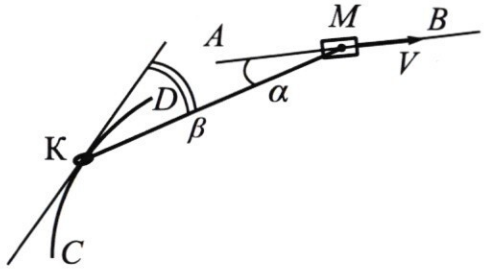
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

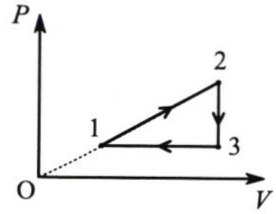
1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной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



1) Найти скорость кольца в этот момент.
2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило понижение температуры газа.
2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.
3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



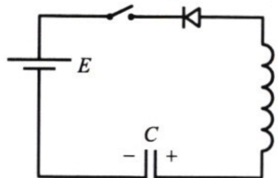
3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U. Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью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

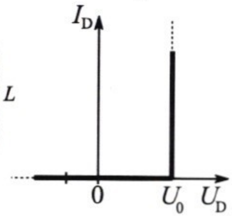
1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \dfrac{|q|}{m}$.
2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?
3) Найдите скорость V_0 частицы на бесконечно большом расстоянии от конденсатора.

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

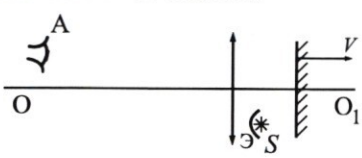
1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.
2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.
3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.





5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO₁ линзы. Источник S находится на расстоянии $8F/15$ от оси OO₁ и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO₁. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
2) Под каким углом α к оси OO₁ движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
3) Найти скорость изображения в этот момент.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$q(0)=q_0, \quad i(0)=0 \quad \varphi=\pi n,$

$-q_0+C(\mathcal{E}-U_0)=A\cos\pi n$

$-q_0+C(\mathcal{E}-U_0)=-A$

$q=-A\cos\omega t-C(\mathcal{E}-U_0); \; i=A\omega\sin\omega t, \quad t=\frac{T}{2}$

$q=q_0-C(\mathcal{E}-U_0)-C(\mathcal{E}-U_0)=q_0-2C(\mathcal{E}-U_0)$

$U_2=\frac{q}{C}=U_1-2(\mathcal{E}-U_0)$

$\mathcal{E}=2(\mathcal{E}-U_0)-U_1+U_D, \quad U_D=U_1-\mathcal{E}+2U_0=9-6+2=$

$$\frac{2(2l-a-F)-(2l-a)\cdot 2}{(2l-a-F)^2}=-\frac{2F}{(2l-a-F)^2}$$ где

$$\frac{20\cdot10^{-6}}{\sqrt{4\cdot10^{-6}}}=\frac{20\cdot10^{-6}}{2\cdot10^{-3}}=10\,mA$$

$$\frac{20\cdot10^{-6}}{4\cdot10^{-6}}=5$$

$q(T/2)=A-C(U_0+\mathcal{E})=C(U_1-2U_0-2\mathcal{E})=$

$\frac{q}{C}=U_1-2U_0-2\mathcal{E}=-5В$

$\cancel{U_1=2(U_0+\mathcal{E})}$

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

$U_2=U_1-2U_0-2\mathcal{E}$

$U_2=U_0-\mathcal{E}$

$U_0-\mathcal{E}=U_1-2U_0-2\mathcal{E}$

$U_0=U_1-\mathcal{E}$

☐ 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

$\frac{q}{C} + L\ddot{q} - U_0 = -\mathcal{E}$

$\ddot{q} + \frac{q + C(\mathcal{E} - U_0)}{CL} = 0$

$q(0) + C(\mathcal{E}-U_0) = -\left(q(\frac{T}{2}) + C(\mathcal{E}-U_0)\right)$

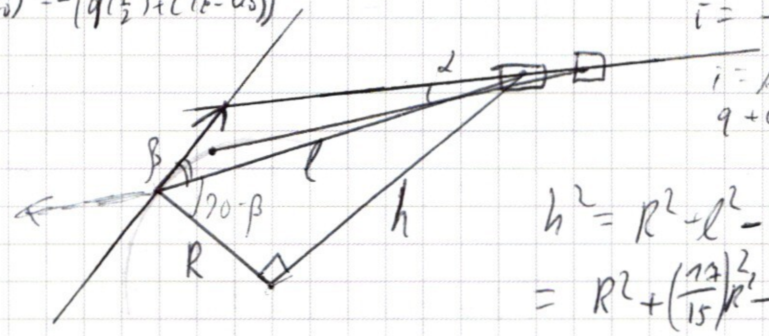
$q(\frac{T}{2})$

$q + C(\mathcal{E}-U_0) = A\cos(\omega t + \varphi)$

$i = -A\omega \sin(\omega t + \varphi)$

$i = A\omega \sin\omega t$

$q + C(\mathcal{E}-U_0) = -A\cos\omega t$



$h^2 = R^2 + l^2 - 2Rl\sin\beta =$

$= R^2 + \left(\frac{17}{15}\right)^2 R^2 - 2R^2 \cdot \frac{17}{15} \cdot \frac{15}{17} =$

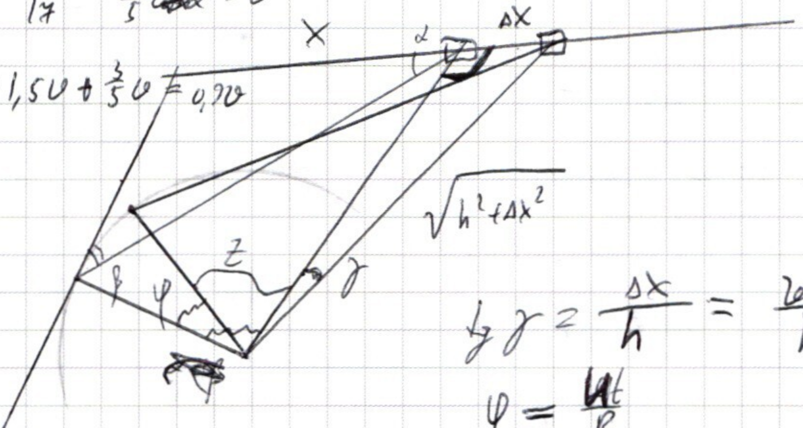
$\frac{1{,}7 \cdot 16}{15 \cdot 1{,}9} = \frac{272}{285} \cdot 1{,}7^2 = \frac{289}{225}R^2 - R^2 = \frac{64}{225}R^2$

$\frac{315-26}{170} = \frac{289}{170} = \frac{17}{10}$

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

$1{,}7 \cdot \frac{80}{17} - \frac{4}{5}\upsilon = 0$

$u_{1y} = 1{,}5\upsilon + \frac{3}{5}\upsilon = 0{,}9\upsilon$



$R^2 + h^2 = \frac{289}{225}R^2 = \left(\frac{17}{15}R\right)^2 = l^2$

$\Rightarrow 90^\circ$

$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\Delta x}{h} = \frac{\upsilon t}{h} \qquad \gamma \approx \frac{\upsilon t}{h}$

$\varphi = \frac{ut}{R}$

$\frac{1{,}6 \cdot 1{,}7^3 \cdot 10}{15 \cdot 1{,}9} = \frac{16}{15} \cdot \frac{1{,}7^3}{1{,}9} = 2{,}89$

$z = 90^\circ + \gamma - \varphi = \frac{\pi}{2} + \frac{15\upsilon t}{8R} - \frac{ut}{R} = \frac{\pi}{2} + \frac{(15\upsilon - 8u)t}{8R}$

$l^2 = R^2 + h^2 + \Delta x^2 + 2R\sqrt{h^2+\Delta x^2} \cdot \frac{(15\upsilon - 8u)t}{8R}$

$\frac{64}{225}R^2 - \frac{64}{225}R^2 = 0 = \Delta x^2 + \frac{\sqrt{h^2+\Delta x^2}\,(15\upsilon - 8u)t}{4}$

$\Delta x^2 + h\left(1 + \frac{\Delta x^2}{2h^2}\right)\frac{(15\upsilon - 8u)t}{4} = 0$

$\upsilon^2 t^2 + \frac{8}{15}R\left(1 + \frac{\upsilon^2 t^2}{128R^2} \cdot 225\right)\frac{(15\upsilon - 8u)t}{4} = 0$

$4\upsilon^2 t^2 + \left(\frac{8}{15}R + \frac{15}{16}\frac{\upsilon^2 t^2}{R}\right)(15\upsilon - 8u)t = 0$

$\cancel{0\ \frac{64}{225}R^2} = \frac{64}{225}R^2$

$2\left(\frac{8}{15}R - \frac{13}{85}\Delta x\right)\left(u - \frac{63}{34}\upsilon\right)t - \frac{16 \cdot 13}{15 \cdot 85}\Delta x - \frac{16}{15}uRt + \frac{16}{15} \cdot \frac{16}{34} \cdot \frac{63}{34}\upsilon t$

$-\frac{16 \cdot 13}{15 \cdot 85}\Delta x R - \frac{16}{15}uRt + \frac{16}{15} \cdot \frac{63}{34}\upsilon t R \qquad \frac{16 \cdot 13}{85}\Delta x$

$\frac{16 \cdot 13}{85}\Delta x R = 16uRt + \frac{16 \cdot 63}{34}\upsilon t R$

☐ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

$$4v^2 t \quad + 8vR + \frac{225}{16}$$

$$\frac{8}{15}R\,(15v - 8u) = 0 \qquad 15v = 8u,\quad u = \frac{15}{8}v$$

$$p = \alpha V,\quad \Delta U = \frac{3}{2}\alpha(V_2^2 - V_1^2),\quad A = \frac{\alpha V_2 + \alpha V_1}{2}\cdot(V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2}(V_2^2 - V_1^2)$$

$$\frac{\Delta U}{A} = 3$$

$$Q_{12} = 2\alpha(V_2^2 - V_1^2) \qquad Q_{23} = -\frac{3}{2}(\alpha V_2^2 - \alpha V_1 V_2)$$

$$Q_{31} = -\frac{5}{2}(\alpha V_1 V_2 - \alpha V_1^2)$$

$$\cancel{Q_{12} = 2(p_2 - p_1)(V_2 + V_1) = 2\cdot(p_2V_2 - p_1V_1 - p_1V_2 + p_2V_1) =}$$

$$Q = 2\alpha V_2^2 - 2\alpha V_1^2 - \frac{3}{2}\alpha V_2^2 + \frac{3}{2}\alpha V_1 V_2 - \frac{5}{2}\alpha V_1 V_2 + \frac{5}{2}\alpha V_1^2 =$$

$$= \frac{1}{2}\alpha V_2^2 + \frac{1}{2}\alpha V_1^2 - \alpha V_1 V_2 = \frac{\alpha}{2}(V_1^2 + V_2^2 - 2V_1V_2) = \frac{\alpha}{2}(V_1 - V_2)^2$$

$$A = \frac{1}{2}(p_2 - p_1)(V_2 - V_1) = \frac{\alpha}{2}(V_2 - V_1)^2$$

$$\cancel{Q =} \quad p = \alpha V,\quad A = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV = \int_{V_1}^{V_2} \alpha V\,dV = \alpha \frac{V^2}{2}\Big|_{V_1}^{V_2} = \frac{\alpha}{2}(V_2^2 - V_1^2)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{3}{2}\alpha V_2^2 - \frac{3}{2}\alpha V_1^2 = \frac{3}{2}\alpha(V_2^2 - V_1^2)$$

$$Q = A + \Delta U = 2\alpha(V_2^2 - V_1^2) = 2(p_2V_2 - p_1V_1)$$

$$Q_{23} = \frac{3}{2}(p_1 - p_2)V_2 \quad ; \quad Q_{31} = \frac{5}{2}(p_1V_1 - p_1V_2)$$

$$Q = 2\alpha(V_2^2 - V_1^2), \qquad A = \frac{\alpha}{2}(V_2 - V_1)^2$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{1}{4}\,\frac{(V_2 - V_1)^2}{V_2^2 - V_1^2} = \frac{1}{4}\,\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{2V_1}{V_2 + V_1}\right) =$$

$$= \frac{1}{4}\left(1 - \frac{2}{\frac{V_2}{V_1} + 1}\right) \to \frac{1}{4}$$

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

$$i = q' \qquad\qquad U_2 = U_0 + \mathcal{E}$$

$$\frac{q}{C} + U = -\mathcal{E} - Lq'' \qquad Lq'' + \frac{q}{C} + U + \mathcal{E} = 0$$

$$Lq'' + \frac{q + C(U + \mathcal{E})}{C} = 0$$

$$q + C(U + \mathcal{E}) = A\cos\omega t \qquad A = q_0 + C(U + \mathcal{E})$$

$$i = -A\omega\sin\omega t \qquad q = -A - C(U + \mathcal{E}) = -q_0 - 2C(U + \mathcal{E})$$

$$1600 + 5625 = 4225 = v_3^2$$

$$\cos\angle MA' = -\cos(\alpha + \beta) = -(\cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta)$$

$$\frac{15\cdot 84}{680 - 105} = \frac{15\cdot 84}{485}$$

☐ черновик ☐ чистовик Страница №__

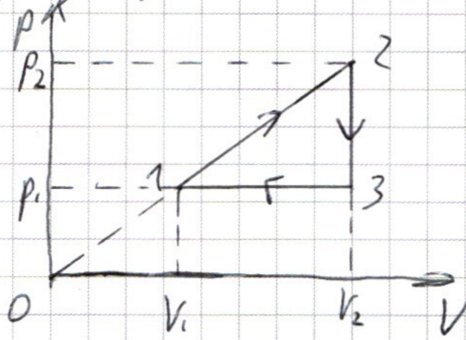
(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

Введём обозначения p_1, p_2, V_1, V_2, как указано на (p,V) диаграмме.



В процессе 1→2 $p=\alpha V$, $\alpha = const$

$\Rightarrow p_1=\alpha V_1$, $p_2=\alpha V_2$.

Найдём работу газа в процессе 1→2:

$$A_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV = \int_{V_1}^{V_2} \alpha V\,dV = \alpha \frac{V^2}{2}\Big|_{V_1}^{V_2} = \frac{\alpha}{2}(V_2^2-V_1^2).$$

Т.к. газ одноатомный, кол-во степеней свободы $i=3$. Найдём изм-е внутренней энергии в процессе 1→2: $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}(p_2V_2-p_1V_1) =$

$= \frac{3}{2}(\alpha V_2^2-\alpha V_1^2) = \frac{3\alpha}{2}(V_2^2-V_1^2)$. $\Rightarrow \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = 3$

В соответствии с первым законом ТД $Q_{12} = \Delta U_{12}+A_{12} = 2\alpha(V_2^2-V_1^2)$.

В процессах 2→3 и 3→1 температура понижается, а работа в пр-се 2→3 равна 0, в пр-се 3→1 — отриц., поэтому в этих процессах газ отдаёт кол-во теплоты, т.е. получает он кол-во теплоты только в пр-се 1→2 $\Rightarrow Q=Q_{12}$.

Молярная теплоёмкость в изохорном пр-се у одноатомного газа $C_V = \frac{3}{2}R$, в изобарном $C_p = \frac{5}{2}R \Rightarrow \frac{C_p}{C_V} = \frac{5}{3}$.

Работа газа в цикле равна площади фигуры, ограниченной циклом в (p,V) координатах. $\Rightarrow A = \frac{1}{2}(p_2-p_1)(V_2-V_1) = \frac{1}{2}(\alpha V_2-\alpha V_1)(V_2-V_1) =$

$= \frac{\alpha}{2}(V_2-V_1)^2$.

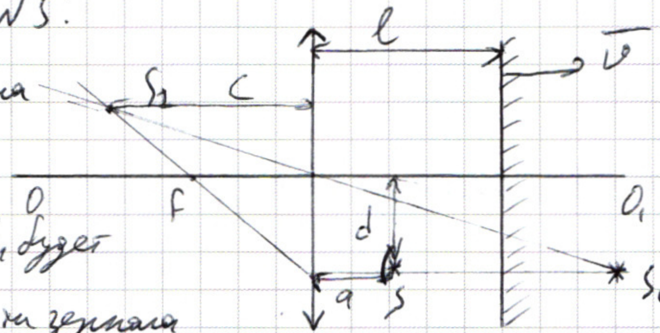
$$\Rightarrow \eta = \frac{A}{Q} = \frac{\frac{\alpha}{2}(V_2-V_1)^2}{2\alpha(V_2^2-V_1^2)} = \frac{V_2-V_1}{4(V_2+V_1)} = \frac{1}{4}\left(1-\frac{2V_1}{V_2+V_1}\right) =$$

~~Т.к.~~ $= \frac{1}{4}\left(1-\frac{2}{\frac{V_2}{V_1}+1}\right)$, η тем больше, чем меньше $\frac{2}{\frac{V_2}{V_1}+1}$, а это тем меньше, чем $\frac{V_2}{V_1}+1$ больше. Поэтому η максимально при

$\frac{V_2}{V_1} \to +\infty$, тогда $\eta_{max} = \frac{1}{4} = 0{,}25 = 25\%$

Ответ: 1) $\frac{5}{3}$; 2) 3; 3) 25%.

№5.



$d = \frac{8}{15}F$
$a = \frac{3}{5}F$
$l = \frac{6}{5}F$
v, F
1) l - ?
2) α - ?
3) u - ?

Расстояние от ист-ка до зеркала равно $l - a$, изображение ист-ка в зеркале S_1 будет на таком же расстоянии от пов-ти зеркала, поэтому расстояние от S_1 до линзы $b = l + l - a = 2l - a$ ∗

∗. Пусть c — расстояние от линзы до изображения S_2 ист-ка S_1.

Тогда по формуле тонкой линзы $\frac{1}{b} + \frac{1}{c} = \frac{1}{F} \Rightarrow c = \frac{Fb}{b-F} =$

$= \frac{F(2l-a)}{2l-a-F}$. При $l = \frac{6}{5}F$, $c = \frac{F(\frac{12}{5}F - \frac{3}{5}F)}{\frac{12}{5}F - \frac{3}{5}F - F} = \frac{9}{4}F$

Ск-ть изображения вдоль оси OO_1 равна $u_x = \frac{dc}{dt} = \left(F\frac{2l-a}{2l-a-F}\right)' = F\frac{2(2l-a-F)-(2l-a)\cdot 2}{(2l-a-F)^2}\cdot l' =$

$= -\frac{2F^2}{(2l-a-F)^2}\cdot v = -2v\left(\frac{F}{\frac{12}{5}F - \frac{3}{5}F - F}\right)^2 = -2v\cdot\frac{25}{16} = -\frac{25}{8}v$

$\Rightarrow |u_x| = \frac{25}{8}v$.

Расстояние от S_1 до OO_1 равно d; обозначим расстояние от S_2 до OO_1 за h.

Из подобия тр-ков $\frac{d}{h} = \frac{b}{c} \Rightarrow h = d\frac{c}{b} = d\cdot\frac{F}{b-F} =$

$= d\cdot\frac{F}{2l-a-F}$; ск-ть дв-я изобр-я $\perp OO_1$ равна $u_y = \frac{dh}{dt}$

$u_y = \left(\frac{d\cdot F}{2l-a-F}\right)' = d\cdot F\cdot\frac{-2}{(2l-a-F)^2}\cdot l' = \frac{-2d\cdot F\cdot v}{(2l-a-F)^2} =$

$= \frac{-2\cdot\frac{8}{15}F\cdot F\cdot v}{(\frac{12}{5}F - \frac{3}{5}F - F)^2} = -\frac{16}{15}\cdot\frac{25}{16}v = -\frac{5}{3}v \Rightarrow |u_y| = \frac{5}{3}v$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Т.к. $u_x \perp u_y$, то $tg\,\alpha = \left|\frac{u_y}{u_x}\right| = \frac{5}{3}\cdot\frac{8}{25} = \frac{8}{15}$.

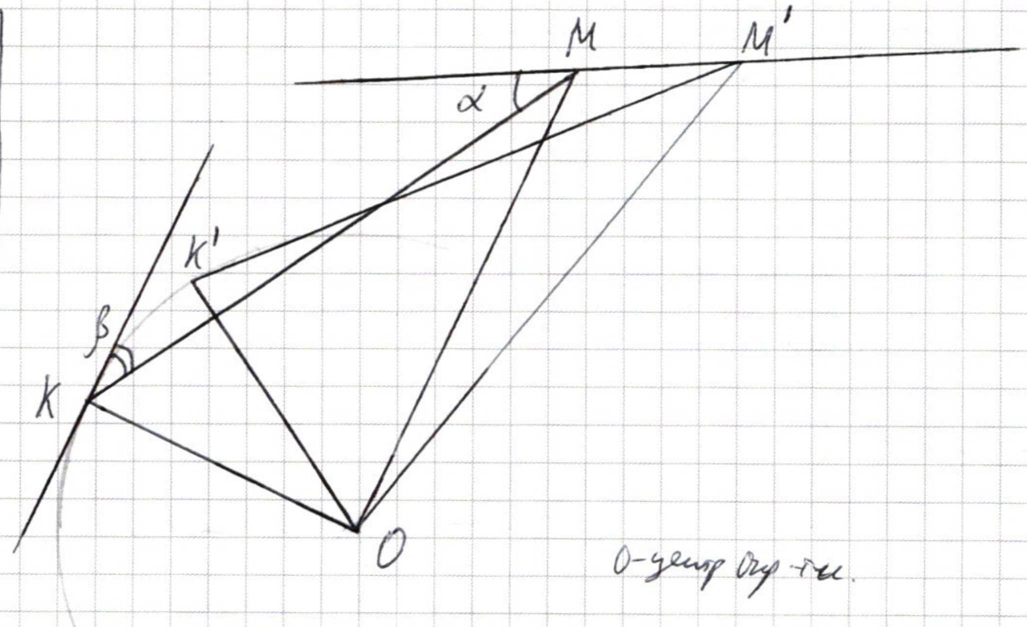
по т. Пифагора $u = \sqrt{u_x^2+u_y^2} = \sqrt{\frac{25}{9}+\frac{625}{64}}\,v = \frac{85}{24}v \approx 2{,}54v$

Ответ: 1) $\frac{9}{4}F$; 2) $tg\,\alpha = \frac{8}{15}$; 3) $2{,}54v$.

№1

$v = 2$ м/с
$m = 0{,}4$ кг
$R = 1{,}9$ м
$l = 17R/15$
$\cos\alpha = \frac{4}{5}$
$\cos\beta = \frac{8}{17}$

1) u - ?
2) u_{12} - ?
3) T - ?



O - центр окр-ти.

$\angle OKM = \frac{\pi}{2} - \beta \Rightarrow \cos\angle OKM = \sin\beta$, $\sin\beta = \sqrt{1-\cos^2\beta} = \sqrt{1-\frac{64}{49}} = \frac{15}{17}$

$\frac{OK}{KM} = \frac{R}{l} = \frac{15}{17} = \cos\angle OKM \Rightarrow \Delta KOM$ - прямоугольный, $\angle KOM = \frac{\pi}{2}$

Тогда $\angle KMO = \beta$. ~~Значит $\angle OMM$ Пусть~~.

По т. Пифагора $OM = \sqrt{l^2-R^2} = \frac{8}{15}R$. Пусть за время t, очень малое, муха перешла в точку M', двигаясь со ск-тью M, а паук в K', двигаясь со ск-тью u. $\angle OMM' = \pi - \alpha - \angle KMO = \pi - \alpha - \beta$

$\Rightarrow \cos\angle OMM' = -\cos(\alpha+\beta) = -(\cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta)$, $\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{3}{5}$

$\Rightarrow \cos\angle OMM' = \frac{13}{85}$; Пусть $MM' = vt = \Delta x$, тогда по т. синусов

$OM'^2 = OM^2 + \Delta x^2 - 2OM\cdot\Delta x\cdot\frac{13}{85}$, Δx^2 - член второго порядка, можно пренебречь,

$$OM' \approx \sqrt{OM^2 - 2\,OM\,\Delta x \cdot \frac{13}{85}} = OM\sqrt{1-\frac{26}{85}\cdot\frac{\Delta x}{OM}}$$, т.к. t оч мало, $\frac{\Delta x}{OM} \ll 1$

$$\Rightarrow \sqrt{1-\frac{26}{85}\frac{\Delta x}{OM}} \approx 1-\frac{13}{85}\frac{\Delta x}{OM}$$

$$\Rightarrow OM' \approx OM\left(1-\frac{13}{85}\frac{\Delta x}{OM}\right).$$

$$\sin\angle OMM' = \sin(\alpha+\beta) = \sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta = \frac{84}{85}$$

по т. синусов $\frac{\sin\angle MOM'}{\Delta x} = \frac{\sin\angle OMM'}{OM'}$

$$\Rightarrow \sin\angle MOM' = \frac{\Delta x}{OM'}\cdot\sin\angle OMM' = \frac{\Delta x}{OM\left(1-\frac{13}{85}\cdot\frac{\Delta x}{OM}\right)}\cdot\frac{84}{85} =$$

$$= \frac{\Delta x}{\frac{8}{15}R\left(1-\frac{13}{85}\cdot\frac{15}{8}\frac{\Delta x}{R}\right)}\cdot\frac{84}{85} = \frac{15\cdot 84\,\Delta x/R}{680-195\frac{\Delta x}{R}} = \frac{15\cdot 84\,\Delta x/R}{680\left(1-\frac{195}{680}\frac{\Delta x}{R}\right)} \approx$$

$$\approx \frac{15\cdot 84}{680}\frac{\Delta x}{R}\cdot\left(1+\frac{195}{680}\frac{\Delta x}{R}\right) = \frac{63\Delta x}{34R}\left(1+\frac{39}{136}\frac{\Delta x}{R}\right) = \frac{63}{34}\frac{\Delta x}{R} + \frac{63\cdot 39}{34\cdot 136}\cdot\frac{\Delta x^2}{R^2}.$$

~~$\frac{\Delta x^2}{R} \ll 1$~~ $\frac{\Delta x^2}{R^2}$ – член второго порядка, его можно отбросить.

$$\Rightarrow \sin\angle MOM' \approx \frac{63}{34}\frac{\Delta x}{R}$$

$$\angle KOK' = \omega t = \frac{u}{R}t.$$

$\angle K'OM' = \frac{\pi}{2} + \angle MOM' - \angle KOK'$ $\cos\angle K'OM' = \cos\left(\frac{\pi}{2}+\angle MOM' - \angle KOK'\right) =$

$= \sin(\angle KOK' - \angle MOM')$. Т.к. t очень мало и $\frac{\Delta x}{R}$ очень мало,

то $\angle KOK' \approx \sin\angle KOK'$, $\angle MOM' \approx \sin\angle MOM'$

$$\Rightarrow \angle KOK' - \angle MOM' \approx \frac{ut}{R} - \frac{63}{34}\frac{\Delta x}{R} = \frac{ut}{R} - \frac{63}{34}\frac{vt}{R} = \frac{\left(u-\frac{63}{34}v\right)t}{R}$$

, эта величина тоже очень мала $\Rightarrow \cos\angle K'OM' \approx \frac{\left(u-\frac{63}{34}v\right)t}{R}$

Из $\triangle K'OM'$ $l^2 = R^2 + OM'^2 - 2R\cdot OM'\cdot\cos\angle K'OM'$

$$\Rightarrow \frac{289}{225}R^2 = R^2 + \left(\frac{8R}{15} - \frac{13}{85}\Delta x\right)^2 - 2R\left(\frac{8}{15}R - \frac{13}{85}\Delta x\right)\cdot\frac{\left(u-\frac{63}{34}v\right)t}{R}$$

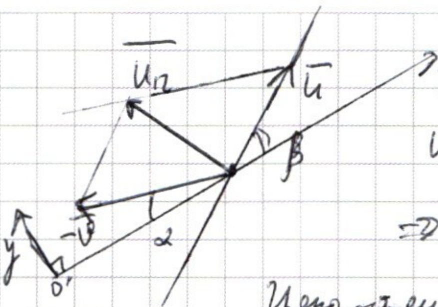
Отбрасывая члены второго порядка, получим

$\frac{16\cdot 13}{85}\Delta x R = -16uRt + \frac{16\cdot 63}{34}vtR$, с учётом $\Delta x = vt$

$\frac{16\cdot 13}{85}v = -16u + \frac{16\cdot 63}{34}v$, $u = \left(\frac{63}{34} - \frac{13}{85}\right)v = 1{,}7v = 3{,}4$ м/с

Скорость кольца относ. муфты равна $\bar{u}_{12} = \bar{u} - \bar{v}$. Нарисуем диаграмму ск-тей

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Отсюда видно, что $u_{12x} = u\cos\beta - v\cos\alpha$

$u_{12y} = u\sin\beta + v\sin\alpha$

$\Rightarrow u_{12x} = 0$, $u_{12y} = \overset{2,1}{\cancel{0,7}}\,v \Rightarrow u_{12} = \overset{2,1}{\cancel{0,7v}} = 4,2$ м/с

Центростремительное уск-е, создаваемое тросом равно

$a = \frac{u^2}{R}$, по II ЗН $T\sin\beta = ma \Rightarrow T = \frac{ma}{\sin\beta} = \frac{mu^2}{R\sin\beta} =$

$= \frac{0,4\cdot 1,7^2\cdot 4}{1,7\cdot\frac{15}{17}} = 2,8$ Н

Ответ: 1). 3,4 м/с; 2) 4,2 м/с; 3) 2,8 Н.

№3.

$d, U, v_1, 0,2d$
1) $\frac{\lvert q\rvert}{m}$ - ?
2). T - ?
3) v_0 - ?

Вне конденсатора поле отсутствует, внутри конденсатора напряжённость равна $E = \frac{U}{d}$. Поэтому, остановка не может произойти вне конденсатора, там скорость постоянна.

Т.к. происходит остановка, то очевидно через кон-р влетает отриц. заряженная частица (заряжена положительно), иначе ч-да бы разогналась. По закону сох-я мех. энергии $-\frac{mv_1^2}{2} = (d-0,2d)E\cdot q$

$, -\frac{mv_1^2}{2} = 0,8qEd \Rightarrow \gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{v_1^2}{1,6Ed} = \frac{v_1^2}{1,6U}$

Уск-е ч-цы в конд-ре $a = \frac{|q|E}{m} = \gamma E$.

Закон изм-я ск-ти ч-цы: $v_x = v_1 - at$, $\Rightarrow -v_1 = v_1 - aT$

$$T = \frac{2v_1}{a} = \frac{2v_1}{\gamma E} = \frac{2v_1}{\frac{v_1^2}{1,6U}E} = \frac{2v_1\cdot 1,6U}{Ev_1^2} = 3,2\frac{d}{v_1}$$

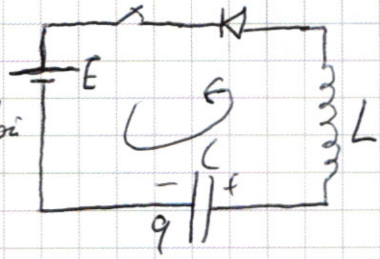
Т.к. вне конденсатора поля нет, то на бесконечно большом расстоянии $v_0 = v_1$.

Ответ: 1) $\frac{v_1^2}{1,6U}$; 2). $3,2\frac{d}{v_1}$; 3). v_1.

№4.

$E=6$ В
$C=10$ мкФ
$U_1=9$ В
$L=0{,}4$ Гн
$U_0=1$ В
1) $i''(0)$ - ?
2) $I_м$ - ?
3) U_2 - ?

Пусть заряд левой обкладки q, направление обхода контура против часовой стрелки - положительное. Тогда $i=q'$



По 2 правилу Кирхгофа

$\frac{q}{C} + Lq'' + U_0 = -E$, если ток течёт, т.е. диод открыт

Тогда $q'' + \frac{q + C(U_0+E)}{LC} = 0$. Это ур-е гарм-х колеб-й, решение кот-го имеет вид

$q + C(U_0+E) = A\cos(\omega t+\varphi)$, тогда $i = q' = -\omega A \sin(\omega t+\varphi)$.

$i(0)=0$, затем ток возрастает (т.к. $U_1 > E+U_0$) $\Rightarrow \varphi = \pi$.

Тогда $q + C(U_0+E) = -A\cos\omega t$. $q(0) = -CU_1$

$\Rightarrow -CU_1 + C(U_0+E) = -A \Rightarrow A = C(U_1-U_0-E) = 20$ мкКл

Тогда $I_м = \omega A = \frac{1}{\sqrt{LC}} A = 10$ мА

$i'' = i' = \omega^2 A\cos\omega t \Rightarrow i''(0) = \omega^2 A = \frac{A}{CL} = 5$ А/с

Колебания будут ~~не про~~ длиться не вечно, т.к. есть диод. В рез-те ток прекратится, т.к. не может течь ~~про~~ по часовой. В этот момент знак i должен поменяться, т.е. $t = \frac{T}{2}$. Тогда $q(\frac{T}{2}) = A - C(U_0+E) = C(U_1-2U_0-2E)$

$\Rightarrow U_2 = \left|\frac{q(\frac{T}{2})}{C}\right| = |U_1-2U_0-2E| = 5$ В

Ответ: 1) 5 А/с; 2) ~~20~~ 10 мА; 3) 5 В.