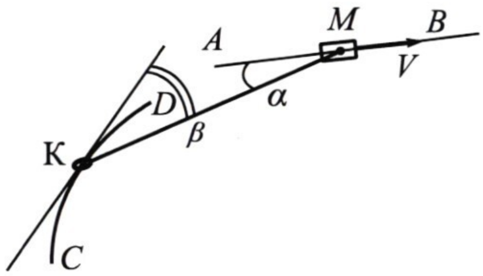
# Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

## Вариант 11-02

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

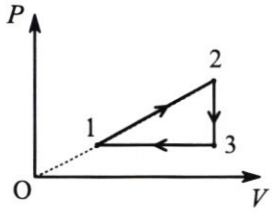
**1.** Муфту M двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей AB (см. рис.). Кольцо K массой $m = 1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1{,}7$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол $\alpha (\cos\alpha = 3/5)$ 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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



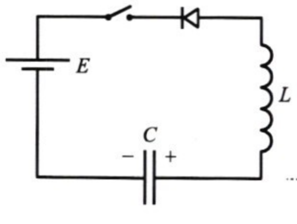

**3.** Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния $d$ между обкладками. Положительно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью $V_1$ и останавливается между обкладками на расстоянии $0{,}2d$ от положительно заряженной обкладки. Удельный заряд частицы $\dfrac{q}{m} = \gamma$.

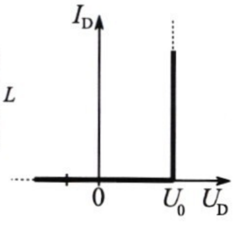
1) Найдите продолжительность $T$ движения частицы в конденсаторе до остановки.
2) Найдите напряжение $U$ на конденсаторе.
3) Найдите скорость $V_0$ частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

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 $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0{,}2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

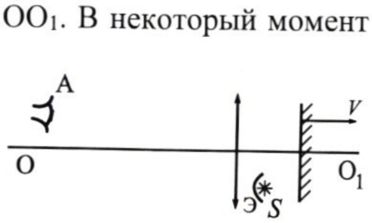
1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
3) Найти установившееся напряжение $U_2$ на конденсаторе после замыкания ключа.




**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 плоскости $F/3$ от 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 $\alpha$ 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. Дано:

$V = 0{,}4\,м/с$

$m = 1\,кг$

$R = 1{,}7\,м$

$\ell = \frac{17R}{15}$

$\cos\alpha = \frac{3}{5}$

$\cos\beta = \frac{8}{17}$

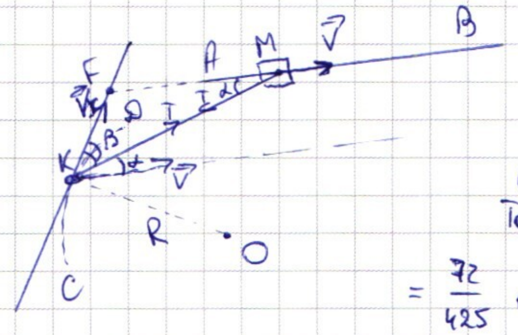
Найти:

1) $V_К$ - ?

2) $V_{отн}$ - ?

3) $T$ - ?

Решение:




1) $V_К = V\cos(\alpha+\beta)$

$\cos\alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{4}{5}$

$\cos\beta = \frac{8}{17} \Rightarrow \sin\beta = \frac{15}{17}$

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

(* знак "-" означает, что $\angle\alpha+\beta$ - тупой).

Тогда $V_К = \frac{4}{10}\cdot\frac{36}{85} =$

$= \frac{72}{425}$ м/с.

2). $\vec{V}_{отн} = \vec{V}_К + \vec{V}$

$V_{отн}^2 = V_К^2 + V^2 - 2\,V\cdot V_К\cdot\cos(180-(\alpha+\beta)) =$

$= \left(\frac{36}{85}\right)^2 V^2 + V^2 - 2\cdot\frac{36}{85}\,V\cdot V\cdot\frac{36}{85} = V^2 - \left(\frac{36}{85}\right)^2 V^2 =$

$= V^2\left(1 - \frac{36^2}{85^2}\right) = V^2\left(\frac{49\cdot 121}{85^2}\right) \Rightarrow V_{отн} = V\cdot\frac{7\cdot 11}{85} = \frac{77}{85}V =$

$= \frac{77}{85}\cdot\frac{2}{5} = \frac{144}{425}$ м/с.

3). $T\sin\beta = ma \Rightarrow T = \frac{mV_К^2}{\sin\beta R} = \frac{1\cdot V^2\cdot\left(\frac{36}{85}\right)^2}{\frac{15}{17}\cdot 1{,}7} = \frac{2}{3}V^2\cdot\left(\frac{36}{85}\right)^2 =$

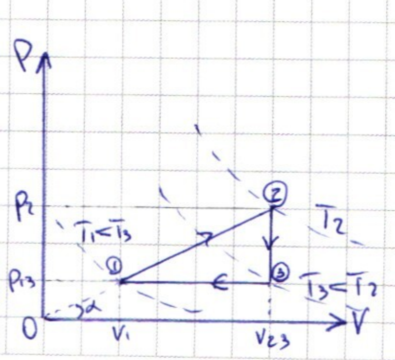
$= \frac{2}{3}\cdot\left(\frac{72}{425}\right)^2 = \frac{2}{\cancel{3}}\cdot\frac{\overset{24}{\cancel{72}}}{425}\cdot\frac{72}{425} = \frac{2}{3}\left(\frac{36}{85}\right)^2 V^2$

Ответ: 1). $V_К = \frac{72}{425}$ м/с.

2). $V_{отн} = \frac{144}{425}$ м/с.

3). $T = \frac{2}{3}\left(\frac{36}{85}\right)^2\cdot\frac{4}{25}$ Н.

②.




$$\begin{cases} p_{13}V_1 = \nu RT_1 \\ p_2 V_{23} = \nu RT_2 \\ p_{13}V_{23} = \nu RT_3 \end{cases}$$

$tg\alpha = \frac{p_{13}}{V_1} = \frac{p_2}{V_{23}} \Rightarrow$

$\Rightarrow p_{13}V_{23} = p_2 V_1$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

1) $n = \frac{C_{\nu_1}}{C_{\nu_2}}$ – ? Понижение $t$ – участки 2-3 и 3-1

$$\left.\begin{aligned} Q_{2-3} &= C_{\nu 2-3}\,\nu\,(T_3 - T_2) = A_{2-3} + \Delta U_{2-3} \\ A_{2-3} &= 0 \ (\Delta V = 0) \\ \Delta U &= \frac{i}{2}\nu R\,(T_3 - T_2) \end{aligned}\right\} \Rightarrow C_{\nu 2-3} = \frac{iR}{2} = \frac{3R}{2}$$

$$Q_{3-1} = C_{\nu 3-1}\,\nu\,(T_1 - T_3) = A_{3-1} + \Delta U_{3-1} = p_{13}(V_1 - V_{23}) + \frac{i}{2}\nu R\,(T_1 - T_3) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_{\nu 3-1} = R + \frac{3R}{2} = \frac{5R}{2}$$

$$n = \frac{C_{\nu 2-3}}{C_{\nu 3-1}} = \frac{3R}{2} \cdot \frac{2}{5R} = \frac{3}{5} = 0{,}6$$

2) Процесс 1-2:

$$n = \frac{Q_{T}}{A_2} = \frac{A_2 + \Delta U}{A_2} = 1 + \frac{\Delta U}{A_2} = 1 + \frac{\frac{i}{2}\nu R\,(T_2 - T_1)}{\frac{p_{13} + p_2}{2}(V_{23} - V_1)} =$$

$$= 1 + \frac{\frac{3}{2}\nu R\,(T_2 - T_1)}{\frac{\nu R\,(T_2 - T_1)}{2}} = 4$$

3). $\eta_{max}$ – ?

$$\eta = \frac{A_2}{Q_{non}} \qquad Q_{non} = Q_{12} = 4A_{1-2} \ (\text{из п.2.})$$
$$A_2 = A_{1-2} + A_{3-1}$$

$$A_{1-2} = \frac{\nu R\,(T_2 - T_1)}{2}\ ; \quad A_{3-1} = p_{13}(V_1 - V_{23}) = \nu R\,(T_1 - T_3)$$

$$A_2 = \frac{\nu R(T_2 - T_1)}{2} + \nu R(T_1 - T_3) = \frac{\nu R\,(T_2 + T_1 - 2T_3)}{2}$$

$$\eta = \frac{\frac{\nu R(T_2 + T_1 - 2T_3)}{2}}{4 \cdot \frac{\nu R\,(T_2 - T_1)}{2}} = \frac{1}{4} \cdot \frac{T_2 + T_1 - 2T_3}{T_2 - T_1}$$

$\eta_{max}$ при $T_3 \approx T_1$

$$\eta_{max} = \frac{1}{4} \cdot \frac{T_2 + T_1 - 2T_1}{T_2 - T_1} = \frac{1}{4} \cdot 1 = 0{,}25 = 25\%$$

Ответ: 1) $n = 0{,}6$ или $n = 1{,}6(6)$
2) $n = 4$
3) $\eta_{макс} = 25\%$

③. Дано:
$d,\ 0{,}2d,\ V_1,\ \gamma = \frac{q}{m}$

Найти:
1) $\tau$ – ?
2) $v$ – ?
3). $V_0$ – ?

Решение:

1.) Поскольку заряд остановился, то сила Кулона, оказываемая конденсатором на заряд направлена противоположно движению частицы. (т.е $\vec{E} \uparrow\uparrow \vec{V_1}$).
Это значит, что ближайшая пластина конденсатора к заряду заряжена отрицательно ($-Q$), а след-но, заряд другой пластины положителен ($+Q$).

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Тогда, по второму закону Ньютона получим, что:

$Eq = ma \Rightarrow a = E\gamma$

Расстояние $L$ пройденное в конденсаторе частицей равно:

$L = d - 0{,}2d = 0{,}8d$

Тогда из кинематики получим:

$L = 0{,}8d = \frac{V_1 + 0}{2} T \Rightarrow T = \frac{1{,}6d}{V_1}$

2). $U = Ed = \frac{ad}{\gamma}$

$L = 0{,}8d = V_1 T - \frac{aT^2}{2} = 1{,}6d - \left(\frac{1{,}6d}{V_1}\right)^2 \cdot \frac{a}{2} \Rightarrow \frac{a}{2} \cdot \frac{(1{,}6d)^2}{V_1^2} = 0{,}8d \Rightarrow$

$\Rightarrow a = \frac{1{,}6d \cdot V_1^2}{(1{,}6d)^2} = \cancel{\frac{V_1^2}{2(1{,}6d)^2}} = \frac{V_1^2}{1{,}6d}$

Тогда $U = \frac{\frac{V_1^2}{1{,}6d} \cdot d}{\gamma} = \frac{V_1^2}{1{,}6\gamma}$

3). На бесконеч. большом расст: $V_0 = V_1$

Ответ: 1) $T = \frac{1{,}6d}{V_1}$

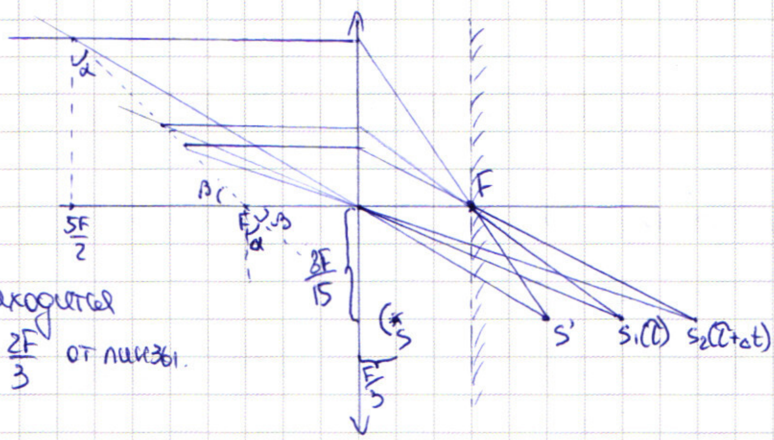
2). $U = \frac{V_1^2}{1{,}6\gamma}$

3) $V_0 = V_1$

⑤. Дано:
$F$, $8F/15$, $F/3$, $V$

Найти:
1) $f$ - ?
2) $\beta$ - ?
3) $V_{из}$ - ?

Решение:




1. Источник света в зеркале S' находится на расс-ии $\frac{F}{3}+2\cdot\frac{2F}{3}$ от линзы.

$d=\frac{F}{3}+2\frac{2F}{3}=\frac{5F}{3}$

$\frac{1}{F}=\frac{3}{5F}+\frac{1}{f} \Rightarrow \underline{f=\frac{5F}{2}}$

2. Заметим, что источник света при движении зеркала находится на том же расстоянии от ГОО. Проанализировав положение источника света в зеркале в некоторое время $(S_1(\tau), S_2(\tau+\Delta t))$, поймём, что изображение будет стремиться к фокусу, а значит скорость изображения направлена именно в направлении к фокусу линзы.

Тогда: $tg\,\beta=\frac{H_{из}}{f-F}$

$\Gamma=\frac{f}{d}=\frac{H_{из}}{h} \Rightarrow H_{из}=\frac{fh}{d}=\frac{\frac{5}{2}F\cdot\frac{8F}{15}}{\frac{5F}{3}}=\frac{40F}{30}\cdot\frac{3}{5}=\frac{4}{5}F$

$tg\,\beta=\frac{\frac{4}{5}F}{\frac{5}{2}F-F}=\frac{4F}{5}\cdot\frac{2}{3F}=\frac{8}{15} \Rightarrow \angle\beta=arctg\left(\frac{8}{15}\right)$

3. $\frac{V_{пр}}{V_{из}}=\Gamma^2$ $\quad V_{пр}=\frac{d_1-d_0}{t}=\frac{\frac{F}{3}+2\left(\frac{2F}{3}+Vt\right)-\frac{5F}{3}}{t}=2V$

$\Gamma^2=\left(\frac{f}{d}\right)^2=\left(\frac{5F}{2}\cdot\frac{3}{5F}\right)^2=\frac{9}{4}$

Значит: $V_{из}=\frac{8V}{9}$

Ответ: 1) $f=\frac{5F}{2}$
2). $\angle\beta=arctg\left(\frac{8}{15}\right)$
3) $V_{из}=\frac{8V}{9}$

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.

Дано:

$E = 3В$

$C = 20 \cdot 10^{-6} Ф$

$U_1 = 6В$

$L = 0{,}2 Гн$

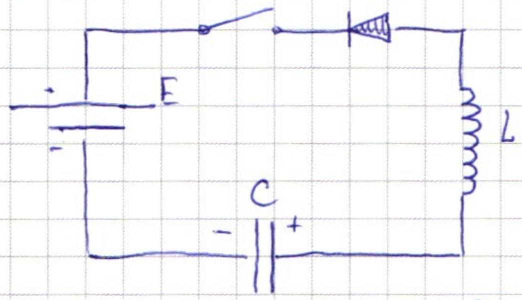
$U_0 = 1В$

1) $J' - ?$

2) $J_{max} - ?$

3) $U_2 - ?$

Решение:




1. $\frac{\Delta J}{\Delta t} = J'$

Поскольку $E > U_0$, то ток через диод пойдёт. Тогда

$-E = LJ' - U_1$

$J' = \frac{3}{0{,}2} = 15 А/с$

2). $J_{max}$ при $q_{min}$ на конденсаторе

$q_к - q_{min} = q_{перетек.}$ ЗСЭ: $A_{ист} = \Delta W_C + \Delta W_L$

$-Eq_п = \frac{(q_к - q_п)^2}{2C} - \frac{q_к^2}{2C} + \frac{LJ_m^2}{2} \quad | \cdot 2C$

$-2CEq_п = -2q_к q_п + q_п^2 + \cancel{2C}\, CLJ_m^2$

$q_к = CU_1 \Rightarrow 2CU_1 q_п - 2CEq_п - q_п^2 = CLJ_m^2$

$2CEq_п - q_п^2 = CLJ_m^2$

$J_m = \sqrt{\frac{2CE q_п - q_п^2}{CL}}$

$J_m' = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2\sqrt{\frac{2CEq_п - q_п^2}{CL}}} \cdot (2CE - 2q_п)$

$J_m' = 0 \Rightarrow q_п = CE$

$J_m'$ + − $q_п$

CE т. макс. $J_m$

$J_{max}$ при ~~CE~~ $q_п = CE \Rightarrow$

$\Rightarrow J_m = \sqrt{\frac{2CE \cdot CE - (CE)^2}{CL}} = \sqrt{\frac{(CE)^2}{CL}} = E\sqrt{\frac{C}{L}} = 3\sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{0{,}2}} = 3 \cdot 10^{-2} = 0{,}03 А$

3). ЗСЭ: $\frac{C(U_2^2 - U_1^2)}{2} = \frac{LJ_m^2}{2}$

$CU_2^2 = LJ_m^2 + CU_1^2$

$U_2 = \sqrt{\frac{LJ_m^2}{C} + U_1^2} = \sqrt{\frac{0{,}2 \cdot 9 \cdot 10^{-4}}{20 \cdot 10^{-6}} + 36} = \sqrt{45} = 3\sqrt{5}\ В$

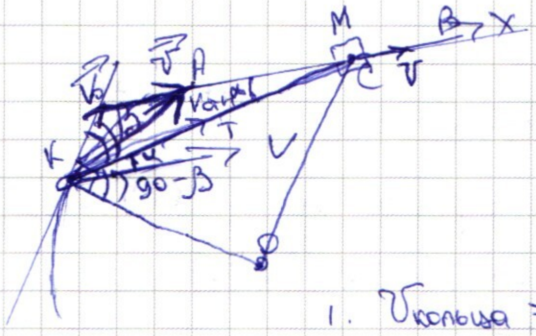
Ответ: 1) $J' = 15 \frac{А}{с}$; 2) $J_m = 0{,}03 А$; 3) $U_2 = 3\sqrt{5}\ В$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1.




$m = 1кг$

$V = 0{,}4 м/с$

$R = 1{,}7 м.$

$l = \frac{17R}{15}$

$\cos\alpha = \frac{3}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \frac{4}{5}$

$\cos\beta = \frac{8}{17} \Rightarrow \sin\beta = \frac{15}{17}.$

1. $v_{кольца} = v_{муфты} = V = 0{,}4 м/с.$

2. $\vec{V}_{отн.} = \vec{V_0} + \vec{v}$

$V_{отн}^2 = V_0^2 + v^2 - 2V_0 v\cos(180-(\alpha+\beta))$

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

$V_{отн}^2 = 2V^2\left(1 + \frac{3}{5}\cdot\frac{8}{17} - \frac{4}{5}\cdot\frac{15}{17}\right) = 2V^2\left(1 + \frac{24-60}{5\cdot 17}\right) =$

$= 2V^2\left(1 - \frac{36}{5\cdot 17}\right) = 2\cdot 0{,}4^2\cdot\left(\frac{85-36}{5\cdot 17}\right) = 2\cdot 0{,}4\cdot 0{,}4\cdot\frac{49}{5\cdot 17}$

$V_{отн} = 0{,}4\cdot 7\cdot\sqrt{\frac{2}{85}} = 2{,}8\cdot\sqrt{\frac{2}{85}}$

$T\sin\beta = m\frac{V^2}{R}$

$T = \frac{0{,}4^2}{1{,}7\cdot\frac{15}{17}} = \frac{0{,}4\cdot 0{,}4\cdot 17}{1{,}7\cdot 15} = \frac{4\cdot 0{,}4}{15} = \frac{1{,}6}{15}$

$OC^2 = \frac{289R^2}{225} + R^2 - 2R\cdot\frac{17R}{15}\cdot\frac{15}{17} = \frac{289R^2}{225} - R^2 = \frac{64R^2}{225} \Rightarrow$

$\Rightarrow OC = \frac{8}{15}R$

1. Пустим ось Ox вдоль AB, тогда $v_{кольца\,x} = v_{муфты} = V$

$\cancel{V_0 =}$ $V_к = V\cos(\alpha+\beta) = V\cdot(\cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta) =$

$= V\cdot\frac{3}{5}\cdot\frac{8}{17} - \frac{15\cdot 4}{5\cdot 17} = \frac{36V}{85}$

2. $\vec{V}_{отн.} = \vec{V_к} + \vec{V}$

$\cos(180-(\alpha+\beta)) = \cos(\alpha+\beta) = \cancel{36V}\ \frac{36}{85}$

$V_{отн}^2 = \frac{36^2V^2}{85^2} + V^2 - 2\cdot\frac{36}{85}V^2\cdot\frac{36}{85} = V^2 - \left(\frac{36}{85}\right)^2V^2 = V^2\left(1 - \left(\frac{36}{85}\right)^2\right) =$

$= V^2\left(\frac{49}{85}\cdot\frac{121}{85}\right) \Rightarrow V_{отн} = V\cdot\frac{7\cdot 11}{85} = \frac{77}{85}V$

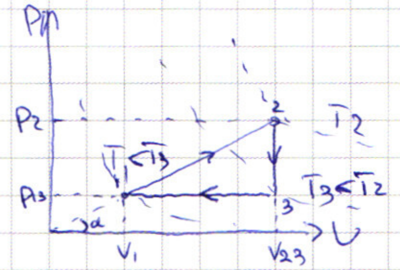
$y = x^\alpha$

$y' = \cancel{\alpha-1}\,\alpha\cdot x^{\alpha-1}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

②




$$\begin{cases} p_{13}V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V_{23} = \nu R T_2 \\ p_{13} V_{23} = \nu R T_3 \end{cases}$$

$$tg\alpha = \frac{p_{13}}{V_1} = \frac{p_2}{V_{23}} \Rightarrow p_{13}V_{23} = V_1 p_2$$

1. $n = \frac{C_{\nu_1}}{C_{\nu_2}}$ – ?  Понижение $t$ – на участках (прошее.) 2-3 и 3-1!

$$Q_{2-3} = C_{\nu 23}\,\nu\,(T_3 - T_2) = A_{2-3} + \Delta U_{2-3}$$

$A_{2-3} = 0 \ (\Delta V = 0)$

$\Delta U = \frac{i}{2}\nu R (T_3 - T_2)$

$$Q_{2-3} = C_{\nu 2-3}\,\nu\,(T_3 - T_2) = \frac{i}{2}\nu R (T_3 - T_2) \Rightarrow C_{\nu 2-3} = \frac{iR}{2} = \frac{3R}{2}$$

$$Q_{3-1} = C_{\nu 3-1}\,\nu\,(T_1 - T_3) = A_{3-1} + \Delta U_{3-1} = p_{13}(V_1 - V_{23}) + \frac{i}{2}\nu R (T_1 - T_3)$$

$$C_{\nu 3-1}\cdot \cancel{\nu (T_1 - T_3)} = \cancel{\nu} R \cancel{(T_1 - T_3)} + \frac{i}{2}\cancel{\nu} R \cancel{(T_1 - T_3)}$$

$$C_{\nu 3-1} = R + \frac{3R}{2} = \frac{5R}{2}$$

$$n = \frac{C_{\nu 2-3}}{C_{\nu 3-1}} = \frac{3R}{2}\cdot\frac{2}{5R} = \frac{3}{5} = 0{,}6$$

2. Проц-с 1-2:

$$n = \frac{Q_{тепл}}{A_г} = \frac{A_г + \Delta U}{A_г} = 1 + \frac{\Delta U}{A_г} = \frac{\frac{i}{2}\nu R (T_2 - T_1)}{\frac{p_{13}+p_2}{2}\cdot(V_{23} - V_1)} =$$

$$= \frac{\frac{3}{2}\nu R (T_2 - T_1)}{\frac{p_{13}V_{23} + p_2 V_{23} - p_{13}V_1 - p_2 V_1}{2}} = \frac{3\nu R (T_2 - T_1)}{\nu R (T_2 - T_1)} = 3$$

3. $\eta_{max}$ – ?

$$\eta = \frac{A_ц}{Q_{получ}} \qquad Q_{получ} = Q_{12} \qquad A_ц = A_{12} + A_{31}$$

$$A_ц = \frac{p_2 - p_{13}}{2}(V_{23} - V_1) = \frac{p_2 V_{23} - p_{13}V_{23} + p_{13}V_1 - p_2 V_1}{2} = \frac{\nu R T_2 - \nu R T_3 + \nu R T_1 - \nu R T_3}{2} = \frac{\nu R}{2}(T_2 + T_1 - 2T_3)$$

$3A_{12} = Q$

$$A_{3-1} = p_{13}(V_1 - V_{23}) = p_{13}V_1 - p_{13}V_{23} = \nu R (T_1 - T_3)$$

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

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

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

$T_3 \approx T_1$

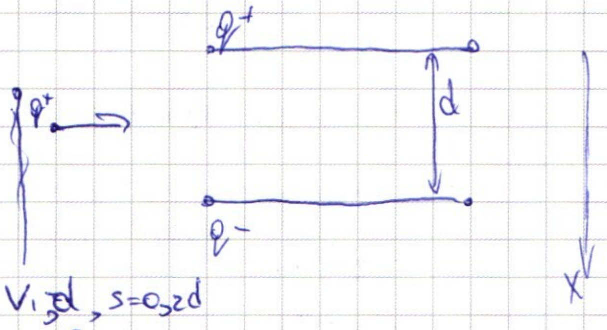
$$\eta = \frac{T_2 + T_1 - 2T_1}{3(T_2 - T_1)} = \frac{1}{3} = 33{,}3\%$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

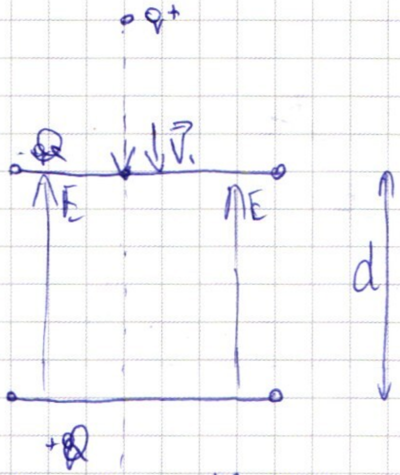
# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

③.




$V_1, d, s = 0{,}2d$

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




Поскольку заряд останавливается $\Rightarrow$ ~~его~~ сила Кулона оказываемая ~~со~~ конденсат. направлена противоположно движ. частицы.

значит:

$Eq = ma \Rightarrow a = E\gamma$

$s = d - 0{,}2d = 0{,}8d = \frac{V_1^2}{2E\gamma}$

$0{,}8d = \frac{V_1 + 0}{2} t \Rightarrow t = \frac{1{,}6d}{V_1}$

$0{,}8d = V_1 \cdot \frac{1{,}6d}{V_1} - \frac{at^2}{2} =$

$0{,}8d = 1{,}6d - \frac{E\gamma \cdot \frac{1{,}6^2 d^2}{V_1^2}}{2}$

$E\gamma \cdot \frac{1{,}6^2 d^2}{V_1^2} = 1{,}6d$

$E\gamma = \frac{V_1^2}{1{,}6d} \Rightarrow E = \frac{V_1^2}{1{,}6d\gamma}$

$U = \varphi_1 - \varphi_2 = Ed = \frac{V_1^2}{1{,}6\gamma}$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

4. $E = 3\,В$
$C = 20\,мкФ$
$U_1 = 6\,В$
$L = 0{,}2\,Гн$
$U_0 = 1\,В$

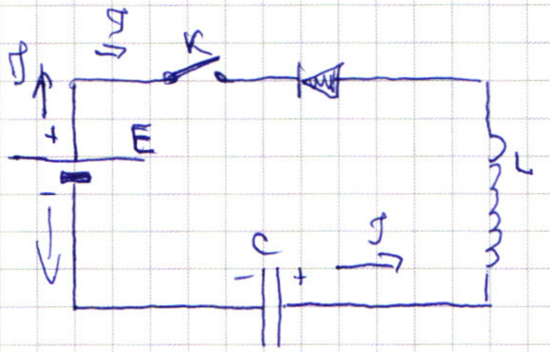

1. $\frac{\Delta I}{\Delta t}$.

$q_{конд} = CU_1 = 120 \cdot 10^{-6}\,Кл$.

$E = LI' - U_1$

$3 = LI' - 6$

$I' = \frac{9}{0{,}2} = \frac{9}{\frac{1}{5}} = 45\,А/с$.




2. $I_{max}$ при $q = 0$ на конд.

$-\mathcal{E} q_{конд} = \Delta W_C + \Delta W_L$.

$-\mathcal{E} C U_1 = -\frac{CU_1^2}{2} + \frac{L I_m^2}{2} \quad \Big| \cdot 2$

~~$CU_1^2($~~

$CU_1^2 - 2\mathcal{E} C U_1 = L I_m^2$

~~$CU_1$~~ $CU_1(U_1 - 2\mathcal{E}) = L I_m^2$

$-\mathcal{E} q_{перег.} = \left(-\frac{q^2}{2C} + \frac{(q - q_{пер})^2}{2C}\right) + \frac{L I_m^2}{2}$

$-\mathcal{E} q_п = \left(\frac{q^2 - q^2 + 2q q_{пер} - q_{пер}^2}{2C}\right) + \frac{L I_m^2}{2}$

$2C(-)\mathcal{E} q_п = 2q q_{пер} - q^2_{пер} + L I_m^2$

$q_{пер}(q_п - 2q - 2C\mathcal{E})$

$-\mathcal{E} q_п = \Delta W_C + \Delta W_L$.

$-\mathcal{E} q_п = (W_{C кон} - W_{C нач}) + (W_{L кон})$

$-\mathcal{E} q_п = \left(\frac{(q - q_{пер})^2}{2C} - \frac{q^2}{2C}\right) + \left(\frac{L I_m^2}{2}\right) \Big| \cdot 2C$

$-\mathcal{E} q_п 2C = -2q q_{пер} + q_{пер}^2 + L I_m^2 C$

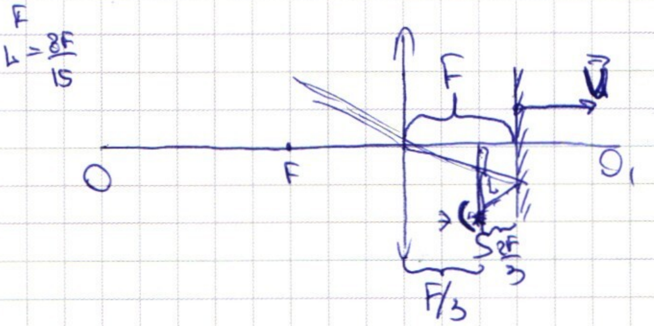
$2CU_1 q_п - q_п^2 - 2C\mathcal{E} q_п = L I_m^2 C$

~~$q_п($~~ $2C\mathcal{E} q_п - q_п^2 = L I_m^2 C$

# ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5. $F$

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




1. Источник в зеркале. S' находится на расст. $\frac{F}{3} + 2\cdot\frac{2F}{3}$ от линзы.

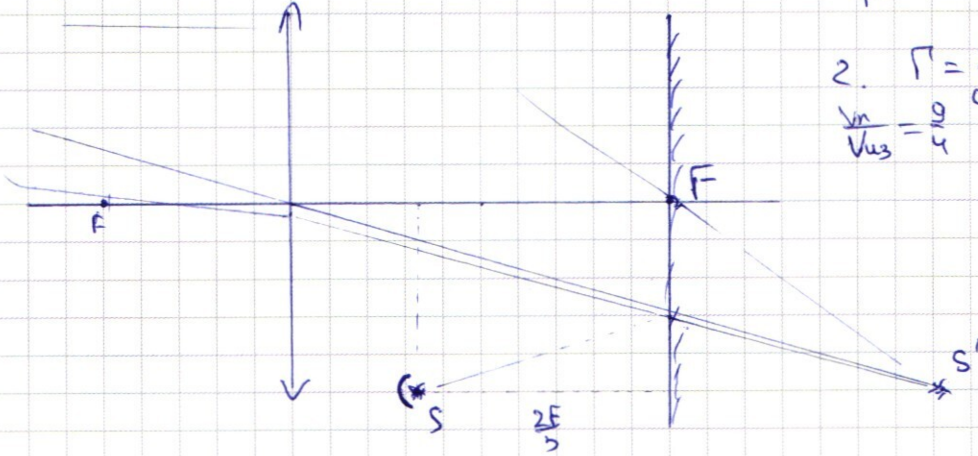
$d = \frac{F}{3} + \frac{4F}{3} = \frac{5F}{3}$

$\frac{1}{F} = \frac{3}{5F} + \frac{1}{f}$

$\frac{1}{f} = \frac{5-3}{5F} = \frac{2}{5F} \Rightarrow \boxed{f = \frac{5F}{2}}$

2. $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{5F}{2}\cdot\frac{3}{5F} = \frac{3}{2}$

$\frac{v_n}{v_{из}} = \frac{9}{4}$




$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{F}{3} + 2\cdot\left(\frac{2F}{3} + vt\right)} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{\frac{F}{3} + \frac{4F}{3} + 2V} = \frac{1}{F} - \frac{3}{5F + 6V} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f = \frac{F(5F+6V)}{5F+6V-3F} = \frac{F(5F+6V)}{3F+6V}$$

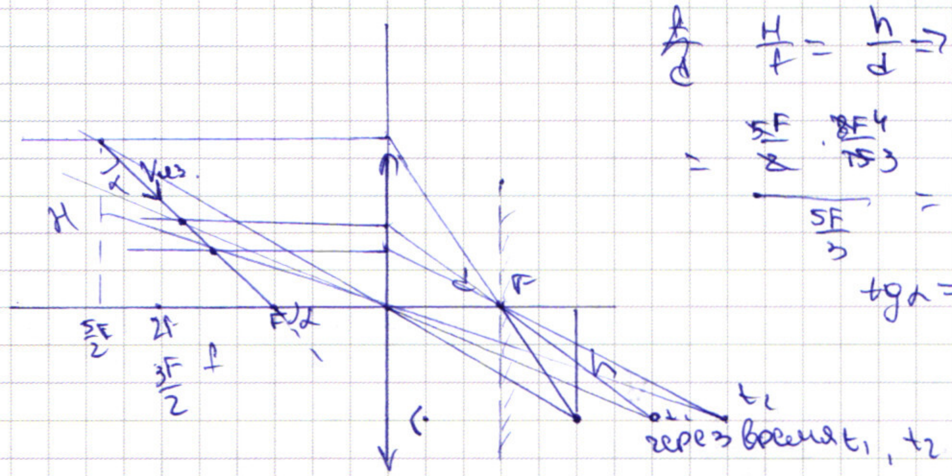
$$\Gamma = \frac{F(5F+6V)}{3F+6V}\cdot\frac{3}{5F+6V} = \frac{3F}{3F+6V} = \frac{F}{F+2Vt}$$

$$V_{из} = \frac{F(5F+6Vt)}{3F+6Vt} - \frac{5F}{2} = \frac{2F(5F+6Vt) - 15F^2 - 30FVt}{2(3F+6Vt)} =$$

$$= \frac{-5F^2 - 18FVt}{6F + 12Vt}$$

$$v = \frac{F}{3} + 2\left(\frac{2F}{3} + V\right) - \frac{5F}{3} = 2V$$

$$H_1 = \frac{f}{d}\cdot h = \frac{3}{2}\cdot\frac{8F}{15} = \frac{4}{5}F$$




$\frac{f}{d}$ $\frac{H}{f} = \frac{h}{d} \Rightarrow H = \frac{fh}{d} =$

$= \frac{\frac{5F}{2}\cdot\frac{8F}{15}}{\frac{5F}{3}} = \frac{4F^2}{3}\cdot\frac{3}{5F} = \frac{4F}{5}$

$tg\alpha = \frac{3F}{2}\cdot\frac{5}{4F} = \frac{15}{8}$

3. $\frac{V_{пр.}}{V_{п.}} = Г^2 = \frac{f^2}{d^2} = \left(\frac{3}{2}\right)^2 = \frac{9}{4} \Rightarrow V_{из} = \frac{8V_{пр}}{9}$

$V_{пр} = 2V$