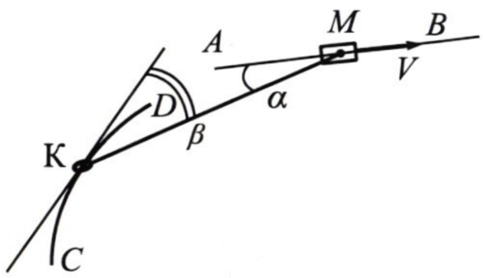
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-02

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 40$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К 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.

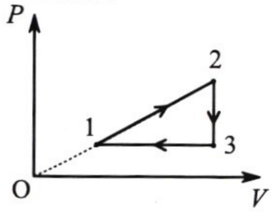
3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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.

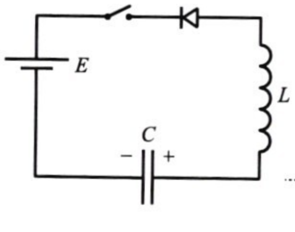
При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

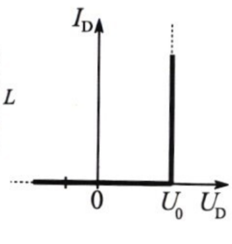
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 3$ В, конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 6$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,2$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.



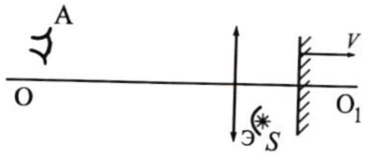


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник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

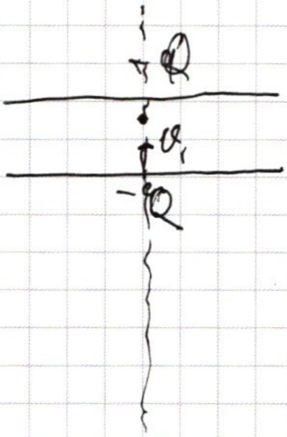
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом 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



$$\frac{m v_1^2}{2} = Eq\cdot 0{,}8d$$

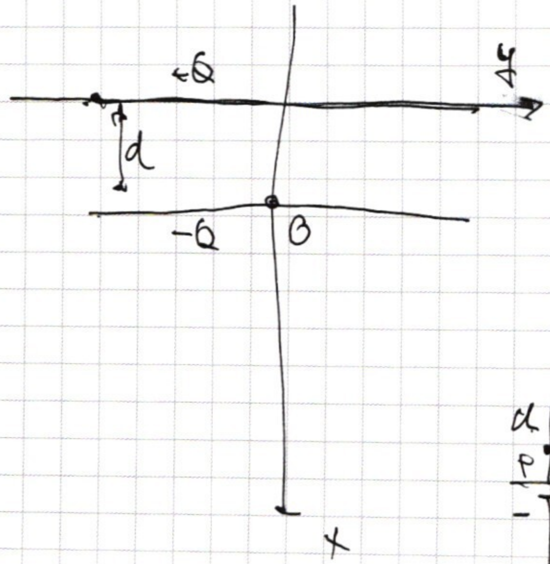
$$E = \frac{m v_1^2}{1{,}6qd} = \frac{v_1^2}{d\,1{,}6\gamma}$$

$$t = \frac{v_1}{a} \qquad ma = Eq \qquad a = \frac{Eq}{m}$$

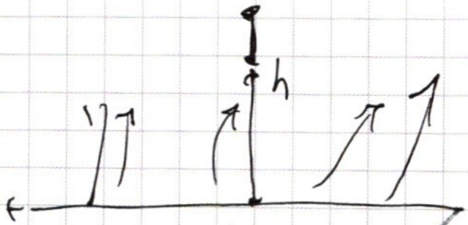
$$t = \frac{v_1 m}{Eq} = \frac{v_1}{E\cdot\gamma} = \frac{v_1}{\frac{v_1^2}{d\,1{,}6\gamma}\cdot\gamma} =$$

$$= \frac{v_1}{\frac{v_1^2}{1{,}6d}} = \frac{1{,}6d}{v_1}$$

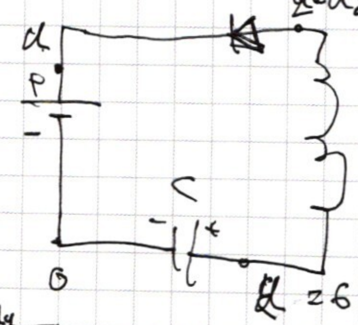
$$U = Ed = \frac{v_1^2}{d\cdot 1{,}6\gamma}\cdot d = \frac{v_1^2}{1{,}6\gamma}$$

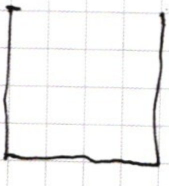


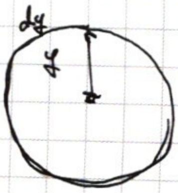
$$E(y) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{k\,dQ\cdot q}{x^2+z}$$



$U_{AO} = 4$



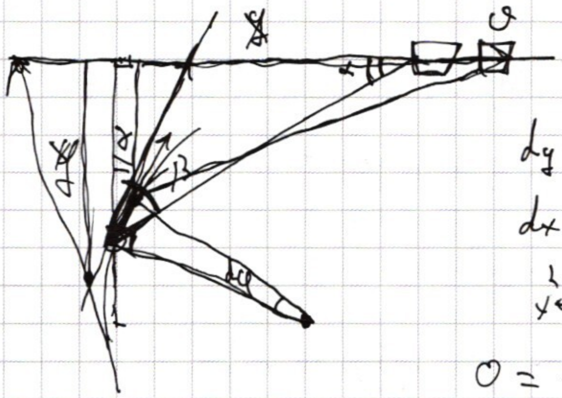




$$E = F = \int_0^{\infty} \frac{q\,\pi\cdot 2\pi y\cdot dy\cdot}{q^2+y^2}$$

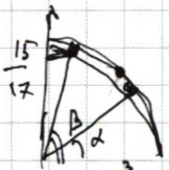
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$(90-\alpha)-\beta=\gamma \quad =90-\beta-\cancel{\alpha}$ $\quad \beta>60$

$\sin\alpha=\frac{4}{5}=>\alpha>30^0$



$dy=\vartheta'\cdot dt\cdot\cos\gamma$

$dx=\vartheta'\cdot dt\cdot\sin\gamma$

$x^2+y^2=(y-dy)^2+(x+\vartheta dt-\vartheta' dt\sin\gamma)^2$

$0=-2ydy+2x(\vartheta dt-\vartheta' dt\sin\gamma)+dy^2+(\vartheta dt-\vartheta' dt\sin\gamma)^2$

$0=-2y\cdot\vartheta' dt\cos\gamma+2xdt(\vartheta-\vartheta'\sin\gamma)+(\vartheta' dt\cos\gamma)^2+\vartheta^2dt^2-2dt^2\vartheta\vartheta'\sin\gamma+\vartheta'^2dt^2\sin\gamma$

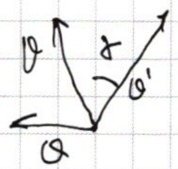
$2y\vartheta' dt\cos\gamma=2xdt(\vartheta-\vartheta'\sin\gamma)$

$y\vartheta'\cos\gamma=x\vartheta-x\vartheta'\sin\gamma$

$\vartheta'(y\cos\gamma+x\sin\gamma)=x\vartheta$ $\qquad \vartheta'=\frac{x\vartheta}{y\cos\gamma+x\sin\gamma}=\frac{l\cdot\cos\alpha\cdot\vartheta}{l\cdot\sin\alpha\cdot\cos\gamma+l\cos\alpha\cdot\sin\gamma}=$

$=\frac{\vartheta\cdot\cos\alpha}{\sin\alpha\cos\gamma+\cos\alpha\cdot\sin\gamma}=\frac{\vartheta\cos\alpha}{\sin(\alpha+\gamma)}=\frac{\vartheta\cos\alpha}{\sin(90-\beta)}=\frac{\vartheta\cos\alpha}{\cos(\beta)}.$

$17^2=170+70+49=289-64=225=15^2$

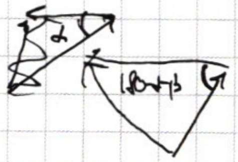


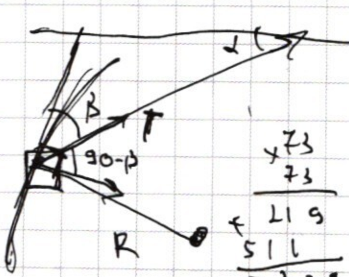
$\vartheta_1^2=\vartheta'\cdot\cos\gamma^2+\vartheta'\sin\gamma$

$72 \times 24 = 288 + 144 = 1728$

$51 \times 51 = 51 + 255 = 2601$

$\vartheta_1^2=\vartheta'^2+\vartheta^2-2\cos\cancel{\alpha}\cdot\vartheta_1'\cdot\vartheta=\vartheta'^2+\vartheta^2+\cos(-\alpha-\beta)$ $\quad$ 180-α-β





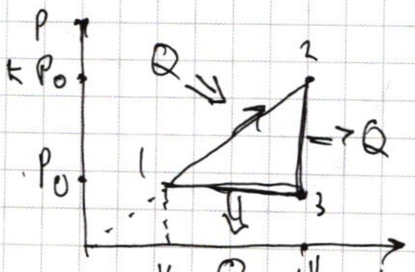
$ma_{\text{цс}}=T\cdot\sin\beta$

$m\cdot\frac{\vartheta'^2}{R}=T\sin\beta$

$4201-1728=2473$

$73 \times 73 = 219 + 511 = 5329$

$\sin=\frac{m\vartheta'^2}{R\cdot\sin\beta}$



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

$PV=\nu RT$

$P_1V_1=\nu RT_1$ $\qquad \frac{PV-P_1V_1}{\nu R}=\Delta T$

$Q_{23}=\Delta U_{23}=\frac{i}{2}\nu R\Delta T=\frac{i}{2}(k^2-1)P_0V_0$

$Q_{31}=P_0V_0(k-1)+\frac{i}{2}P_0V_0(k-1)$

☑ черновик ☐ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

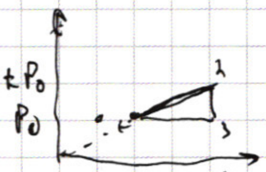
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$-Q_{23} = \frac{3}{2}(k-1)\cdot k P_0 V_0$

$-Q_{31} = \frac{5}{2}(k-1) P_0 V_0$

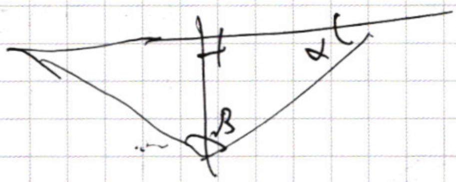
$\frac{-Q_{23}}{-Q_{31}} = \frac{-C_{23}\cdot \Delta T_{23}}{-C_{31}\cdot \Delta T_{31}} = \frac{3k}{5} = \frac{C_{23}\cdot(k^2-k)}{C_{31}\cdot(k-1)} = \frac{C_{23}}{C_{31}}\cdot k$

$\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$



$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = (k-1)V_0 \cdot \frac{1}{2}(k+1)P_0 + \frac{1}{2}P_0V_0\cdot(k^2-1) = \frac{1}{2}(k^2-1)P_0V_0 + \frac{3}{2}P_0V_0(k^2-1) =$

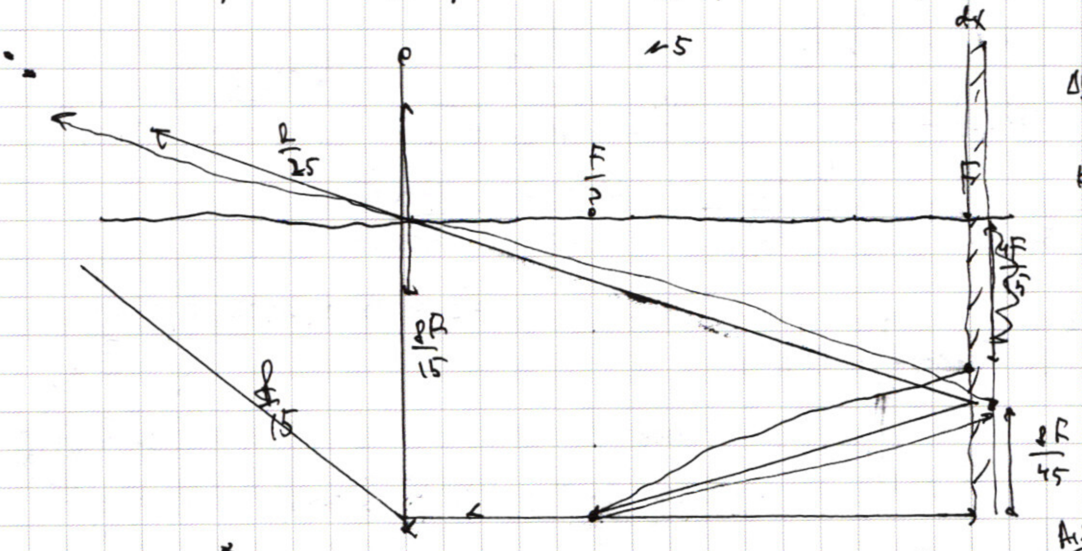
$= 2P_0V_0(k^2-1)$



$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2P_0V_0(k^2-1)}{(k^2-1)\cdot\frac{1}{2}P_0V_0} = 4$

$\eta = \frac{\frac{1}{2}(k-1)P_0\cdot(k-1)V_0}{(k^2-1)\frac{1}{2}P_0V_0} = \frac{(k-1)^2}{(k^2-1)} = \frac{k^2-2k-1}{k^2-1} = 1-\frac{2k}{k^2-1} \quad \frac{k-1}{k+1} = 1-\frac{2}{k+1}$

$\left(\frac{2k}{k^2-1}\right)' = \frac{2k(2k)-(k^2-1)\cdot 2}{(k^2-1)^2} = \frac{4k^2-2k^2+2}{(k^2-1)^2} \quad \left(\frac{k-1}{k+1}\right)' = \frac{k-1-(k+1)}{(k+1)^2} = \frac{-2}{(k+1)^2}$



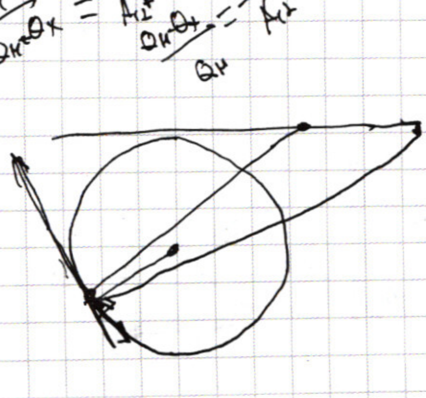
$\Delta y = \frac{8}{15} \quad \Delta x = \frac{5}{3}$

$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{8\cdot 3}{15\cdot 5} = \frac{8}{25}$

$\begin{array}{r} \times 51 \\ 34 \\ \hline + 204 \\ 153 \\ \hline 1734 \end{array}$

$F\frac{\frac{8}{15}}{\frac{8}{15}-\frac{8}{25}} = F\frac{\frac{8}{15}}{\frac{17}{25}} = F\frac{8\cdot 25}{15\cdot 17} = F\frac{8\cdot 5}{3\cdot 17} = F\frac{40}{51}$

$\frac{Q_H}{Q_H - Q_X} = \frac{A_{12}}{A_{12}+Q_H - Q_X} = \frac{A_{12}}{Q_H}$



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

$\cos(\alpha+\beta) = \frac{3}{5}\cdot\frac{8}{17} - \frac{4}{5}\cdot\frac{15}{17} = \frac{24-60}{5\cdot 17} < 0$

$\frac{1}{1-\frac{15}{25}} = \frac{1}{\frac{2}{5}} = \frac{5}{2}$

$tg = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

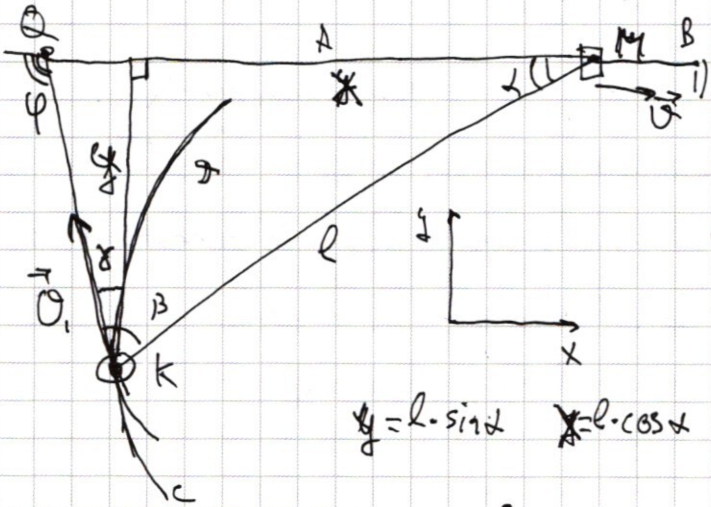
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

$\cos\alpha = \frac{3}{5}$, $\alpha\in[0;\pi]$ => $\sin\alpha = \frac{4}{5} = \sqrt{1-\cos^2\alpha}$, $\cos\alpha > 0$ => α − острый

$\cos\beta = \frac{8}{17}$, $\beta\in[0;\pi]$ => $\sin\beta = \frac{15}{17} = \sqrt{1-\cos^2\beta}$, $\cos\beta > 0$ => β − острый

$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cdot\cos\beta - \sin\alpha\cdot\sin\beta = \frac{3\cdot 8}{17\cdot 5} - \frac{4\cdot 15}{5\cdot 17} = \frac{-36}{5\cdot 17} < 0$ => $\alpha+\beta$ − тупой



1) за ~~маленькое~~ малое время dt кольцо пройдет малое расстояние и будет двигаться вдоль KQ тогда:

$dx = \vartheta_1\cdot\sin\gamma\, dt$

$dy = \vartheta_1\cdot\cos\gamma\, dt$, где $\gamma = \beta-(90-\alpha) =$

$= \alpha+\beta-90^\circ$ $(\gamma > 0)$

$y = l\cdot\sin\alpha$ $x = l\cdot\cos\alpha$

dx_M − смещение муфты по ox $= \vartheta dt$

2) нить была и осталась натянута => квадрат длины не изменился =>
$KM^2 = const = l^2$

$KM^2 = x^2+y^2 = (x+\vartheta\cdot dt+\vartheta_1\cdot dt\sin\gamma)^2 + (y-\vartheta_1 dt\cos\gamma)^2$

$0 = 2x\,dt(\vartheta+\vartheta_1\sin\gamma) + (\vartheta dt+\vartheta_1 dt\sin\gamma)^2 - 2y\vartheta_1 dt\cos\gamma + (\vartheta_1 dt\cos\gamma)^2$

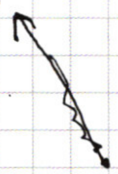
$dt^2 \approx 0$ − пренебрегаем

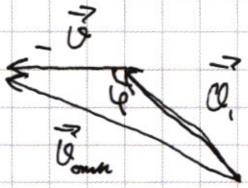
$y\,\vartheta_1 dt\cos\gamma = x\,dt\,\vartheta + x\,dt\,\vartheta_1\sin\gamma$ $\quad \vartheta_1(y\cos\gamma - x\sin\gamma) = x\vartheta$

$\cancel{\vartheta_1 = \frac{l\cdot\sin\alpha\,\vartheta}{l(\cos\alpha\cdot\cos\gamma-\sin\alpha\cdot\sin\gamma)} = \frac{\sin\alpha\,\vartheta}{\cos(\alpha+\gamma)} = \sin\alpha\,\vartheta}$

$\vartheta_1 = \frac{l\cdot\cos\alpha\,\vartheta}{l(\sin\alpha\cdot\cos\gamma-\cos\alpha\cdot\sin\gamma)} = \frac{\cos\alpha\,\vartheta}{\sin(\alpha-\gamma)} = \frac{\cos\alpha\,\vartheta}{\sin(\alpha+90^\circ-\alpha-\beta)} = \frac{\cos\alpha\,\vartheta}{\cos\beta} =$

$= \frac{3\,\vartheta\cdot 17}{8\cdot 5} = \frac{51}{40}\vartheta = 51$ (см/с)

3) 



$\varphi = \alpha+\beta$ (см. пред. чертёж)

$\vartheta_{отн}^2 = \vartheta^2 + \vartheta_1^2 - 2\cos\varphi\,\vartheta_1\vartheta =$

$= \vartheta^2 + \vartheta_1^2 - 2\cos(\alpha+\beta)\,\vartheta_1\vartheta = \vartheta^2+\vartheta_1^2 - 2(\cos\alpha\cdot\cos\beta - \sin\alpha\cdot\sin\beta)\vartheta_1\vartheta$

$= \vartheta^2+\vartheta_1^2 - 2\cdot\frac{-36}{5\cdot17}\cdot\vartheta\vartheta_1 = \vartheta^2+\vartheta_1^2+\frac{72}{5\cdot17}\vartheta\vartheta_1$

$\vartheta_{отн}^2 = 40^2+51^2+\frac{72\cdot51\cdot40}{5\cdot17} = 40^2+51^2+\frac{72\cdot3\cdot8}{1} = 1600+2601+1728 =$

$= 4201+1728 = 5929 \quad \left(\frac{см^2}{с^2}\right)$

$\vartheta_{отн} = \sqrt{5929}\ \left(\frac{см}{с}\right) = \sqrt{5929}\cdot10^{-2}\ \left(\frac{м}{с}\right)$

4) кольцо движется по окружности => а тангенциальное $=\vec a_т$ и

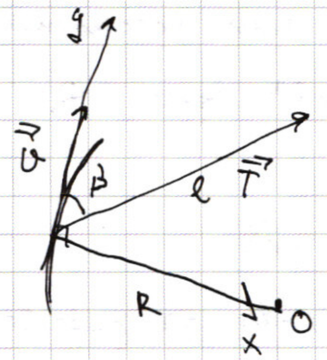
а центростремительная $=\vec a_{ц-с}$, $\vec a_{ц-с}$ ∥ OX

направлен к центру, $\vec a_т$ – по касательной

2-ой зк. Ньютона: $\sum\vec F = m\vec a$

OX: $T\cdot\sin\beta = m\cdot a_{ц-с}$

$a_{ц-с} = \frac{\vartheta^2}{R}$



$T = \frac{m a_{ц-с}}{\sin\beta} = \frac{m\cdot\vartheta^2}{R\cdot\sin\beta}$

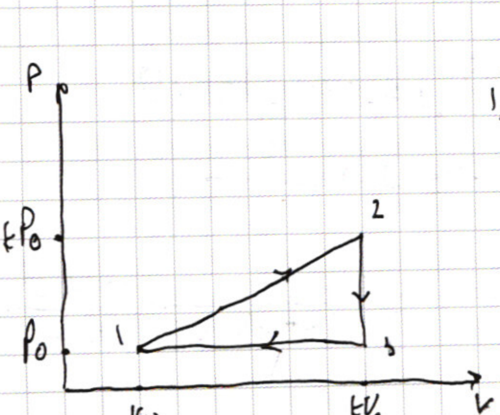
$T = \frac{1\cdot(0{,}51)^2}{1{,}7\cdot\frac{15}{17}} = \frac{10^{-4}\cdot17^2\cdot3^2}{1{,}5} = \frac{10^{-4}\cdot51\cdot17\cdot2}{1} = 51\cdot34\cdot10^{-4} = 1734\cdot10^{-4} = 0{,}1734\ (Н)$

Ответ: $\vartheta_1 = 0{,}51\ \frac{м}{с}$

$\vartheta_{отн} = \sqrt{5929}\ \frac{см}{с} = \sqrt{5929}\cdot10^{-2}\ \frac{м}{с}$

$T = 0{,}1734\ Н$

№2



1) $P_0V_0 = \nu RT_1$ $\qquad (k^2-1)P_0V_0 = \Delta T_{12}\nu R$

$k^2P_0V_0 = \nu RT_2$ $\qquad (k-k^2)P_0V_0 = \Delta T_{23}\nu R$

$kP_0V_0 = \nu RT_3$ $\qquad (1-k)P_0V_0 = \Delta T_{31}\nu R$

2) 1-2 $\quad P\nearrow, V\nearrow \Rightarrow T\nearrow$

2-3 $\quad P\searrow\ V=const \Rightarrow T\searrow$ | $V=const$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3-1 $\quad P = const \quad \nu V = \nu T$

2) $Q_{23} = C_{23} \cdot \nu \cdot \Delta T_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = 0 + \frac{i}{2}\nu R \Delta T_{23} = -\frac{3k}{2}(k-1)P_0V_0$

$Q_{31} = C_{31} \cdot \nu \cdot \Delta T_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = P_0 \cdot (k-k)V_0 + \frac{i}{2}\nu R \Delta T_{31} = (k-1)P_0V_0 - (k-1)\cdot\frac{3}{2}P_0V_0$

$= -\frac{5}{2}P_0V_0(k-1)$

$\frac{C_{23} \cdot \Delta T_{23}}{C_{31} \cdot \Delta T_{31}} = \frac{-\frac{3k}{2}(k-1)P_0V_0}{-\frac{5}{2}P_0V_0(k-1)} = \frac{3k}{5} = \frac{C_{23} \cdot (k-k^2)P_0V_0}{C_{31} \cdot (1-k)P_0V_0} = \frac{C_{23} \cdot k}{C_{31}}$

$\boxed{\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}}$

3) $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{1}{2}(k-1)V_0 \cdot (P_0 + kP_0) \cancel{+\frac{1}{2}(k-1)P_0V} + \frac{i}{2}\nu R \Delta T_{12} =$

$= \frac{1}{2}(k-1)(k+1)P_0V_0 + \frac{3}{2}(k^2-1)P_0V_0 = 2(k^2-1)P_0V_0$

$A_{12} = \frac{1}{2}(k-1)V_0(kP_0 + P_0) = \frac{1}{2}(k^2-1)P_0V_0$

$\frac{Q_{12}}{A_{12}} = \frac{2(k^2-1)P_0V_0}{\frac{1}{2}(k^2-1)P_0V_0} = \frac{2}{\frac{1}{2}} = \boxed{4 = \frac{Q_{12}}{A_{12}}}$

4) $\eta = \cancel{\frac{A_{пол}}{A_{затр}}}$ $\frac{\text{площадь фигуры}}{\text{площадь под графиком}} \cdot 100\% = \frac{\frac{1}{2} \cdot (kV_0 - V_0) \cdot (kP_0 - P_0)}{A_{12}} =$

$= \frac{(k-1)^2 P_0V_0}{(k^2-1)P_0V_0} = \frac{k-1}{k+1}$

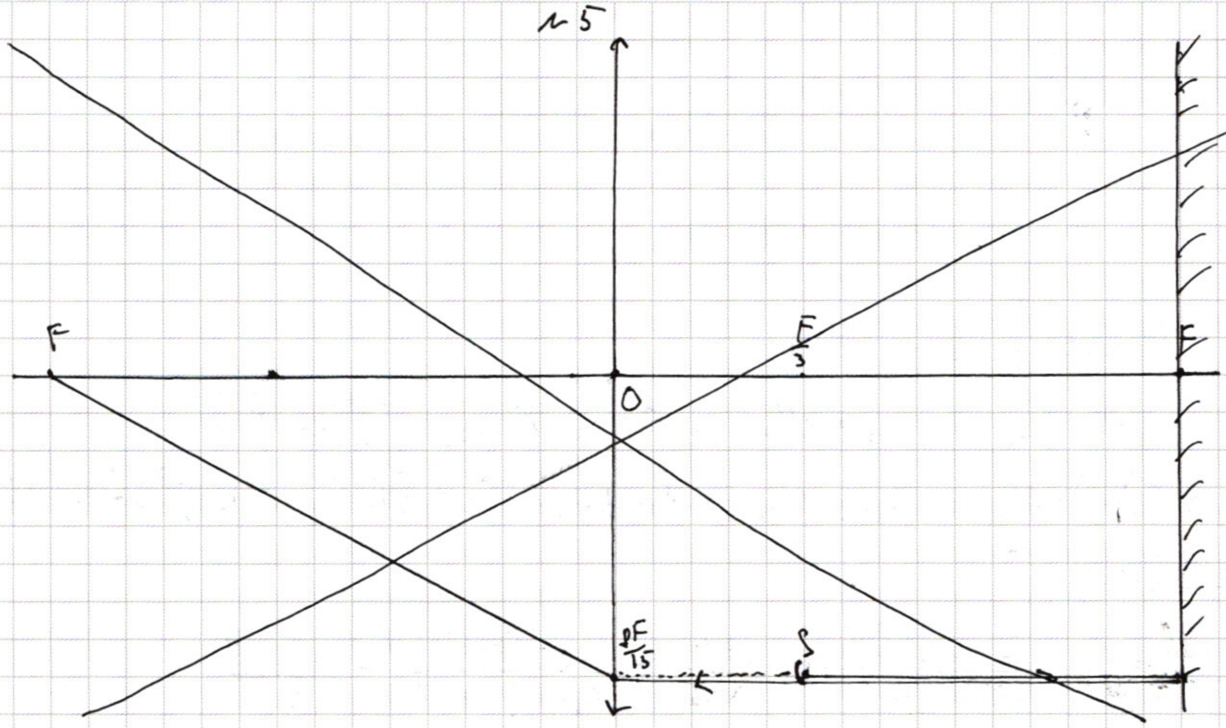
~~при~~ k $\lim_{k \to \infty} \frac{k-1}{k+1} = 1$

$\eta_{наиб}$ стремится к 1

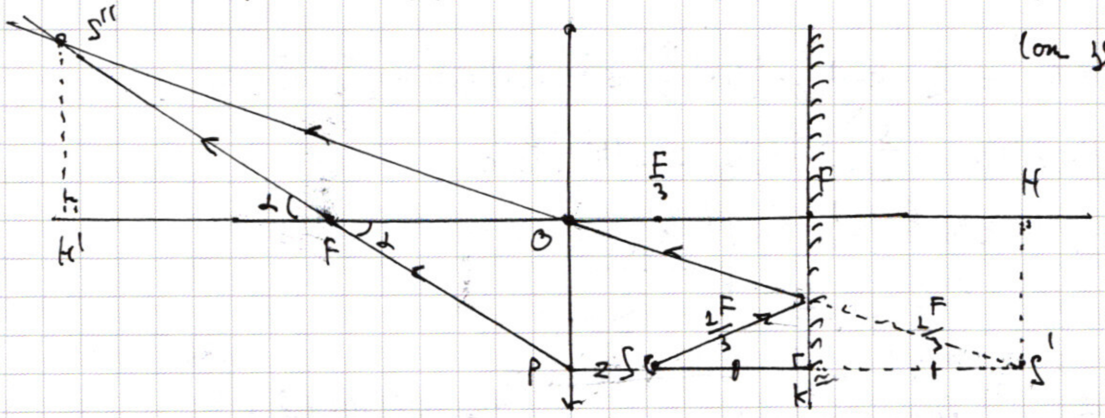
Ответ: $\frac{C_{23}}{C_{31}} = \frac{3}{5}$, $\frac{Q_{12}}{A_{12}} = 4$

$\eta_{наиб}$ стремится к 1

№ 5



1) ~~наб~~ наблюдатель будет видеть изображение (от линзы) изображения (от зеркала)



2) $OH = F + SK = F + \frac{2F}{3} = \frac{5F}{3}$ – расстояние от линзы до "предмета"

3) луч KP – параллелен OO_1 (проходит не через S, а через точку бесконечно близкую к ней, где нет экрана), H'O – искомое

4) $\frac{1}{F} = \frac{1}{OH} + \frac{1}{H'O} = \frac{3}{5F} + \frac{1}{H'O}$ $\qquad \frac{1}{H'O} = \frac{2}{5F}$

$H'O = \frac{5F}{2}$

5) $\Delta S''H'O \sim \Delta S'HO \Rightarrow \frac{H'O}{HO} = \frac{S''H'}{S'H}$

~~пусть~~ за малое время dt зеркало сдвинулось на $\vartheta dt \Rightarrow$

SS' увеличилось на $2 \cdot \vartheta dt \Rightarrow OH$ увеличилось на $2\vartheta dt$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{5F}{3}+2\vartheta dt} + \frac{1}{H'O} \qquad \frac{1}{F} = \frac{3}{5F+6\vartheta dt} + \frac{1}{H'O}$$

$$\frac{5F+6\vartheta dt - 3F}{F(5F+6\vartheta dt)} = \frac{1}{H'O} \qquad H'O = \frac{F(5F+6\vartheta dt)}{2F+3\vartheta dt}$$

6) луч kP не изменится от передвижения зеркала $\Rightarrow$ PS'' не изменится $\Rightarrow$ изображение сдвинется вдоль $S''P$ т.к. $S''P$ проходит через старое (S'') и будет проходить через новое $\Rightarrow$ $tg\,\alpha = \frac{PO}{OF} = \frac{\frac{8F}{15}}{F} = \frac{8}{15}$ $\boxed{tg\,\alpha = \frac{8}{15}}$

7) $$\vartheta' = \frac{dx}{dt} = \frac{dS''P}{dt} = \frac{d\,H'O : \cos\alpha}{dt} = \frac{\left(-\frac{5F}{2} + \frac{F(5F+6\vartheta dt)}{2F+3\vartheta dt}\right)}{dt\,\cos\alpha} =$$

$$= \frac{(5F^2+6\vartheta F dt)\cdot 2 - 10F^2 - 15F\vartheta dt}{2(2F+3\vartheta dt)\cdot\cos\alpha\cdot dt} = \frac{10F^2+12\vartheta F dt - 10F^2 - 15F\vartheta dt}{2(2F+3\vartheta dt)\cos\alpha\cdot dt} =$$

$$= \frac{-3F\vartheta dt}{2(2F+3\vartheta dt)\cdot\cos\alpha\cdot dt} = \frac{-3F\vartheta}{2(2F+3\vartheta dt)\cos\alpha} = \qquad \vartheta dt \ll 2F$$

$$= \frac{-3F\vartheta}{4F\cos\alpha} = -\frac{3\vartheta}{4\cos\alpha}$$

$$\cos\alpha = \frac{F}{\sqrt{F^2+\frac{8^2}{15^2}F^2}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{225+64}{15^2}}} = \cancel{\sqrt{\frac{289}{15^2}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{17^2}{15^2}}} = \frac{15}{17}$$

$$\vartheta' = -\frac{3\vartheta\cdot 17}{4\cdot 15} = -\frac{51\vartheta}{60} \Rightarrow \text{движется к линзе}$$

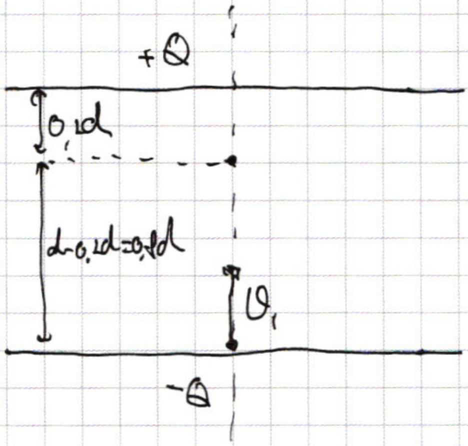
Ответ: 3) $|\vartheta'| = \frac{51\vartheta}{60}$

2) $tg\,\alpha = \frac{8}{15}$

1) $OH' = \frac{5F}{2}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

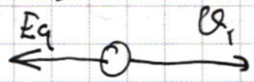
№3



1) частичка была положительно заряжена и остановилось => влетела со стороны отрицательного заряда (тогда -Q ускоряет её и +Q тормозит её), иначе -Q разгоняет и +Q разгоняет и частица не остановится

2) $\frac{m\vartheta_1^2}{2} = A_{поля} = Eq\cdot(d-0{,}8)$ $\quad E = \frac{m\vartheta_1^2}{1{,}6qd}$

3) ~~частица~~ $m\vec{a} = \sum \vec{F}$



$ma = Eq$ $\quad a = \frac{Eq}{m} = \frac{m\vartheta_1^2\cdot q}{m\cdot 1{,}6\cdot q\cdot d} = \frac{\vartheta_1^2}{2d}$

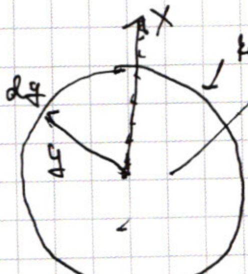
$T = \frac{\vartheta_1}{a} = \frac{\vartheta_1^3}{\vartheta_1^2 : 1{,}6d} = \frac{1{,}6d}{\vartheta_1}$ $\quad \boxed{T = \frac{1{,}6d}{\vartheta_1}}$

4) $U = \Delta\varphi = E\cdot d$ т.к. поле однородно

$U = \frac{m\vartheta_1^2}{1{,}6qd}\cdot d = \frac{m\vartheta_1^2}{1{,}6q} = \boxed{\frac{\vartheta_1^2}{1{,}6\gamma}}$

5) $\frac{m\vartheta_0^2}{2} + \int_0^\infty E(x)\cdot dx = \frac{m\vartheta_0^2}{2}$ — $E(x)$ — E всех зарядов в точке на оси сильнее на расстоянии x от отриц. обкладки

$E(x) = E_-(x) + E_+(x+d)$



/ кольцо с ~~зарядом~~ радиусом y и толщиной dy, плотность заряда β

$E_-(x) = \int_0^\infty k 2\pi y\cdot dy\cdot\beta \cdot x : (y^2+x^2)$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$E(x) = \int_0^\infty \frac{\beta 2\pi k\, y\,dy}{(y^2+x^2)}$$

$$\int_0^\infty \left(\int_0^\infty \frac{\beta 2\pi k\, y\,dy}{(y^2+x^2)} - \int_0^\infty \frac{\beta 2\pi k\, y\,dy}{(y^2+(x+d)^2)} \right) dx = \frac{m}{2}\left(\vartheta_1^2 - \vartheta_0^2\right)$$

$$\int_0^x \frac{\beta \cdot 2\pi k\, y\,dy}{(y^2+x^2)} \quad \int_0^\infty \left(2\beta k\pi \int_0^\infty \left(\frac{y\,dy}{y^2+x^2} - \frac{y\,dy}{y^2+(x+d)^2} \right) \right) =$$

= это можно посчитать, но можно проще:

$$E_{\pi_1} + E_{k_1} = E_{\pi_2} + E_{k_2}$$

$E_{\pi_1} = 0$

$$\frac{m\vartheta_0^2}{2} = E_{\pi_2} + \frac{m\vartheta_1^2}{2} \qquad \vartheta_0^2 = \frac{2E_{\pi 2}}{m} + \vartheta_1^2$$

E_{π_2} = потенциальная энергия взаимодействия частицы с обкладками $= 0 \neq U \cdot q$ ← с положительной

↑ с отрицательной (на в средних

$$\vartheta_0 = \sqrt{\frac{-2Uq}{m} + \vartheta_1^2} = \sqrt{\frac{-2\,\vartheta_1^2 \cdot \gamma}{1{,}6\gamma} + \vartheta_1^2} = \sqrt{\vartheta_1^2\left(\frac{-2}{1{,}6}+1\right)} =$$

$$\vartheta_1\sqrt{\frac{0{,}4}{1{,}6}} = \vartheta_1\sqrt{\frac{4}{16}} = \vartheta_1 \frac{6}{4} = \frac{3}{2}\vartheta_1 \quad \vartheta_1\sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{\vartheta_1}{2}$$

Ответ: $T = \frac{1{,}6d}{\vartheta_1}$ $\quad U = \frac{\vartheta_1^2}{1{,}6\gamma}$

$\vartheta_0 = \frac{\vartheta_1}{2}$

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)