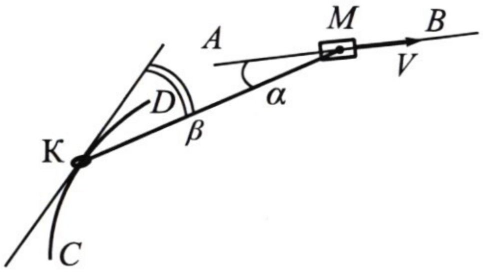
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-04

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

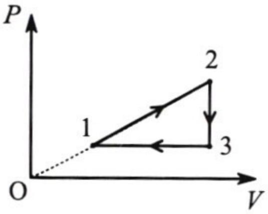
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол $\alpha (\cos\alpha = 4/5)$ с направлением движения муфты и угол $\beta (\cos\beta = 8/17)$ с направлением движения кольца.



1) Найти скорость кольца в этот момент.
2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
3) Найти силу натяжения троса 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 понижение температуры газа.
2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



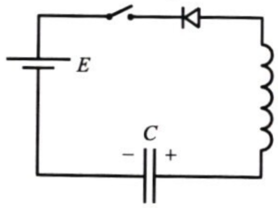
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U. Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

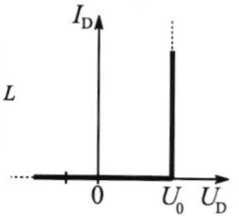
1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \dfrac{|q|}{m}$.
2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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 $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

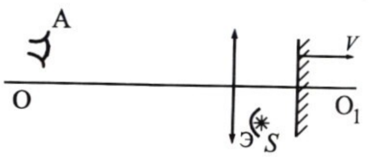
1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.





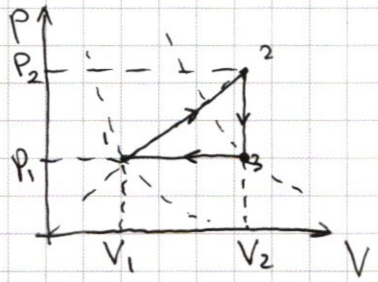
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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



; $P_i; V_i; T_i$ – параметры для i точки

1) Понижение температуры происходило в процессах 2-3 и 3-1:

Процесс 2-3 изохорный $\Rightarrow C_V = \frac{3}{2}$ для одноатомного газа

Процесс 3-1 изобарный $\Rightarrow C_P = \frac{5}{2}$ для одноатомного газа

$$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{C_V}{C_P} = \frac{3}{2}\cdot\frac{2}{5} = \boxed{\frac{3}{5}}$$

2) $$A_{12} = S_{тр} = \frac{P_1+P_2}{2}(V_2-V_1) = \frac{P_1V_2+P_2V_2-P_1V_1-P_2V_1}{2}$$

Т.к. график процесса проходит через начало координат, то

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \Rightarrow P_1V_2 = P_2V_1 \Rightarrow A_{12} = \frac{P_2V_2-P_1V_1}{2}$$

По ур-нию Менделеева-Клапейрона: $P_2V_2 = \nu RT_2$, $P_1V_1 = \nu RT_1$ $\Rightarrow$

$$\Rightarrow A_{12} = \frac{1}{2}\nu R(T_2-T_1)$$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1)$, т.к. газ одноатомный

$$\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1)}{\frac{1}{2}\nu R(T_2-T_1)} = \boxed{3}$$

3) $$\eta = \frac{A_\Sigma}{Q_н}$$

Теплота подводилась к газу только в процессе 1-2

По I началу термодинамики: $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = 2\nu R(T_2-T_1)$

$$A_\Sigma = S_{тр} = \frac{1}{2}(P_2-P_1)(V_2-V_1) = \frac{1}{2}(P_2V_2 - P_1V_2 - P_2V_1 + P_1V_1) =$$

$$= \frac{1}{2}(P_2V_2 - 2P_1V_2 + P_1V_1) = \frac{1}{2}(\nu RT_2 - 2\nu RT_3 + \nu RT_1)$$

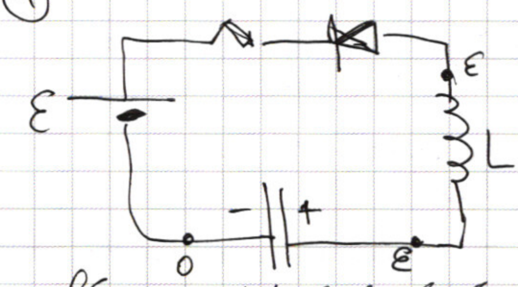
$$\eta = \frac{A_\Sigma}{Q_н}$$

$$Q_н = 2\nu R(T_2 - T_1)$$

$$\frac{P_2 \cancel{V_1}}{T_1 T_2} = \frac{P_1 \cancel{V_2}}{T_3^2}$$

$$T_3 = \sqrt{T_1 T_2}$$

④



~~Сразу~~

Сразу после

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_3}$$

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{P_1}{T_3} \qquad \frac{P_1 V_1}{T_1} =$$

$441 \times 1{,}2 = 882$, 441, $529{,}2 : 323 = 1{,}6$; -323, 2062, -1938, 124

$$\frac{1}{2}(P_2 - P_1)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}(P_2V_2 - P_1V_2 - P_2V_1 + P_1V_1) =$$

$$= \frac{1}{2}(\nu R T_2 - 2$$

$323 \times 6 = 1938$

$$\frac{441 \cdot 0{,}4 \cdot (2 \cdot 15)^3}{100 \cdot 17 \cdot 1{,}9} = \frac{1{,}2 \cdot 441}{19 \cdot 17}$$

$19 \times 17 = 133$, 19, 323

$$A_\Sigma = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = 2\nu R(T_2 - T_1)$$

$$\frac{1}{2}(P_2V_2 - 2P_1V_2 + P_1V_1) = \frac{1}{2}(\nu R T_2 - 2\nu R\sqrt{T_1T_2} + \nu R T_1)$$

$$\frac{1}{2}\nu R(T_2 - 2\sqrt{T_1T_2} + T_1) = \frac{1}{2}\nu R(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1})^2$$

$$\cancel{T_2 - \sqrt{T_1T_2} - \sqrt{T_1T_2} + T_1}$$

$$\cancel{\sqrt{T_2}(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}) - \sqrt{T_1}(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1})}$$

$$T_2 = k^2 T_1$$

$$\eta = \frac{2\nu R(T_2 - T_1)}{\frac{1}{2}\nu R(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1})^2} = \frac{4(T_2 - T_1)}{(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1})^2} = \frac{4(k^2T_1 - T_1)}{(k\sqrt{T_1} - \sqrt{T_1})^2} =$$

$$= \frac{4\cancel{T_1}(k^2 - 1)}{(k-1)^2 \cancel{T_1}} = \frac{4(k^2-1)}{(k-1)^2} \qquad \frac{4(k^2 - 2k + 1)}{(k-1)^2}$$

$$\eta' = \frac{4 \cdot 2k \cdot (k-1)^2 - 4(k^2-1)(k-1)}{} =$$

$$= \frac{(k-1)(8k(k-1) - 4k^2 + 4)}{(k-1)^2} = (k-1)(4k^2 - 8k + 4$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$Q_H = 2\nu R(T_2 - T_1)$

$A_\Sigma = \frac{1}{2}(P_2-P_1)(V_2-V_1) =$

$= \frac{1}{2}(P_2V_2 - P_1V_2 - P_2V_1 + P_1V_1) = \frac{1}{2}(\nu RT_2 - 2\nu RT_3 + \nu RT_1) =$

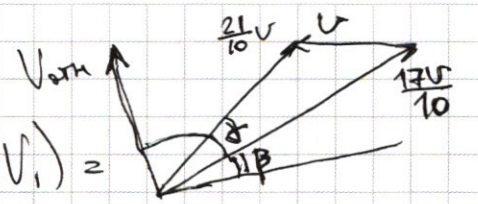
$= \frac{1}{2}\nu R(T_2 - 2T_3 + T_1) = \frac{1}{2}\nu R(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1})^2$

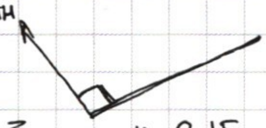
$\eta = \frac{A_\Sigma}{Q_H} = \frac{\frac{1}{2}\nu R(\sqrt{T_2}-\sqrt{T_1})^2}{2\nu R(T_2-T_1)} = \frac{1}{4}\frac{\sqrt{T_2}-\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_2}+\sqrt{T_1}}$

$T_2 = k^2 T_1$

$= \frac{1}{4}\frac{k-1}{k+1} = \frac{k-1}{4k+1} \Rightarrow \lim_{k\to\infty} =$

$= \frac{1-\frac{1}{k}}{4+\frac{1}{k}} = \frac{1}{4}$





$= \frac{441 \cdot 0{,}4 \cdot 2 \cdot 15}{100 \cdot 17 \cdot 1{,}9} =$

$\frac{0{,}4 \cdot 441 \cdot 2 \cdot 15}{100 \cdot 17 \cdot 1{,}9} =$ (3, 20)

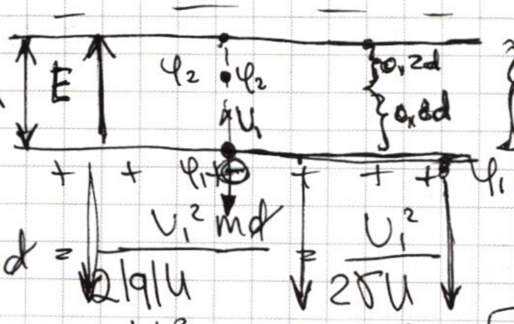
$\varphi_\infty = 0 \quad \frac{mv_1^2}{2} +$

$\frac{mv_0^2}{2} = q\varphi + \frac{mv_1^2}{2}$

$V_{отн} = \frac{21}{10}V$

$\frac{0{,}4 \cdot 441 \cdot 2 \cdot 15}{100 \cdot 17 \cdot 1{,}9} = \frac{0{,}4 \cdot 441 \cdot 3}{10 \cdot 17 \cdot 1{,}9}$

$\frac{1{,}2 \cdot 441}{19 \cdot 17}$



$441 \times 1{,}2 = 882, 441$

$a = \frac{|q|U}{md}$

$\frac{2{,}4 \cdot 441}{20 \cdot 17 \cdot 1{,}9} =$

$\frac{16}{10} = \frac{8}{5} \quad \frac{5}{8}$

$= 389 \quad 441 \times \frac{52}{1{,}33}$

$0{,}8d = \frac{v_1^2 md}{2|q|U} = \frac{v_1^2}{2\gamma U}$

$\gamma = \frac{v_1^2}{0{,}8 \cdot 2U} = \frac{v_1^2}{1{,}6U} = \boxed{\frac{5v_1^2}{8U}}$

$U = Ed$

$+\frac{4}{52}$

$\varphi_2 - \varphi_1 + \overbrace{\varphi_1}^{\varphi_1} - 0 = \varphi_2$

$-0{,}8Ud = -\varphi_1$

$\varphi_\infty = 0$

$\varphi_2 - \varphi_1 = 0{,}8dE = 0{,}8U$

$389 + 52 = 441$

$\varphi_\infty = 0$

$\varphi_1 - \cancel{\varphi_0} = \varphi_1$

$-q\varphi_2 = \frac{mv_1^2}{2} - q\varphi_1$

$\varphi_2 - \cancel{\varphi_0} = 0{,}8U + \varphi_1$

$q(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{mv_1^2}{2}$

$\varphi_1 - \varphi_2 = 0{,}8U$

$q \cdot 0{,}8U = \frac{mv_1^2}{2}$

$q \cdot 0{,}8U = \frac{mv_1^2}{2}$

$\varphi_2 - \varphi_1 = 0{,}8U$

$\varphi_1 = \varphi_2 + 0{,}8Ud$

$\varphi_2 = 0{,}8U + \varphi_1$

~~Итак~~

3-1 – изобарный процесс $\Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_3}$

2-3 – изохорный процесс $\Rightarrow \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_1}{T_3}$

$$\frac{V_1 P_2}{T_1 T_2} = \frac{P_1 V_2}{T_3^2}$$, но т.к. $V_1 P_2 = P_1 V_2$, то $T_3 = \sqrt{T_1 T_2}$

$$\eta = \frac{A_\Sigma}{Q_H} = \frac{\frac{1}{2}\nu R (T_2 - 2T_3 + T_1)}{2\nu R (T_2 - T_1)} = \frac{1}{4} \frac{(T_2 - 2\sqrt{T_1 T_2} + T_1)}{T_2 - T_1} =$$

$$= \frac{(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1})^2}{4(\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1})(\sqrt{T_2} + \sqrt{T_1})} = \frac{\sqrt{T_2} - \sqrt{T_1}}{4(\sqrt{T_2} + \sqrt{T_1})}$$

Пусть давления и объем в процессе ~~через~~ отличаются в k раз, т.е. $\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} = k \Rightarrow$ т.к. $\frac{PV}{T} = const \Rightarrow$

$\Rightarrow T_2 = k^2 T_1$

$$\eta = \frac{(k-1)\sqrt{T_1}}{4(k+1)\sqrt{T_1}} = \frac{k-1}{4k+4}$$

$$\lim_{\eta \to \infty} \eta = \frac{1 - \frac{1}{k}}{4 + \frac{4}{k}} = \frac{1}{4} \Rightarrow \max \eta = \frac{1}{4} = 25\%$$

$\boxed{\text{ОТВЕТ!}}$ 1) $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$

2) 3

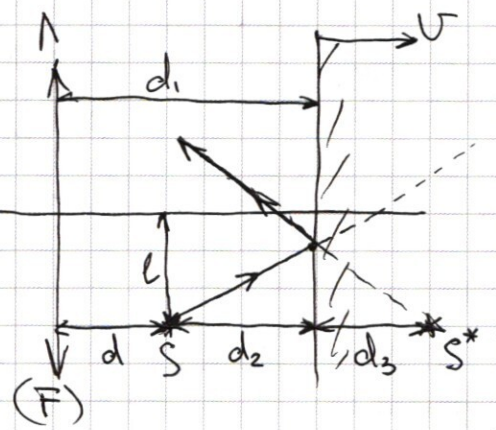
3) 25%

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5



$l = \frac{8F}{15}$

$d = \frac{3F}{5}$

$d_2 = d_1 - d = \frac{3F}{5}$

$d_1 = \frac{6F}{5}$

S^* – мнимое изображение предмета S в зеркале

$d_2 = d_3 = \frac{3F}{5}$

S^* – действительный предмет для Λ

$d_4 = d + d_2 + d_3 = \frac{3F}{5} + \frac{3F}{5} + \frac{3F}{5} = \frac{9F}{5} > F \Rightarrow$

$\Rightarrow$ изображение S^{**} действит. предмета S^* будет действительным. Оно же и будет изображением в системе

По ф-ле тонкой линзы:

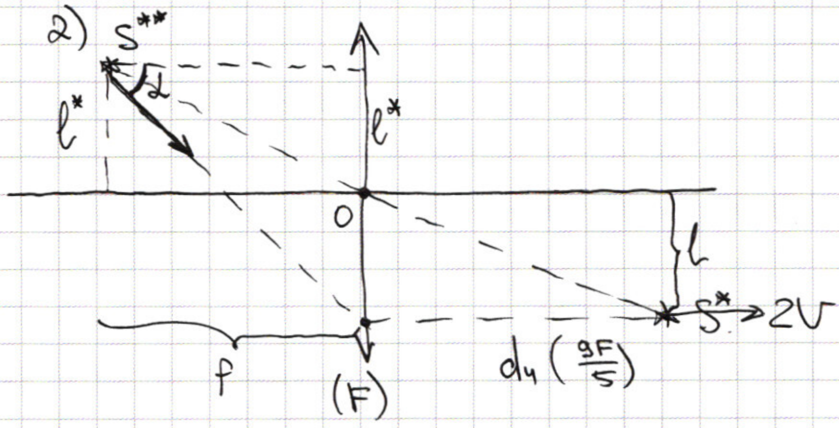
$$\frac{1}{d_4} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{5}{9F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{4}{9F}$$

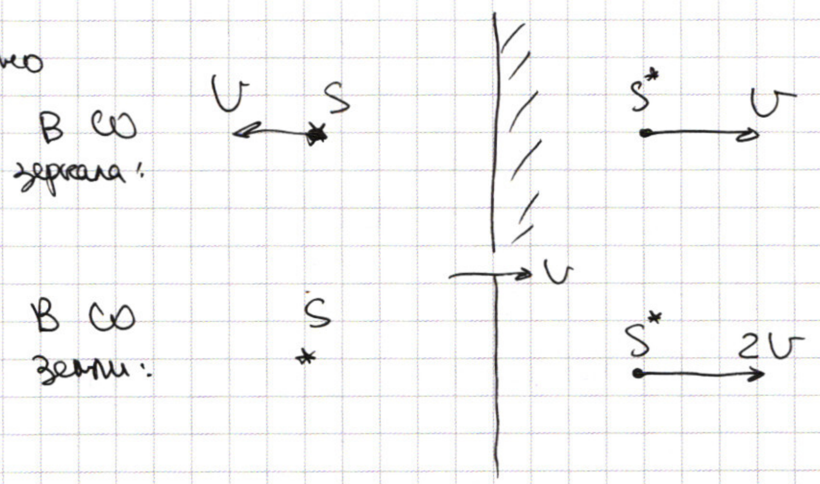
$$\boxed{f = \frac{9F}{4}}$$

2)



S^* в СО земли движется со скоростью $2U$, т.к. в СО зеркала $U_{отн} = U$ и направлена влево для предмета. А только в СО линзы

$U_{предмета} = U_{изобр}$ $\Rightarrow$ $U_{абс} = U_{отн} + U = 2U$
и направлены противоположно



В линзе скорость изображения S^{**} и скорость предмета S^* пересекаются на линзе (продолжения прямых, по которым направлены скорости)

А продольные скорости сонаправлены и $\boxed{\Gamma^2 \cdot 2U = U^* \cos\alpha}$, (1)

где $\Gamma = \frac{f}{d_4} = \frac{9F}{4}\cdot\frac{5}{9F} = \frac{5}{4}$

Из подобия $\Rightarrow \frac{l^*}{l} = \Gamma = \frac{5}{4} \Rightarrow l^* = \frac{5l}{4} = \frac{5}{4}\cdot\frac{8F}{15} = \frac{2}{3}F$

$\operatorname{tg}\alpha = \frac{l^*+l}{f} = \frac{\frac{2}{3}F + \frac{8F}{15}}{\frac{9F}{4}} = \frac{18F}{15}\cdot\frac{4}{9F} = \frac{8}{15} \Rightarrow$

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

3) Подставим $\cos\alpha$ и Γ в (1): $\frac{25}{16}\cdot 2U = U^*\cdot\frac{15}{17}$

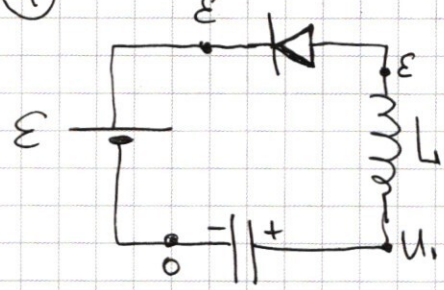
$U^* = \frac{25}{8}U\cdot\frac{17}{15} = \frac{85}{24}U$

$\boxed{\text{ОТВЕТ:}}$ 1) $\frac{9F}{4}$ 3) $U^* = \frac{85}{24}U$

2) $\operatorname{tg}\alpha = \frac{8}{15}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4)



метод узловых потенциалов

1) Сразу после замыкания K

Ток на катушке и напряжение на конденсаторе скачком не изменятся $\Rightarrow U_C(0) = U_1$

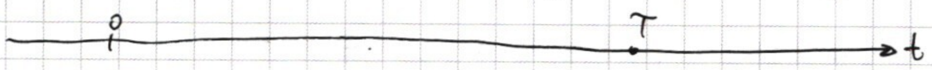
$I_L(0) = 0 \Rightarrow$ тока в цепи нет

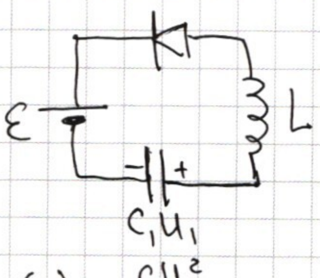
Тока в цепи нет $\Rightarrow U_D(0) = 0$ (по графику)

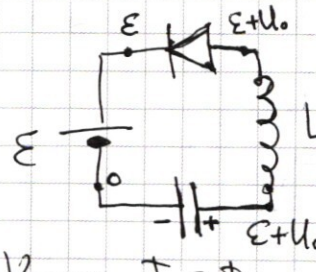
$U_L = L I_L'$

$$I_L' = \frac{U_L}{L} = \frac{U_1 - \mathcal{E}}{L} = \frac{9-6}{0{,}4} = \frac{3}{0{,}4} = 3 \cdot \frac{5}{2} = \frac{15}{2} = \boxed{7{,}5\ \frac{В}{Гн}}$$

2) Рассм. цепь от $t=0$ до $t=\tau$, когда $I = I_{max}$







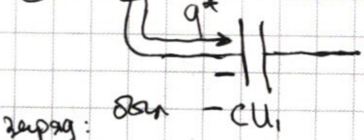
метод узловых потенциалов

$W(0) = \frac{CU_1^2}{2}$

Когда $I = I_{max}$, то $U_L = L I_L' = 0$

Ток в цепи есть $\Rightarrow U_D = U_0$

$$W(\tau) = \frac{C(\mathcal{E}+U_0)^2}{2} + \frac{L I_{max}^2}{2}$$

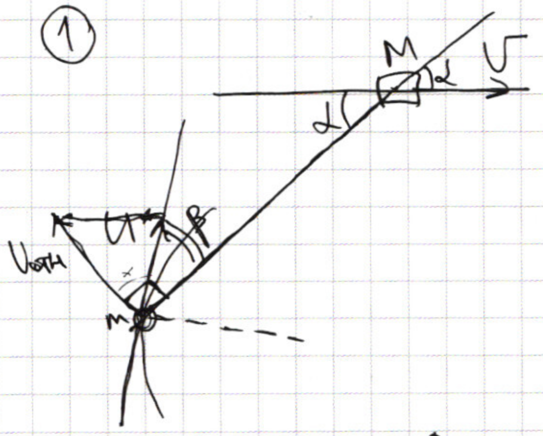


$q^* = C(-(\mathcal{E}+U_0) + U_1)$

заряд: был $-CU_1$

стал $-C\mathcal{E} - CU_0 = -C(\mathcal{E}+U_0)$

(1)



1) В силу нерастяжимости троса проекции скоростей M и m на трос должны быть равны:

$$V\cos\alpha = U\cos\beta \text{ , где}$$

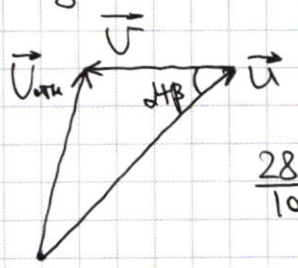
U – скорость кольца, которая

$$V\cdot\frac{4}{5} = U\cdot\frac{8}{17}$$

$$U = \frac{4V}{5}\cdot\frac{17}{8} = \boxed{\frac{17V}{10}}$$

2) $\vec{V}_{отн} = \vec{U} - \vec{V}$

Треугольник скоростей



По т. косинусов:

$$U^2 + V^2 - 2UV\cos(\alpha+\beta) = V_{отн}^2$$

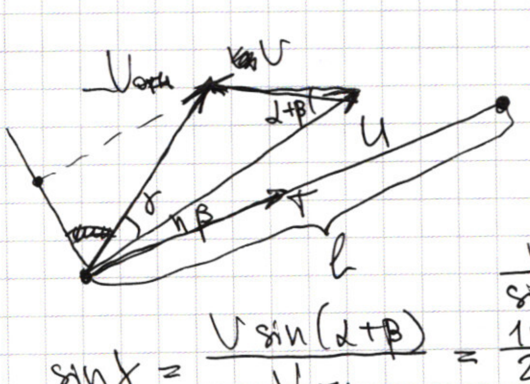
$$\frac{289}{100}V^2 + V^2 + \cancel{2}\cdot\frac{17V}{\cancel{10}_5}\cdot V\cdot\frac{13}{5\cdot\cancel{17}} = V_{отн}^2 \quad (*)$$

$$\left[\begin{aligned}&\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta = \frac{4}{5}\cdot\frac{8}{17} - \frac{3}{5}\cdot\frac{15}{17} = \frac{-13}{5\cdot 17}\\ &\sin(\alpha+\beta) = \sin\alpha\cos\beta + \sin\beta\cos\alpha = \frac{21\cdot 4}{5\cdot 17}\end{aligned}\right]$$

$$(*) \Leftrightarrow V_{отн}^2 = \frac{441}{100}V^2$$

$$V_{отн} = \boxed{\frac{21}{10}V}$$

3)



Рассмотрим $V_{\perp}$ = проекция на перпендикуляр к лифте

В треугольнике скоростей:

$$\frac{V}{\sin\gamma} = \frac{V_{отн}}{\sin(\alpha+\beta)}$$

$$\sin\gamma = \frac{V\sin(\alpha+\beta)}{V_{отн}} = \frac{10}{21}\sin(\alpha+\beta) = \frac{10}{21}\cdot\frac{21\cdot 4}{5\cdot 17} = \frac{8}{17}$$

Значит $\angle\gamma + \angle\beta = 90^\circ$ (т.к. $\sin\gamma = \cos\beta$) и $\vec{V}_{отн} = \vec{V}_{\perp}$

По II з. Ньютона: $\vec{T} = m\vec{a}$: $T = m\dfrac{V_{отн}^2}{l} = \dfrac{m\cdot 441V\cdot 15}{100\cdot 17R} \approx 1{,}6\text{Н}$

ОТВЕТ: 1) $\frac{17V}{10}$ 2) $\frac{21}{10}V$ 3) 1,6Н

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ЗСЭ:

$$A_{ист} = \Delta W + \cancel{Q}$$

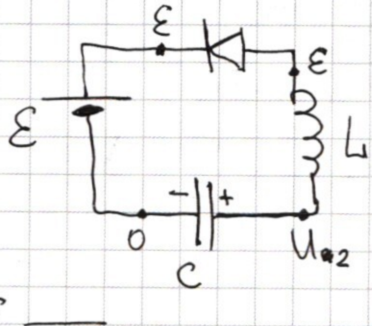
$$-\mathcal{E}C\left(-(\mathcal{E}+U_0)+U_1\right) = \frac{C(\mathcal{E}+U_0)^2}{2} + \frac{LI_{max}^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$

$$\frac{LI_{max}^2}{2} = \frac{CU_1^2}{2} - C\frac{(\mathcal{E}+U_0)^2}{2} - \mathcal{E}C\left(U_1-\mathcal{E}-U_0\right)$$

$$I_{max} = \sqrt{\frac{CU_1^2 - C(\mathcal{E}+U_0)^2 - 2\mathcal{E}C(U_1-\mathcal{E}-U_0)}{L}} =$$

$$= \sqrt{\frac{8\cdot C}{L}} = \frac{8\cdot 10\cdot 10^{-6}}{0,4} = \sqrt{20\cdot 10^{-5}} = \sqrt{2\cdot 10^{-4}} \approx 1,4\cdot 10^{-2} \text{ A}$$

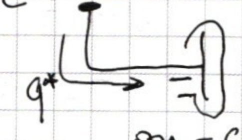
3) В уст. режиме тока через —||— нет, и значит и в цепи $I = 0 \Rightarrow U_D = 0$



ЗСЭ: от $t=0$ до уст. режима

$$A_б = \Delta W$$

$$(CU_1 - CU_2)\mathcal{E} = \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$



$$\boxed{q^* = -CU_2 + CU_1}$$

заряд был $-CU_1$
стал $-CU_2$

$$\cancel{C}(\cancel{U_1-U_2})\mathcal{E} = \frac{\cancel{C}}{2}(\cancel{U_2-U_1})(U_2+U_1)$$

$$U_2 + U_1 = 2\mathcal{E}$$

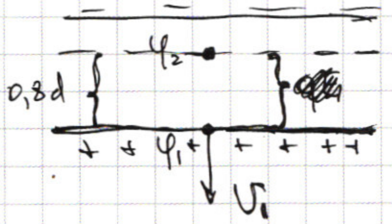
$$U_2 = 2\mathcal{E} - U_1 = \boxed{3\text{В}}$$

ОТВЕТ: 1) $7,5\ \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$ 3) 3В
2) $1,4\cdot 10^{-2}$ А

$\varphi_\infty = 0$

$$\frac{1}{4}\frac{(\sqrt{T_2}-\sqrt{T_1})^2}{(T_2-T_1)} = \frac{1}{4}\frac{\sqrt{T_2}-\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_2}+\sqrt{T_1}} = \frac{1}{4}\frac{k-1}{k+1} \quad k$$

$q\varphi$ $\quad T_2 = k^2 T_1$ $\quad \frac{k-1}{4k+1}$



$\varphi =$

$$\frac{1}{4}\frac{k\sqrt{T_1}-\sqrt{T_1}}{k\sqrt{T_1}+\sqrt{T_1}} = \frac{1}{4}\frac{k-1}{k+1} = \frac{k-1}{4(k+1)}$$

$\varphi_\infty = 0$

$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{U}{d}\cdot 0{,}8d = 0{,}8U$

$\frac{1}{4}$ $\frac{\sqrt{k}-1}{}$

$4k+4-(k-1)\cdot 4$

$\frac{mv_1^2}{2} - q\varphi_1 = -q\varphi_2$

$\frac{mv_1^2}{2} = q(\varphi_1-\varphi_2) =$

$$\frac{4k+4-4k+4}{(k+1)^2}$$

$T_3 = \sqrt{T_1 T_2}$ $\quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_3}$

$$\frac{\frac{1}{2}\nu R(\sqrt{T_2}-\sqrt{T_1})^2}{2\nu R(T_2-T_1)} \quad \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_1}{T_3}$$

A_Σ

$$= \frac{1}{4}\frac{\sqrt{T_2}-\sqrt{T_1}}{\sqrt{T_2}+\sqrt{T_1}} \quad \frac{V_1 P_2}{T_1 T_2} = \frac{P_1 V_2}{T_3^2}$$

$Q_H = 2\nu R(T_2 - T_1)$

$A_\Sigma = \frac{1}{2}\nu R(T_2 - T_1) - \nu R(T_1 - T_3)$

$T_1 T_2 = T_3^2$

$A_\Sigma = \frac{1}{2}\nu R T_2 - \frac{1}{2}\nu R T_1 - \nu R T_1 + \nu R T_3 \quad T_3 = \sqrt{T_1 T_2}$

$A_\Sigma = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = 2\nu R(T_2 - T_1) + \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) +$

$+ \frac{7}{2}\nu R(T_1 - T_3) =$

$= \frac{1}{2}\nu R T_2 + \frac{1}{2}\nu R T_1 - \nu R T_3$

$\frac{1}{2}\nu R(T_2 + T_1 - 2\sqrt{T_1 T_2}) = \frac{1}{2}\nu R(\sqrt{T_1}-\sqrt{T_2})^2 =$

$= \frac{1}{2}\nu R(\sqrt{T_2}-\sqrt{T_1})^2$

$2\nu R(T_2 - T_1)$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$P_2V_2 - 2P_1V_2 + P_1V_1$

$\frac{1}{2}(P_2-P_1)(V_2-V_1) =$

$= \frac{1}{2}(P_2V_2 - P_1V_2 - P_2V_1 + P_1V_1) =$

$= \frac{1}{2}(\nu RT_2 - 2P_1V_2 + \nu RT_1)$

$P_1V_2 = \nu RT_3$

$P_2V_2 = \nu RT_2$

P_1

$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_3}{T_2}$

$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2}$

$\frac{V_1^2}{1{,}6U} = \frac{5V_1^2}{8U}$

$T_3 = \frac{P_1T_2}{P_2} = \frac{V_1T_2}{V_2}$

$1{,}6 = \frac{16}{10} = \frac{8}{5}$

$\left(\nu RT_2 + \nu RT_1 - \nu R\frac{P_1}{P_2}T_2\right)$

$\frac{1}{F} - \frac{5}{3F} = \frac{1}{F} - \frac{5}{9F} = \frac{4}{9F}$

$\frac{1}{2}\nu R(T_2-T_1) + P_1(V_1-V_3) = \frac{1}{2}\nu RT_2 - \frac{1}{2}\nu RT_1 + \nu RT_1 - P_1V_3 =$

$= \frac{1}{2}\nu RT_2 + \frac{1}{2}\nu RT_1 - P_1$

$\frac{1}{2}(P_2V_2 -$

$\frac{\frac{9F}{5}\cdot F}{\frac{9}{5}F - F} = \frac{\frac{9F}{5}}{\frac{4}{5}}$

$Q_н = 2\nu R(T_2-T_1)$

$A_\Sigma = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = 2\nu R(T_2-T_1) + \frac{3}{2}\nu R(T_3-T_2) +$

$+ \frac{5}{2}\nu R(T_1-T_3) = 2\nu RT_2 - 2\nu RT_1 + \frac{3}{2}\nu RT_3 - \frac{3}{2}\nu RT_2 +$

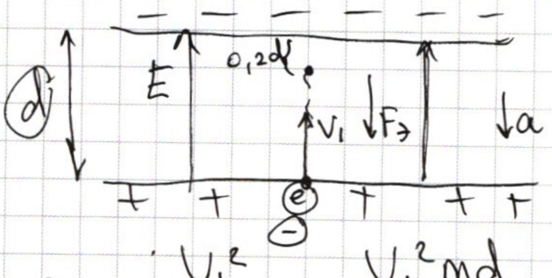
$+ \frac{5}{2}\nu RT_1 - \frac{5}{2}\nu RT_3 = \frac{1}{2}\nu RT_2 + \frac{1}{2}\nu RT_1 - \nu RT_3$

$\frac{1}{2}P_2V_2 + \frac{1}{2}P_1V_1 - P_1V_2 =$

$\frac{25}{18}\cdot 2U = U^*\cdot\frac{15}{17}$ $\times\frac{17}{5}$ $\frac{}{85}$

$\frac{25}{8}U\cdot\frac{17}{15} = U^*$

3)



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

$a = \frac{qU}{md}$

U

$F_Э = ma$

$qE = ma$

$q\frac{U}{d} = ma$

$0{,}8d\cdot 2qU = V_1^2 md$

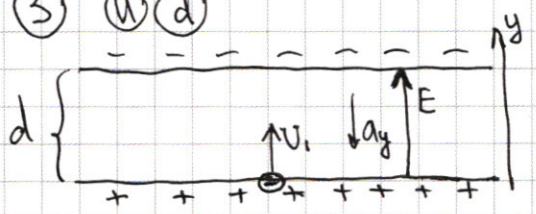
$S = \frac{V_1^2}{2a} = \frac{V_1^2 md}{2qU}$

$\frac{q}{m} = \frac{V_1^2 d}{1{,}6dU}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

3 u d



1) По II з. Ньютона:

$\vec{F}_э = m\vec{a}$

$|q|E = ma_y$

$|q|\frac{U}{d} = ma_y \Rightarrow a_y = \frac{|q|U}{md} = const \Rightarrow$

$\Rightarrow$ движение частицы между обкладками – равнозамедленное

$S = 0{,}8d$ – расстояние, которое пройдет частица до остановки

$S = \frac{v_1^2}{2a_y}$

$0{,}8\cancel{d}\cdot 2\cdot\frac{|q|U}{m\cancel{d}} = v_1^2$

$1{,}6\,\gamma U = v_1^2$

$\gamma = \frac{v_1^2}{1{,}6U} = \boxed{\frac{5v_1^2}{8U}}$

2) Т.к. $F_э$ потенциальная сила $\Rightarrow$ $A_{F_э}$ за полное время полета внутри конденсатора $= 0$, частица вернется в исходную точку со скоростью v_1 $\Rightarrow$ t до остановки $= t$ вылета

$t = \frac{v_1}{a} = \frac{v_1\cdot md}{|q|U} = \frac{v_1 d}{\gamma U} = \frac{v_1 d}{\cancel{U}}\cdot\frac{8\cancel{U}}{5v_1^2} = \frac{8d}{5v_1}$

Полное время полета $T = 2t = \boxed{\frac{16d}{5v_1}}$

ОТВЕТ: 1) $\gamma = \frac{5v_1^2}{8U}$

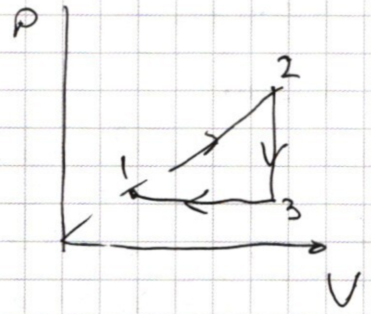
2) $T = \frac{16d}{5v_1}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2



$$\eta = \frac{\frac{1}{2}(\nu RT_2 - 2\nu R\sqrt{T_1T_2} + \nu RT_1)}{2\nu R(T_2-T_1)} = \frac{1}{4}\frac{\nu R(\sqrt{T_2}-\sqrt{T_1})^2}{\nu R(T_2-T_1)} = \frac{1}{4}\frac{(\sqrt{T_2}-\sqrt{T_1})^2}{T_2-T_1}$$

$$T_2 = k^2 T_1$$

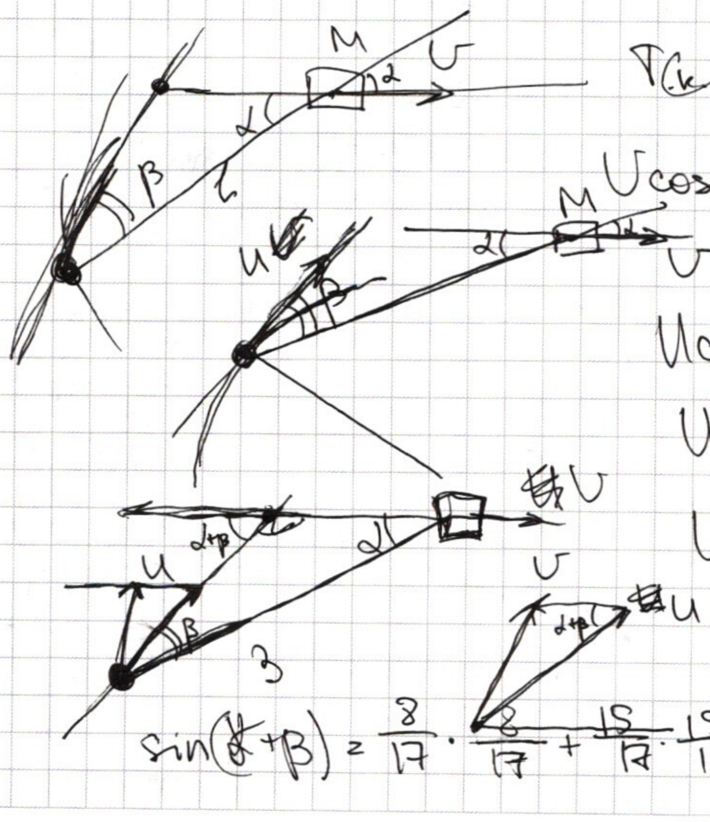
$$\frac{1}{4}\cdot\frac{(k\sqrt{T_1}-\sqrt{T_1})^2}{(k^2T_1-T_1)} = \frac{1}{4}\frac{(k-1)^2T_1}{(k^2-1)T_1} = \frac{(k-1)^2}{4(k^2-1)}$$

$V_{отн}$, T

$$2(k-1)\cdot 4(k^2-1) - (k-1)^2\cdot 4\cdot 2k =$$

$$= 8(k-1)^2(k+1) - (k-1)^2\cdot 8k = (k-1)^2(\cancel{8k}+8-\cancel{8k})$$

$$k=1$$



$\frac{21}{20}V$

$$U\cos\alpha = U$$

$$\frac{389}{100} + \frac{13}{25} = $$

$$389 + 52 = 441$$

$$13 \times 4 = 52$$

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

$$U\cdot\frac{8}{17} = V\cdot\frac{4}{5}$$

$$U = \frac{4V}{5}\cdot\frac{17}{8} = \boxed{\frac{17V}{10}}$$

$$21\times21 = 441$$

$$64-45$$

$$32-$$

$$64-45=19$$

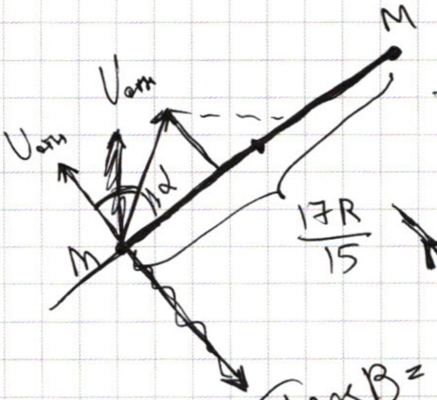
$$45-32=13$$

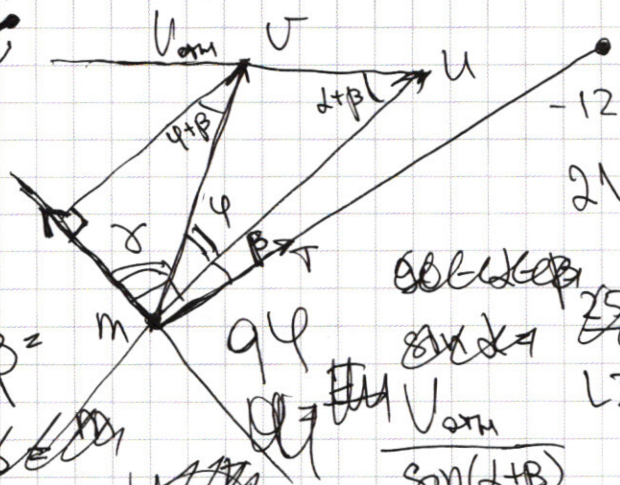
$$\sin(\alpha+\beta) = \frac{8}{17}\cdot\frac{8}{17} + \frac{15}{17}\cdot\frac{15}{17} = 1 \quad T=$$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$C\cdot 81 - C\cdot 49$





$-12C = -16C + \frac{LI_{max}^2}{2}$

$21\cdot 4$

$4C = \frac{LI_{max}^2}{2}$

$LI_{max}^2 = 8C$

$T\cos\beta =$

94

$\frac{V_{отн}}{\sin(\alpha+\beta)}$

$T = \frac{mV_{отн}^2}{l}$

$I_{max} = \sqrt{\frac{8C}{L}} = \frac{8\cdot 10\cdot 10^{-6}}{0{,}4} = 20\cdot 10^{-5} = 2\cdot 10^{-4}$

$\frac{v^2}{R} = ma$

$\sin(\varphi+\beta) = \frac{V_{\perp}}{V_{отн}}$

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

$= \frac{3}{5}\cdot\frac{8}{17} + \frac{4}{5}\cdot\frac{15}{17} = \frac{84}{5\cdot 17} = \frac{21\cdot 4}{5\cdot 17}$

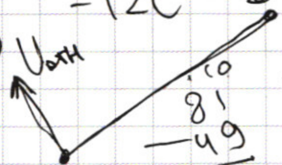
$19\cdot 17 = 133 + 19\cdot 10 = 323$

$441 \cdot 1{,}2 = 882 + 4410 = 5292$

$\frac{c}{2}(49 - 81)$

$\frac{v}{\sin\varphi} = \frac{V_{отн}}{\sin(\alpha+\beta)} = \frac{\frac{21}{10}v}{\sin(\alpha+\beta)}$

$-12C =$



$81 - 49 = 32$

$I_L = \boxed{4C}$

$K = 4C$

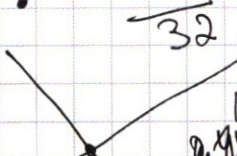
$\frac{441\cdot 0{,}4\cdot 2\cdot 15}{100\cdot 17\cdot 1{,}9} = \frac{441\cdot 1{,}2}{19\cdot 17}$

$\frac{21}{10}\sin\varphi = \frac{21\cdot 4}{5\cdot 17}$

$\frac{529{,}2}{323}$

$\sin\varphi = \frac{4\cdot 10}{5\cdot 17} = \frac{8}{17}$

$5292 - 323 = 2062$; 16



$LI^2 = 8C$

$\sin(\varphi+\beta) = \sin\varphi\cos\beta + \cos\varphi\sin\beta =$

$= \frac{8}{17}\cdot\frac{8}{17} + \frac{15}{17}\cdot\frac{15}{17} = 1$

$2062 - 1938 = 124$

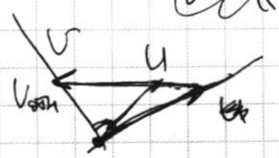
$323 \cdot 6 = 1938$ m.

$\frac{C\cdot 8}{0{,}4}$; $I^2 = \frac{8C}{L}$

В уст. режиме тока в цепи $T = m\frac{V_{отн}^2}{l}$

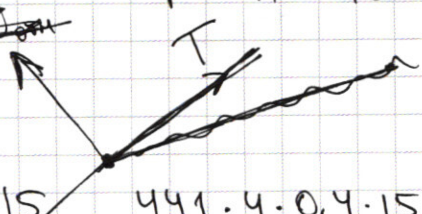
$\frac{10\cdot 10^{-6}\cdot 8\cdot 10}{4} = 2\cdot 10^{-4}$

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



$T = m\cdot\frac{441}{100}v^2\cdot\frac{15}{17R}$

$\frac{mV_1^2}{2} + -94$



$m\frac{V_{отн}^2\cdot 15}{17R} = T$

$T\cos$

$\left(\frac{21}{10}\right)^2 v^2$

$\frac{\frac{441}{100}v^2\cdot m\cdot 15}{17\cdot 1{,}9} = \frac{441\cdot 4\cdot 0{,}4\cdot 15}{17\cdot 190}$

$T = \frac{81 - 73}{8}$

$49 + 24 = 73$

$C(81 - 49 - 2\cdot 6\cdot 2) =$

$\frac{C\cdot 8}{0{,}4} =$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)