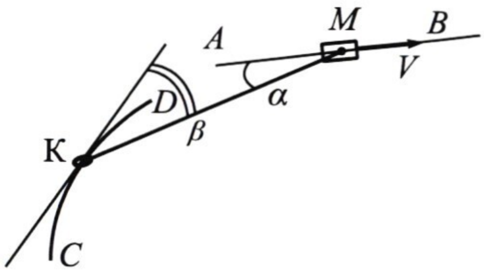
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-01

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

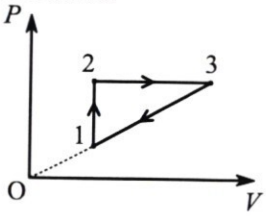
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0{,}1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1{,}9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол $\alpha(\cos\alpha = 15/17)$ с направлением движения муфты и угол $\beta(\cos\beta = 4/5)$ 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.



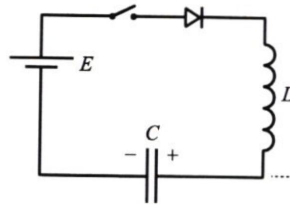
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S, расстояние между обкладками d $\left(d << \sqrt{S}\right)$. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0{,}25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\dfrac{q}{m} = \gamma$.

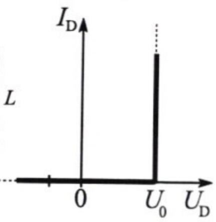
1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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.

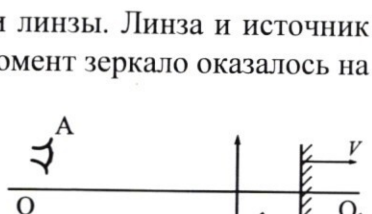
1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.





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.

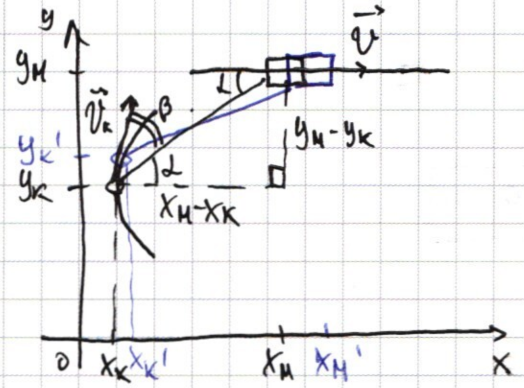


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① Рассмотрим виртуальное перемещение системы за малое Δt:

1) 

Запишем длину нити до и после:

$$\begin{cases} l^2 = (x_M - x_K)^2 + (y_M - y_K)^2 \\ l'^2 = (x'_M - x'_K)^2 + (y_M - y'_K)^2 \\ l' = l \ (\text{т.к. нить нерастяжима}) \end{cases}$$

$$(x_M - x_K)^2 + (y_M - y_K)^2 = (x'_M - x'_K)^2 + (y_M - y'_K)^2$$

$$((x'_M - x_M) - (x'_K - x_K))((x'_M + x_M) - (x'_K + x_K)) = ((y_M - y_M) + (y'_K - y_K))((y_M + y_M) - (y'_K + y_K))$$

$x'_M + x_M \approx 2x_M$; $x'_K + x_K \approx 2x_K$; $y'_K + y_K \approx 2y_K$

$$\begin{cases} 2(\Delta x_M - \Delta x_K)(x_M - x_K) = 2\Delta y_K (y_M - y_K) \\ \dfrac{y_M - y_K}{x_M - x_K} = \operatorname{tg}\alpha \end{cases}$$

$$2(\Delta x_M - \Delta x_K) = 2\Delta y_K \operatorname{tg}\alpha$$

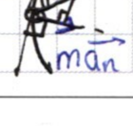
$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x_M}{\Delta t} = v_{x_M} = v; \quad \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x_K}{\Delta t} = v_{x_K}; \quad \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta y_K}{\Delta t} = v_{y_K}$$

$$\left.\begin{array}{l} (v - v_{x_K}) = \operatorname{tg}\alpha \, v_{y_K} \\ v_{x_K} = v_K \cos(\alpha+\beta); \ v_{y_K} = v_K \sin(\alpha+\beta) \end{array}\right\} v = v_K(\cos(\alpha+\beta) + \operatorname{tg}\alpha \cdot \sin(\alpha+\beta))$$

$$\boxed{v_K = \frac{v}{\cos(\alpha+\beta) + \operatorname{tg}\alpha \cdot \sin(\alpha+\beta)}}$$

2) $\vec{v}_{отн} = \vec{v}_K - \vec{v}$

$$\left.\begin{array}{l} v_{x\,отн} = v_{K_x} - v = -\operatorname{tg}\alpha \cdot v_{y_K} \\ v_{y\,отн} = v_{K_y} \end{array}\right\} \boxed{v_{отн} = \sqrt{v_{отн_x}^2 + v_{отн_y}^2} = \frac{v_{K_y}}{\cos\alpha} = v_K \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\cos\alpha}}$$

3) 

$$\left.\begin{array}{l} m\vec{a_n} + m\vec{a_\tau} = \vec{T} \ (\text{II}) \Rightarrow m a_n = T \sin\beta \ (\text{на } \vec{a_n}) \\ a_n = \frac{v_K^2}{R} \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{T = \frac{m v_K^2}{R \sin\beta}}$$

$\sin\alpha = \frac{\sqrt{24}}{17} \approx \frac{5}{17}$ $\qquad$ $\sin\beta = \frac{3}{5}$

$\cos\alpha = \frac{15}{17}$ $\qquad$ $\cos\beta = \frac{4}{5}$

$\operatorname{tg}\alpha \approx \frac{1}{3}$

$\underline{\sin(\alpha+\beta)} = \sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta = \frac{5}{17}\cdot\frac{4}{\cancel{5}} + \frac{3}{\cancel{5}}\cdot\frac{\overset{3}{\cancel{15}}}{17} = \frac{13}{17}$

$\underline{\cos(\alpha+\beta)} = \cos\alpha\cdot\cos\beta - \sin\alpha\cdot\sin\beta = \frac{\overset{3}{\cancel{15}}}{17}\cdot\frac{4}{5} - \frac{5}{17}\cdot\frac{3}{\cancel{5}} = \frac{9}{17}$

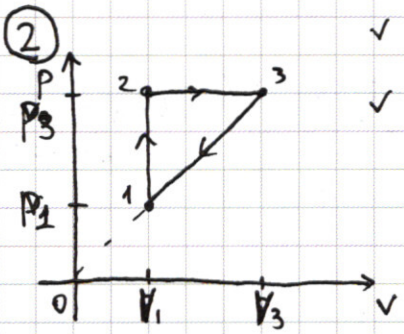
$$\boxed{v_к} = \frac{v}{\operatorname{tg}\alpha\cdot\sin(\alpha+\beta) + \cos(\alpha+\beta)} = \frac{v}{\frac{1}{3}\cdot\frac{13}{17} + \frac{9^{(3}}{17}} = \frac{3\cdot17\cdot v}{40} = \boxed{\frac{3\cdot17^2}{10} \approx 75\,\frac{см}{с}}$$

$$\boxed{v_{отн}} = v_к\,\frac{\frac{13}{\cancel{17}}}{\frac{15}{\cancel{17}}} = \overset{5}{\cancel{75}}\,\frac{13}{\cancel{15}} = \boxed{65\,\frac{см}{с}}$$

$$\boxed{T} = \frac{m v_к^2}{R\sin\beta} = \frac{0{,}1\cdot\left(\frac{3}{4}\right)^2}{1{,}9\cdot\frac{3}{5}}(Н) = \frac{\frac{1}{\cancel{10}}\cdot\frac{\cancel{9}^{3}}{16}}{\frac{19}{\cancel{10}}\cdot\frac{\cancel{3}}{5}} = \frac{15}{19\cdot16} \approx \boxed{49\,мН}$$

Ответ: $75\,\frac{см}{с}$; $65\,\frac{см}{с}$; $49\,мН$

2



✓ 1-2: $p\uparrow$, $V=const \Rightarrow T\uparrow$ – изохора, $Q_п$ $(Q>0)$

✓ 2-3: $p=const$, $V\uparrow \Rightarrow T\uparrow$ – изобара, $Q_п$ $(Q>0)$

3-1: $p\downarrow$, $V\downarrow \Rightarrow T\downarrow$, $Q_{отв}$ $(Q<0)$

1) 1-2: $\delta Q = dU$ $(\delta A = 0)$ $\Rightarrow C_V\delta T = \frac{3}{2}\nu R\,\delta T \Rightarrow \underline{C_V = \frac{3}{2}\nu R}$

2-3: $\begin{cases}\delta Q = dU + \delta A & \text{– первое начало ТД}\\ \delta A = \nu R\,\delta T = p\,dV & (т.к.\ V dp = 0)\end{cases}$

$C_p\,\delta T = \frac{3}{2}\nu R\,\delta T + \nu R\,\delta T = \frac{5}{2}\nu R\,\delta T \Rightarrow \underline{C_p = \frac{5}{2}\nu R}$

$$\boxed{\frac{C_{\nu V}}{C_{\nu p}} = \frac{C_V}{C_p} = \frac{3}{5}}$$

Для 2-3:

2) $\left.\begin{aligned} A &= \nu R\,\Delta T \\ Q &= \frac{5}{2}\nu R\,\Delta T\end{aligned}\right\} \Rightarrow \boxed{\frac{Q}{A} = \frac{5}{2}}$

3) $\eta = \frac{A}{Q_п}$ $\quad A = \frac{(p_2-p_1)(V_3-V_2)}{2}$; $Q_п = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2}V_2(p_2-p_1) + \frac{5}{2}p_2(V_3-V_2) =$

$= \frac{3}{2}V_2p_2 - \frac{3}{2}V_2p_1 + \frac{5}{2}V_3p_2 - \frac{5}{2}V_2p_2 =$

$= \frac{5}{2}p_2V_3 - p_2V_2 - \frac{3}{2}p_1V_2$

$A = \frac{p_2V_3 - p_1V_3 - p_2V_2 + p_1V_2}{2}$

☐ черновик ☒ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

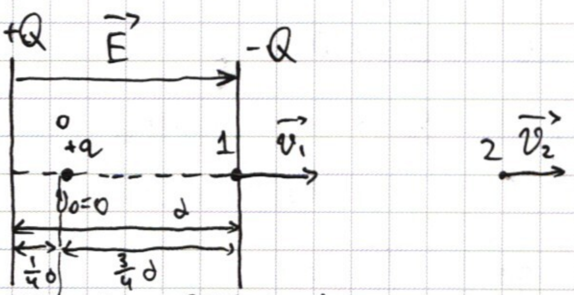
$$\begin{cases}\eta = \dfrac{1}{2}\,\dfrac{p_2V_3 - p_1V_3 - p_2V_2 + p_1V_2}{\frac{5}{2}p_2V_3 - p_2V_2 - \frac{3}{2}p_1V_2}\;(:p_1V_2) = \dfrac{1}{2}\,\dfrac{\frac{p_2}{p_1}\frac{V_3}{V_2} - \frac{V_3}{V_2} - \frac{p_2}{p_1} + 1}{\frac{5}{2}\frac{p_2}{p_1}\frac{V_3}{V_2} - \frac{p_2}{p_1} - \frac{3}{2}} \\ \text{Для } 3\text{-}1: \ \dfrac{p_1}{V_1} = \dfrac{p_3}{V_3};\ V_1 = V_2;\ p_2 = p_3 \\ \Downarrow \\ \dfrac{p_2}{p_1} = \dfrac{V_3}{V_2} = n \end{cases}$$

$$\eta = \frac{1}{2}\,\frac{n^2 - 2n + 1}{\frac{5}{2}n^2 - n - \frac{3}{2}} = \frac{n^2 - 2n + 1}{5n^2 - 2n - 3} = \frac{(n-1)^2}{5\cancel{(n-1)}(n+0{,}6)} = \frac{1}{5}\,\frac{n-1}{n+0{,}6} = \frac{1}{5}\left(1 - \frac{1{,}6}{n+0{,}6}\right)$$

$\eta(n)$ - гипербола $\Rightarrow \boxed{\eta_{max} = \lim\limits_{n\to\infty}\eta = \frac{1}{5}}$

Ответ: $3:5$, $\frac{5}{2}$, $\frac{1}{5} = 20\%$

③



$$\begin{cases} m\vec{a} = \vec{F}_{эл}\ (\mathrm{II}) \\ \vec{F}_{эл} = q\vec{E} \end{cases}$$

$ma = qE$ (в проекциях)

$$\Downarrow$$

$$\begin{cases} a = \gamma E = const \\ \frac{3}{4}d = \dfrac{v_1^2}{2a}\ \text{(формула перемещения без времени)} \\ \Downarrow\ a = \dfrac{2v_1^2}{3d} = \dfrac{2\cdot 9d^2}{4T^2\cdot 3d} = \dfrac{3d}{2T^2} \end{cases}$$

При равноускоренном Δ:

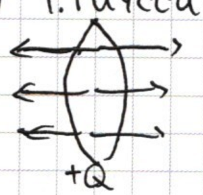
$$\begin{cases} \langle v\rangle = \dfrac{v_0 + v_1}{2} = \dfrac{v_1}{2} \\ \langle v\rangle = \dfrac{\frac{3}{4}d}{T} \end{cases}$$

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

$$E = \frac{3d}{2T^2\gamma}$$

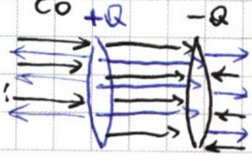
Рассмотрим каждую пластину в отдельности:

По т. Гаусса:



$$\begin{cases} \Phi = 2ES \text{ (в 2 стороны)} \\ \Phi = \dfrac{Q}{\varepsilon_0} \end{cases} \Rightarrow E_0 = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}$$

Если их сложить:



$E_{вн} = 2E_0 = \dfrac{Q}{\varepsilon_0 S}$

$E_{сн} = 0 \Rightarrow \varphi_{снар} = const$ (1)

$$\boxed{Q = \frac{3\varepsilon_0 S d}{2\gamma T^2}}$$

(т.к. в однородном поле $\operatorname{grad}\varphi = -\vec{E}$)

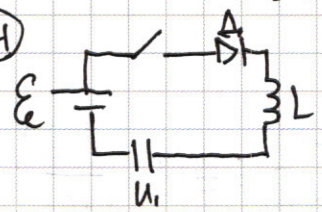
ЗСЭ ~~для~~ Запишем теорему о кинетической энергии для 1-2:

$$\begin{cases} \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = q(\varphi_2 - \varphi_1) \\ \text{Но } \varphi_{снар} = const \Rightarrow \varphi_2 - \varphi_1 = 0 \\ \text{(см. (1))} \end{cases}$$

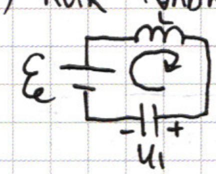
$$\boxed{v_2 = v_1 = \frac{3d}{2T}}$$

Ответ: $\frac{3d}{2T}$; $\frac{3\varepsilon_0 S d}{2\gamma T^2}$; $\frac{3d}{2T}$

4



1) Как только замыкают ключ $I = 0$, $U_д = 0$

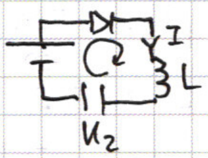


$$\begin{cases} \mathcal{E} + \mathcal{E}_S = U_1 \text{ (2 п-по Кирхгофа)} \\ \mathcal{E}_S = -L\frac{dI}{dt} \end{cases}$$

$$\boxed{\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E} - U_1}{L}} = 40\,\frac{A}{c}$$

2) Т.к. ток максимален $\Rightarrow$ Д пропускает ток $\Rightarrow U_д = U_0$

$I \to max \Rightarrow \frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow \mathcal{E}_S = 0$



$U_0 + U_2 = \mathcal{E} \Rightarrow U_2 = \mathcal{E} - U_0$

$q_2 = C(\mathcal{E} - U_0)$

Запишем ЗСЭ для 1-2:

$$\begin{cases} \Delta W + Q = A_{ист} \\ Q = U_0\int_0^t I\,dt = U_0 \Delta q = U_0(q_2 - q_1) \\ A_{ист} = \mathcal{E}(q_2 - q_1) \\ \Delta W = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{CU_2^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} \end{cases}$$

$$\frac{LI_m^2 + C(\mathcal{E} - U_0)^2 - CU_1^2}{2} = C(\mathcal{E} - U_0)(\mathcal{E} - U_0 - U_1)$$

$$LI_m^2 + C(\mathcal{E} - U_0 + U_1)(\mathcal{E} - U_0 - U_1) = C(2\mathcal{E} - 2U_0)(\mathcal{E} - U_0 - U_1)$$

$$LI_m^2 = C(\mathcal{E} - U_0 - U_1)(\mathcal{E} - U_0 - U_1)$$

$$\boxed{I_m = \sqrt{\frac{C}{L}}(\mathcal{E} - U_0 - U_1)} = 60\text{ мА}$$

3) Д пускает ток только на зарядку конденсатора

$\Downarrow$

Когда I поменяет направление, Д закроется

$\Downarrow$

$I_3 = 0 \Rightarrow$ 3 состояние (установившееся)

Запишем ЗСЭ для 1-3:

$$\frac{CU_3^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = (\mathcal{E} - U_0)(q_3 - q_1)$$

$$\frac{q_3 + q_1}{2C} = \mathcal{E} - U_0$$

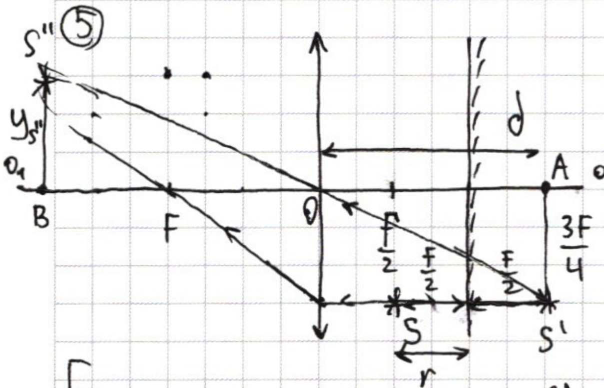
$$q_3 = 2C(\mathcal{E} - U_0) - q_1$$

$$\boxed{U_3 = 2(\mathcal{E} - U_0) - U_1} = 11\text{ В}$$

Ответ: $40\,\frac{A}{c}$; 60 мА; 11 В

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5



1) $d = \frac{3F}{2}$ – действительный источник (для линзы)

$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ (ф-ла тонкой линзы) (1)

$\frac{2}{3F} + \frac{1}{f} = \frac{3}{3F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{3F} \Rightarrow \boxed{f = 3F}$

2) Из (1) $\Rightarrow f = \frac{Fd}{d-F}$

$v_x = \frac{df}{dt} = \frac{F(d-F) - Fd}{(d-F)^2} \cdot \frac{d(d)}{dt} = -\left(\frac{F}{d-F}\right)^2 \cdot 2v$

Если зеркало двигается с v, то $\frac{dr}{dt} = v$, тогда $\frac{d(d)}{dt} = 2v$

В данный момент времени:

$\underline{v_x = -8v}$

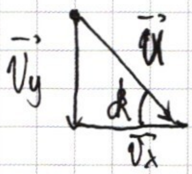
Из подобия BOS'' и AOS'

$y_{s''} = \frac{3F}{4} \frac{f}{d}$

$v_y = \frac{dy_{s''}}{dt} = \frac{3F}{4} \frac{f'd - fd'}{d^2} = \frac{3F}{4} \frac{-8vd - 2vf}{d^2} = -\frac{3Fv}{2} \frac{4d+f}{d^2}$

В данный момент времени:

$\underline{v_y} = -\frac{3Fv}{2} \frac{6F+3F}{\frac{9F^2}{4}} = \underline{-6v}$



$\boxed{\operatorname{tg}\alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{-8v}{-6v} = \frac{4}{3}}$

3) $\boxed{u = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 2v\sqrt{3^2+4^2} = 10v}$

Ответ: $3F$; $\operatorname{arctg}\frac{4}{3}$; $10v$

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$q_2 = C(\mathcal{E} - U_0) = 8C$ $\qquad \Delta W + Q = A_{ист}$

$q_1 = 5C$

$$\begin{cases} \frac{LI_m^2}{2} + \frac{q_2^2}{2C} - \frac{CU_1^2}{2} + U_0 \int_{t_1}^{t_2} I\,dt = \mathcal{E}(q_2 - q_1) \\ q_1 = CU_1 \\ q_2 = C(\mathcal{E} - U_0) \end{cases}$$

$64 \qquad 25 \qquad (q_2 - q_1)$

$A_{ист} = 27C$

$Q = 3C$

$\cancel{A_{ист} - Q = 24C}$

$\cancel{W_2 - W_1 = \frac{39}{2}C}$

$$\frac{LI_m^2}{2} + \frac{C(\mathcal{E} - U_0)^2 - CU_1^2}{2} = C(\mathcal{E} - U_0)(\mathcal{E} - U_0 - U_1)$$

$$C(\mathcal{E} - U_0 + U_1)(\mathcal{E} - U_0 - U_1)$$

$$LI_m^2 = C(\mathcal{E} - U_0 - U_1)(\mathcal{E} - U_0 - U_1)$$

$$LI_m^2 = C(\mathcal{E} - U_0 - U_1)^2$$

$$\boxed{I_m = \sqrt{\frac{C}{L}}(\mathcal{E} - U_0 - U_1)}$$

Диод пускает ток только на зарядку конденсатора

~~Если I поменяет направление, то~~

Когда $U_g < U_0$, д. закроется

$\cancel{\mathcal{E} + \mathcal{E}_S = U_C + U_g}$ $\qquad U_g = \mathcal{E} + \mathcal{E}_S - U_C$

$нк = 10^{-6}$

$\sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-6}}{10^{-1}}} = \sqrt{4 \cdot 10^{-4}} = 2 \cdot 10^{-2}$

$6 \cdot 10^{-2} = 60$ мА

$I = 0$

$$\frac{CU_3^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} = (\mathcal{E} - U_0)(q_3 - q_1)$$

$$C(\mathcal{E} - U_0)(U_3 - U_1)$$

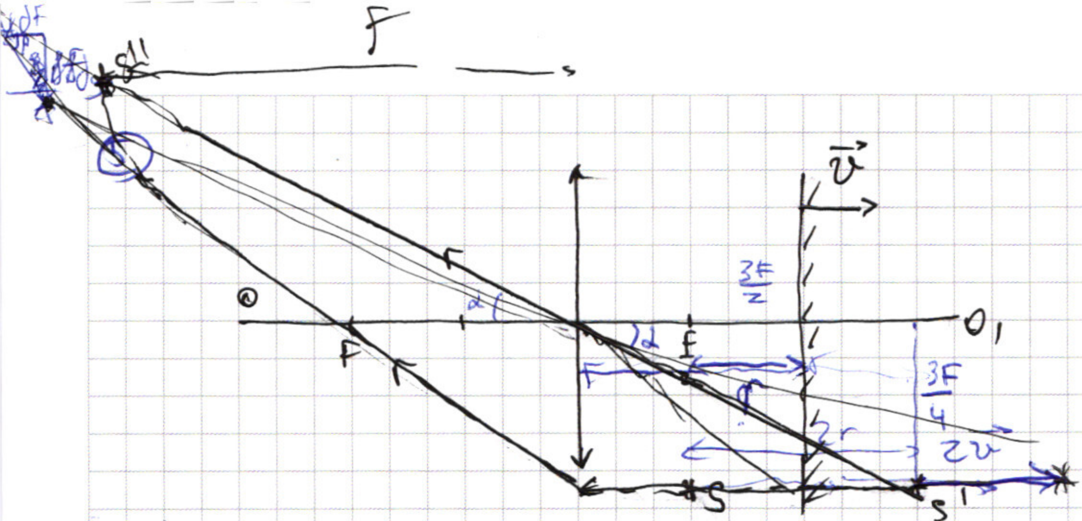
$$C(U_3 - U_1)(U_3 + U_1) = 2C(\mathcal{E} - U_0)(U_3 - U_1)$$

$$C(U_3 - U_1)\left(2(\mathcal{E} - U_0) - (U_1 + U_3)\right) = 0$$

$$\left[\begin{array}{l} U_3 = U_1 - \text{изн.} \\ U_1 + U_3 = 2(\mathcal{E} - U_0) \end{array}\right. \Rightarrow \boxed{U_3 = 2(\mathcal{E} - U_0) - U_1} \quad 11\ В$$

☒ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)



v_x

$f' = \frac{F(d-F)-dF}{(d-F)^2} d' = -\left(\frac{F}{d-F}\right)^2 2v$

$f = \frac{dF}{d-F}$

$d = \frac{3}{2}F$

$d = \frac{F}{2} + 2r = \frac{3F}{2}$

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

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

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

$\boxed{f = 3F}$

$tg\alpha = \frac{1}{2}$

$y_{s'} = f\, tg\alpha = \frac{3}{2}F$

$v_x = 8v$

$y = f\, tg\alpha = f\frac{\frac{3F}{4}}{d}$

Пусть $d' = \frac{3F}{2} + dS$

$tg\alpha' = \frac{\frac{3F}{4}}{\frac{3F}{2} + dS}$

$ctg\alpha = 2 + \frac{4dS}{3F}$

$\boxed{tg\beta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{1}{4}}$ $\boxed{u = 2v\sqrt{4^2+1^2} = 2\sqrt{17}v}$

$\frac{1}{\frac{3F}{2}+dS} + \frac{1}{f+df} = \frac{1}{F}$

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

$\frac{1}{f+df} = \frac{\frac{3}{2}F+dS-F}{\left(\frac{3}{2}F+dS\right)F}$

$3F + df = \frac{\left(\frac{3}{2}F+dS\right)F}{\frac{1}{2}F+dS}$

$f = 3F$

$v_y = y' = \frac{3}{4}F\left(\frac{f}{d}\right)' = \frac{3}{4}F\frac{8vd - 2vf}{d^2} = \frac{3}{2}Fv\frac{6F-3F}{9F^2}$

$\frac{dy}{dt} = v_y$

$\frac{df}{dt} = v_x$

$u = \sqrt{v_y^2 + v_x^2} = \sqrt{\frac{1}{9}\left(\frac{dS}{dt}\right)^2 + 16\left(\frac{dS}{dt}\right)^2}$

$\frac{dS}{dt} = 2v$

$u = 2v\sqrt{\frac{1}{9} + 16}$

$u = \frac{2}{3}\sqrt{145}\, v$

$\cancel{\frac{3}{2}F^2} + 3FdS + \frac{1}{2}Fdf + \cancel{dfdS} = \cancel{\frac{3}{2}F^2} + FdS$

$2FdS + \frac{1}{2}Fdf = 0$

$df = -4dS = -8vdt$

$\frac{3}{2}f + dy = f\frac{6F-8dS}{6F+4dS}$

$\frac{f+df}{ctg\alpha'} = \frac{3F - 8dS}{6F+4dS}$

$9F^2 + 6Fdy - 6FdS + \cancel{4dSdy} + dy =$

$\cancel{9F^2} + 6Fdy - 6FdS = -8FdS$

$6dy = -2dS$ $\quad dy = -\frac{1}{3}dS$

☒ черновик ☐ чистовик Страница №__

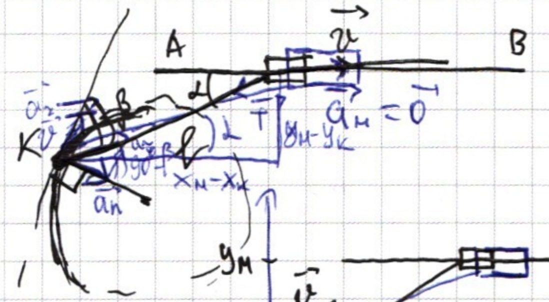
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

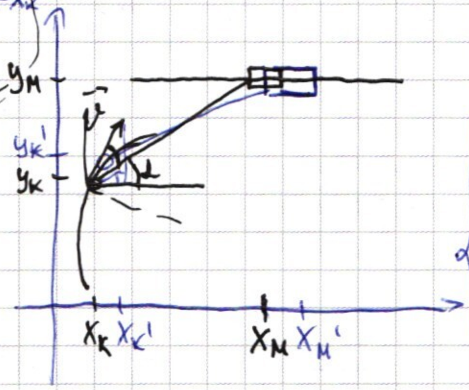
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

①



Т.к. $v = const \Rightarrow a_м = 0$



$17^2 = \begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ 17 \\ \hline 289 \end{array}$

$249 - 225 = 24$

$$\begin{cases} \ell^2 = (x_м - x_к)^2 + (y_м - y_к)^2 \\ \ell'^2 = (x_м' - x_к')^2 + (y_м - y_к')^2 \\ \ell^2 = \ell'^2 \end{cases}$$

$v_{x_к} = v_к \cos(\alpha+\beta)$

$v_{y_к} = v_к \sin(\alpha+\beta)$

$= \frac{\sqrt{24}}{17} \cdot \frac{4}{5} + \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5}$ $\frac{9}{17}$

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

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

$\sin\alpha = \frac{\sqrt{24}}{17}$ $\quad tg\alpha = \frac{\sqrt{24}}{15}$

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

$(x_м - x_к)^2 + (y_м - y_к)^2 = (x_м' - x_к')^2 + (y_м - y_к')^2$

$(x_м' - x_м - x_к' + x_к)(x_м' + x_м - x_к' - x_к) =$

$= (y_м - y_к - y_м + y_к')(y_м - y_к + y_м - y_к')$

$(\Delta x_м - \Delta x_к)(x_м' + x_м - x_к' - x_к) =$ $\quad \simeq 2(x_м - x_к)$

$= \Delta y_к (2y_м - y_к' - y_к)$

$\simeq 2(y_м - y_к)$

$(\Delta x_м - \Delta x_к)(x_м - x_к) = \Delta y_к (y_м - y_к)$

$(v - v_{x_к})(x_м - x_к) = v_{y_к}(y_м - y_к)$

$$\begin{cases} v_{x\,отн} = -tg\alpha\, v_{y_к} \\ v_{y\,отн} = v_{y_к} \end{cases}$$

$\frac{y_м - y_к}{x_м - x_к} = tg\alpha$

$$\begin{cases} ma_n = T\sin\beta \\ a_n = \frac{v_к^2}{R} \end{cases}$$

$\boxed{T = \frac{mv_к^2}{R\sin\beta}}$

$\boxed{v_{отн} = \frac{v_{y_к}}{\cos\alpha} = v_к \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\cos\alpha}}$

$(v - v_{x_к}) = tg\alpha\, v_{y_к}$

$v - v_к\cos(\alpha+\beta) = v_к\, tg\alpha \sin(\alpha+\beta)$

$v_к (tg\alpha \sin(\alpha+\beta) + \cos(\alpha+\beta)) = v$

$$\boxed{v_к = \frac{v}{tg\alpha \cdot \sin(\alpha+\beta) + \cos(\alpha+\beta)}}$$

$\sin\alpha = \frac{\sqrt{24}}{17} \approx \frac{5}{17}$ $\sin\beta = \frac{3}{5}$

$\cos\alpha = \frac{15}{17}$ $\cos\beta = \frac{4}{5}$

$tg\,\alpha = \frac{\sqrt{24}}{15} \approx \frac{1}{3}$

$\sin(\alpha+\beta) = \sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta = \frac{\sqrt{24}}{17}\cdot\frac{4}{5} + \frac{3}{\cancel{5}}\cdot\frac{\cancel{15}^{3}}{17} \approx \frac{13}{17}$

$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cdot\cos\beta - \sin\alpha\cdot\sin\beta = \frac{\cancel{15}^{3}}{17}\cdot\frac{4}{\cancel{5}} - \frac{5}{17}\cdot\frac{3}{\cancel{5}} = \frac{9}{17}$

$v_K = \frac{v}{\frac{1}{3}\cdot\frac{13}{17} + \frac{9\,13}{17}} = \frac{3\cdot 17\cdot v}{40} = \frac{3\cdot 17\cdot \cancel{68}^{17}}{\cancel{40}_{10}} = \frac{3\cdot 17^2}{10}$

$17^2 = 249$

$249 \times 3 = 747$

$\boxed{v_K \approx 74{,}7\ \frac{см}{с} \approx 75\ \frac{см}{с}}$

$\boxed{v_{отн} = u_K\ \frac{\frac{13}{17}}{\frac{15}{17}} = \cancel{75}^{5}\ \frac{13}{\cancel{15}} \approx 65\ \frac{см}{с}}$

$\boxed{I} = \frac{0{,}1\cdot(0{,}75)^2}{1{,}9\cdot\frac{3}{5}} = \frac{\frac{1}{10}\cdot\frac{\cancel{9}^{3}}{16}}{1{,}9\cdot\frac{\cancel{3}}{5}} = \frac{3}{1{,}9\cdot 32}$ $H = \frac{3000}{1{,}9\cdot\cancel{32}_{4}}\ мН = \frac{3\cdot 125}{1{,}9\cdot 4} = \frac{375}{4\cdot 1{,}9}$

$10^3 = 2^3\cdot 5^3$

$19 \times 16 = 304$

$15000 : 304 = 49$
-1216
2840
-2736
104

$1{,}9 \times 4 = 7{,}6$

$375 : 7{,}6 = 49{,}1$
-304
71

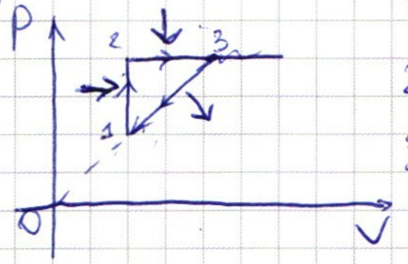
$\boxed{41\ мН}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2



1-2: p↑ при V = const => T↑

2-3: p = const при V↑ => T↑

3-1: p↓ при V↓ => T↓

$$\begin{cases} C_V = \frac{3}{2}\nu R \\ C_p = C_v + \nu R = \frac{5}{2}\nu R \end{cases}$$

$(C_v \partial T = \frac{3}{2}\nu R \partial T)$

$(C_p \partial T = \frac{3}{2}\nu R\partial T + \nu R \partial T = \frac{5}{2}\nu R)$

$$\boxed{\frac{C_v}{C_P} = \frac{3}{5}}$$

$\cancel{\frac{P_2}{V_2} = \frac{P_3}{V_3}}$

$\cancel{P_2 V_3 = P_3 V_2}$

2-3:

$$\left.\begin{array}{l} A = \nu R \Delta T \\ Q = \frac{5}{2}\nu R \Delta T \end{array}\right\} \cancel{\frac{A}{Q} = \frac{2}{5}} \quad \boxed{\frac{Q}{A} = \frac{5}{2}}$$

$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_3}{V_3}$ $\quad V_1 = V_2$, $P_2 = P_3$

$\frac{P_1}{V_2} = \frac{P_2}{V_3}$ $\quad P_1 V_3 = P_2 V_2$

$$\eta = \frac{A}{Q_n}$$

$$\begin{cases} Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2} V\Delta p = \frac{3}{2} V_2 (P_2 - P_1) \\ Q_{23} = \frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_2) \end{cases}$$

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

$A = S = \frac{(P_2 - P_1)(V_3 - V_2)}{2}$

$Q_n = \frac{3}{2} V_2 P_2 - \frac{3}{2} V_2 P_1 + \frac{5}{2} P_2 V_3 - \frac{5}{2} P_2 V_2 -$

$= \frac{5}{2} P_2 V_3 - \frac{3}{2} P_1 P_2 - P_2 V_2 =$

$= \frac{5}{2} P_2 V_3 - \frac{3}{2} P_1 V_2 - P_1 V_3 =$

$= (\frac{5}{2} P_2 - P_1) V_3 - \frac{3}{2} P_1 V_2$

$\cancel{= \frac{5}{2} P_2 V_3 - \frac{5}{2} P_1 V_2 + P_1 V_2 - P_2 V_2 =}$

$\cancel{= (\frac{5}{2} P_3 - \frac{3}{2} P_1 - P_2) V_2}$

$\cancel{= \frac{5}{2} P_2 V_3 - \frac{5}{2} P_2 V_2 + \frac{3}{2} P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_1 V_2}$

$\cancel{= \frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_2) -}$

☒ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$$\begin{cases} A = \dfrac{p_2V_3 - p_1V_3 - p_2V_2 + p_1V_2}{2} \\ Q_n = \dfrac{5}{2}p_2V_3 - \dfrac{3}{2}p_1V_2 - p_2V_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \eta = \dfrac{1}{2}\dfrac{p_2V_3 - p_1V_3 - p_2V_2 + p_1V_2}{\frac{5}{2}p_2V_3 - \frac{3}{2}p_1V_2 - p_2V_2} \begin{matrix}(:p_1V_2 \\ (:p_1V_2\end{matrix} = \dfrac{1}{2}\dfrac{\frac{p_2}{p_1}\frac{V_3}{V_2} - \frac{V_3}{V_2} - \frac{p_2}{p_1} + 1}{\frac{5}{2}\frac{p_2}{p_1}\frac{V_3}{V_2} - \frac{3}{2} - \frac{p_2}{p_1}} \\ \dfrac{p_2}{p_1} = n_p \\ \dfrac{V_3}{V_2} = n_V \end{cases}$$

$$\eta = \frac{1}{2}\frac{n_pn_V - n_V - n_p + 1}{\frac{5}{2}n_pn_V - n_p - \frac{3}{2}}$$

$$5n^2 - 2n - 3 = 0$$

$$D = 4 + 60 = 8^2$$

$$n = \frac{2 \pm 8}{10} = \left[\begin{matrix}1 \\ -0{,}6\end{matrix}\right.$$

$$\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_3}{V_3} \qquad V_1 = V_2 \qquad p_3 = p_2$$

$$\frac{p_1}{V_2} = \frac{p_2}{V_3} \qquad \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_3}{V_2} = n_p = n_V = n$$

$$\frac{(n-1)^2}{5(n-1)(n+0{,}6)}$$

$$\boxed{\eta = \frac{1}{5}\frac{n-1}{n+0{,}6}} = \frac{1}{5}\left(\frac{n+0{,}6-1{,}6}{n+0{,}6}\right) = \boxed{\frac{1}{5}\left(1 - \frac{1{,}6}{n+0{,}6}\right)}$$

$$\eta = \frac{1}{2}\frac{n^2 - 2n + 1}{\frac{5}{2}n^2 - n - \frac{3}{2}}$$

$$\eta'(n) = \frac{1}{2}\frac{(2n-2)\left(\frac{5}{2}n^2 - n - \frac{3}{2}\right) - (n^2-2n+1)(5n-1)}{\left(\frac{5}{2}n^2 - n - \frac{3}{2}\right)^2} = 0$$

$$2\cancel{(n-1)}\left(\frac{5}{2}n^2 - n - \frac{3}{2}\right) = (n-1)^{\cancel{2}}(5n-1)$$

$$\cancel{5n^2} - 2n - 3 = \cancel{5n^2} - 6n + 1 \qquad \cancel{\eta_{max}\text{ при}}$$

$$4n = 4$$

$$\lim_{n\to\infty}\eta = \frac{1}{5}$$

~~При~~ $n > 1$ η

η – гипербола

$$\boxed{\eta_{max} = \lim_{n\to\infty}\eta = \frac{1}{5}}$$

☒ черновик ☐ чистовик

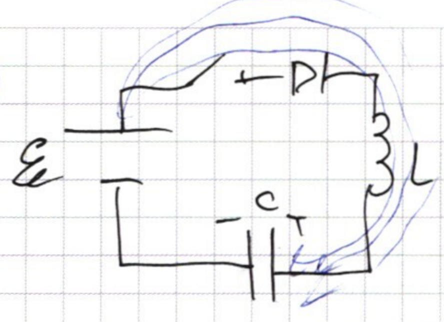
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

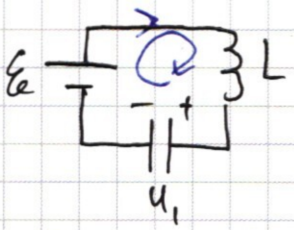
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4



1) Как только замыкают $I = 0$ (не успел измениться из-за инертности катушки)

⇓



$$\mathcal{E} + \mathcal{E}_S = u_1$$

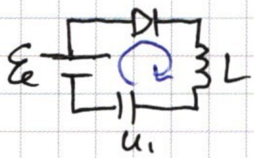
$$\begin{cases} \mathcal{E}_S = u_1 - \mathcal{E} \\ \mathcal{E}_S = -L\dfrac{dI}{dt} \end{cases}$$

$$\boxed{\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E} - u_1}{L}}$$

2) Пусть диод пропускает ток

⇓

на нём падает u_0



$$\begin{cases} \mathcal{E} + \mathcal{E}_S = u_0 + u_1 \\ \mathcal{E}_S = 0 \left(\text{т.к. } I \to max,\ \dfrac{dI}{dt} = 0\right) \end{cases}$$

$\mathcal{E} = u_0 + u_1$ $\quad \mathcal{E} = u_0 + u_c \Rightarrow u_c = \mathcal{E} - u_0$ $\quad u_c = \dfrac{q}{c}$ $\quad \underline{q = C(\mathcal{E} - u_0)}$

$$\frac{Cu_1^2}{2} = W_0$$

$$\frac{Cu_2^2}{2} + \frac{LI_2^2}{2} = W_2$$

$$Q = u_0 I$$

$$\begin{cases} \dfrac{Cu^2}{2} + \dfrac{LI^2}{2} = W \to dW = CudU + LIdI \\ \delta A_{ист} = \mathcal{E} dq \\ \delta Q = u_0 I dt \\ dW + \delta Q = \delta A \end{cases}$$

$$\left(\frac{q}{C} + u_0\right) I_m = \mathcal{E}$$

I_m

$$\frac{LI^2}{2} + \frac{Cu_2^2}{2} - \frac{Cu^2}{2}$$

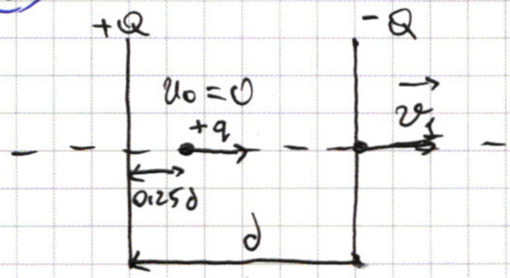
$$CudU + LIdI + u_0 I dt = \mathcal{E} dq \ | : dt$$

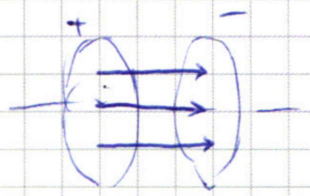
$$C\frac{q}{c}\frac{1}{c}dq + LIdI + u_0 I dt = \mathcal{E} dq \ | : dt$$

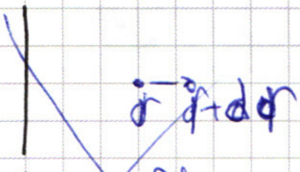
$$\frac{q}{C} I + \cancel{LI\frac{dI}{dt}} + u_0 I = \mathcal{E} I$$

0

3







$$ma = F_{эл} = qE$$
$$a = \gamma E = const$$

$$\begin{cases} ~~dA = F dr = Eq dr~~ \\ ~~dA = q\, d\varphi~~ \end{cases}$$

$$\begin{cases} ~~S = \dfrac{\upsilon^2}{2a}~~ \\ ~~S = \dfrac{aT^2}{2} \Rightarrow a = \dfrac{2S}{T^2}~~ \end{cases}$$

$$~~S = \frac{\upsilon^2 T^2}{4S}~~$$

$$~~4S^2 = \upsilon^2 T^2~~$$
$$~~2S = \upsilon T~~$$
$$~~\upsilon = \frac{2S}{T}~~$$

При р-ч движении

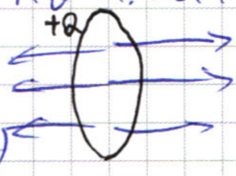
$$\begin{cases} \langle V \rangle = \dfrac{\upsilon_0 + \upsilon_1}{2} = \dfrac{\upsilon_1}{2} \\ \langle V \rangle = \dfrac{S}{T} \end{cases}$$

$$\boxed{\upsilon_1 = \frac{2S}{T}} = \boxed{\frac{d}{2T}}$$

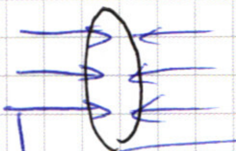
$$\gamma E = \frac{2S}{T^2}$$

Рассмотрим каждую пластину:

По т. Гаусса:



$$\Phi = E \cdot S$$
$$\Phi = \frac{q}{2\varepsilon_0}$$ (т.к. в 2 стороны)
$$E = \frac{q}{2\varepsilon_0 S}$$



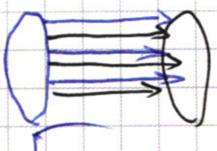
По ЗСЭ:

$$\begin{cases} \dfrac{m\upsilon_2^2}{2} - \dfrac{m\upsilon_1^2}{2} = q(\varphi_2 - \varphi_1) \\ ~~\varphi_2 \to 0 \text{ (т.к. } r \to \infty)~~ \end{cases}$$

$$\frac{m\upsilon_2^2}{2} = \frac{m\upsilon_1^2}{2} + q(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$\upsilon_2^2 = \upsilon_1^2 + 2\gamma(\varphi_2 - \varphi_1)$$

Вне конденсатора они компенсируют друг друга, а внутри суммир.



$$\varphi_1 = \varphi_2 \left(\text{т.к. } E = 0 \Rightarrow d\varphi = 0\right)$$
$$\Downarrow$$
$$\boxed{\upsilon_2 = \upsilon_1}$$

$$\boxed{E = 2E_0 = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}}$$

$$\gamma \frac{Q}{\varepsilon_0 S} = \frac{2r}{T^2} \qquad \boxed{Q = \frac{2r\varepsilon_0 S}{\gamma T^2} = \frac{\varepsilon_0 S d}{2\gamma T^2}}$$

☒ черновик ☐ чистовик Страница №__

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