

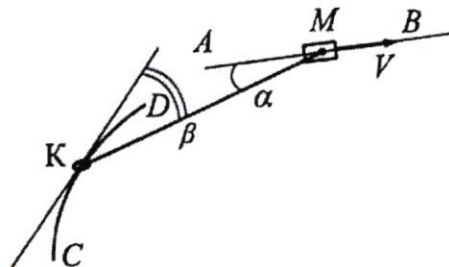
Олимпиада «Физтех» по физике, с

Класс 11

Вариант 11-01

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вложенного задания не проверяются.

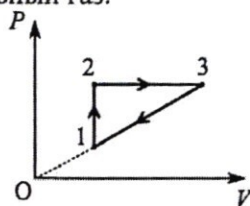
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной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



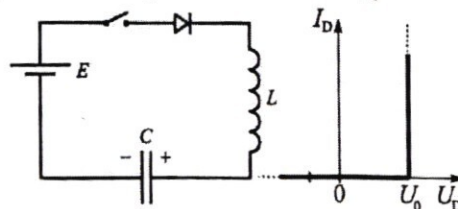
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица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

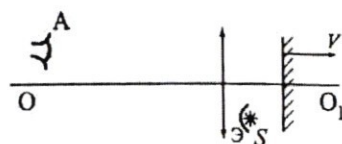
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$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

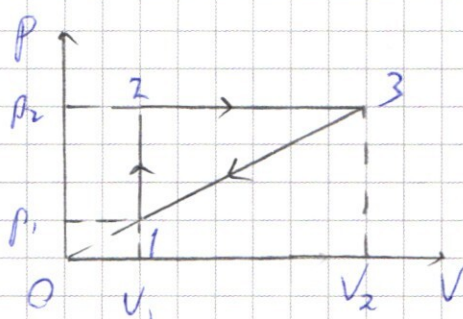
Дано:

1-2: $V = \text{const}$

2-3: $p = \text{const}$

3-1: $p = 2V$,
 $\alpha = \text{const}$

Решение.



3-1:

$p_1 = 2V_1$
 $p_2 = 2V_2$

1) $Q = E - ?$

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

3) $\eta = \eta_{\text{max}}$
 $\eta = ?$

$\eta_{\text{max}} = ?$

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

1) В процессе 1-2 $V = \text{const}$, но

$\frac{p}{T} = \text{const}$, p растет, но T растет;

В процессе 2-3 $p = \text{const}$, но

$\frac{V}{T} = \text{const}$, V растет, но T растет

В процессе 3-1

$p = 2V$, $\frac{p}{T} = \text{const}$, но

$T \propto pV$, p падает, V на беге,
но T может падает.

Тогда исконое отношение $\eta = \frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{C_p}{C_v}$

Для одноатомного газа $C_p = \frac{5}{2}R$; $C_v = \frac{3}{2}R$, но

$\eta = \frac{\frac{5}{2}}{\frac{3}{2}} = \frac{5}{3}$

2) Количество тепла в изобарном процессе 2-3:

$Q_{23} = \nu C_p \Delta T = \nu C_p \frac{\alpha p V}{\alpha p V} = \frac{C_p}{\alpha} \Delta p V_{23} \ln 3$

уравнение Менделеева-Клапейрона, но $(pV = \nu RT)$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} p_2 (V_2 - V_1)$$

Работа газа равна площади, ограниченной циклом

$$A = S = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (2p_2 - p_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} p_1 (V_2 - V_1)^2$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} p_2 (V_2 - V_1) = \frac{5}{2} p_1 (2V_2 - V_1)$$

$$A_{23} = \int p dV = [p = \text{const}] = p \Delta V = \Delta p V_{23}, \text{ но}$$

$$\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\sum \Delta Q_{23}}{\sum \Delta p V} = \frac{5}{2}$$

3) В процессах 1-2 и 2-3 T возрастает,

$$\text{но } Q = \nu C_p \Delta T > 0, C_p > 0, C_v > 0$$

В процессе 3-1 $A = S_{\text{под кривой}} < 0$,

$$\Delta U = C_v \nu \Delta T < 0, \text{ но } Q_{31} < 0.$$

Тогда мы определим КПД

$$\eta = \frac{A}{Q^+}, \text{ где } Q^+ = Q_{12} + Q_{23}$$

$$Q_{12} = \nu C_v \Delta T = \frac{C_v}{R} \Delta(pV) = \frac{3}{2} V_1 (p_2 - p_1) = \frac{3}{2} p_1 (V_2 - V_1)$$

$$Q_{23} = \frac{5}{2} p_2 (V_2 - V_1) = \frac{5}{2} p_1 (2V_2 - V_1)$$

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

$$\eta = \frac{A}{Q^+} = \frac{\frac{1}{2} p_1 (V_2 - V_1)^2}{\frac{1}{2} p_1 (3(V_2 - V_1) + 5(V_2 - V_1))} = \frac{(V_2 - V_1)^2}{8(V_2 - V_1)} = \frac{V_2 - V_1}{8}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Введём безразмерный $x = \frac{v_2}{v_1}$.

по физическому смыслу $x > 1$, тогда

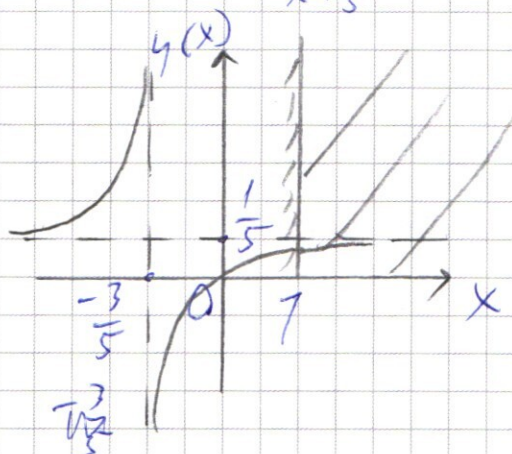
$$\gamma(x) = \frac{(v_2 - v_1)^2}{5v_2^2 - 2v_1v_2 - 3v_1^2} = \frac{\left(\frac{v_2}{v_1} - 1\right)^2}{5\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 - 2\frac{v_2}{v_1} - 3} =$$

$$= \frac{(x-1)^2}{5x^2 - 2x - 3} = \frac{(x-1)^2}{5(x-1)\left(x+\frac{3}{5}\right)} = \frac{x-1}{5x+3}, \text{ т.к. } x > 1$$

$$\gamma(x) = \frac{x-1}{5x+3} = \frac{\frac{1}{5}(5x+3) - \frac{3}{5} - 1}{5x+3} = \frac{1}{5} - \frac{\frac{8}{5}}{5x+3} =$$

$$= \frac{1}{5} - \frac{\frac{8}{5}}{x+\frac{3}{5}}$$

Наскочим примерить график $\gamma(x)$:



На графике на области
определения $x > 1$ $\gamma(x) \leq \frac{1}{5}$

Тогда $\gamma_{\max} = \frac{1}{5}$ при $x \rightarrow \infty$.

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

3

Дано:

$S, d, d \ll \sqrt{S}$

Решение.

$$l = 0,25d + Q$$

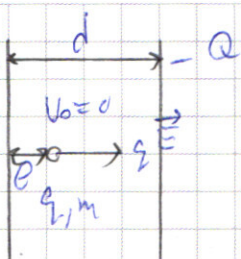
$$\frac{Q}{m} = 8$$

$$T$$

$$1) V_1 = ?$$

$$2) Q = ?$$

$$3) V_2 = ?$$



1) Визуально конденсатор поле определяется, то на частицу Хиндген постоянная сила Кулона qE , и со 2-м

3) Закон Ньютона

$$m\vec{a} = q\vec{E}, \quad ma = qE$$

$$a = \frac{qE}{m} = 8E$$

Из кинематическое уравнение движения (из частицы

$$S' = d - l = d - \frac{1}{4}d = \frac{3}{4}d$$

$$2aS' = V_1^2 - V_0^2 = V_1^2$$

$$\frac{1}{2}aT^2 = S', \quad a = \frac{2S'}{T^2}$$

$$2 \cdot \frac{2S'}{T^2} \cdot S' = V_1^2$$

$$V_1^2 = \frac{4S'^2}{T^2}, \quad V_1 = \frac{2S'}{T} = \frac{2 \cdot \frac{3}{4}d}{T} = \frac{3d}{2T}$$

2) Т.к. поле Визуально конденсатора определено, то

$U = Ed$, а $Q = CU$, где для плоского конденсатора $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ ввиду чего, то $Q = \epsilon_0 S E d$

$$Q = CEd = \epsilon_0 S E d$$

$$a = 8E, \quad E = \frac{a}{8} = \frac{2S'}{4T^2}$$

$$Q = \epsilon_0 S \cdot \frac{2S'}{4T^2} = \epsilon_0 S \cdot \frac{2 \cdot \frac{3}{4}d}{4T^2} = \frac{3\epsilon_0 S d}{24T^2}$$

3) Конденсатор плоский, то вблизи него $E \approx 0$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Аналогично рассуждая $E \propto \frac{1}{r^2}$, так как $r \gg d$, то можно
условно считать, что за пределами конденсатора
можно приписать, тогда $V_2 \approx V_1 = \frac{3d}{2T}$.
Ответ: 1) $V_1 = \frac{3d}{2T}$; 2) $Q = \frac{3\epsilon_0 S d}{2T^2}$; 3) $V_2 \approx V_1 = \frac{3d}{2T}$.

45

Дано:

$F, \frac{3}{4}F$

$\frac{F}{2}, V, F$

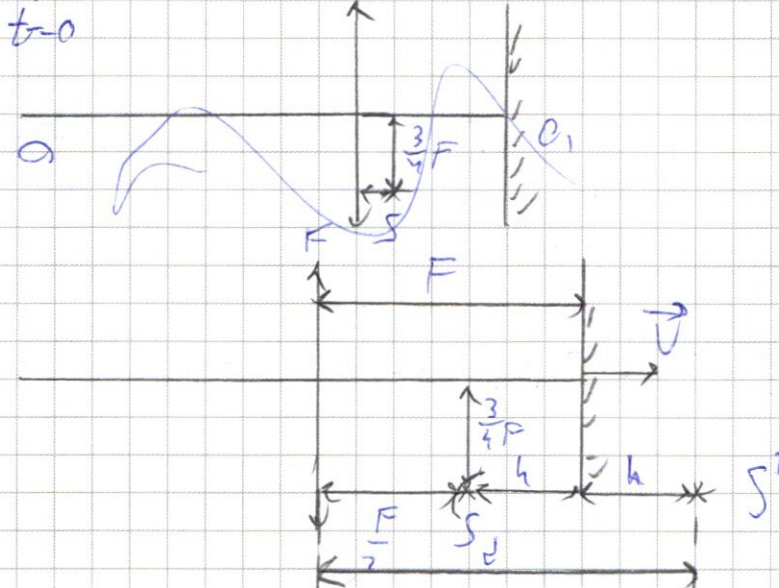
1) $f - ?$

2) $d - ?$

3) $u - ?$

Решение.

$t=0$



1) Изображение в зеркале находится на том же

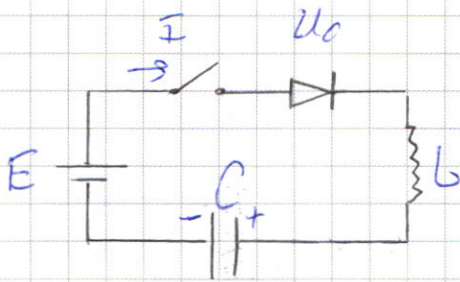
расстоянии, что и предмет от зеркала на перпендикуляре,
тогда расстояние от зеркала до изображения

$$d = F + h, \text{ где } h = F - \frac{F}{2} = \frac{F}{2}, \text{ тогда } d = F + \frac{F}{2} = \frac{3}{2}F$$

так $d > F$, линза собирающая, но по формуле тонкой
линзы

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

4

U₁

$$\left. \frac{dI}{dt} \right|_{t=0} =$$

$$2) E - L \frac{dI}{dt} = U_0 + \frac{1}{C} \frac{d^2 I}{dt^2} \quad , \quad i = I$$

$$I = I_{max} + \varepsilon_{si} = 0, \text{ по}$$

$$E = U_0 + U_C$$

$$U_C = E - U_0, \text{ затем } 3) \text{ а):}$$

$$E_0 + A_{\text{вн}} = \frac{CU_C^2}{2}$$

$$A_{\text{вн}} = E \Delta Q = EC(U_C - U_1) = EC$$

I_{max}

3) Тем самым до 0, в этом момент

$$E + \varepsilon_{si} = U_0 + U_C$$

$$\varepsilon_{si} = L \left. \frac{dI}{dt} \right|_{I=0}$$

$$\frac{B}{C} + U_0 = E$$

$$\frac{B}{C} + U_0 = E$$

$$B = C(E - U_0)$$

1) В момент

$$E + \varepsilon_{si} = U_0 + U_1$$

$$\varepsilon_{si} = U_0 + U_1 - E$$

$$L \left. \frac{dI}{dt} \right|_{t=0} = E - U_0 - U_1$$

$$-L \ddot{I} =$$

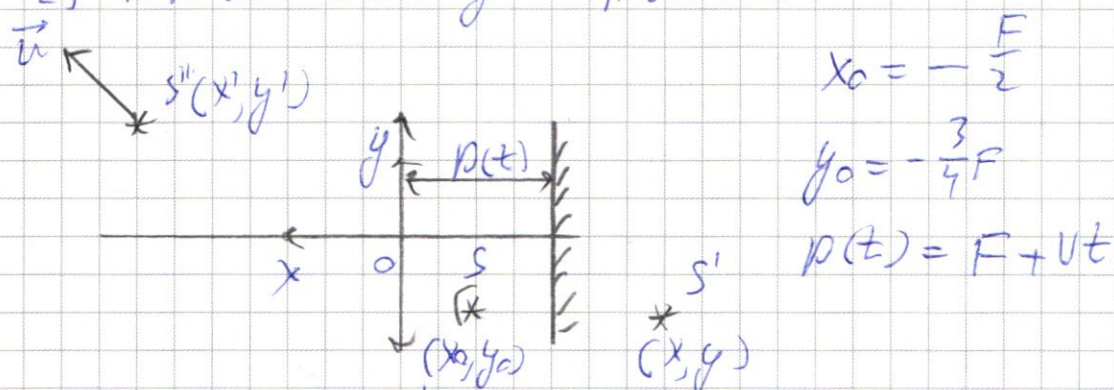
B

$$I = A + B \cos t + C \cos(\omega t + \varphi)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{1}{\frac{3}{2}F} + \frac{1}{5} = \frac{1}{F}, \quad \frac{1}{5} = \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F}; \quad 5 = 3F$$

2) Введем систему координат:



$$x = -(D(t) + h), \quad \text{где } h = |D(t) - x_0| = D + x_0 = x_0 - D =$$

$$= -\frac{F}{2} - D = D - x_0 = D - (-\frac{F}{2}) = D + \frac{F}{2}$$

$$x = -(D(t) + h) = -(D + D + \frac{F}{2}) = -2D + \frac{F}{2} = -\frac{3}{2}F + 2Vt$$

$$y = y_0 = -\frac{3}{4}F$$

то по формуле преобразования координат

$$\frac{1}{x'} = \frac{1}{x} = \frac{1}{F}$$

$$x' = \frac{x F}{x + F}; \quad y' = \frac{y F}{x + F}$$

$$x' = \frac{(-2D + \frac{F}{2}) F}{-2D + \frac{3}{2}F}$$

$$x' = \frac{(-2F + 2Vt + \frac{F}{2}) F}{-2F + 2Vt + \frac{3}{2}F} = \frac{F(-\frac{3}{2}F + 2Vt)}{-\frac{1}{2}F + 2Vt}$$

$$y' = \frac{yF}{x+F} = \frac{-\frac{3}{4}F \cdot F}{-2Vt + \frac{1}{2}F + F} = \frac{-\frac{3}{4}F^2}{-2Vt + \frac{1}{2}F} =$$

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

Найти u - мгновенная изобретение, тогда

$$\tan \alpha = \left| \frac{u_x}{u_y} \right| = \left| \frac{\frac{dx}{dt}}{\frac{dy}{dt}} \right|$$

$$u_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{F(\frac{3}{2}F + 2Vt)}{\frac{1}{2}F + 2Vt} \right) =$$

$$= \frac{2VF(\frac{1}{2}F + 2Vt) - 2VF(\frac{3}{2}F + 2Vt)}{(\frac{1}{2}F + 2Vt)^2}$$

Ускорение тогда $t=0$, то

$$u_x(0) = \frac{2VF \cdot \frac{1}{2}F - 2VF \cdot \frac{3}{2}F}{(\frac{1}{2}F)^2} = \frac{VF^2 - 3VF^2}{\frac{1}{4}F^2} =$$

$$= \frac{-2V}{\frac{1}{4}} = -8V$$

$$u_y(t) = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\frac{3}{4}F^2}{2Vt + \frac{1}{2}F} \right) = -\frac{\frac{3}{4}F^2}{(2Vt + \frac{1}{2}F)^2}$$

$$u_y(0) = 2V \cdot \left(-\frac{\frac{3}{4}F^2}{(\frac{1}{2}F)^2} \right) = 2V \cdot \left(-\frac{3F^2}{F^2} \right) = -6V$$

$$\tan \alpha = \left| \frac{-6V}{-8V} \right| = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$$

$$3) u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = \sqrt{(8V)^2 + (6V)^2} = 10V$$

Ответ: 1)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано: 1) 3 В ; 2) $t_{\text{гд}} = \frac{3}{4}$; 3) 10 В .

Дано:

$$E = 9 \text{ В}$$

$$C = 40 \text{ мкФ}$$

$$U_1 = 5 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

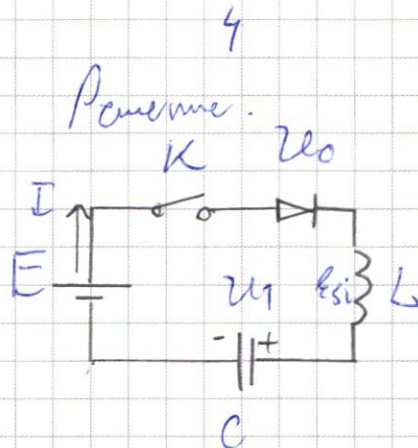
$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$1) \frac{dI}{dt} \Big|_{t=0} - ?$$

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

$$3) U_L - ?$$

Решение.



1) Так $E > U_0 + U_1$,
но после замыкания
кнопки ток потечёт в
указанном направлении

по 2-му правилу Кирхгофа

$$E + U_{Si} = U_0 + U_1;$$

по закону ЭМ-индукции Фарадея

$$U_{Si} = -L \frac{dI}{dt} \Big|_{t=0}, \text{ но}$$

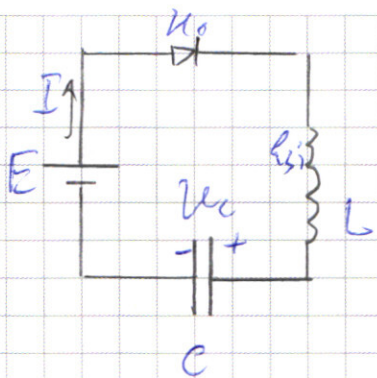
$$E - L \frac{dI}{dt} \Big|_{t=0} = U_0 + U_1$$

$$L \frac{dI}{dt} \Big|_{t=0} = E - U_0 - U_1$$

$$\frac{dI}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{E - U_0 - U_1}{L} = \frac{9 \text{ В} - 1 \text{ В} - 5 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = \frac{3 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

2) Запишем для произвольного момента времени
2-е правило Кирхгофа для данной цепи (пока

диод открыт):



$$E + \varepsilon_{si} = U_0 + U_C; \text{ где}$$

$$U_C = \frac{q}{C}, \quad I = \frac{dq}{dt} = \dot{q},$$

$$\text{где } \varepsilon_{si} = -L \frac{dI}{dt} = -L \ddot{q}$$

$$E - L\ddot{q} = U_0 + \frac{1}{C}q$$

$$\frac{1}{C}q + L\ddot{q} = E - U_0$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{LC}q = \frac{E - U_0}{L}$$

$$\ddot{q} + \frac{1}{LC}q = \frac{E - U_0}{LC} \quad \checkmark$$

— однородное уравнение

гармонических колебаний, решаем по формуле

$$q = B + A \cos(\omega t + \varphi_0), \quad \text{где } A, \varphi_0 \text{ зависят от нач. — } x \text{ условия, } q$$

$$\frac{B}{LC} = \frac{E - U_0}{LC}; \quad B = C(E - U_0)$$

Подставим нач. условия:

$$q(0) = CU_1; \quad I(0) = 0$$

$$I = \dot{q} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$I(0) = 0; \quad A\omega \sin \varphi_0 \in \mathbb{R}, \quad \text{то } \varphi_0 = 0, \quad \cos(\omega t + \varphi_0) = \cos \omega t$$

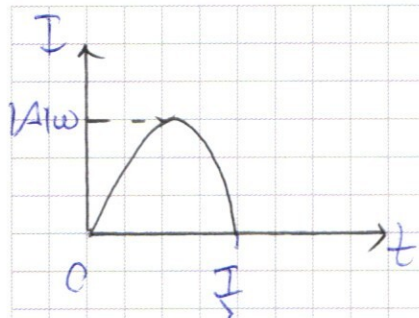
$$U(0) = B + A \cos 0 = B + A = CU_1$$

$$A = CU_1 - B = CU_1 - C(E + CU_0) = C(U_1 + U_0 - \frac{E}{C})$$

Нарисуем примерный график $I(t)$ с учетом $A < 0$;

$$I(t) = -A\omega \sin \omega t = |A|\omega \sin \omega t$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Когда ток достигает $I(t) = 0$
ток замирает и далее ток
не течет.

По графику

$$I_{\max} = 1A\omega, \text{ где } \omega = \frac{1}{6c}, \omega = \sqrt{\frac{1}{6c}},$$

$$1A = |C(u_1 + u_0 - E)| = C(E - u_1 - u_0)$$

$$I_{\max} = C(E - u_1 - u_0) \sqrt{\frac{1}{6c}} = \sqrt{\frac{C}{6}} (E - u_1 - u_0) =$$

$$= \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}}{1 \cdot 10^{-1} \text{ Гн}}} (9 \text{ В} - 5 \text{ В} - 1 \text{ В}) = 3 \text{ В} \cdot \sqrt{4 \cdot 10^{-4} \text{ А} \frac{\text{Ф}}{\text{Гн}}} =$$

$$= 3 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ А} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ А} = 60 \text{ мА}$$

3) По графику видно, что ~~в момент~~ ^{момент} времени

$$t = \frac{T}{2}, \text{ где } T = 2\pi \sqrt{6c} \text{ ток уменьшается}$$

и ток замирает и после этого параметр I и
параметры изменяются.

$$\text{При } t = \frac{T}{2}, \omega t = \pi, \text{ то}$$

$$q_2 = q_1 \left(\frac{T}{2} \right) = B + A \cos \pi = B - A = B - (B - u_1)$$

$$= C(E - u_0) - C(u_1 + u_0 - E) = C(E - u_0 + E - u_1 - u_0) =$$

$$= C(2E - 2u_0 - u_1) = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot (9 \text{ В} - 2 \cdot 1 \text{ В} - 2 \cdot 5 \text{ В}) =$$

$$= 40 \cdot 10^{-6} (9 - 2 - 10) =$$

$$U_2 = \left| \frac{q_2}{\epsilon} \right| = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ КВ} - U_1 = |2 \cdot 9 - 2 - 5| \text{ В} = 118 - 7 \text{ В} = 11 \text{ В}$$

Ответы: 1) $30 \frac{\text{А}}{\text{с}}$; 2) 60 мА ; 3) 11 В .

1

Дано:

$$V = 68 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

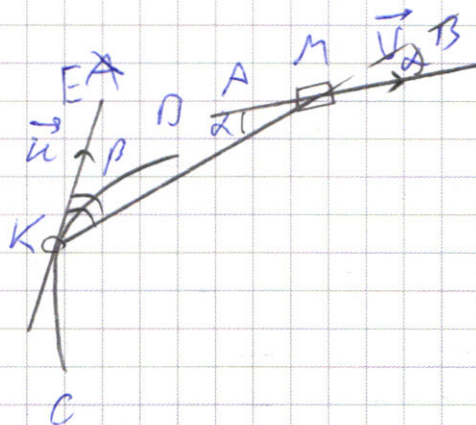
$$R = 1,9 \text{ м}$$

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

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

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

Решение.



1) U - ?

2) $U_{\text{центр}}$ - ?

3) T - ?

1) Скорость ~~пути~~ ~~путь~~ ~~направления~~ по касательной к окружности, т.е. по направлению KE .

Кинетическая энергия, но проецируем $\vec{u}$

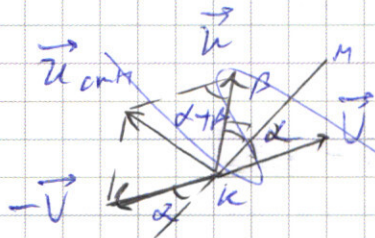
и $\vec{V}$ на одну линию, т.е.

$$V \cos \alpha = U \cos \beta$$

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

2) По закону сложения скоростей Галилея:

$$\vec{u} = \vec{u}_{\text{центр}} + \vec{V}, \text{ где } \vec{u}_{\text{центр}} = \vec{u} - \vec{V} \quad \text{Ен. док.}$$



По теореме косинусов

$$u_{\text{центр}}^2 = u^2 + V^2 - 2uV \cos(\alpha + \beta)$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\alpha \in (0; \frac{\pi}{2}]$$

$$\beta \in (0; \frac{\pi}{2}] \text{ и } 0$$

$U_{\text{сум}} = U_1$ (перпендикулярно-
направление)

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

$$= \frac{\sqrt{32 \cdot 2}}{17} = \frac{8}{17}$$

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

$$\sin \alpha \sin \beta$$

$$\cos \delta(\alpha + \beta) = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8 \cdot 3}{17 \cdot 5} = \frac{12}{17} - \frac{24}{85} =$$

$$= \frac{60}{85} - \frac{24}{85} = \frac{36}{85} = \frac{12}{25}$$

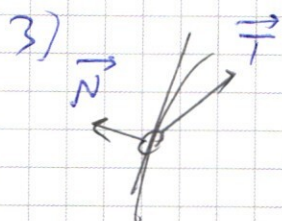
$$U_{\text{сум}}^2 = (75)^2 + (68)^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{12}{25} \left(\frac{\text{см}}{\text{с}}\right)^2 =$$

$$= (75)^2 + (68)^2 - 2 \cdot 3 \cdot 12 \cdot 68 = (75)^2 + (68)^2 - 72 \cdot 78 =$$

$$= (75)^2 + 68(68 - 72) = (75)^2 - 68 \cdot 4 = 5625 - 272 =$$

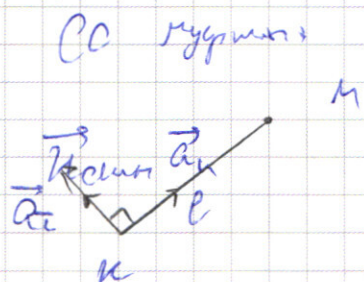
$$= 5353 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}}\right)^2 ;$$

$$U_{\text{сум}} = \sqrt{5353} \frac{\text{см}}{\text{с}} \approx 73 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

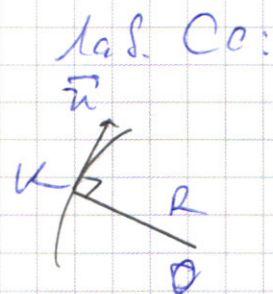


На кольцо действует
сила реакции опоры $\vec{N}$ и сила
натяжения нити $\vec{T}$.

В СО круговая траектория кривизна — окружность
радиуса l (СО инерциальная):

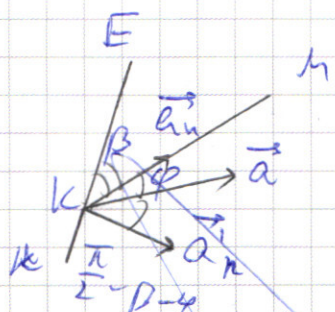


Тогда $a_n = \frac{v^2}{l}$



В лабораторной СО траектория — окружность
радиуса R ; откуда $a_n' = \frac{v^2}{R}$.

Но эти величины не являются чистыми:



~~$a \cos \varphi = a_n$
 $a \cos (\frac{\pi}{2} - \beta - \varphi) = a_n'$
 $a \sin (\beta - \varphi) = a_n'$
 $a \cos \varphi = a_n$~~

продолжим
далее

~~$\sin(\beta - \varphi) = \sin \beta \cos \varphi - \cos \beta \sin \varphi$~~

~~$\frac{a_n'}{a_n} = \sin \beta - \cos \beta \tan \varphi$~~

~~$\sin \beta \tan \varphi = \frac{a_n'}{a_n} + \cos \beta$~~

Нам нужна проекция $\vec{a}$ на KE , т.е.

$a_n' = R \cos(\varphi + \beta) = R (\cos \varphi \cos \beta - \sin \varphi \sin \beta) =$
 $= a_n \cos \beta - R \sin \varphi \sin \beta$

$a_n' = R \sin \beta \cos \varphi - R \cos \beta \sin \varphi = a_n \sin \beta - a_n \sin \varphi \cos \beta$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$a'_n = a_n \cos \beta - a \sin \varphi \cos \beta$$

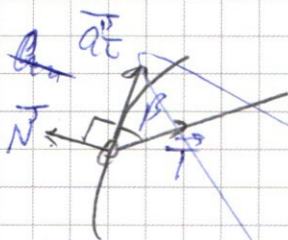
$$a \sin \varphi \cos \beta = a_n \sin \beta - a'_n$$

$$a \sin \varphi = a_n \tan \beta - \frac{a'_n}{\cos \beta}$$

$$a'_n = a_n \cos \beta - \sin \beta \left(a_n \tan \beta - \frac{a'_n}{\cos \beta} \right) =$$

$$= a_n \cos \beta - a_n \frac{\sin^2 \beta}{\cos \beta} + a'_n \tan \beta =$$

$$= a_n \left(\frac{\cos^2 \beta - \sin^2 \beta}{\cos \beta} \right) + a'_n \tan \beta = a_n \frac{2 \cos^2 \beta - 1}{\cos \beta} + a'_n \tan \beta$$



по 2-му закону Ньютона:

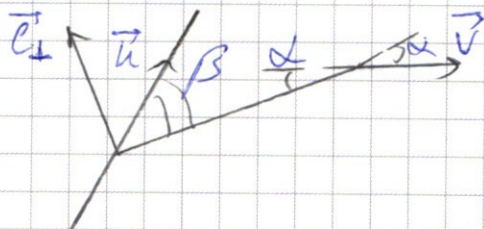
$$T - m a = T \cos \beta = m a'_n$$

$$T = \frac{m a'_n}{\cos \beta} = m \left(a_n \frac{2 \cos^2 \beta - 1}{\cos \beta} + a'_n \tan \beta \right)$$

Используя далее

$$2) U_3 \text{ направлено вниз по склону и равно } (U_{\text{ком}})_{\text{норм}} = \vec{U}_{\text{ком}} \cdot \vec{e}_1 =$$

$$(\vec{U}_{\text{ком}} - \vec{e}_1)_{\text{норм}} = a_{\text{норм}} = a_{\text{норм}} \cdot \vec{e}_1 = U_{\text{норм}} = U \sin \beta + U \sin \alpha$$



$$U_{\text{норм}} = U \sin \beta \quad \vec{U} \cdot \vec{e}_1 =$$

$$U \sin \beta$$

$$= U \sin \beta$$

$$U_{\text{норм}} = \vec{U} \cdot \vec{e}_1 = -U \sin \alpha$$

$$U_{\text{ком}} = U \sin \beta + V \sin \alpha$$

$$\beta \in [0; \frac{\pi}{2}]$$

$$\alpha \in [0; \frac{\pi}{2}], m_0$$

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

~~cos 17°~~

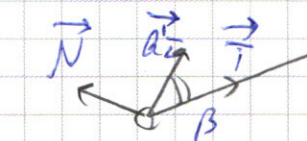
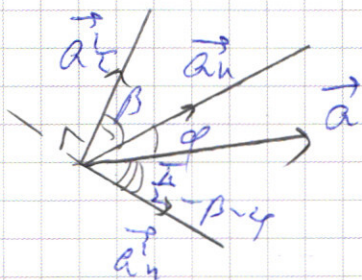
$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \left(\frac{4}{5}\right)^2} = \frac{3}{5}$$

$$u_{\text{нн}} = u \sin \beta + v \sin \alpha = 75 \cdot \frac{3}{5} + 68 \cdot \frac{8}{17} \left(\frac{\text{cm}}{\text{c}}\right) =$$

$$= 45 + 32 \left(\frac{\text{cm}}{\text{c}}\right) = 77 \left(\frac{\text{cm}}{\text{c}}\right)$$

$$3) a_n = \frac{u_{\text{нн}}^2}{r} = \frac{(77)^2}{\frac{5}{3} \cdot 1,9} \text{ см}^2$$

$$T = m a_n \frac{2 \cos^2 \beta - 1}{\cos^2 \beta} = a_n' \frac{\sin \beta}{\cos \beta}$$



но 2-му 3. По условию:

$$T \cos \beta = m a_t'$$

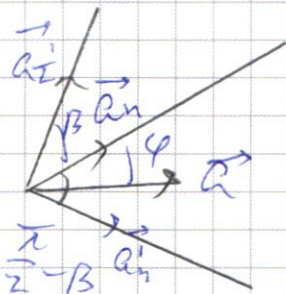
$$T = \frac{m a_t'}{\cos \beta}$$

$$a_t' = a \cos(\beta + \varphi) = a \cos \beta \cos \varphi - a \sin \beta \sin \varphi$$

$$a_n = a \cos \varphi$$

$$a_t' = a \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta - \varphi\right) = a \sin(\beta + \varphi) = a(\sin \beta \cos \varphi + \cos \beta \sin \varphi)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$m a'_T = T \cos \beta$$

$$T = m a'_T \frac{1}{\cos \beta}$$

$$a \cos \varphi = a_n$$

$$a \cos(\frac{\pi}{2} - \beta - \varphi) = a'_n$$

$$a \sin(\beta + \varphi) = a'_n$$

$$a \cos \varphi$$

$$a'_T = a \cos(\varphi + \beta) =$$

$$\frac{m u_1^2}{2} + (E - u_0) \Delta q = \frac{m c^2}{2} + \frac{L I_m^2}{2}$$

$$u_0 = E - u_0$$

$$\Delta q = C(u_1 - u_2) = C(u_1 + E + u_0) =$$

$$= C(u_1 + u_0 - E)$$

$$\frac{m u_1^2}{2} + C(E - u_0)(u_1 + u_0 - E) = \frac{C}{2} (u_1 + u_0 - E)^2$$

$$= \frac{C u_1^2}{2} = \frac{C u_1^2}{2} + \frac{C}{2} (u_1 + u_0 - E)(u_0 - E + u_1)$$

$$a'_n = a_n \sin \beta + a \sin \varphi \cos \beta$$

$$a \sin \varphi = \frac{a'_n - a_n \sin \beta}{\cos \beta}$$

$$a'_t = a_n \cos \beta + \sin \beta \cdot \left(\frac{a'_n - a_n \sin \beta}{\cos \beta} \right) =$$

$$= a_n \cos \beta - a'_n \operatorname{tg} \beta + a_n \operatorname{tg} \beta \sin \beta =$$

$$= a_n (\cos \beta + \operatorname{tg} \beta \sin \beta) - a'_n \operatorname{tg} \beta$$

$$T = \frac{m a'_t}{\cos \beta} = m \left(a_n (1 + \operatorname{tg}^2 \beta) - a'_n \frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos \beta} \right) =$$

$$= m \left(\frac{a_n}{\cos^2 \beta} - a'_n \frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos \beta} \right) \neq;$$

$$a_n = \frac{u_{\text{ном}}^2}{c}; \quad a'_n = \frac{u^2}{R}, \text{ м/с}$$

$$T = m \left(\frac{u_{\text{ном}}^2}{c \cos^2 \beta} - a \frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos \beta} \frac{u^2}{R} \right)$$

$$\frac{1}{\cos^2 \beta} = \frac{1}{\left(\frac{4}{5}\right)^2} = \frac{25}{16}$$

$$\frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos \beta} \neq; \quad 1 + \operatorname{tg}^2 \beta = \frac{1}{\cos^2 \beta}, \quad \beta \in [0; \frac{\pi}{2}] \text{ и } \dots$$

$$\operatorname{tg} \beta = \sqrt{1 - \frac{1}{\cos^2 \beta}} = \sqrt{1 - \frac{25}{16}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \beta} - 1} = \sqrt{\frac{25}{16} - 1} =$$

$$= \sqrt{\frac{9}{16}} = \frac{3}{4}$$

$$\frac{\operatorname{tg} \beta}{\cos \beta} = \frac{\frac{3}{4}}{\frac{4}{5}} = \frac{15}{16}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T = m \left(\frac{u_{\text{max}}^2}{c} \cdot \frac{25}{16} - \frac{u^2}{2} \cdot \frac{15}{16} \right)$$

$$u_{\text{max}} = 77 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 77 \text{ м}$$

$$\frac{u_{\text{max}}^2}{c} = \frac{u_{\text{max}}^2}{\frac{5}{3}R} = \frac{3}{8} \frac{u_{\text{max}}^2}{R}$$

$$T = \frac{m}{R} \left(\frac{3}{8} \cdot \frac{25}{16} u_{\text{max}}^2 - \frac{15}{16} u^2 \right) = \frac{15}{16} \frac{m}{R} (u_{\text{max}}^2 - u^2) =$$

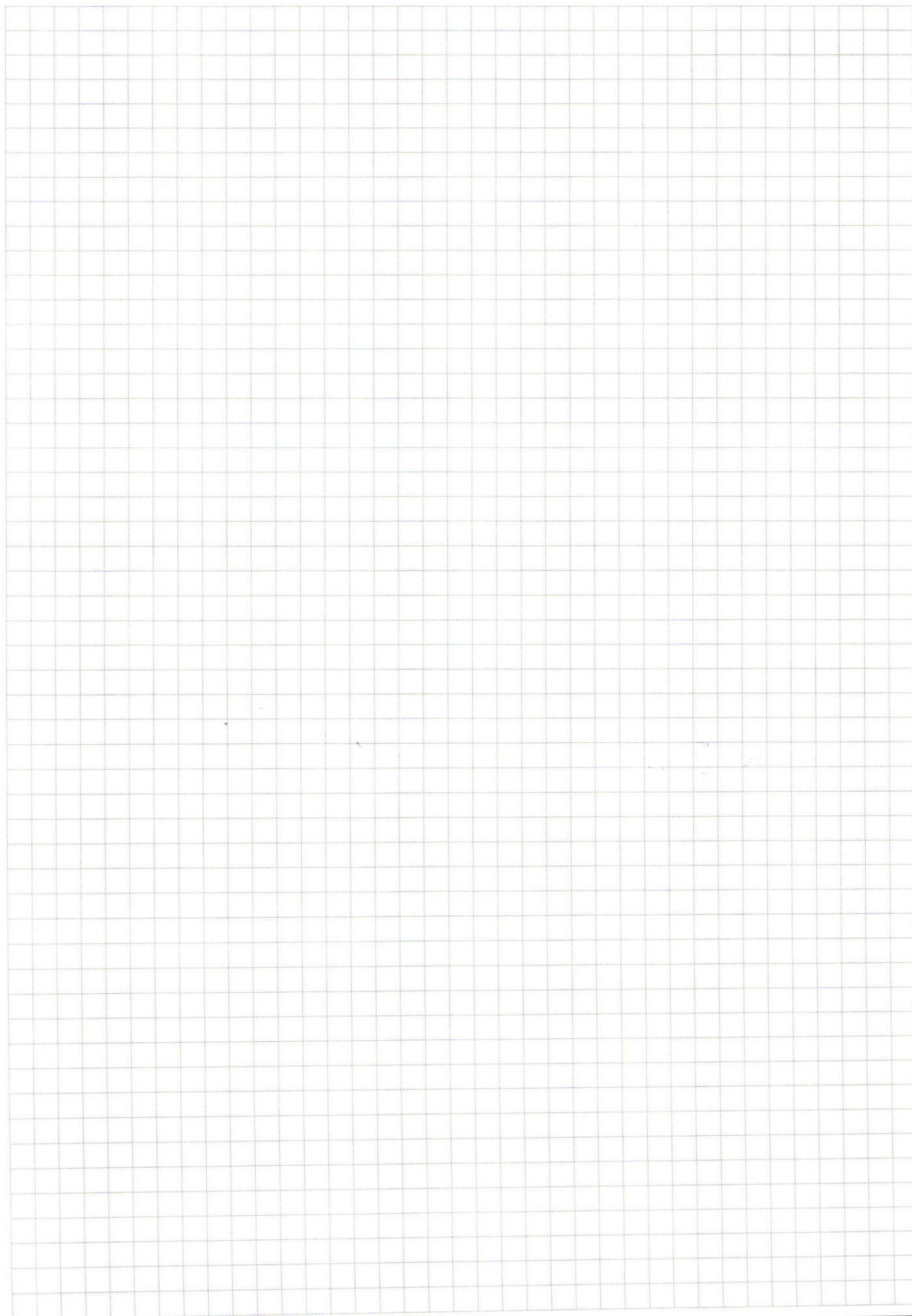
$$= \frac{15m}{16R} (u_{\text{max}} - u)(u_{\text{max}} + u) = \frac{15m}{16R} (77 - 75) (77 + 75) \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right)^2 =$$

$$= \frac{15}{16} \frac{m}{R} \cdot 2 \cdot 152 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right)^2 = \frac{15}{16} \frac{m}{R} \cdot \frac{15}{4} \cdot 1 \cdot 76 \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right)^2 =$$

$$= 15 \cdot 17^9 \frac{m}{R} \left(\frac{\text{см}}{\text{с}} \right)^2 = 15 \cdot 17 \cdot 10^{-4} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)^2 \cdot \frac{0,1 \text{ кг}}{1,9 \text{ м}} =$$

$$= 15 \cdot 17 \cdot 10^{-4} \frac{1}{19} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 15 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Ответ: 1) $75 \frac{\text{см}}{\text{с}}$; 2) $77 \frac{\text{см}}{\text{с}}$; 3) $15 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1,5 \text{ мк.}$



☐ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

2. $\eta = \frac{x-1}{5x+3}$, $x \neq -\frac{3}{5}$, $x > 1$

$$\frac{d\eta}{dx} = 0$$

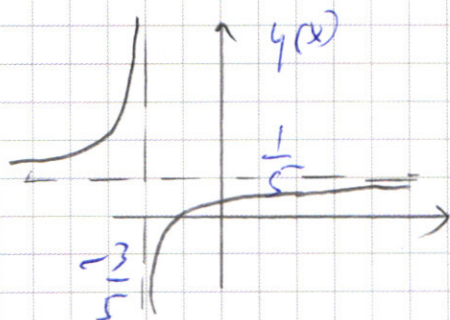
$$\frac{d}{dx} \left(\frac{x-1}{5x+3} \right) = 0$$

$$\frac{1 \cdot (5x+3) - 5(x-1)}{(5x+3)^2} = 0$$

$$\frac{-2}{(5x+3)^2} = 0 \rightarrow \text{нет, максимум}$$

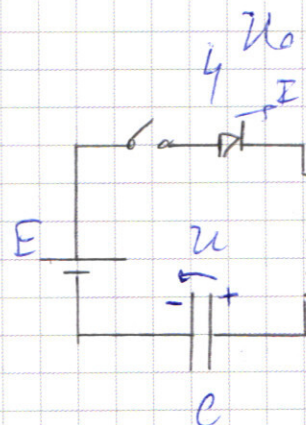
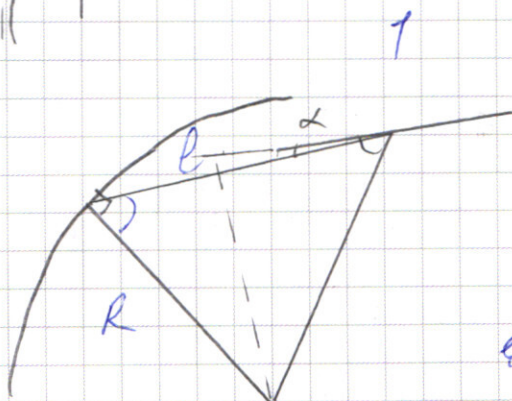
$$\eta = \frac{5x+3 - 4x-4}{5x+3} = \frac{\frac{1}{5}(5x+3) - 1 - \frac{3}{5}}{5x+3} = \frac{1}{5} - \frac{\frac{8}{5}}{5x+3} =$$

$$= \frac{1}{5} - \frac{8}{25x+15} = \frac{1}{5} - \frac{\frac{8}{25}}{x + \frac{3}{5}}$$



$\eta = \eta_{\max}$ при $x \rightarrow \infty$,

$$\eta = \left(\frac{1}{5} \right)$$



$I \rightarrow I_{\max} \rightarrow$
 $\rightarrow U_C = 0$
 $U = E$
 $\downarrow \mathcal{E}_{si}$ Ампер

$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{dI}{dt}$$

$$E + \mathcal{E}_{si} = U_C(t=0)$$

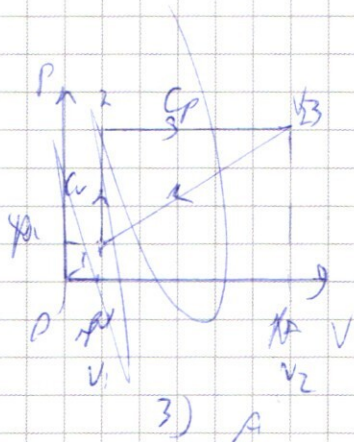
$$E - L \left(\frac{dI}{dt} \right)_0 = U_C + U_0$$

$$\left(\frac{dI}{dt} \right)_0 = \frac{E - U_0}{L} = \frac{(9 - 51) \text{ В}}{91 \text{ Гн}} = \frac{3}{10} \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

$$L \left(\frac{dI}{dt} \right)_0 = E - U_C - U_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2



1-2: $v = \text{const} \rightarrow$
 $\frac{p}{T} = \text{const} \quad p \uparrow \rightarrow T \uparrow$
 2-3: $\frac{v}{T} = \text{const}, \quad v \uparrow \rightarrow T \uparrow$

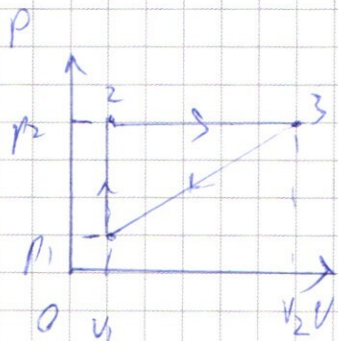
$p_1 = \alpha V_1, \quad p_2 = \alpha V_2$

$A = \frac{1}{2} (p_2 - p_1) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} \alpha (V_2 - V_1)^2$

$Q_+ = Q_{12} + Q_{23} = Q_+$

$Q_{12} = \frac{3}{2} \alpha p_1 (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \alpha p_1 (V_2 - V_1)$

$Q_{23} = C_p \Delta T = \frac{5}{2} \alpha p_2 (V_2 - V_1) = \frac{5}{2} \alpha p_2 (V_2 - V_1)$



3) $Q_+ = Q_{12} + Q_{23}$

$Q_{12} = \frac{C_v}{R} A p_1 = \frac{3}{2} V_1 (p_2 - p_1)$

$Q_{23} = \frac{C_p}{R} A p_2 = \frac{5}{2} p_2 (V_2 - V_1)$

$Q_+ = \frac{3}{2} V_1 (\alpha V_2 - \alpha V_1) + \frac{5}{2} \alpha V_2 (V_2 - V_1) =$
 $= \frac{3}{2} \alpha V_1 V_2 - \frac{3}{2} \alpha V_1^2 + \frac{5}{2} \alpha V_2^2 - \frac{5}{2} \alpha V_1 V_2 =$
 $= -\alpha V_1 V_2 + \frac{5}{2} \alpha V_2^2 - \frac{3}{2} \alpha V_1^2$

$\eta = \frac{A}{Q_+} =$
 $= \frac{\frac{1}{2} \alpha (V_2 - V_1)^2}{\frac{5}{2} \alpha V_2^2 - \frac{3}{2} \alpha V_1^2 - \alpha V_1 V_2} =$
 $= \frac{(V_2 - V_1)^2}{5 V_2^2 - 3 V_1^2 - 2 V_1 V_2} =$
 $= \frac{(1 - \frac{V_1}{V_2})^2}{5 - 3(\frac{V_1}{V_2})^2 - 2 \frac{V_1}{V_2}}$

$$x = \frac{v_1}{v_2}$$

$$y(x) = \frac{(1-x)^2}{5-3x^2-2x} = \frac{(1-x)^2}{5-3x^2-2x}$$

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{(1-x)^2}{5-3x^2-2x} \right) = 0$$

$$\frac{2(1-x)(-1) - (5-3x^2-2x) \cdot 0}{(5-3x^2-2x)^2} = 0$$

$$\rightarrow 2(1-x)$$

$$2(1-x)(3x^2+2x-5) + (0x+2)(1-x)^2 = 0$$

$$(1-x)(2(3x^2+2x-5) + (0x+2)(1-x)) = 0$$

$$\rightarrow x \neq 1 \rightarrow 1-x \neq 0$$

$$2x^2 + 4x - 10 + 6x - 6x^2 + 2 - 2x = 0$$

$$8x - 8 = 0$$

$$x = 1 \text{ or } x = 1$$

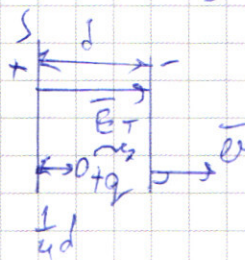
$$x = 1 \text{ or } x = 1$$

$$1) u \cos \alpha = v \cos \beta$$

$$u = \frac{v \cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \cdot \frac{17}{5.15} = 68 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \cdot \frac{5.15}{17.4} = \frac{75}{68} \cdot 68 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$= 75 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

3



$$68 \cdot 4 = 272 - 8 =$$

$$= 272$$

$$2 \cdot \frac{1}{4} d$$

$$2 \alpha S = q^2$$

$$S = d - \frac{1}{4} d = \frac{3}{4} d$$

$$\frac{1}{2} \alpha T^2 = S$$

$$\alpha = \frac{2S}{T^2}$$

$$2 \cdot \frac{2S}{T^2} \cdot S = q^2$$

$$m \alpha = q E$$

$$E = \frac{q}{r} = \frac{2S}{\alpha T^2}$$

$$dE = U = \frac{Q}{C}$$

$$Q = C E d$$

$$E = \frac{Q}{C d} \quad C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

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

3) Вектор скорости, $u = v_2 = v_1$