nu R T_1 \\ \alpha V_3^2 = \nu R T_3 \end{cases} \Rightarrow \alpha (V_3^2 - V_1^2) = \nu R (T_3 - T_1) = \nu R \Delta T_{31}$$

$$A_{31} = -\frac{1}{2} \alpha (V_3^2 - V_1^2) = -\frac{1}{2} \nu R \Delta T_{31} < 0 \Rightarrow \Delta T_{31} < 0$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} < 0$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31} + \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{31} = 2 \nu R \Delta T_{31} < 0$$

⑤ Т.к. $\Delta T_{12} > 0$, $\Delta T_{23} > 0$, а $\Delta T_{31} < 0$, то нам нужно найти:

$$\frac{C_{V_{12}}}{C_{V_{23}}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} = 0.6$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \Delta T_{23}}{\nu R \Delta T_{23}} = \frac{5}{2} = 2.5$$

⑥ $\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23}} = \frac{p_2 \Delta V_{23} - \frac{1}{2} \Delta p_{12} \Delta V_{23}}{\frac{3}{2} \Delta p_{12} V_1 + \frac{5}{2} p_2 \Delta V_{23}} = \frac{(2p_2 - \Delta p_{12}) \Delta V_{23}}{3 \Delta p_{12} V_1 + 5 p_2 \Delta V_{23}} = \frac{(2p_2 - p_2 + p_1) \Delta V_{23}}{3 \Delta p_{12} V_1 + 5 p_2 \Delta V_{23}} =$

$$= \frac{(p_1 + p_2)}{3 \frac{\Delta p_{12}}{\Delta V_{23}} V_1 + 5 p_2},$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Вопрос: Нам нужно максимизировать η , т.е. максимизировать $(p_1 + p_2)$ и минимизировать $(3 \cdot \frac{\Delta p_{12}}{\Delta V_{23}} + 5p_2)$. Если $\Delta V_{23} \rightarrow \infty$, $\Delta p_{12} \rightarrow 0$ (т.е. $p_1 \rightarrow p_2$), то:

$$\eta_{\max} = \frac{p_1 + p_2}{3 \cdot \frac{\Delta p_{12}}{\Delta V_{23}} + 5p_2} = \frac{2p_2}{0 + 5p_2} = \frac{2}{5} = 0,4 = 40\%$$

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$ 2) $\frac{5}{2}$ 3) 40%

③

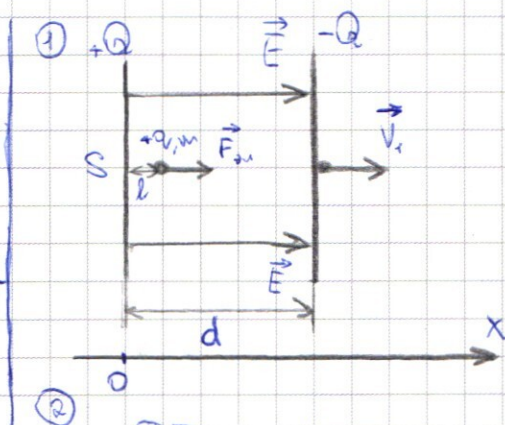
Дано:

$$d, S, l = 0,25d$$

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

$$V_1 = ? Q = ?$$

$$V_2 = ?$$



По II з-ку Ньютона:

$$m\vec{a} = \vec{F}_{ex}$$

$$\text{Откуда: } ma_x = F_{ex} = Eq$$

$$a_x = \frac{Eq}{m} = E\gamma, \quad E = \frac{a_x}{\gamma}$$

$$d = l + v_{0x}T + \frac{a_x T^2}{2}$$

$$\frac{a_x T^2}{2} = d - l$$

$$a_x T^2 = 2(d - l)$$

$$a_x = \frac{2(d - l)}{T^2} = \frac{2 \cdot (0,1 - 0,25d)}{T^2} = \frac{0,75 - 2d}{T^2} = \frac{1,5d}{T^2}$$

③

$$V_1 = a_x T = \frac{1,5d}{T^2} \cdot T = \frac{1,5d}{T}$$

④

Для конденсатора: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$, где Q - заряд обкладок

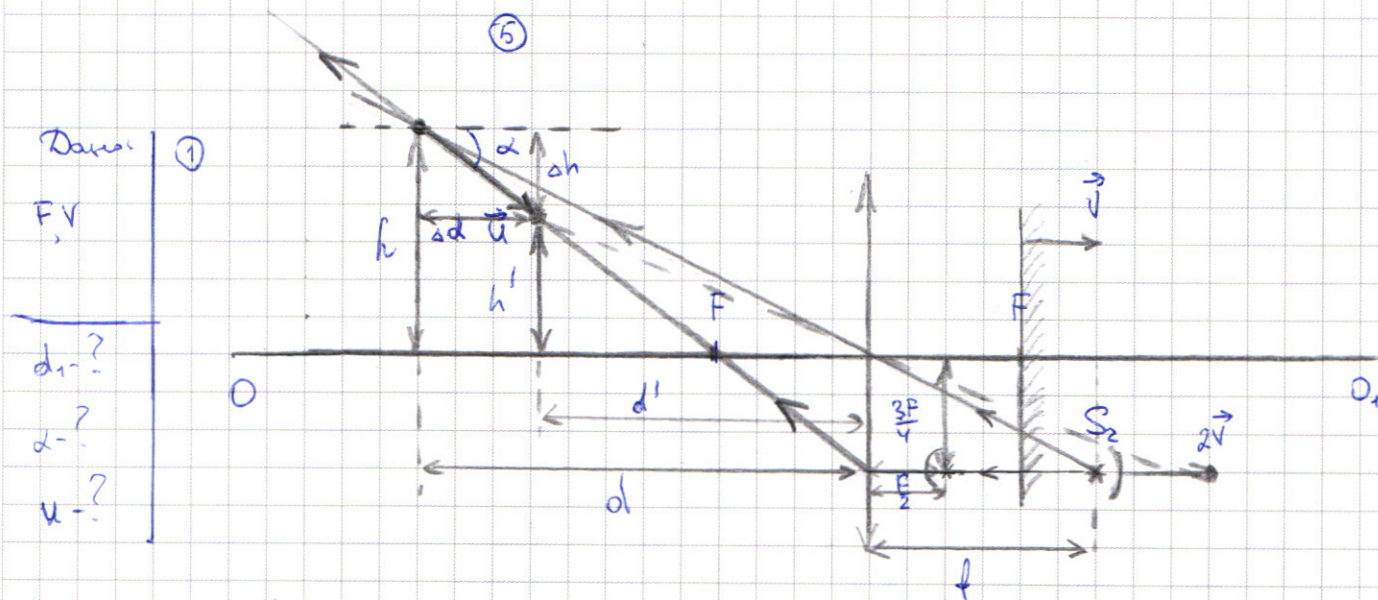
$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{\sigma_x}{\gamma}$$
$$Q = \frac{\sigma_x \epsilon_0 S}{\gamma} = \frac{1.5 \epsilon_0 d S}{\gamma T^2}$$

⑤ После вылета из конденсатора на расстоянии не будет действовать электрическое поле, поэтому $V_2 = V_1 = \frac{1,5d}{T}$

Übung 2 1) $V_1 = \frac{1,5d}{T}$

$$2) \quad Q = \frac{1,5 \varepsilon_0 d S}{y + z}$$

$$3) \quad V_2 = \frac{1,50 \text{ l}}{T}$$



② Мы можем заменить источник на его зеркальное отражение относительно зеркала, ~~но~~ позволив двигаться источник S_2 . Он будет находиться на расстоянии ~~$\frac{F}{2} + (\frac{F}{2} - \frac{3F}{4})$~~ $F + (F - \frac{F}{2}) = \frac{3F}{2}$ от плоскости линзы и на расстоянии $\frac{3F}{4}$ от оси OO_1 . Источник S_1 движется со скоростью V относительно зеркала. Сл-но, источник S_2 также движется со скоростью V относительно зеркала, но в другую сторону. Значит, источник S_2 движется со скоростью $2V$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

относительно неподвижного источника S_1 ,

③ Пусть $d \neq f$ - расстояние от ну-ти линзы до изображения и до S_2 .

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

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

$$d = \frac{Ff}{f-F} = \frac{F \cdot \frac{3F}{2}}{\frac{3F}{2} - F} = \frac{3F^2}{F} = 3F$$

④ Пусть за время Δt источник S_2 движется на $\Delta f = 2V\Delta t$. Тогда ~~источник~~ изображение ~~сдвиг~~ движется на Δd по оси OO_1 и на Δh в ну-ти, перпен. ну-ти линзы. Найдем Δd и Δh .

Пусть h - расстояние от изображения до OO_1 в начальный момент, h', d' - расстояние от изображения до OO_1 и до ну-ти линзы через Δt .

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

$$f' = f + 2V\Delta t = \frac{3F}{2} + 2V\Delta t$$

$$d' = \frac{Ff'}{f'-F} = \frac{F(\frac{3F}{2} + 2V\Delta t)}{\frac{3F}{2} + 2V\Delta t - F} = \frac{F(3F + 4V\Delta t)}{F + 4V\Delta t}$$

$$h' = \frac{3F}{4} \cdot \frac{d'}{f'} = \frac{3F}{4} \cdot \frac{F}{f'-F} = \frac{3F}{4} \cdot \frac{2F}{F + 4V\Delta t} = \frac{3F^2}{2(F + 4V\Delta t)}$$

$$\Delta d = d' - d = \frac{F(3F + 4V\Delta t)}{F + 4V\Delta t} - 3F = F \left(\frac{3F + 4V\Delta t}{F + 4V\Delta t} - 3 \right) = F \cdot \frac{3F + 4V\Delta t - 3F - 12V\Delta t}{F + 4V\Delta t} =$$

$$= - \frac{8FV\Delta t}{F + 4V\Delta t}$$

$$\Delta h = h' - h = \frac{3F^2}{2(F + 4V\Delta t)} - \frac{3F}{2} = \frac{3F}{2} \cdot \frac{F - F - 4V\Delta t}{F + 4V\Delta t} = - \frac{6V\Delta t F}{F + 4V\Delta t}$$

$$⑤ \quad t_{\text{гд}} = \frac{\Delta h}{\Delta d} = \frac{-6V_0 t F}{(F+4V_0 t)} \cdot \frac{(F+4V_0 t)}{-8FV_0 t} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$$

⑥] Δz - перемещение узора за время Δt

$$\Delta z = \sqrt{(\Delta h)^2 + (\Delta d)^2} = \sqrt{\left(\frac{8FV_0 t}{F+4V_0 t}\right)^2 + \left(\frac{6V_0 t F}{F+4V_0 t}\right)^2} = \frac{FV_0 t}{F+4V_0 t} \sqrt{64+36} =$$

$$= \frac{10FV_0 t}{F+4V_0 t}$$

$$u = \frac{\Delta z}{\Delta t} = \frac{10FV}{F+4V_0 t}$$

Т.к. нам нужна скорость в конкретный момент, то $\Delta t \rightarrow 0$:

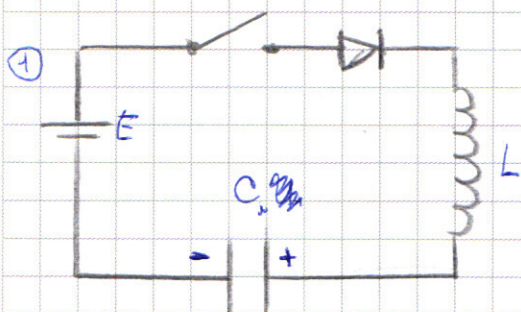
$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} u = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta z}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{10FV}{F+4V_0 t} = \frac{10FV}{F} = 10V$$

Ответ: 1) 3F

$$2) t_{\text{гд}} = \frac{3}{4}$$

$$3) u = 10V$$

④



Дано: E, C, L $E=9В$, $C=40 \mu\text{Ф}$, $L=0,1 \text{ Гн}$

$$U_1=5В, U_0=1В$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = ? \quad \varphi_{\text{max}} = ?$$

$$U_2 = ?$$

②

$$E - U_1 - L \frac{d\varphi}{dt} = U_0$$

$$L \frac{d\varphi}{dt} = E - U_1 - U_0$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{E - U_1 - U_0}{L} = \frac{9 - 5 - 1}{0,1} = 30 \frac{\text{В}}{\text{с}}$$

☐ черновик ☒ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № 6

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дата:

$$V = 68 \text{ см/с}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$R = 1,9 \text{ м}$$

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

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

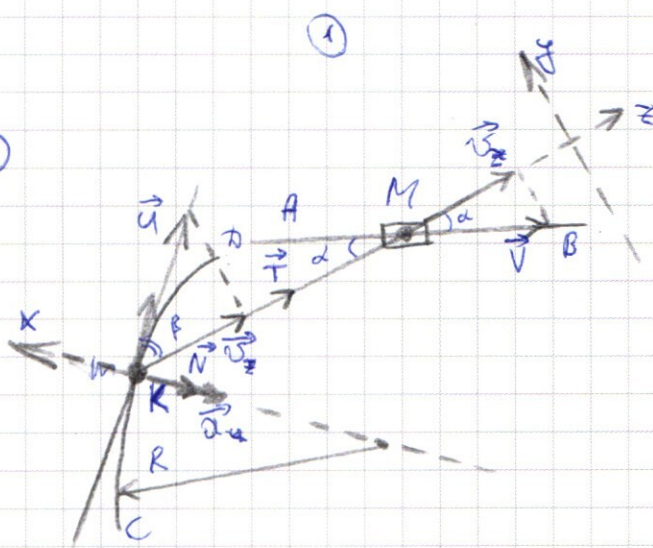
$$\cos \beta = \frac{4}{5}$$

u - ?

u' - ?

T - ?

①



②

Т.к. нить и кольцо связаны нитью, ~~отсюда~~ то проекции скоростей кольца и нити на нить равны:

$$u \cdot \cos \beta = V \cdot \cos \alpha$$

$$u = V \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \cdot \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = 68 \cdot \frac{75}{68} = 75 \text{ см/с}$$

③ Пусть $\vec{u}'$ - скорость кольца относительно нити.

$$\vec{u} = \vec{u}' + \vec{V}$$

$$O_z: u_z = u'_z + V_z \Rightarrow u'_z = u_z - V_z = 0$$

$$O_y: u_y = u'_y + V_y \Rightarrow u'_y = u'_x = u_y - V_y = u \cdot \sin \beta + V \cdot \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{\frac{289 - 225}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$u'_x = u \cdot \sin \beta + V \cdot \sin \alpha = 75 \cdot \frac{3}{5} + 68 \cdot \frac{8}{17} = 15 \cdot 3 + 4 \cdot 8 = 45 + 32 = 77 \text{ см/с}$$

4)

$$\text{Ох: } m a_y = T \cdot \sin \beta$$

$$T = \frac{m a_y}{\sin \beta} = \frac{m \cdot v^2}{R \sin \beta} = \frac{0,1 \cdot (75)^2 \cdot 5}{1,2 \cdot 3} \approx 0,493 \text{ Н}$$

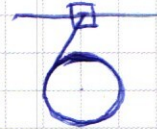
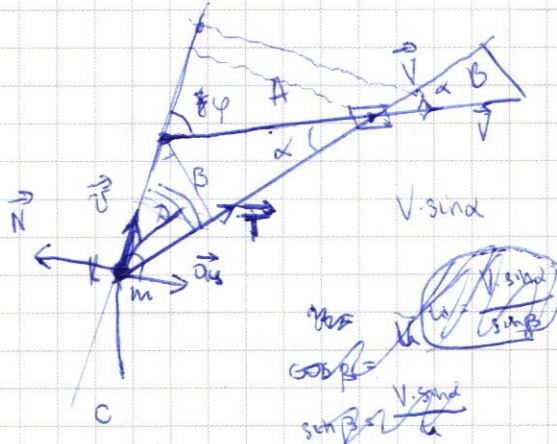
Ответ: 1) $u = 75 \text{ см/с}$

2) $u' = 77 \text{ см/с}$

3) $T \approx 0,493 \text{ Н}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.

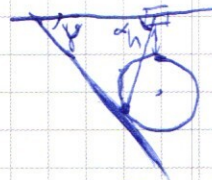


$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ + 17 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{\frac{289 - 225}{289}} = \sqrt{\frac{64}{289}} = \frac{8}{17}$$

$$\sin \beta = \sqrt{\frac{25 - 16}{25}} = \sqrt{\frac{9}{25}} = \frac{3}{5}$$

$$m \vec{a}_m = \vec{T} + \vec{N}$$



$$\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta$$

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

$$\cancel{V \cos \gamma = \frac{36}{85} V}$$

$$V \sin \gamma$$

$$3V_1 p_2 - 3V_1 p_1 + 5V_3 p_2 = 5V_1 p_2$$

$$p_2(3V_1 + 5V_3) - \frac{1}{2}V_1(3p_1 + 5p_2)$$

$$\frac{V \cos \alpha}{u} = \cos \beta$$

$$u = V \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$= V \cdot \frac{15 - 5}{17 \cdot 4} = \frac{75}{68} V$$

$$5,7$$

$$\begin{array}{r} 57 \\ \times 9 \\ \hline 513 \\ 57 \\ \times 3 \\ \hline 171 \\ \hline 513 \\ \times 4 \\ \hline 2052 \\ \hline 513 \\ \times 1 \\ \hline 513 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} u = 5 \\ \sin \alpha \\ \hline u = \frac{5}{\sin \alpha} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,75 \\ \times 0,75 \\ \hline 0,5625 \end{array}$$

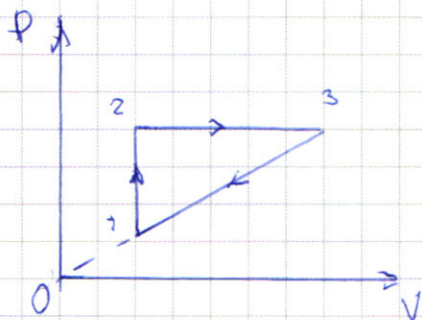
$$\begin{array}{r} 25 \\ \times 25 \\ \hline 625 \\ 500 \\ \hline 625 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5625 \\ \times 5 \\ \hline 28125 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 28125 \\ - 228 \\ \hline 532 \\ 513 \\ \hline 195 \\ 171 \\ \hline 240 \end{array}$$

$$0,493$$

2.



$$C_{12} = \frac{Q}{\Delta T_{12}}$$

1-2: изохора

$$A_{12} = 0,$$

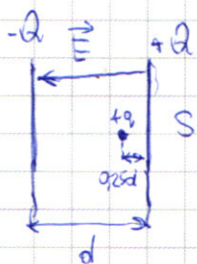
$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \sqrt{R_0 T_{12}} \quad \text{или} \quad \frac{3}{2} R \Delta T_{12}$$

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \sqrt{RT_1} \\ p_2 V_2 = \sqrt{RT_2} \end{cases} \Rightarrow$$

$$C_{12} = \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}} = \frac{\frac{3}{2} \sqrt{R_0 T_{12}}}{\Delta T_{12}} = \frac{3}{2} R$$

2-3: изобара

3. $\sqrt{?}$



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

$$U = Ed$$

$$\delta = \frac{Q}{S}$$

$$E = \frac{\delta}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

$$v_1 = aT$$

$$ma = Eq$$

$$a = \frac{Eq}{m} = E\gamma$$

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

$$E = \frac{1,5d}{\gamma T^2} = \frac{Q}{2\epsilon_0 S}$$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{Q}{Ed} = \frac{Q \cdot 2\epsilon_0 S}{Qd} = \frac{2\epsilon_0 S}{d}$$

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

$$v_1 = aT = \frac{1,5d}{T^2} \cdot T = \frac{1,5d}{T}$$

$$Q = \frac{1,5d\epsilon_0}{T^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4. ✓ -

$$\frac{d}{dt} E - q_0 - L \frac{dy}{dt} = 0 \quad q_0$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{E - \mathcal{E}_c}{L} = \frac{4\text{B}}{0.1\mu\text{s}} = 40 \frac{\text{A}}{\text{c}}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{E - U_c - U_o}{L} = \frac{9 - 5 - 1}{0,1} = 30 \frac{A}{s}$$

$$E - U_c - L \cdot \frac{d\psi}{dt} = 0$$

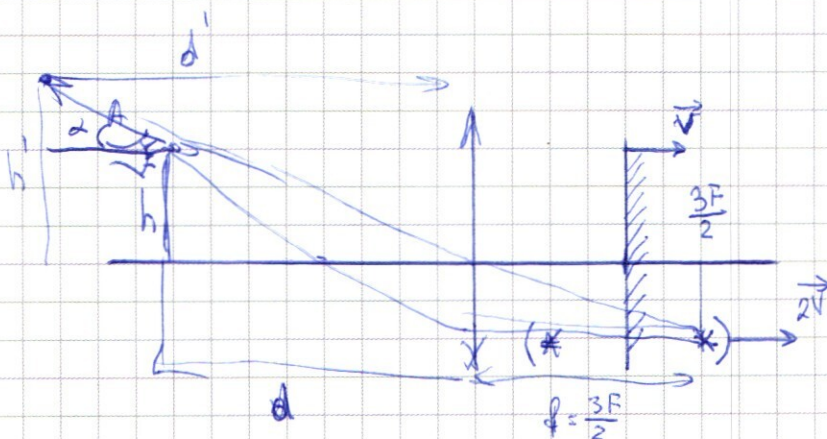
$$u = \frac{Q}{C}$$

$$dY = \frac{dQ}{C}$$

$$\frac{dU}{dt} = \frac{dQ}{dt} C = \gamma C$$

$\frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$

✓ 5.



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

$$a = \frac{F \ell}{d - T} = \frac{\frac{1}{2} T \cdot \frac{1}{2} T}{\frac{1}{2} T - T} = 3F, \quad b = \frac{\frac{3}{4} T}{\frac{1}{2} T} = \frac{3}{2}$$

$$f' = f + 2vt, \quad d' = \frac{f f'}{f' - f} = \frac{f(\frac{3}{2}f + 2vt)}{\frac{1}{2}f + 2vt} = \frac{f(3f + 4vt)}{f + 4vt}, \quad h = \frac{3f}{4} \cdot \frac{d'}{f'} = \frac{3f^2}{4}$$

$$\frac{3F}{4} \cdot \frac{F}{4-F} = \frac{3F}{4} \cdot \frac{F}{\frac{1}{2}F+2Vt}$$

~~тогда~~

$$\Delta h = h' - h = \frac{3F}{2} \cdot \frac{F}{F+4Vt} - \frac{3F}{2} \cdot \frac{F}{\frac{1}{2}F+2Vt}$$

$$\Delta d = d' - d = \frac{F(3F+4Vt)}{F+4Vt} - 3F = F \left(\frac{3F+4Vt-3F-12Vt}{F+4Vt} \right) = -\frac{8FVt}{F+4Vt}$$

$$t_{0\alpha} = \frac{\Delta h}{|\Delta d|} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$$

$$\Delta r = \sqrt{\Delta h^2 + \Delta d^2} = \frac{VF}{F+4Vt} \cdot \sqrt{36+64} = \frac{10VF}{F+4Vt}$$

$$\frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{10 \cdot FV}{F+4Vt}$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{10 \cdot FV}{F+4Vt} = 10V$$