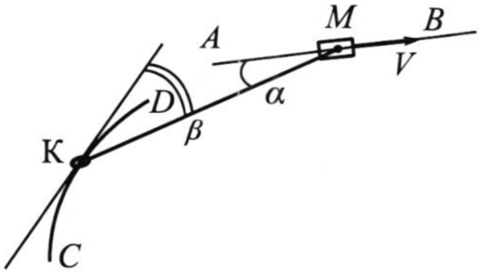
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-03

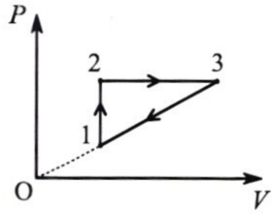
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вло

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол $\alpha (\cos\alpha = 15/17)$ с направлением движения муфты и угол $\beta (\cos\beta = 3/5)$ 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.



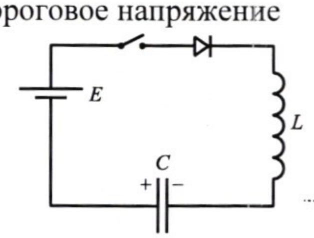
1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.
2) Найти в изобарном процессе отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.

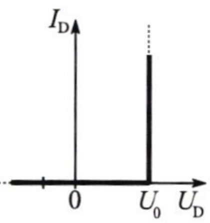
3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со скоростью V_1. Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?
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.

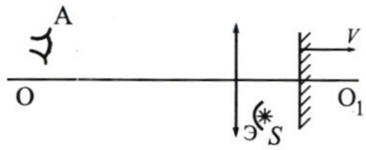
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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 плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ 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

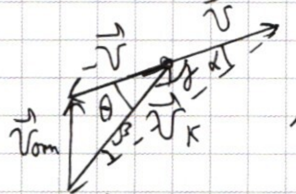
№1.

Дано:
$v = 34\ \frac{см}{с}$
$m = 0{,}3$ кг
$R = 0{,}53$ м
$l = \frac{5}{4}R$
$\cos\alpha = \frac{15}{17}$
$\cos\beta = \frac{3}{5}$
1) $v_к$ - ?
2) $v_{отн}$ - ?
3) T - ?

Решение:

1) Т.к. нить не рвется, то проекции скоростей муфты и кольца на нить равны: $v\cos\alpha = v_к\cos\beta \Rightarrow v_к = v\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = v\cdot\frac{15\cdot5}{17\cdot3} = \frac{25}{17}v = 50\ \frac{см}{с}$

2) По закону слож. скоростей (в СО муфты): $\vec{v}_к = \vec{v} + \vec{v}_{отн} \Rightarrow$
$\Rightarrow \vec{v}_{отн} = \vec{v}_к + (-\vec{v})$



Из геометр.: $\theta = \pi - \gamma = \pi - (\alpha+\beta)$

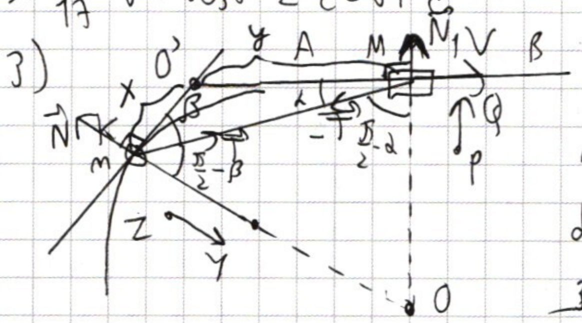
По th.cos: $v_{отн}^2 = v^2 + v_к^2 - 2vv_к\cos\theta$

$v_{отн}^2 = v^2 + \left(\frac{25}{17}\right)^2 v^2 + 2\cdot\frac{25}{17}v^2\cdot\cos(\alpha+\beta)$

$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta = \frac{15}{17}\cdot\frac{3}{5} - \frac{4}{5}\cdot\frac{8}{17} = \frac{13}{85}$

$v_{отн}^2 = v^2 + \left(\frac{25}{17}\right)^2 v^2 + \frac{50}{17}v^2\cdot\frac{13}{85} \Rightarrow v_{отн}^2 = v^2 + \frac{625}{289}v^2 + \frac{130}{289}v^2 = \frac{944}{289}v^2 \Rightarrow v_{отн} = \frac{\sqrt{944}}{\sqrt{289}}\sqrt{v^2} \approx$
$\approx \frac{30{,}5}{17}v = 30{,}5\cdot 2\ \frac{см}{с} = 61\ \frac{см}{с}$

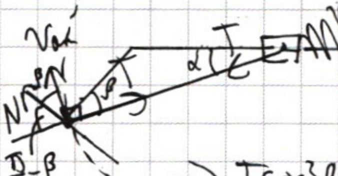
3)



По II закону на оси ZY для кольца m:
$ma_{ц.с.} = T\sin\beta - N = \frac{mv_к^2}{R} \Rightarrow N = T\sin\beta - \frac{mv_к^2}{R}$ (1)

Для муфты на PQ: $N_1 = T\sin\alpha$;

~~Заметим, что $\vec{N}$ и $\vec{N}_1$ пересекаются в точке O, значит их моменты относительно этой точки равны~~ 0. Перейдем в СО муфты M, тогда движение кольца будет также относительно муфты по окружности радиуса $l = \frac{5R}{4}$;



Тогда: $\frac{4mv_{отн}^2}{5R} = T - N\sin\beta$. Из (1): $\frac{4mv_{отн}^2}{5R} = \cancel{T - T\sin\beta + mv} =$
$= T - T\sin^2\beta + \frac{mv_к^2}{R}\sin\beta = T\cos^2\beta + \frac{mv_к^2}{R}\sin\beta \Rightarrow$

$\Rightarrow T\cos^2\beta = \frac{4mv_{отн}^2}{5R} - \frac{mv_к^2}{R}\sin\beta = \frac{m}{R}\left(\frac{4}{5}v_{отн}^2 - v_к^2\sin\beta\right) = \frac{m}{R}\left(\frac{4}{5}\cdot\frac{944}{289}v^2 - \frac{4}{5}\cdot\frac{625}{289}v^2\right) =$
$= \frac{m}{R}\cdot\frac{4}{5}v^2\cdot\frac{319}{289} = \frac{4\cdot319}{5\cdot289}\cdot\frac{mv^2}{R} = \frac{4\cdot319}{5\cdot289}\cdot\frac{34^2\cdot10^{-4}\cdot0{,}3}{0{,}53}$ Н $= \frac{1276}{1445}\cdot\frac{34^2\cdot10^{-3}}{53}$ Н

№2.

Дано:

$p = p(V)$

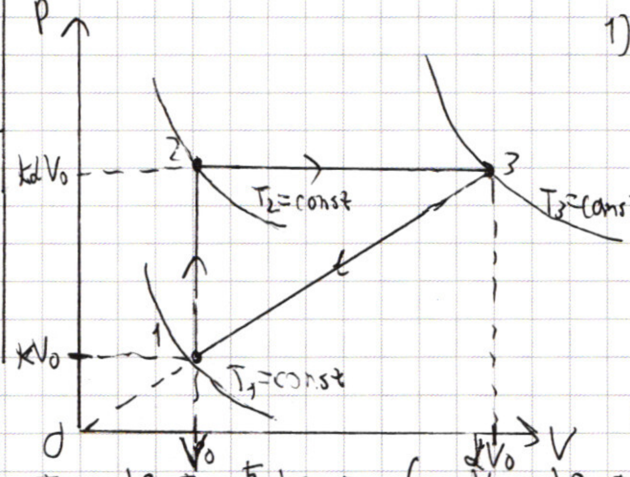
$i = 3$

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

2) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}}$ - ?

3) η_{max} - ?

Решение:



1) 1–2: $V = const$ $p \uparrow\uparrow \Rightarrow T\uparrow\uparrow$ (по закону Шарля)

2–3: $p = const$, $V\uparrow\uparrow \Rightarrow T\uparrow\uparrow$ (по закону Гей-Люссака)

$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{12}$

$Q_{12} = C_{12}\nu\Delta T_{12}$

$C_{12}\nu\Delta T_{12} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{12} \Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2}R$

$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{23} + p_2\Delta V_{23} =$

$= \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{23} + \nu R\Delta T_{23} = \frac{5}{2}\nu R\Delta T_{23}$ ($p_2\Delta V_{23} = \nu R\Delta T_{23}$ из уравн. Менд.-Клапейрона)

$Q_{23} = C_{23}\nu\Delta T_{23}$, $C_{23}\nu\Delta T_{23} = \frac{5}{2}\nu R\Delta T_{23} \Rightarrow C_{23} = \frac{5}{2}R$

$\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3}$

2) $\frac{\Delta U_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{23}}{p_2\Delta V_{23}} = \frac{\frac{3}{2}\nu R\Delta T_{23}}{\nu R\Delta T_{23}} = \frac{3}{2}$

3) $\eta = \frac{A_\Sigma}{Q_+}$, $A_\Sigma = +S_{тр}$; Используем график 3-1 и введем обозначения: $V_1 = V_0$, тогда т.к. $p_1 \sim V_1 \Rightarrow p_1 = kV_0$, где k — некая пост-ая, пусть $V_3 = k\alpha V_0$, т.е. увеличился в α раз, тогда $p_2 = p_3 = k\alpha V_0$

$A_\Sigma = \frac{1}{2}(k\alpha V_0 - kV_0)(\alpha V_0 - V_0) = \frac{1}{2}kV_0\cdot V_0(\alpha-1)^2 = \frac{1}{2}V_0^2k^2(\alpha-1)^2$

$Q_+ = Q_{12} + Q_{23} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{12} + \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{23} + \nu R\Delta T_{23} = \frac{3}{2}\nu R\Delta T_{12} + \frac{5}{2}\nu R\Delta T_{23}$,

но $\nu R\Delta T_{12} = \Delta p_{12}V_1$ и $\nu R\Delta T_{23} = p_2\Delta V_{23} \Rightarrow Q_+ = \frac{3}{2}V_1\Delta p_{12} + \frac{5}{2}p_2\Delta V_{23} =$

$= \frac{3}{2}V_0kV_0(\alpha-1) + \frac{5}{2}k\alpha V_0\cdot V_0(\alpha-1) = \frac{3}{2}V_0^2k(\alpha-1) + \frac{5}{2}V_0^2k\alpha(\alpha-1) = \frac{1}{2}V_0^2k\big(3(\alpha-1) + 5\alpha(\alpha-1)\big) =$

$= \frac{1}{2}V_0^2k(3\alpha - 3 + 5\alpha^2 - 5\alpha) = \frac{1}{2}V_0^2k(5\alpha^2 - 2\alpha - 3) = \frac{1}{2}V_0^2k\cdot 5(\alpha-1)(\alpha+\frac{3}{5}) = \frac{5}{2}V_0^2k(\alpha-1)(\alpha+\frac{3}{5})$

$\eta = \frac{\frac{1}{2}V_0^2k^2(\alpha-1)^2}{\frac{5}{2}V_0^2k(\alpha-1)(\alpha+\frac{3}{5})} = \frac{k(\alpha-1)}{5(\alpha+\frac{3}{5})} = \frac{k\alpha - k}{5\alpha+3} = \eta(\alpha)$

$\eta'(\alpha) = \frac{(k\alpha-k)'(5\alpha+3) - (5\alpha+3)'(k\alpha-k)}{(5\alpha+3)^2} = \frac{k(5\alpha+3) - 5(k\alpha-k)}{(5\alpha+3)^2} = \frac{\cancel{5k\alpha} + 3k \cancel{- 5k\alpha} + 5k}{(5\alpha+3)^2} = \frac{8k}{(5\alpha+3)^2}$

$\eta_{max} = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{max}} = 1 - \frac{T_{min}}{T_{max}}$ по теореме Карно. По изотермам из рисунка видно (чем выше изотерма, тем выше и T): $T_{min} = T_1$, $T_{max} = T_3 \Rightarrow \eta_{max} = 1 - \frac{T_1}{T_3}$

$p_1V_1 = \nu RT_1$, $kV_0^2 = \nu RT_1 \Rightarrow T_1 = \frac{kV_0^2}{\nu R}$; $p_3V_3 = \nu RT_3$, $k\alpha^2V_0^2 = \nu RT_3 \Rightarrow T_3 = \frac{k\alpha^2V_0^2}{\nu R}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\eta_{max} = 1 - \cancel{\frac{KV_0^2}{\nu R}\cdot\frac{\nu R}{K\alpha^2 V_0^2}} = 1 - \frac{1}{\alpha^2} = \frac{\alpha^2-1}{\alpha^2}$$

$$\cancel{\eta_{max}'(\alpha) = \frac{2\alpha\cdot\alpha^2 - 2\alpha(\alpha^2-1)}{\alpha^4} = \frac{2\alpha^3 - 2\alpha^3 + 2\alpha}{\alpha^4} = \frac{2}{\alpha^3}}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_-}{Q_+}$$

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

$$\cancel{A_{31}} \; A_{31} = -S_{тр} = -\frac{KV_0 + K\alpha V_0}{2}\cdot V_0(\alpha-1) = -\frac{1}{2}V_0^2 K(\alpha^2-1)$$

$$Q_- = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_1) + \frac{1}{2}KV_0^2(\alpha^2-1)$$

$$\cancel{p_3V}\; K\alpha^2V_0^2 = \nu R T_3, \quad KV_0^2 = \nu R T_1 \Rightarrow \nu R(T_3 - T_1) = KV_0^2(\alpha^2-1) \Rightarrow Q_- = 2KV_0^2(\alpha^2-1)$$

$$\eta = 1 - \frac{2KV_0^2(\alpha^2-1)}{\frac{5}{2}V_0^2K(\alpha-1)(\alpha+\frac{3}{5})} = 1 - \frac{4(\alpha+1)}{5(\alpha+\frac{3}{5})} = 1 - \frac{4\alpha+4}{5\alpha+3} = \frac{5\alpha+3-4\alpha-4}{5\alpha+3} = \frac{\alpha-1}{5\alpha+3}$$

$$Q_+ = Q_{12} + Q_{23} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) + \frac{5}{2}\nu R(T_3 - T_2) = \frac{3}{2}KV_0^2(\alpha-1) + \frac{5}{2}K\alpha V_0^2(\alpha-1) = \frac{1}{2}KV_0^2(\alpha-1)(3+5\alpha)$$

$$\eta = 1 - \frac{2KV_0^2(\alpha^2-1)}{\frac{1}{2}KV_0^2(\alpha-1)(3+5\alpha)} = 1 - 4\cdot\frac{(\alpha+1)}{3+5\alpha} = \frac{5\alpha+3-4\alpha-4}{3+5\alpha} = \frac{\alpha-1}{3+5\alpha}$$

$$\eta = \eta(\alpha) = \frac{\alpha-1}{3+5\alpha}; \; \cancel{\eta'(\alpha) = \frac{3+5\alpha - 5(\alpha-1)}{(3+5\alpha)^2}} \quad \eta = \eta(\alpha) = \frac{1-\frac{1}{\alpha}}{\frac{3}{\alpha}+5}; \text{ при } \alpha\to\infty: \eta = \frac{1}{5} = 0{,}2$$

№3.

Дано:

d

$S = \pi R^2$

$x = 0{,}3d$

$v_0 = 0\ \frac{м}{с}$

$q < 0$

v_1

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

---

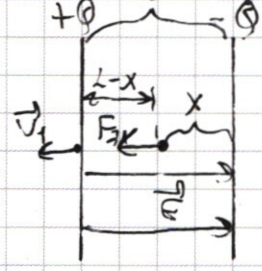
1) T − ?

2) Q − ?

3) v_2 − ? на ∞

Решение:

1)



$|q|E = ma$; $\gamma E = a$, $\cancel{E = \frac{U}{d}}$; $\cancel{E = \frac{|Q|}{\varepsilon_0}}$

т.к. $E = const$ и $\gamma = const \Rightarrow a = const$

Воспользуемся уравнением кинем. равноуск. движения:

$S = \frac{aT^2}{2}$, где $S = 0{,}5d - 0{,}3d = 0{,}2d$; $0{,}2d = \frac{aT^2}{2}$ $T^2 = \frac{0{,}4d}{a}$

$v_1^2 - v_0^2 = 2aS_1$, где $S_1 = d - 0{,}3d = 0{,}7d \Rightarrow v_1^2 = v_0^2 + 2a\cdot 0{,}7d = 1{,}4ad + v_0^2$,

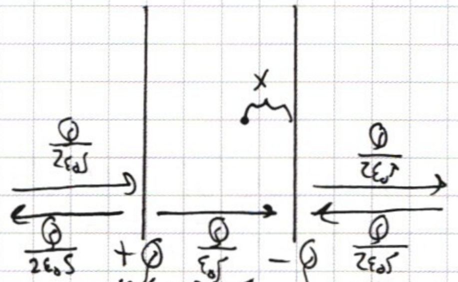
$v_0 = 0 \Rightarrow v_1^2 = 1{,}4ad \Rightarrow a = \frac{v_1^2}{1{,}4d} \Rightarrow T^2 = \frac{0{,}4d\cdot 1{,}4d}{v_1^2} = \frac{14}{25}\frac{d^2}{v_1^2} \Rightarrow T = \frac{\sqrt{14}}{5}\frac{d}{v_1}$

2) $A_\Sigma = \Delta E_k = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2}$, $A_\Sigma = \Sigma\Delta A_{эл} = \Sigma F_{эл}\Delta l = \Sigma qE\Delta l = qE\Sigma\Delta l =$
$= qE(d - 0{,}3d) = 0{,}7|q|Ed \Rightarrow 0{,}7|q|Ed = \frac{mv_1^2}{2}$; $0{,}7\gamma Ed = \frac{v_1^2}{2} \Rightarrow E = \frac{v_1^2}{1{,}4\gamma d}$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S} = \frac{V_1^2}{1{,}4\gamma d}$; $Q = \frac{V_1^2 \varepsilon_0 S}{1{,}4\gamma d} = \frac{V_1^2 \varepsilon_0 \pi R^2}{1{,}4\gamma d}$ $\quad \frac{qQd}{\varepsilon_0 S}$



$3)\ \frac{mV_1^2}{2} + \cancel{qEd} = \frac{mV_2^2}{2} + \cancel{q\varphi_\infty}$

$\varphi_\infty = 0B$: $\frac{mV_1^2}{2} + \frac{dqQ}{\varepsilon_0 S} = \frac{mV_2^2}{2}$; $V_2^2 = V_1^2 + \frac{dqQ}{\varepsilon_0 S} =$

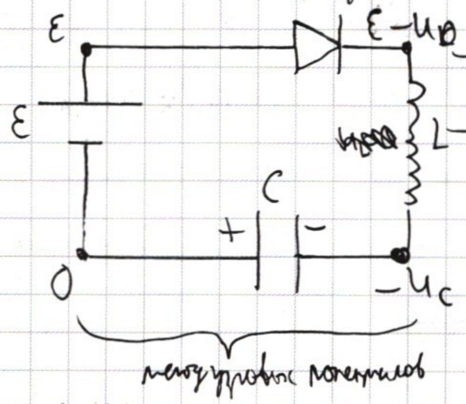
$\cancel{= V_1^2 + \frac{5\gamma}{5d} \cdot \frac{V_1^2 \cdot \varepsilon_0 \pi R^2}{1{,}4\gamma d} = V_1^2 + V_1^2 \frac{1}{\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{\varepsilon_0 \pi R^2}{1{,}4\gamma d} = V_1^2 + V_1^2 \frac{R^2}{5{,}6d^2} = V_1^2\left(1 + \frac{R^2}{5{,}6d^2}\right)} = V_1^2\left(1 + \frac{S}{5{,}6\pi d^2}\right)$

$= V_1^2 + \frac{d\gamma}{\varepsilon_0 S} \cdot \frac{V_1^2 \cdot \varepsilon_0 S}{1{,}4\gamma d} = V_1^2 \frac{2{,}4}{1{,}4} = \frac{12}{7} V_1^2 \Rightarrow V_2 = V_1\sqrt{\frac{12}{7}} = V_1\sqrt{\frac{12}{7}}$

№4.

Дано:	Решение:
$\mathcal{E} = 6B$	
$C = 40 \cdot 10^{-6}$ Ф	
$U_1 = 2B$	
$L = 0{,}1$ Гн	
$I_D = I_D(U_D)$	
$U_0 = 1B$	
1) $I' - ?$	
2) $I_m - ?$	
3) $U_2 - ?$	

1) Рассм. цепь сразу после зам. ключа (потенциал анода больше потенциала катода, ~~напр. на катушке скачком не изменяется~~, значит сразу открыт. ~~до этого оно было 0, значит после тоже 0~~).



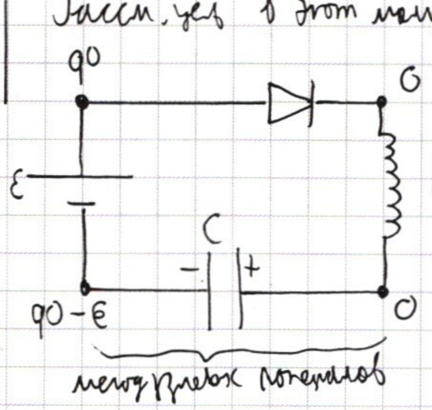
~~$U_D = \mathcal{E} - (-U_C) = \mathcal{E} + U_C = \mathcal{E} +$~~

$U_D = U_0$, $U_L = LI' \Rightarrow I' = \frac{U_L}{L} = \frac{\mathcal{E} - U_D + U_C}{L} =$

$= \frac{\mathcal{E} - U_0 + U_1}{L} = \frac{6 - 1 + 2}{0{,}1} \frac{B}{Гн} = 70 \frac{B}{Гн}$

2) Когда $I = I_{max}$, то $U_L = LI_m' = 0$.

Рассм. цепь в этот момент: $U_C = |\varphi_0 - \mathcal{E}|$



$A_{ист} = \Delta W + Q = \Delta W = \left(\frac{LI_m^2}{2} - 0\right) + \left(\frac{C(\varphi_0 - \mathcal{E})^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2}\right)$,

$I_0 = 0$ вначале, поскольку ток через катушку мгновенно изменится не может, а до этого он был 0, значит и в 1) после замыкания тоже 0)

$A_{ист} = \mathcal{E} q_{протек}$. Пусть в этот момент полярность на обкладках такая, как на рисунке, тогда $q_{протек} = +C(-\varphi_0 + \mathcal{E}) - (-CU_1) = C\varphi_0 + C\mathcal{E} + CU_1$;

~~$C\varphi_0\mathcal{E} - C\mathcal{E}^2 + CU_1\mathcal{E} = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{C\varphi_0^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + C\varphi_0\mathcal{E} + \frac{CU_1^2}{2} \Rightarrow \frac{LI_m^2}{2} = CU_1\mathcal{E} - \frac{CU_1^2}{2} - \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{C\varphi_0^2}{2}$~~

$LI_m^2 = 2CU_1\mathcal{E} - CU_1^2 - C\mathcal{E}^2 + C\varphi_0^2 = 0 - C(U_1^2 - 2U_1\mathcal{E} + \mathcal{E}^2) + C\varphi_0^2 = C\varphi_0^2 - C(U_1 - \mathcal{E})^2;$

$q_{протек} = C(\mathcal{E}+U_1) - C\varphi_0$

$C\mathcal{E}(\mathcal{E}+U_1) - C\varphi_0\mathcal{E} = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2} - \frac{C(\varphi_0-\mathcal{E})^2}{2}$

$2C\mathcal{E}(\mathcal{E}+U_1) - 2C\varphi_0\mathcal{E} = LI_m^2 + CU_1^2 - C\varphi_0^2 - C\mathcal{E}^2 + 2C\varphi_0\mathcal{E}$

$LI_m^2 = 2C\mathcal{E}^2 + 2C\mathcal{E}U_1 - 4C\varphi_0\mathcal{E} + CU_1^2 + C\varphi_0^2 + C\mathcal{E}^2 = 3C\mathcal{E}^2 + CU_1^2 + C\varphi_0^2 - 4C\varphi_0\mathcal{E} + 2C\mathcal{E}U_1$

$I_m = I_m(\varphi_0)$

$I_m'(\varphi_0) = 0 + 0 + 2\varphi_0 C - 4C\mathcal{E} + 0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 2\mathcal{E}$

$LI_m^2 = 3C\mathcal{E}^2 + CU_1^2 + 4C\mathcal{E}^2 - 8C\mathcal{E}^2 + 2C\mathcal{E}U_1 = CU_1^2 + 2C\mathcal{E}U_1 - C\mathcal{E}^2 = C(U_1^2 + 2\mathcal{E}U_1 - \mathcal{E}^2)$

$I_m^2 = \frac{C}{L}(U_1^2 + 2\mathcal{E}U_1 - \mathcal{E}^2) \Rightarrow I_m = \sqrt{\frac{C}{L}(U_1^2 + 2\mathcal{E}U_1 - \mathcal{E}^2)} = \sqrt{\frac{40\cdot10^{-6}}{10^{-1}}(4+24-36)}$

$q_{прот} = C(\mathcal{E}+U_1) - C\varphi_0$

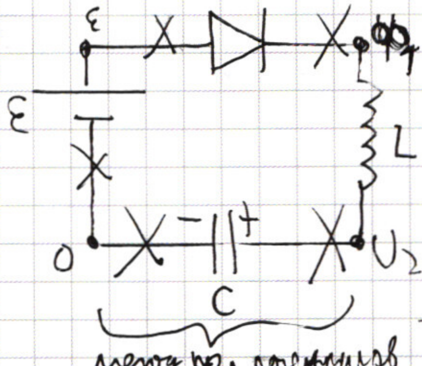
$C\mathcal{E}(\mathcal{E}+U_1) - \cancel{C\mathcal{E}\varphi_0} = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{C\varphi_0^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \cancel{C\mathcal{E}\varphi_0} - \frac{CU_1^2}{2}$

$C\mathcal{E}^2 + C\mathcal{E}U_1 = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{C\varphi_0^2}{2} + \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$; $2C\mathcal{E}^2 + 2C\mathcal{E}U_1 = LI_m^2 + C\varphi_0^2 + C\mathcal{E}^2 - CU_1^2$, $I_m = max$,

при $\varphi_0 = U_0$, т.е. когда диод открыт, иначе бы тока не было $\Rightarrow LI_m^2 = C\mathcal{E}^2 + 2C\mathcal{E}U_1 + CU_1^2 - C\varphi_0^2 = C(\mathcal{E}+U_1)^2 - CU_0^2 \Rightarrow I_m = \sqrt{\frac{C}{L}((\mathcal{E}+U_1)^2 - U_0^2)} =$

$= \cancel{8\sqrt{400\cdot10^{-6}}\,A = 160\cdot10^{-3}\,A = 0{,}16\,мА} = \sqrt{\frac{40}{0{,}1}\cdot10^{-6}\cdot63}\,A = 20\cdot3\sqrt{7}\cdot10^{-3}\,A \approx 0{,}15\,мА$

3) Рассм. цепь, когда на C $u_C = U_2$ (уст режим, когда ток через конденсатор 0):



метод узл. потенциалов

пока ищем ток, диод закрыт ($\varphi_1 > \mathcal{E}$) ~~$\Rightarrow U_0 = U_0 = \varphi_1 - \mathcal{E}$~~

$\mathcal{E}q_{прот_1} = \frac{CU_2^2}{2} + \ldots - \frac{CU_1^2}{2};$

$q_{прот_1} = CU_2 - (-CU_1) = C(U_2+U_1)$

$C\mathcal{E}(U_2+U_1) = \frac{CU_2^2}{2} + \frac{\cancel{L}}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$

$2C\mathcal{E}U_2 + 2C\mathcal{E}U_1 = CU_2^2 - CU_1^2 \quad U_2^2 - 2\mathcal{E}U_2 - U_1^2 - 2\mathcal{E}U_1 = 0$

$U_{2_{1,2}} = \mathcal{E} \pm \sqrt{\mathcal{E}^2 + U_1^2 + 2\mathcal{E}U_1} = \mathcal{E} \pm \sqrt{(\mathcal{E}+U_1)^2} \geq 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow U_2 = \mathcal{E} + \mathcal{E} + U_1 = 2\mathcal{E} + U_1 = 14\,В$ / $U_2 = \mathcal{E} - \mathcal{E} - U_1 = -U_1 = -2\,В < 0$ — II вар. отбрасываем, из-за противоречия со знаком.

№5

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:

F

$S^*B=\frac{3}{4}F$

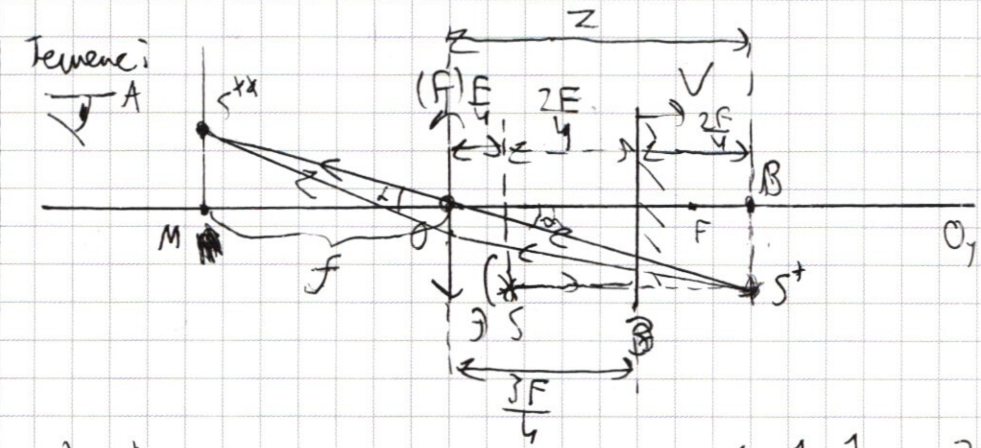
V

1)

2) α - ?

3) u - ?

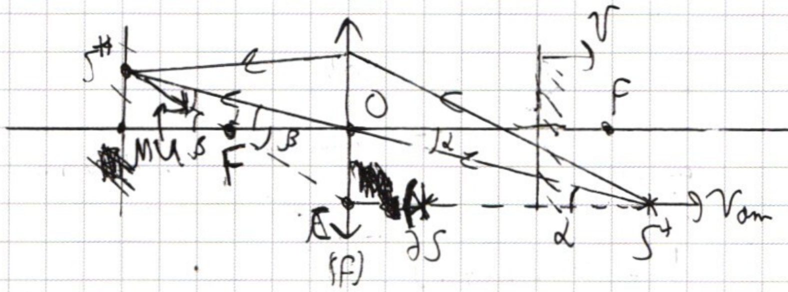
Решение:



1) S^* – изображ. предмета S в зеркале, тогда $\frac{1}{z}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$, $z=\frac{2F}{4}+\frac{2F}{4}+\frac{F}{4}=\frac{5F}{4}$; $\frac{4}{5F}+\frac{1}{f}=\frac{1}{F}$; $\frac{1}{f}=\frac{1}{5F}\Rightarrow f=5F$

2) ~~Изобр~~ S^{**} – ~~изображ~~ действ. изобр. предм S^* для линзы. Гл. оптический центр, изображение и предмет всегда лежат на одной прямой. Из рисунка: $tg\alpha=\frac{S^*B}{OB}=\frac{\frac{3}{4}F}{\frac{5}{4}F}=\frac{3}{5}$

3) В СО зеркала: $V_{отн}=V$; $V^*_{отн}=V$, $\Gamma=\frac{f}{z}=\frac{5F}{\frac{5F}{4}}=4$



Из рисунка: $tg\beta=\frac{CO}{OF}=\frac{\frac{3}{4}F}{F}=\frac{3}{4}$

$u\cos\beta=V_{отн}\Gamma^2=\Gamma^2V=16V$

$1+tg^2\beta=\frac{1}{\cos^2\beta}=1+\frac{9}{16}=\frac{25}{16}\Rightarrow$

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

$u\cdot\frac{4}{5}=16V;\Rightarrow u=20V$

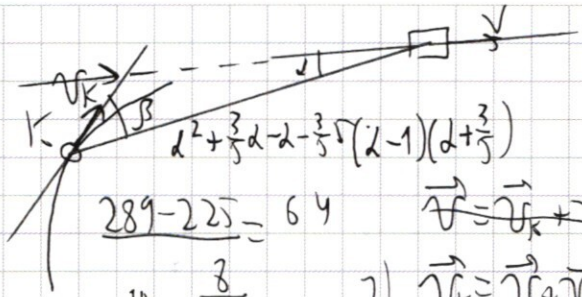
☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)



$V\cos\alpha = V_K\cos\beta$

$V_K = V\frac{\cos\alpha}{\cos\beta} = V\cdot\frac{15\cdot 5}{17\cdot 3} = \frac{25}{17}V = \frac{25}{17}\cdot 34 = 50\frac{м}{с}$

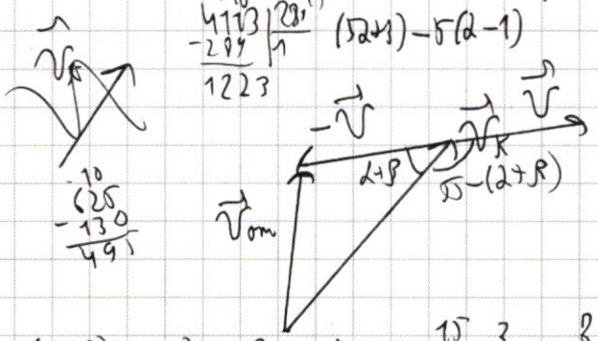
$\alpha^2+\frac{3}{5}\alpha-\alpha-\frac{3}{5}$ $5(\alpha-1)(\alpha+\frac{3}{5})$

$289-225=64$

$\vec{V} = \vec{V}_K + \vec{V}_{от}$

2) $\vec{V}_K = \vec{V}+\vec{V}_{от}$; $\vec{V}_{от} = \vec{V}_K + (-\vec{V})$

$(5\alpha+3)-5(\alpha-1)$



$V_{от}^2 = V^2+V_K^2-2VV_K\cos(\alpha+\beta)$

$V_{от}^2 = V^2+\left(\frac{25}{17}\right)^2V^2-\frac{50}{17}V^2\cdot\frac{13}{85}$

$V_{от}^2 = V^2+\left(\frac{25}{17}\right)^2V^2-\frac{130}{17^2}V^2$

$= V^2+\frac{625-130}{289}V^2 = V^2+\frac{495}{289}V^2$

$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta-\sin\alpha\sin\beta = \frac{15}{17}\cdot\frac{3}{5}-\frac{8}{17}\cdot\frac{4}{5} = \frac{45-32}{85} = \frac{13}{85}$

$\frac{9}{25}+\frac{225}{289}=$

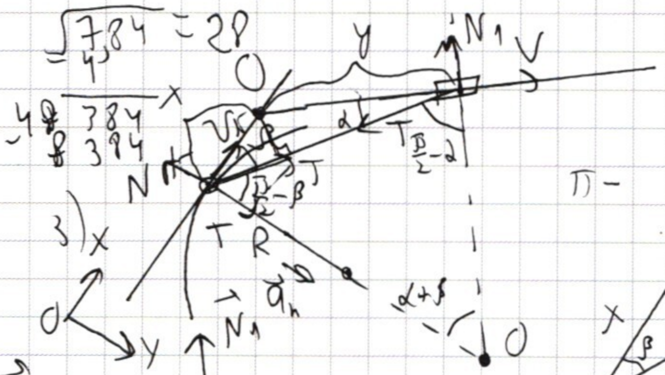
$V_{от}^2 = \frac{784}{289}V^2$

$V_{от} = \frac{\sqrt{784}}{17}V = \frac{28}{17}V = \frac{28}{17}\cdot 34 = 56\frac{м}{с}$

$\sqrt{784}=28$

$625+130=655$, $655+289=944$, $625-130=495$, $495+289=784$, $289+9=2601$, $225+26=1125$, 1445, 578, 7225, $5625+2601=8226$, $8226|16$, 240, $289\cdot8=2312$, $240\cdot17=408$, 4113

3)



$T_y - N = ma_y$ $N_1 = T\sin\alpha$

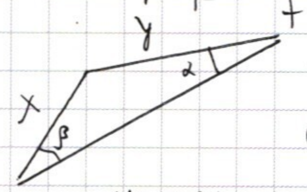
$T\sin\beta - N = ma_y = \frac{mV_K^2}{R}$

$a_y = \frac{V_K^2}{R}$

$y^2 = x^2+l^2-2xl\cos\beta$

$x^2 = y^2+l^2-2yl\cos\alpha$

$0 = 0+2l^2-2l(x\cos\beta+y\cos\alpha)$



$NX = N_1 y$

$x\cos\beta+y\cos\alpha = l$ $x = \frac{l-y\cos\alpha}{\cos\beta}$

$\frac{l^2-y^2\cos^2\alpha-2yl\cos\alpha}{\cos^2\beta} = y^2+l^2-2yl\cos\alpha$ $l^2\cdot 8 = y^2\cdot$ $\sqrt{9{,}44} = 30{,}5$

$y^2-x^2 = x^2-y^2-$

$l^2-y^2\cos^2\alpha-2yl\cos\alpha = y^2\cos^2\beta+l^2\cos^2\beta-2yl\cos\alpha\cos^2\beta$

$l^2\sin^2\beta = y^2(\cos^2\beta+\cos^2\alpha)+2yl\cos\alpha\sin^2\beta$ $8l^2 = \frac{4113}{289}y^2+\frac{240}{17}yl$

$l^2\cdot\frac{16}{25}{8} = y^2\cdot\frac{8226}{7225}{4113}{289}+2yl\cdot\frac{15}{17}\cdot\frac{16}{25}{8}$ $2312l^2 = 4113y^2+4080yl$

$31\cdot31=961$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$4113y^2+4080yl-2312l^2=0$

$y_1=\frac{-2040l\pm\sqrt{}}{}$

$\sqrt{1367{,}0856}=369$ 738 54756

$\frac{5\cancel{}\,0}{\alpha}$ $C=\frac{\varepsilon_0 S}{d}$

$q=CU$

$Q=\varepsilon_0 S E$

$1{,}4\cdot0{,}4=\frac{14\cdot4}{100}$

$q_{0+}-q_{0-}=\frac{Q}{C}=\frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$

$5\alpha+3-5(\alpha-1)=3+5=8$

$\frac{3}{2}\nu R(T_2-T_1)+\frac{5}{2}\nu R(T_3-T_2)=\frac{3}{2}kV_0^2(\alpha-1)+\frac{5}{2}kV_0^2(\alpha^2-1)=\frac{1}{2}kV_0^2(\alpha-1)(3+5\alpha+5)=$

$\nu RT_1=kV_0^2$ $\nu R(T_2-T_1)=kV_0^2(\alpha-1)$ $=\frac{1}{2}kV_0^2(\alpha-1)(8+5\alpha)$

$\nu RT_2=k\alpha V_0^2$ $\nu RT_2=k\alpha V_0^2$ $\nu R(T_3-T_2)=kV_1^2(\alpha^2-1)$ $C(\mathcal{E}-q_0)+CU_1=$

$\nu RT_3=k\alpha^2V_0^2$ $1{,}4$ $=C(\mathcal{E}-q_0$

$k\alpha V_0^2(\alpha-1)$ $\frac{56}{100}=\frac{28}{50}=\frac{14}{25}$ $0{,}56$ $qE\alpha=q\frac{Q\alpha}{2\varepsilon_0 S}=$

$+\frac{k|q|Q}{x}=\frac{mv_1^2}{2}+\frac{k|q|Q}{\alpha}$

$\frac{mv_1^2}{2}=\frac{k|q|Q}{\alpha}\left(\frac{1}{0{,}3\alpha}-\frac{1}{1}\right)=\frac{k|q|Q\cdot0{,}7}{}$ $=\frac{q\alpha}{2\varepsilon_0 S}\cdot\frac{v_1^2\varepsilon_0 S}{1{,}4\alpha}=$

$\sqrt{1{,}7}$ $\sqrt{17}$

944 − 625 = 19 944 − 625 = 319

$4\cdot319$ 319·4 = 1276 289·5 = 1445

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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