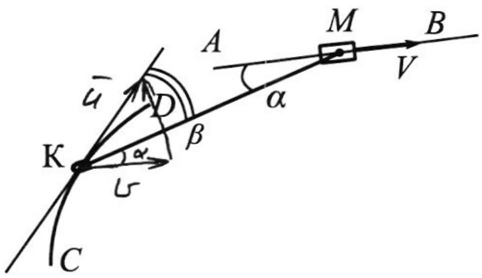
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

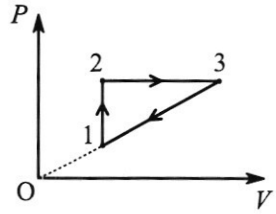
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

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



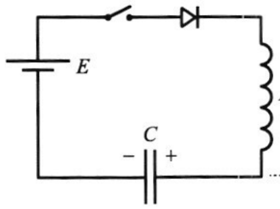
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.
2) Найти в изобарном процессе отношение количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

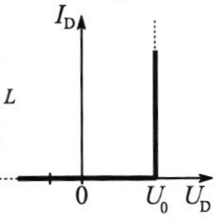
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S, расстояние между обкладками d $\left(d << \sqrt{S}\right)$. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная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

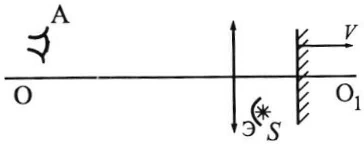
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0{,}1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 =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

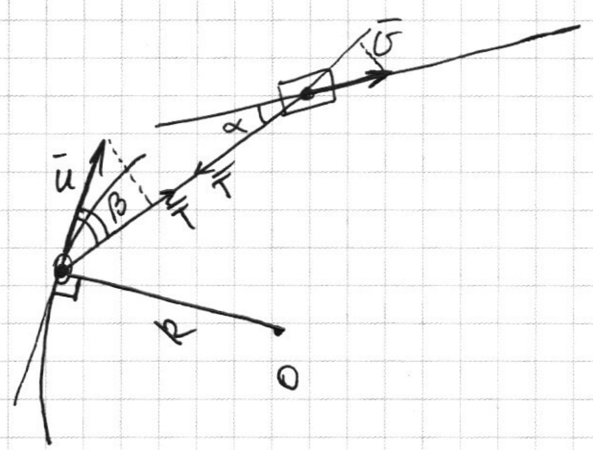
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.



Дано:
$\upsilon = 0,68\ \frac{м}{с}$; $m = 0,1$ кг
$R = 1,9$ м ; $l = \frac{5}{3}R$
$\cos\alpha = \frac{15}{17}$; $\cos\beta = \frac{4}{5}$

$\sin\beta = \frac{3}{5}$
$\sin\alpha = \frac{8}{17}$

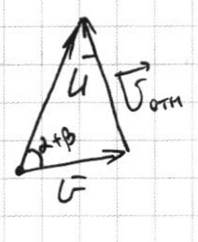
1) Нить нерастяжима, значит, проекции скоростей муфты и кольца на нить должны быть равны:

$\upsilon\cos\alpha = u\cos\beta$, где u – скорость кольца

$$\boxed{u = \upsilon\cdot\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = \frac{15}{17}\cdot\frac{5}{4}\cdot\upsilon = \frac{75}{68}\cdot\upsilon}$$

$$u = \frac{75}{68}\cdot 0,68\ \frac{м}{с} = 0,75\ \frac{м}{с}$$

2)



$$\bar{\upsilon}_{отн} = \bar{u} - \bar{\upsilon}$$

Из закона сложения скоростей и теоремы ~~синусов~~ косинусов для треугольника скоростей получаем:

$$\upsilon_{отн}^2 = u^2 + \upsilon^2 - 2u\upsilon\cos(\alpha+\beta) =$$

$$= \upsilon^2 + \frac{\cos^2\alpha}{\cos^2\beta}\upsilon^2 - 2\upsilon^2\frac{(\cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta)\cos\alpha}{\cos\beta} =$$

$$= \upsilon^2\left(1 + \left(\frac{75}{68}\right)^2 - 2\cdot\frac{75}{68}\cdot\left(\frac{15}{17}\cdot\frac{4}{5} - \frac{8}{17}\cdot\frac{3}{5}\right)\right) =$$

$= \frac{14569}{(4\cdot17)^2}v^2$; $\boxed{v_{отн} = v\cdot\frac{\sqrt{14569}}{68}} \approx \frac{121}{68}v \approx 121\,\frac{см}{с}$

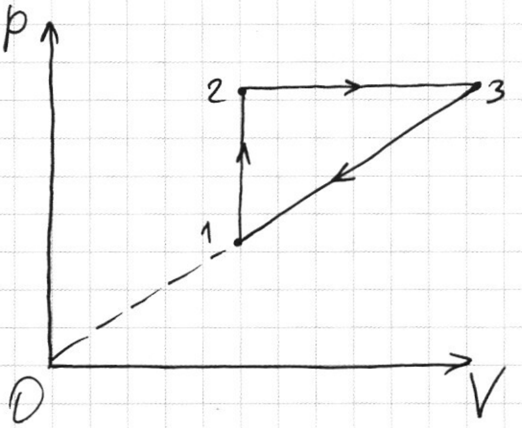
3) $T\sin\beta = \frac{mu^2}{R}$

$T = \frac{mu^2}{R\sin\beta} = \frac{75^2}{68^2}\,\frac{v^2 m\cdot 5}{R\cdot 3} = \frac{75^2}{\cancel{68^2}}\,\frac{5}{3}\cdot\frac{0{,}1\cdot\cancel{68^2}\cdot10^{-4}}{1{,}9}\,Н \approx$

$\approx 0{,}049\,Н$

Ответ: 1) $u = \frac{\cos\alpha}{\cos\beta}v = 0{,}75\,\frac{м}{с}$; 2) $v_{отн} \approx \frac{121}{68}v = 121\,\frac{см}{с}$;
3) $T = \frac{mu^2}{R\sin\beta} = \frac{\cos^2\alpha\, mu^2}{\cos^2\beta\sin\beta\, R} \approx 0{,}049\,Н$

№2.



Дано:

$i = 3$ (одноат. ид. газ)

Найти:

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

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

3) $\eta_{max} = ?$

~~1) $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$, $A_{12} = 0$~~
~~$\nu C_{12}(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}\nu R$~~

1) ~~Тепл~~ Температура повышается на участках 1-2 и 2-3.

$C_{12} = C_V = \frac{3}{2}R$ — теплоёмкость при постоянном объёме

$C_{23} = C_p = \frac{5}{2}R$ — теплоёмкость при постоянном давлении

$$\boxed{\frac{C_{12}}{C_{23}} = \frac{C_V}{C_p} = \frac{3R}{2}\cdot\frac{2}{5R} = \frac{3}{5}}$$

2) $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$

$A_{23} = p(V_3 - V_2) = \nu R(T_3 - T_2)$

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

$Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + \nu R(T_3 - T_2) = \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\boxed{\frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{5}{2}\nu R(T_3-T_2)}{\nu R(T_3-T_2)} = \frac{5}{2}}$$

3) $\eta = 1 - \frac{|Q_x|}{|Q_н|}$, Q_x — тепло, отведённое холодильником

$Q_н$ — тепло, подведённое нагревателем

$\cancel{Q_x = Q_{23}}$ $Q_x = Q_{31}$

$Q_н = Q_{12} + Q_{23}$

$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31}$

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

$$A_{31} = -\frac{1}{2}\left(\frac{V_1}{V_3}p_3 + p_3\right)(V_3-V_1) = -\frac{1}{2}p_3 \cdot \frac{V_1+V_3}{V_3}\cdot(V_3-V_1) =$$

$$= -\frac{1}{2}\frac{p_3}{V_3}\cdot(V_3^2 - V_1^2) = -\frac{1}{2}\left(p_3V_3 - p_3V_1\cdot\frac{V_1}{V_3}\right) =$$

$$= -\frac{1}{2}\left(p_3V_3 - p_3V_1\cdot\frac{p_1}{p_3}\right) =$$

$$= -\frac{1}{2}(p_3V_3 - p_1V_1) = -\frac{1}{2}(\nu RT_3 - \nu RT_1) = -\frac{1}{2}\nu R(T_3-T_1)$$

$\Delta U_{31} = \frac{3}{2}\nu R(T_1-T_3)$

$$Q_{31} = \frac{3}{2}\nu R(T_1-T_3) + \frac{1}{2}\nu R(T_1-T_3) = 2\nu R(T_1-T_3) =$$
$$= -2\nu R(T_3-T_1)$$

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

Тогда $\eta = 1 - \frac{2\nu R(T_3-T_1)}{\frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T_3-T_2)} =$

$$= 1 - \frac{2(T_3-T_1)}{\frac{3}{2}(T_2-T_1)+\frac{5}{2}(T_3-T_2)} = 1 - \frac{4(T_3-T_1)}{3(T_2-T_1)+5(T_3-T_2)} =$$

$$= 1 - \frac{4T_3-4T_1}{3T_2-3T_1+5T_3-5T_2} = 1 - \frac{4T_3-4T_1}{5T_3-2T_2-3T_1} =$$

$$= 1 - \frac{4\frac{T_3}{T_1}-4}{5\frac{T_3}{T_1}-3-2\frac{T_2}{T_1}}.$$

$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$

$\frac{p_3}{p_1}\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1}$, но $\frac{V_3}{V_1} = \frac{p_3}{p_1}$ и $p_3 = p_2$:

$\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^2 = \frac{T_3}{T_1}$, $\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{T_3}{T_1}$

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

~~$\eta = 1$~~ Пусть $\frac{T_2}{T_1} = t$, тогда

$\cancel{\eta(t) = 1 - \frac{4t-4}{5t-3-2\sqrt{t}}}$

$\cancel{\eta'(t) = -\frac{4(5t-3-2\sqrt{t}) - 5 - \frac{2}{2\sqrt{t}}}{(5t-3-2\sqrt{t})^2} = 0}$

$\cancel{20t-12-8\sqrt{t} = 5 + \frac{1}{\sqrt{t}} \quad |\cdot\sqrt{t}}$

$\cancel{20t^{\frac{3}{2}} - 8t - 17t^{\frac{1}{2}} - 1 = 0}$

$\eta(t) = 1 - \frac{4t^2-4}{5t^2-2t-3} = \frac{(t-1)^2}{5t^2-2t-3}$

$\eta'(t) = -\frac{8t(5t^2-2t-3)-(10t-2)(4t^2-4)}{(5t^2-2t-3)^2} = 0$

$5t^3-2t^2-3t = 5t^3-5t-t^2+1$

$(t-1)^2 = 0$

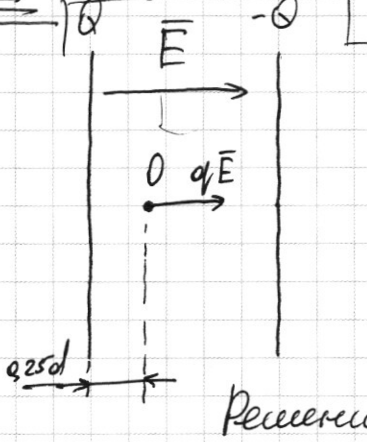
$t = 1$

Отсюда $\eta = \frac{4(t-1)^2}{5(t-1)(t+0,6)} = \frac{4}{5}\cdot\frac{t-1}{t+0,6}$ $t\to\infty$:

$\sqrt{3}.$

$\boxed{\eta_{max} = \frac{4}{5}}$

Ответ: 1) $3/5$; 2) $5/2$; 3) $4/5$



Дано:
S; $d \ll \sqrt{S}$; $0,25d$, T,
$\frac{q}{m} = \gamma$

Найти:
1) $V_1 = ?$
2) $Q = ?$
3) $V_2 = ?$

Решение:

~~$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}$ — поле от одной обкладки~~

$E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}$ — поле внутри конденсатора

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\cancel{\varphi_Q + \varphi_{-Q} = -\frac{Qr}{2\varepsilon_0 S} - \frac{Q(d-r)}{2\varepsilon_0 S}}$$

$$\cancel{\varphi_{-Q} - \varphi_Q = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}(-r-d+r) = -\frac{Qd}{2\varepsilon_0 S}}$$

$$v_1^2 = 2\varphi_0 \frac{q}{m} = 2\varphi_0 \gamma \quad ; \quad \varphi_0 = \frac{3}{4}\frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$$

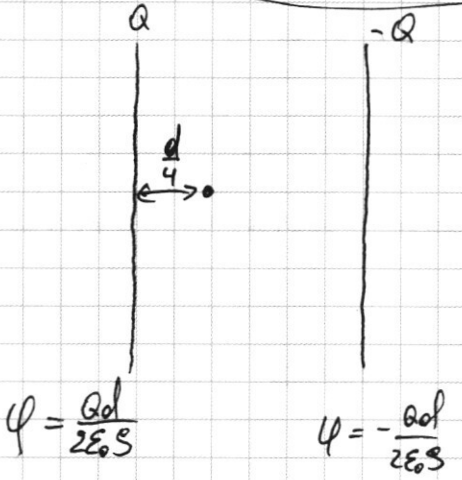
$$\frac{9}{4}\frac{d^2}{T^2} = 2\gamma \cdot \frac{3}{4}\frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$$

$$9\frac{d^2}{T^2} = 6\gamma \cdot \frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$$

$$\cancel{\frac{9d}{T^2}} \qquad \frac{3d}{T^2} = \frac{2\gamma Q}{\varepsilon_0 S}$$

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

3)



Здесь у пластины с зарядом Q потенциал $\frac{Qd}{2\varepsilon_0 S}$, а с зарядом $-Q$ — $-\frac{Qd}{2\varepsilon_0 S}$

Тогда по ЗСЭ:

$$-\frac{Qd}{2\varepsilon_0 S}\cdot q + \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} \;\Big|\cdot\frac{2}{m}$$

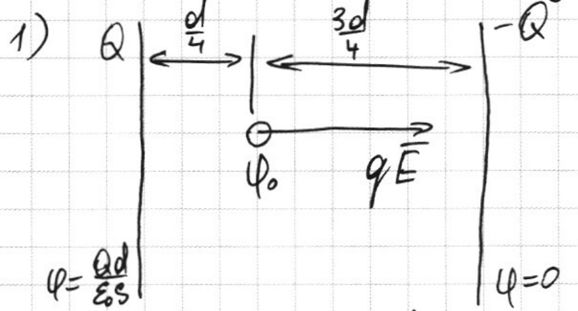
$$-\frac{Qd}{\varepsilon_0 S}\cdot\gamma + v_1^2 = v_2^2$$

$$v_2^2 = 2\gamma\cdot\frac{3}{4}\frac{Qd}{\varepsilon_0 S} - \gamma\cdot\frac{Qd}{\varepsilon_0 S} = \frac{3}{2}\gamma\frac{Qd}{\varepsilon_0 S} - \gamma\frac{Qd}{\varepsilon_0 S} = \frac{Qd\gamma}{2\varepsilon_0 S} =$$

$$= \frac{d\cancel{\gamma}}{2\cancel{\varepsilon_0 S}}\cdot\frac{3}{2}\frac{d\cancel{\varepsilon_0 S}}{\cancel{\gamma}T^2} = \frac{3}{4}\frac{d^2}{T^2} \; ; \quad \boxed{v_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}\frac{d}{T}}$$

Ответ: $v_1 = \frac{3}{2}\frac{d}{T}$; $Q = \frac{3}{2}\frac{d\varepsilon_0 S}{\gamma T^2}$; $v_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}\frac{d}{T}$

$$U = E\cdot\frac{d}{4} = \frac{1}{4}\frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$$ – разность потенциалов между положительной обкладкой и начальной точкой

1) 

По II закону Ньютона:

$$qE = ma$$

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

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

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

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

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

$$v_1^2 = \frac{3d}{4}\cdot 2\gamma E = \frac{3}{2}d\gamma E = \cancel{\frac{3}{2}d\gamma\frac{Q}{\varepsilon_0 S}} = \frac{3}{2}d\frac{v_1}{T}$$

$$\cancel{v_1 = \sqrt{\frac{3}{2}d\gamma E}}$$

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

2) Пусть потенциал отрицательной обкладки равен нулю, тогда потенциал положительной равен $E\cdot d = \frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$.

Пусть φ_0 – потенциал в точке старта:

$$\frac{Qd}{\varepsilon_0 S} - \varphi_0 = \frac{1}{4}\frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$$

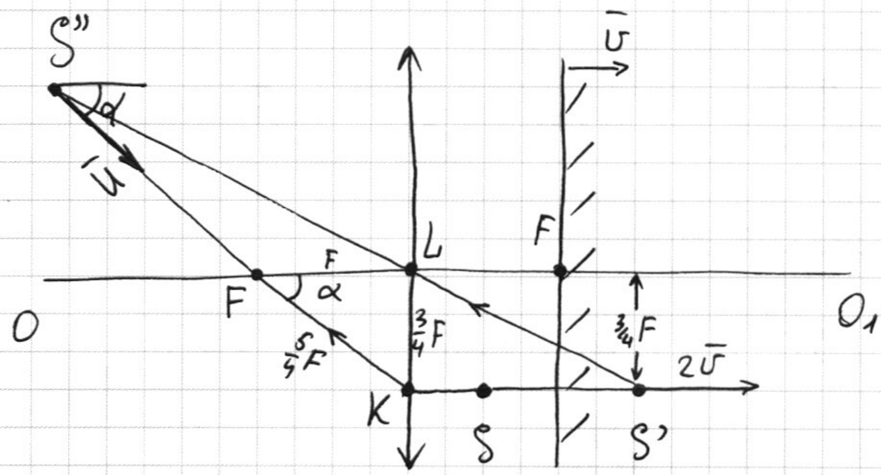
$$\varphi_0 = \frac{3}{4}\frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$$

По ЗСЭ:

$$q\cdot\varphi_0 = \frac{m v_1^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.



S' – изображение в зеркале предмета S

1) По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{d}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}, \quad d=\frac{3}{2}F$$ – расстояние от линзы до S'

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

$$f=3F$$

2) S'' – изображение S'. Оно движется вдоль луча KS''.

Из $\triangle FLK$: $\operatorname{tg}\alpha=\frac{\frac{3}{4}F}{F}=\frac{3}{4}$

3) ~~Из~~ В системе отсчёта ~~линзы~~ зеркала S удаляется от него со скоростью v. Тогда и S' удаляется от него со скоростью v. Относительно земли S' удаляется со скоростью $v + v = 2v$

Пусть u – скорость изображения. Тогда

$$\frac{u\cos\alpha}{2v} = \Gamma^2 = \left(\frac{f}{d}\right)^2 = \left(\frac{3F}{\frac{3}{2}F}\right)^2 = \left(\frac{3\cdot 2}{3}\right)^2 = 4$$

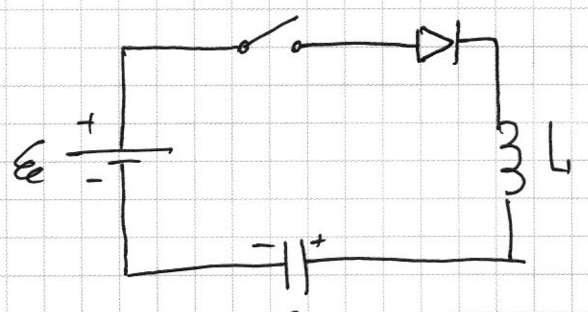
$$u\cos\alpha = 8v$$

$$u = \frac{8v}{\cos\alpha} \;;\; \cos\alpha = \frac{F}{\frac{5}{4}F} = \frac{4}{5}$$

$$u = \frac{8v\cdot 5}{4} = 10v$$

Ответ: 1) $3F$; 2) $\mathrm{tg}\,\alpha = 3/4$; 3) $10v$.

№4.



Дано:

$\mathcal{E} = 9В$, $C = 40\cdot 10^{-6}Ф = 4\cdot 10^{-5}Ф$;

$U_1 = 5В$, $L = 0{,}1Гн$

$U_0 = 1В$

Найти:

1) $\dot{I} = ?$

2) $I_m = ?$

3) $U_2 = ?$

Решение:

1) $\mathcal{E} = U_L + U_C$

Сразу после замыкания $U_C = U_1$,

$U_L = L\dot{I}$

$$\mathcal{E} = U_1 + L\dot{I}$$

$$\boxed{\dot{I} = \frac{\mathcal{E} - U_1}{L}} \;;\; \dot{I} = \frac{9-5}{0{,}1}\frac{А}{с} = 40\,\frac{А}{с}$$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) Ток максимален $\Rightarrow \dot{I}=0 \Rightarrow U_L = L\dot{I}=0$

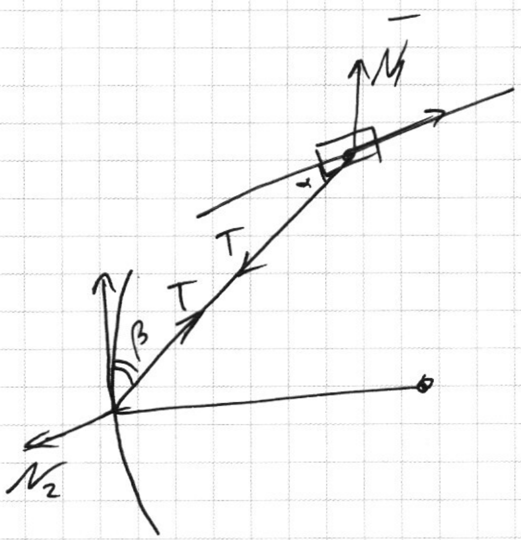
$\mathcal{E} = U_c + U_g$, где U_g – напряжение на диоде

$I_c = C\dot{U}$

$$\frac{LI_m^2}{2} = \frac{CU_1^2}{2}$$

$$\boxed{I_m = \sqrt{\frac{C}{L}}U_1} = \sqrt{\frac{4\cdot10^{-5}}{0,1}}\cdot 5\text{ А} = 2\cdot10^{-2}\cdot5\text{ А} = 0,1\text{ А}$$

Ответ: 1) $\dot{I} = \frac{\mathcal{E}-U_1}{L} = 40\frac{А}{с}$; 2) $I_m = U_1\sqrt{\frac{C}{L}} = 0,1$ А.


$\bar{N}$
α
T
T
β
N_2

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

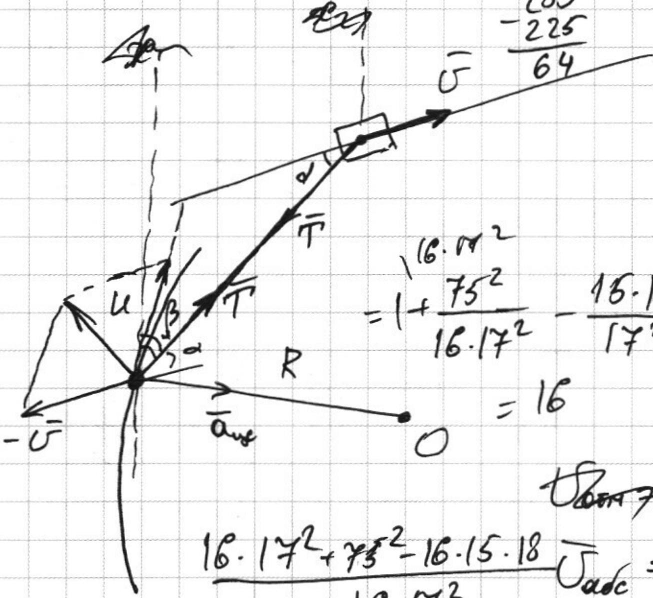
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 225 \\ +\ 64 \\ \hline 289 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 15 \\ \times\ 5 \\ \hline 75 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 17 \\ \times\ 4 \\ \hline 68 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 17 \\ \times\ 17 \\ +\ 119 \\ 17 \\ \hline 289 \\ -\ 225 \\ \hline 64 \end{array}$$

$$\sin\alpha = \sqrt{1-\left(\frac{15}{17}\right)^2} = \frac{\sqrt{289-225}}{17} = \frac{8}{17}$$

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



$$z_2 - z_1 = l \;\Big|\; \frac{d}{dt}$$

$$68 = 34\cdot 2 = 17\cdot 4$$

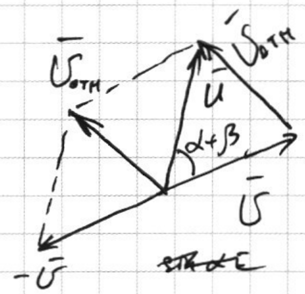
$$= 1 + \frac{75^2}{16\cdot 17^2} - \frac{16\cdot 18}{17^2} = v_2 - v_1 = 0$$

$$= 16 \qquad v_1 = v_2 \qquad 75 = 5\cdot 15 = 3\cdot 5^2$$

$$\frac{16\cdot 17^2 + 75^2 - 16\cdot 15\cdot 18}{16\cdot 17^2}$$

$$\bar{v}_{абс} = \bar{v}_{отн} + \bar{v}_{пер}$$

$$\bar{v}_{отн} = \bar{v}_{абс} - \bar{v}_{пер} = \bar{u} - \bar{v}$$



$$v_{отн}^2 = v^2 + u^2 - 2uv\cos(\alpha+\beta) = v^2 + u^2 - 2uv\cdot\frac{36}{85} = v^2 + \frac{75^2}{68^2}v^2 - 2v^2\frac{75}{68}\cdot\frac{36}{85} =$$

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

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times\ 5 \\ \hline 85 \end{array}$$

$$= v^2\left(1 + \frac{75^2}{68^2} - 2\cdot\frac{75}{68}\cdot\frac{36}{85}\right) =$$

$$= v^2\left(1 + \frac{75^2}{68^2} - 2\cdot\frac{15\cdot 9}{17^2}\right) =$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

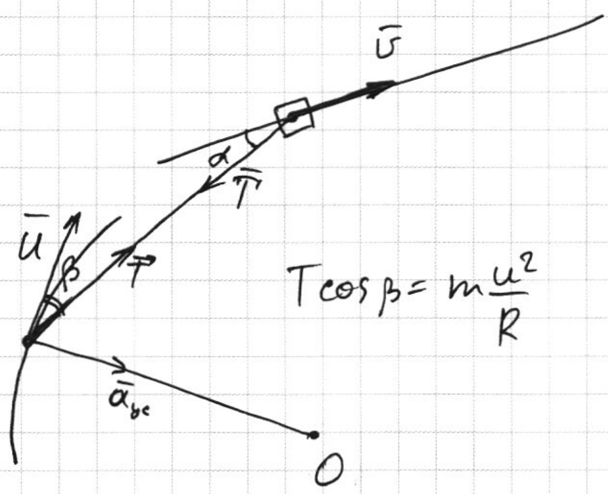
Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

$$\eta = \frac{A}{Q_н} = \frac{\frac{1}{2}(p_2-p_1)(V_3-V_2)}{}$$

$p_1V_1 = \nu RT_1$

$p_2V_2 = \nu RT_2$

$p_3V_3 = \nu RT_3$



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

$\cancel{\frac{p_1}{p_2}}\ \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$

$\frac{p_2}{p_3}\ \frac{V_2}{V_3} = \frac{T_2}{T_3}$

$\frac{p_1}{p_3}\cdot\frac{V_1}{V_3} = \frac{T_1}{T_3}$

$\frac{p_1\cancel{V_1}}{T_1} = \frac{p_2\cancel{V_2}}{T_2}$

$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$

$\begin{cases} p_1T_2 = p_2T_1 \\ p_1V_3 = p_3V_1 \end{cases}$

$\cancel{p_1 = p_2}$

$p_2 = p_3$

$V_1 = V_2$

$\checkmark\ \frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2}$

$\checkmark\ \frac{p_1}{p_3} = \frac{V_1}{V_3}$

$V_3 = \frac{p_3}{p_1}V_1$

$\frac{T_2}{V_3} = \frac{p_2}{p_3}\cdot\frac{T_1}{V_1}$

$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} =$

$\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_3}{V_1}\cdot\frac{p_2}{p_3}$

$\frac{\cancel{p_2}}{p_1} = \frac{V_3}{V_1}\cdot\cancel{\frac{p_2}{p_3}}$

$\frac{T_2}{T_1} = k\frac{T_3}{T_1}$

$\frac{T_3}{T_2} = \frac{V_3}{V_2} = \frac{p_3}{p_1}\cdot\frac{V_1}{V_2} =$

$\boxed{\frac{T_2}{T_3} = ?}$

$=$

$20x^3 - 8x^2 - 17x - 1 = 0$

$160 - 64 - 32 - 1$

$\begin{cases} p_2T_1 = p_1T_2 \\ p_1V_3 = p_3V_1 \end{cases}$

$\frac{p_2}{p_1}\cdot\frac{T_1}{V_3} = \frac{p_1}{p_3}\cdot\frac{T_2}{V_1}$

$\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^2 = \frac{T_2}{V_1}\cdot\frac{V_3}{T_1} = \frac{V_3}{V_1}\cdot\frac{T_2}{T_1}$

$\cancel{E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}}$

$1 + \frac{75^2}{68^2} - 2\cdot\frac{\cancel{75}^{15}}{\cancel{68}_{17}}\cdot\frac{\cancel{36}^{9}}{\cancel{85}_{17}} = \quad 2\cdot\frac{9\cdot15}{17^2}$

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

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$\frac{T_2^2}{T_1} = T_3 \qquad T_2^2 = T_1 T_3$$

$$\frac{T_2}{T_1} = x \, !$$

$$\eta = 1 - \frac{4 \cdot x^2 - 4}{5x^2 - 2x - 3}$$

$$\cancel{\eta' = -\frac{4 \cdot 2x}{5 \cdot 2x - 2} = 0}$$

$$\eta' = -\left(\frac{4x^2-4}{5x^2-2x-3}\right)' = \frac{8x \cdot (5x^2-2x-3) - (4x^2-4)(10x-2)}{\ldots} = 0$$

$$\cancel{8}x(5x^2-2x-3) = \cancel{8}(x^2-1)(5x-1)$$

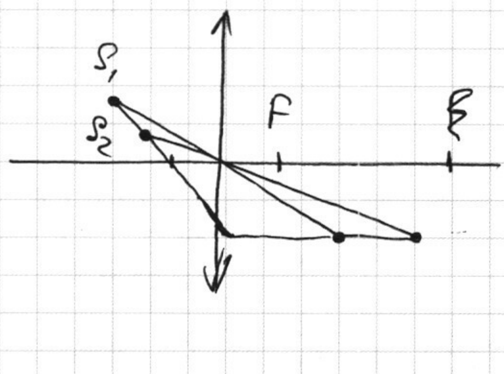
$$\cancel{5x^3} - 2x^2 - 3x = \cancel{5x^3} - 5x - x^2 + 1$$

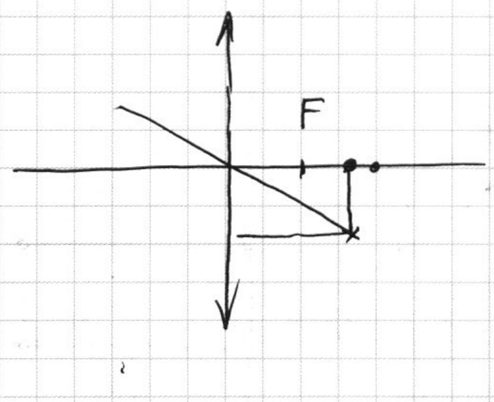
$$x^2 - 2x + 1 = 0$$

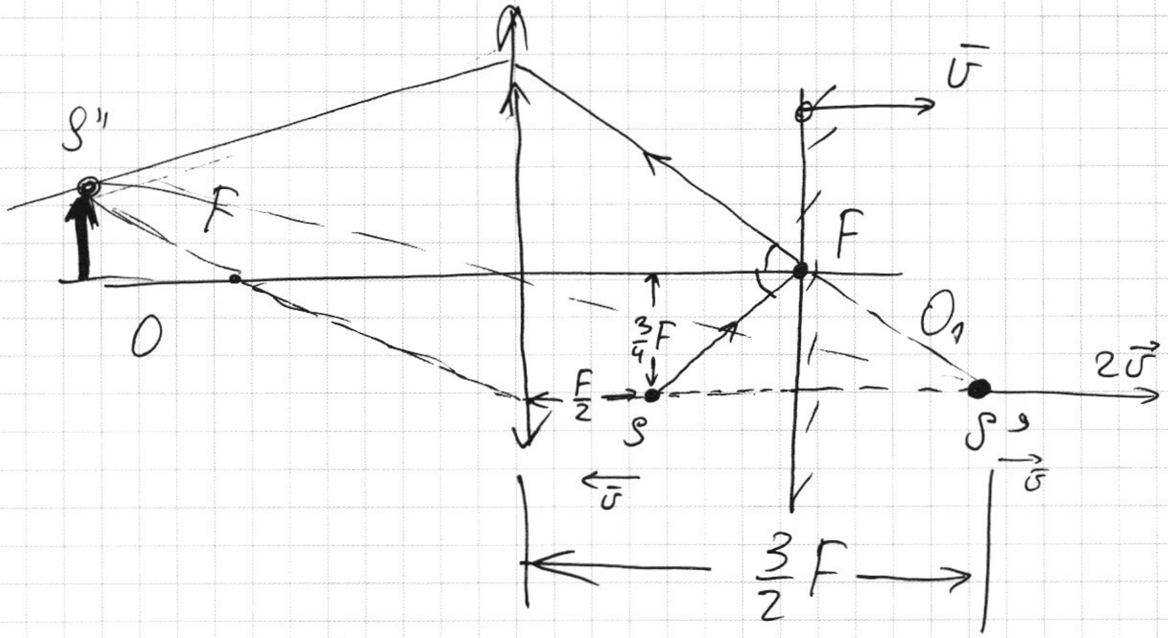
$$(x-1)^2 = 0$$

$$x = 1$$

$$\frac{4t^2-4}{5t^2-2t-3} = \frac{4 - \frac{4}{t^2}}{5 - \frac{2}{t} - \frac{3}{t^2}}$$





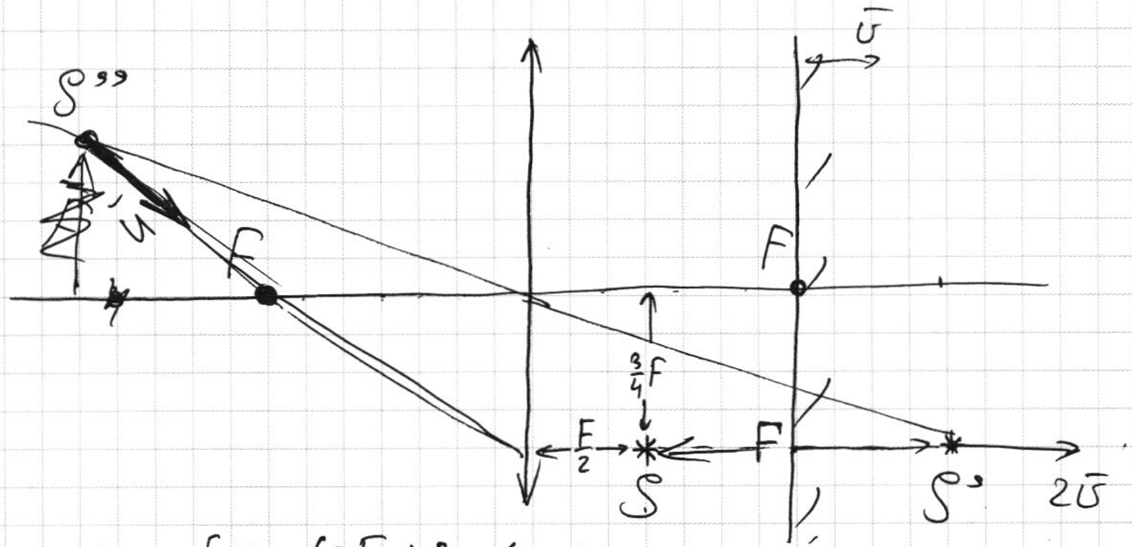


1) $\frac{1}{\frac{3}{2}F}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$

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

$\boxed{f=3F}$

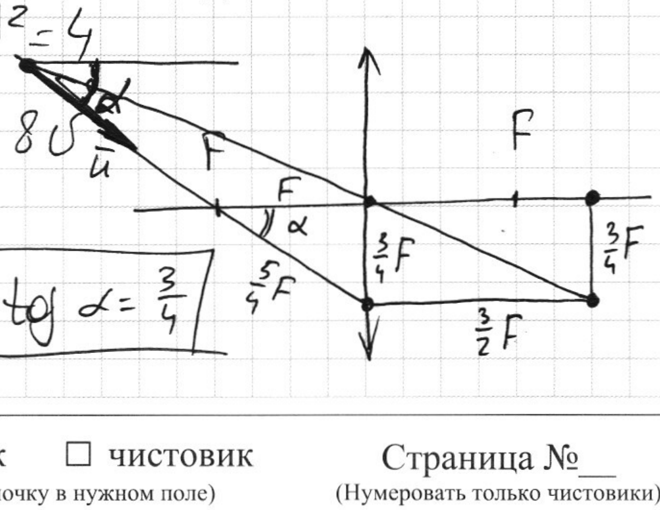
2)



3) $\frac{u}{2v}=\left(\frac{f}{d}\right)^2=\left(\frac{3F}{\frac{3}{2}F}\right)^2=\left(\frac{3\cdot 2}{3}\right)^2=4$

$u=8v$

$F\sqrt{1+\frac{9}{16}}=\frac{5}{4}F$



$\boxed{\operatorname{tg}\alpha=\frac{3}{4}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

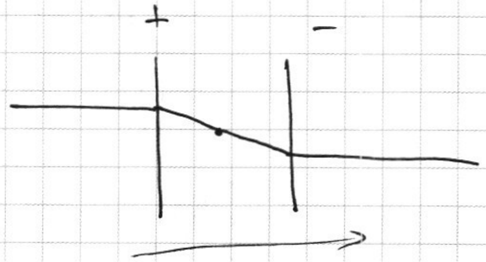
$$E = -\frac{d\varphi}{dr} \Rightarrow \Delta\varphi = -\int E\,dr$$

Пусть изначально частица находилась в точке O:

$$\begin{cases} \varphi_0 - \varphi_Q = -\int\limits_0^r \frac{Q\,dr}{2\varepsilon_0 S} = -\frac{Qr}{2\varepsilon_0 S} \\ \varphi_0 - \varphi_{-Q} = -\int\limits_0^{d-r} \frac{-Q\,dr}{2\varepsilon_0 S} = \frac{Qr}{2\varepsilon_0 S}\Big|_0^{d-r} = \frac{Q(d-r)}{2\varepsilon_0 S} \end{cases}$$

$$\varphi_0 - \varphi_Q = -\frac{Qd}{8\varepsilon_0 S}$$

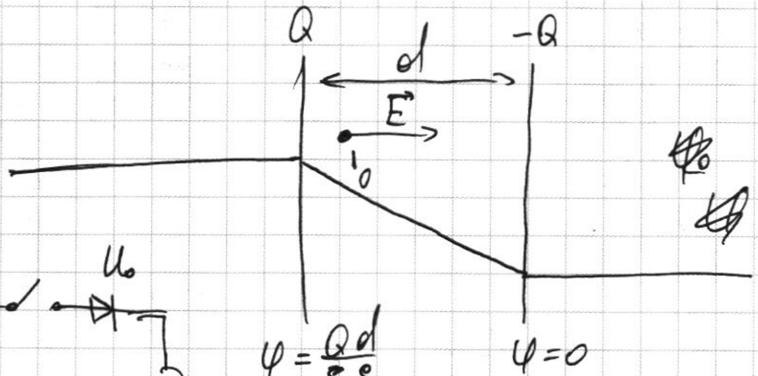
$$\varphi_0 - \varphi_{-Q} = \frac{3Q}{8\varepsilon_0 S}$$



$E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}$ — поле внутри конденсатора

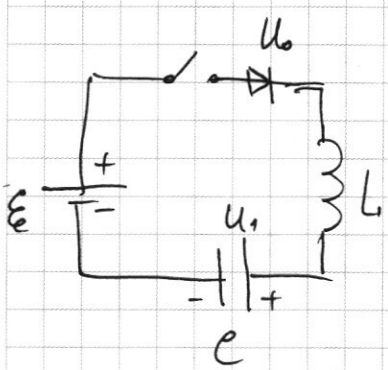
$a = \frac{\Delta v}{T_2}$

$T = \frac{\Delta v}{a}$



$$\frac{Qd}{\varepsilon_0 S} - \varphi_0 = \frac{Qd}{4\varepsilon_0 S}$$

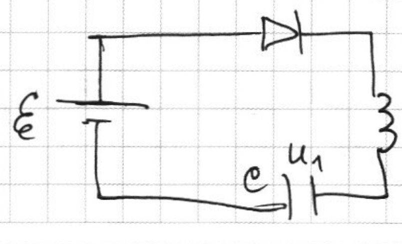
$$\varphi_0 = \frac{3}{4}\frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$$



$\mathcal{E}, C, U_1$

$$q\varphi_0 = \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\varphi \cdot \frac{3}{4}$$



$$\mathcal{E} = U_C + U_L = U_C + L\dot{I}$$

$$\mathcal{E} = U_1 + L\dot{I} \Rightarrow \dot{I} = \frac{\mathcal{E} - U_1}{L}$$

$$1+\frac{9\cdot 5^4}{16\cdot 17^2}-\frac{15\cdot 18}{17^2}=$$

$$=\frac{16\cdot 17^2+9\cdot 5^4-15\cdot 16\cdot 18}{16\cdot 17^2}=$$

$\cancel{=17^2+\frac{9}{16}\cdot 5^4}$

$\frac{p_2}{p_1}=\frac{T_2}{T_1}$

$\frac{p_3}{p_1}\frac{V_3}{V_1}=\frac{T_3}{T_1}$

$\frac{p_3}{p_1}=\frac{V_3}{V_1}\Rightarrow\frac{T_3}{T_1}=\left(\frac{p_3}{p_1}\right)^2$

$\frac{p_2}{p_1}=\sqrt{\frac{T_3}{T_1}}=\frac{T_2}{T_1}$

$625\times 9=5625$

$289\times 16=1734+289=4624$

$15\times 16=90+15=240$

$240\times 18=192+24=4320$

$4320+4624=8944$

$8944+5625=14569$

$75\times 75=375+525=5625$

$5625+4320=9945$

$9945+4624=14569$

$17\times 17=119+17=289$

$289\times 16=1734+289=4624$

$15\times 16=90+15=240$

$240\times 18=192+24=4320$

$200\times 200=40000$

$120\times 120=14400$

$121\times 121=121+242+121=14641$

$\cancel{\eta=\frac{1}{2}}$

$$A=\frac{1}{2}(p_2-p_1)(V_3-V_2)=$$

$$=\frac{1}{2}($$

$$\lim\frac{2-t-t^2}{5t^2-2t-3}=\frac{-1-2t}{10t-2}=$$

$$\eta=\frac{(T_3-T_2)-2(T_3-T_1)}{\frac{3}{2}(T_2-T_1)+\frac{5}{2}(T_3-T_2)}$$

$$A=\nu R(T_3-T_2)-2\nu R(T_3-T_1)$$

$$Q_H=\frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1)+\frac{5}{2}\nu R(T_3-T_2)$$

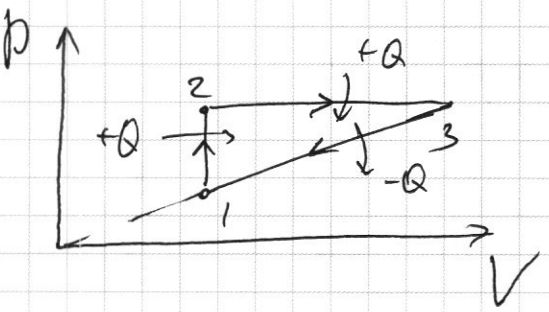
$$\eta=\frac{2(T_3-T_2-2T_3+2T_1)}{3T_2-3T_1+5T_3-5T_2}=$$

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{p_1}{p_3}\frac{V_1}{V_3}=\frac{T_1}{T_3}$$

$$\frac{T_1}{T_2}=\frac{p_1}{p_2}$$

$$\frac{V_1}{V_3}=\frac{p_1}{p_3}$$

$$\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^2=\frac{\cancel{T_1}}{T_3}=\frac{T_1^2}{T_2^2}$$

$$T_2^2=T_1T_3$$

$$\frac{T_1}{T_3}=\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$$

$$\eta=1-\frac{Q_x}{Q_н}=1-\frac{Q_{13}}{Q_{12}+Q_{23}}$$

$$Q_{13}=2\nu R(T_3-T_1)$$

$$Q_{12}=\frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1)$$

$$Q_{23}=\frac{5}{2}\nu R(T_3-T_2)$$

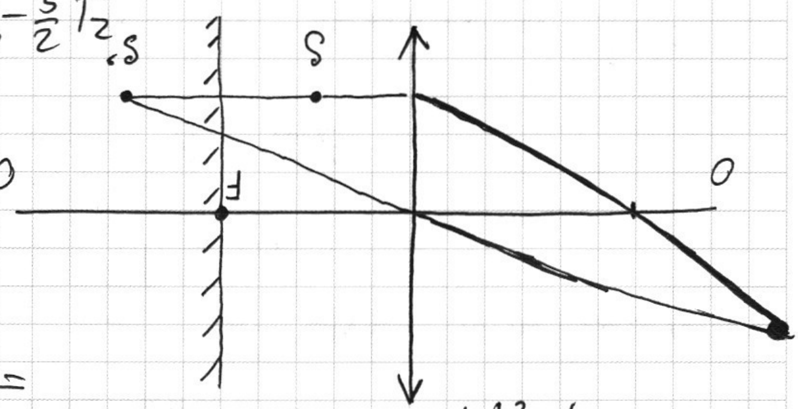
$$\eta=1-\frac{2T_3-2T_1}{\frac{3}{2}T_2-\frac{3}{2}T_1+\frac{5}{2}T_3-\frac{5}{2}T_2}=$$

$$=1-\frac{2T_3-2T_1}{\frac{5}{2}T_3-T_2-\frac{3}{2}T_1}=$$

$$=1-\frac{4T_3-4T_1}{5T_3-2T_2-3T_1}=$$

$$1-\frac{4\frac{T_3}{T_1}-4}{5\frac{T_3}{T_1}-3-2\frac{T_2}{T_1}}=$$

$$=1-\frac{4\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2-4}{5\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2-3-2\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}$$



$$f=1-\frac{4t^2-4}{5t^2-2t-3}$$

$$f'=-\frac{8t(5t^2-2t-3)-(10t-2)(4t^2-4)}{\ldots}=0$$

☑ черновик ☐ чистовик

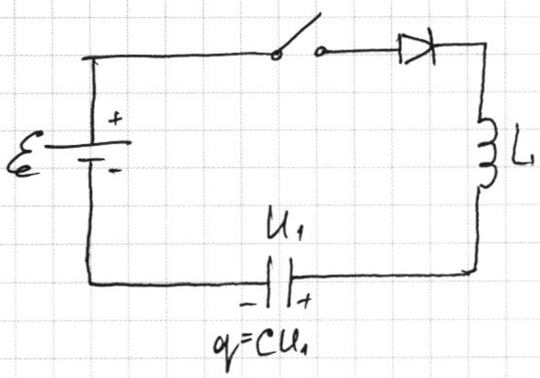
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

$\lim\limits_{t\to1}\frac{8t}{10t-2}=\frac{8}{8}=1$

№4.



Дано:

$\mathcal{E}=9В$; $C=40\,мкФ=4\cdot10^{-5}Ф$;

$U_1=5В$; $L=0,1Гн$; $U_0=1В$

Найти:

1) $\dot{I}=?$

2) $I_m=?$

3) $U_2=?$

Решение:

1) По 2-му правилу Кирхгофа:

$\mathcal{E}=U_L+U_C$, $U_C=U_1$ сразу после замыкания

$\mathcal{E}=L\dot{I}+U_1$ $\qquad U_L=L\dot{I}$

$\dot{I}=\frac{\mathcal{E}-U_1}{L}$; $\dot{I}=\frac{9-5}{0,1}\,А=40\frac{А}{с}$

2) $\cancel{\mathcal{E}=\frac{q}{C}+L\ddot{q}}$ Если ток максимален, $\dot{I}=0$

$\cancel{\ddot{q}+\frac{q}{LC}-\frac{\mathcal{E}}{L}=0}$ и $U_L=L\dot{I}=0$. Тогда

$\mathcal{E}=\frac{q}{C}$; $I_C=C\dot{U}$

$\cancel{8}t(5t^2-2t-3)=\cancel{8}(5t-1)(t^2-1)$

$\cancel{5t^3}-2t^2-3t=\cancel{5t^3}-t^2-5t+1$

$t^2-2t+1=0$

$(t-1)^2=0$

$t=1$

$\lim\limits_{t\to1}\frac{8t}{10t-2}=\frac{8}{8}=1$

$\lim\limits_{t\to1}\frac{5t^2-2t-3}{4t^2-4}=$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{A}{Q_{12}+Q_{23}}$$

$$A = A_{23} - |A_{31}| = \nu R(T_3 - T_2) - \frac{1}{2}\nu R(T_3 - T_1)$$

$$Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2)$$

$$\eta = \frac{T_3 - T_2 - \frac{1}{2}T_3 + \frac{1}{2}T_1}{\frac{3}{2}T_2 - \frac{3}{2}T_1 + \frac{5}{2}T_3 - \frac{5}{2}T_2} = \frac{\frac{1}{2}T_3 + \frac{1}{2}T_1 - T_2}{\frac{5}{2}T_3 - T_2 - \frac{3}{2}T_1} =$$

$$= \frac{T_3 + T_1 - 2T_2}{5T_3 - 2T_2 - 3T_1} = \frac{\frac{T_3}{T_1} + 1 - 2\frac{T_2}{T_1}}{5\frac{T_3}{T_1} - 2\frac{T_2}{T_1} - 3}$$

Пусть $\frac{T_2}{T_1} = t$, тогда $\frac{T_3}{T_1} = t^2$:

$$\eta(t) = \frac{t^2 - 2t + 1}{5t^2 - 2t - 3}$$

$$\eta'(t) = \frac{(2t-2)(5t^2-2t-3) - (10t-2)(t-1)^2}{(5t^2-2t-3)^2} = 0$$

$$2(t-1)(5t^2 - 2t - 3) = 2(5t-1)(t-1)^2$$

$$5t^2 - 2t - 3 = (5t-1)(t-1) = 5t^2 - t - 5t + 1$$

$$5t^2 - 2t - 3 = 5t^2 - 6t + 1$$

$$4t - 4 = 0$$

$$t = 1$$

$$\eta(1) = \lim_{t\to 1} \frac{t^2-2t+1}{5t^2-2t-3} = \lim_{t\to 1} \frac{2t-2}{10t-2} = \lim_{t\to 1} \frac{t-1}{5t-1} = 0$$

Значит,

$\cancel{\frac{(t-1)^2}{5t^2}}$ $\qquad \frac{121}{\cancel{88}} \cdot \cancel{88} = 121$

$$5t^2-2t-3=5(t-1)(t+0{,}6)$$

$$D=4+60=64>0$$

$$t_{1,2}=\frac{2\pm 8}{10}$$

$$t_1=1$$

$$t_2=-0{,}6$$

$$\cancel{1}-\frac{4t^2-4}{5t^2-2t-3}<\cancel{1}$$

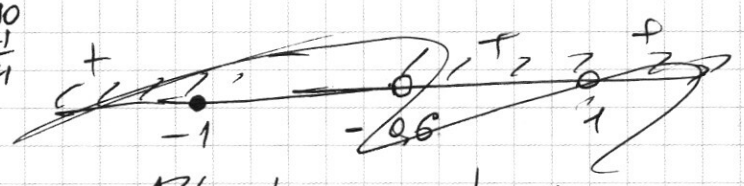
$$\frac{4t^2-4}{5t^2-2t-3}>0$$

$$\frac{4(t-1)(t+1)}{5(t-1)(t+0{,}6)}=\frac{4}{5}\,\frac{t+1}{t+0{,}6}>0$$

3
2
75
$\times$75
375
+525
5625 | 3
1875 | 1,9
-171 | 98
165 | $\times$5
-152 | 490
13

-3, 26, -24, 22, 21, 16

+90, 81, 171, 1



$\cancel{f' = \ldots\, t+0{,}6-t+1}$

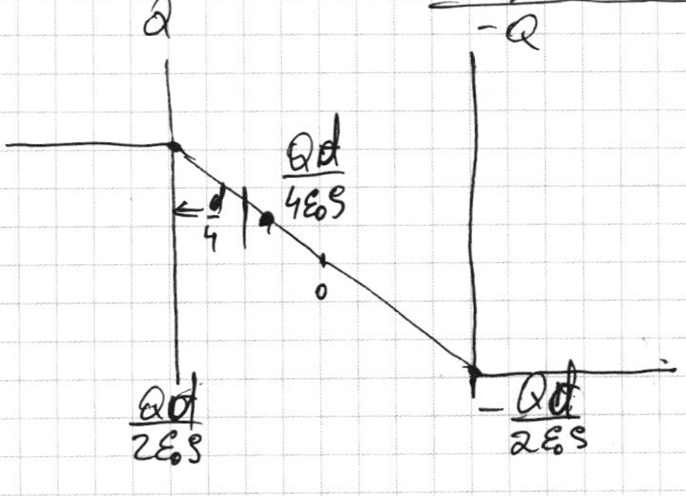
$$\frac{1875 \cdot 5}{1{,}9} \cdot 10^{-4}$$

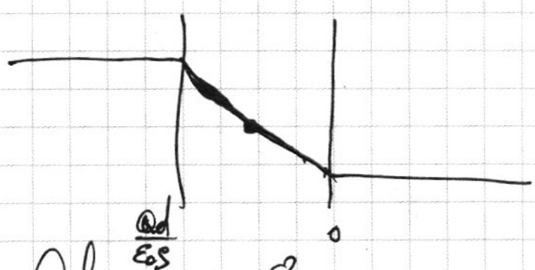
$$0{,}0490 \cdot 10^{-4} =$$

$$1(t+0{,}6)-(t-1)\cdot 1$$

$$\frac{t+0{,}6-t-1}{-Q}$$

$$\varphi_Q-\varphi_0=-\int\frac{Q\,dr}{2\varepsilon_0 S}=\frac{Qr}{2\varepsilon_0 S}$$





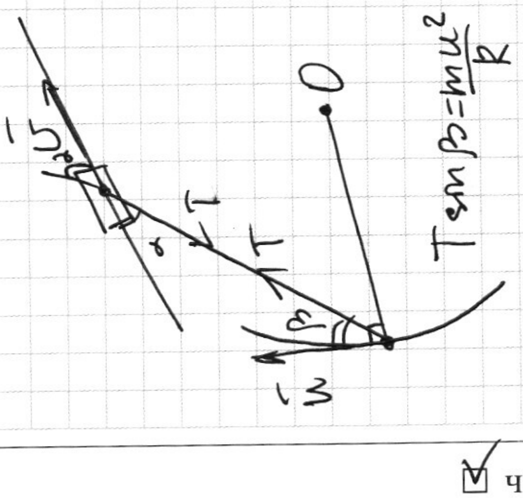
$$2\,\frac{Qd}{4\varepsilon_0 S}\cdot q=\frac{mv_1^2}{2}$$

$$\frac{Qd}{2\varepsilon_0 S}\cdot \gamma=\frac{9}{4}\,\frac{d^2}{T^2}$$

1 $\qquad$ 2

$$\frac{Q\gamma}{\varepsilon_0 S}=\frac{9}{2}\,\frac{d}{T^2}$$

$$\frac{1}{4}\,\frac{Qd}{\varepsilon_0 S}\,q=\frac{mv_1^2}{2}\cancel{+}-\frac{Qd}{2\varepsilon_0 S}\cdot q$$



$$\frac{1}{4}+\frac{1}{2}=\frac{3}{4}$$

☑ черновик $\qquad$ ☐ чистовик $\qquad$ Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) $\qquad$ (Нумеровать только чистовики)