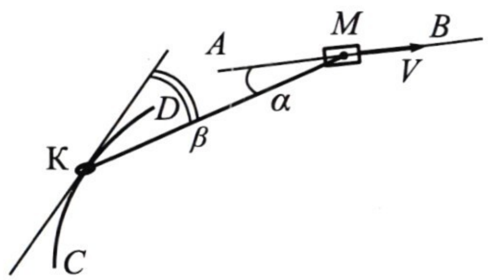
Олимпиада «Физтех» по физике,

Класс 11

Вариант 11-01

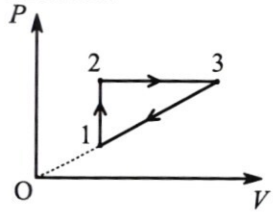
Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без в

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0{,}1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1{,}9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол $\alpha(\cos\alpha = 15/17)$ с направлением движения муфты и угол $\beta(\cos\beta = 4/5)$ с направлением движения кольца.



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

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



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

3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S, расстояние между обкладками d $\left(d << \sqrt{S}\right)$. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0{,}25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы $\dfrac{q}{m} = \gamma$.

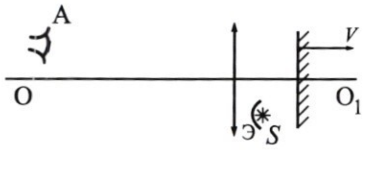
1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.
2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.
3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

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

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

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

5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F, плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1. В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.



1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?
2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)
3) Найти скорость изображения в этот момент.

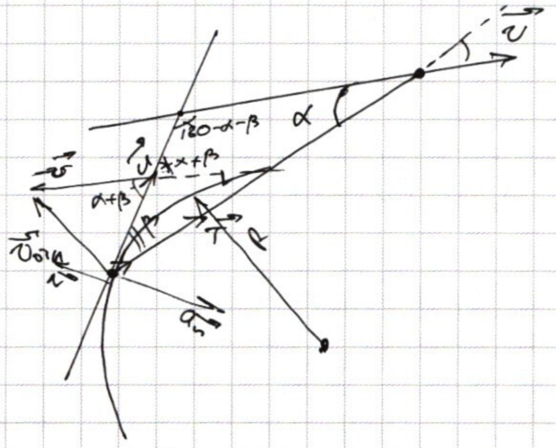
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1. $V=68$ (см/с) $m=0{,}1$ (кг) $R=1{,}9$ (м) $l=5R/3$ $\cos(\alpha)=15/17$
$\cos(\beta)=4/5$.

1. $U=$? 2. $v_{отн}=$? 3. $T=$?



1. Так как нить нерастяжима (обратного не сказано в условии), то проекции скоростей всех её точек на неё не одинаковы (она ведь не рвется). Тогда справедливо тождество:

$$v\cos(\alpha) = U\cos(\beta),$$ где U — скорость кольца.

$$\hookrightarrow U = \frac{v\cos(\alpha)}{\cos(\beta)} = \frac{\cancel{68}\cdot 15\cdot 5}{\cancel{17}\cdot 4} = 75\ (см/с)$$

2. $\vec v_{отн} = \vec U - \vec v$ — на рисунке это треугольник со сторонами $\vec U$ и $-\vec v$ и углом между ними $\alpha+\beta$. Тогда запишем т. Косинусов и из неё найдем $|\vec v_{отн}|$, но сначала найдем $\cos(\alpha+\beta)$.

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

т. Косинусов:

$$|\vec v_{отн}|^2 = v^2 + U^2 - 2Uv\cos(\alpha+\beta) = 75\cdot 75 + 68\cdot 68 + \frac{2\cdot \overset{15}{\cancel{75}}\cdot \overset{4}{\cancel{68}}\cdot 36}{\cancel{17}\cdot\cancel{5}}$$

$75\times 75 = 5.625$ $68\times 68 = 4.624$ $120\times 36 = 4320$

$$|\vec v_{отн}^2| = 14.569\ (см^2/с^2) \approx 12^2\cdot 10^2 \rightarrow v_{отн} \approx 120\ (см/с)$$
144.100

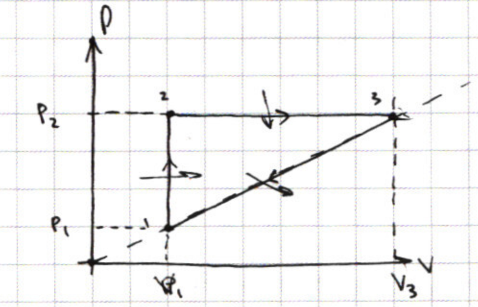
3. ~~Из Ньютона в проекции на a_n:~~

~~[illegible]~~

Для получения $\vec T$ необходимо знать $\vec N$ — реакцию опоры. Это можно сделать, узнав $\Delta U/\Delta t = a_\tau/m$, но у меня не получается это. Т.е. я смещаю муфту на $v\Delta t$. Тогда угол между её направлением и нитью — $(\alpha+\Delta\varphi)$, а у кольца смещение на $U\Delta t$ и угол с нитью $(\beta+\Delta\varphi)$ $\hookrightarrow$ Новый Δ-к со стороной l. $\rightarrow$ т. Синусов и получаем $\Delta\varphi/\Delta t$ $\rightarrow$??? что делать с этим. (Все это есть в черновиках). Ответ: ① $U = \frac{v\cos(\alpha)}{\cos(\beta)}$, 75 (см/с) ② $v_{отн} \approx 120$ (см/с).

☐ черновик ☑ чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

N2 $\quad i=3$



1. $C_{12}/C_{23} = ?$

2. $Q_{23}/A_{23} = ?$

3. $\eta_{max} = ?$

① $Q_{12} = C_{12}\Delta T_{12}$

по I з. ТД $Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{i}{2}\nu R\Delta T_{12} \to C_{12} = \frac{i}{2}\nu R$

по I з. ТД

$$Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = P_2\Delta V_{23} + \frac{i}{2}\nu R\Delta T_{23} = \frac{\nu R\Delta T_{23}(i+2)}{2} \to C_{23} = \frac{i+2}{2}\nu R$$

$\to C_{12}/C_{23} = i/(i+2) = \underline{3/5}.$

② Q_{23} из ① $= \frac{i+2}{2}\nu R\Delta T_{23} \quad A_{23} = \nu R\Delta T_{23}$ из ур.-я Менделеева-Клапейрона $P_2\Delta V_{23} = \nu R\Delta T_{23}.$

$\to$

$Q_{23}/A_{23} = (i+2)/2 = \underline{5/2}$

③ $\eta = \frac{A_{12}+A_{23}+A_{31}}{Q_{12}+Q_{23}} = \frac{0 + P_2(V_3-V_1) - (V_3-V_1)(P_2+P_1)/2}{i/2\,V_1(P_2-P_1) + \left(\frac{i+2}{2}\right)P_2(V_3-V_1)}$

$\eta = \frac{2P_2V_3 - 2P_2V_1 - P_2V_3 + P_2V_1 - P_1V_3 + P_1V_1}{3P_2V_1 - 3P_1V_1 + 5P_2V_3 - 5P_2V_1} = \frac{P_2V_3 + P_2V_1 + P_1V_1 - P_1V_3 - 2P_2V_1}{5P_2V_3 - 2P_2V_1 - 3P_1V_1}$

Введем $\alpha = P_1/V_1 = P_2/V_3 \Rightarrow$

$\eta = \frac{\alpha V_3^2 + P_2V_1 + \alpha V_1^2 - P_1V_3 - 2P_2V_1}{5\alpha V_3^2 - 2P_2V_1 - 3P_1V_1} = \frac{\alpha V_3^2 + \alpha V_1^2 + P_2(V_3 - V_1)}{5\alpha V_3^2 - 2P_2V_1 - 3P_1V_1}$

$\eta = \frac{A_{12}+A_{23}+A_{31}}{A_{23}+\Delta U_{13}} = \frac{P_2(V_3-V_1) + (P_2+P_1)(V_3-V_1)/2}{P_2(V_3-V_1) + \frac{i}{2}(P_2V_3 - P_1V_1)} =$

$\eta = \frac{2P_2(V_3-V_1) + P_2V_3 - P_2V_1 + P_1V_3 - P_1V_1}{2P_2(V_3-V_1) + 3(P_2V_3 - P_1V_1)}$, причем $P_1V_3 = P_2V_1$

$\eta = \frac{2P_2(V_3-V_1) + 3(P_2V_3 - P_1V_1)}{2P_2(V_3-V_1) + 3(P_2V_3 - P_1V_1)} - \frac{2(P_2V_3 - P_1V_1)}{2P_2(V_3-V_1) + 3(P_2V_3 - P_1V_1)}$

$\eta = 1 - \frac{2(P_2V_3 - P_1V_1)}{2P_2(V_3-V_1) + 3(P_2V_3 - P_1V_1)}$ Пусть $\alpha = \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_3}$

$\eta = 1 - \frac{2(\alpha V_3^2 - \alpha V_1^2)}{2(\alpha V_3^2 - P_1V_3) + 3(\alpha V_3^2 - \alpha V_1^2)}$ $\quad P_1 = \alpha V_1$

$\eta = 1 - \frac{2(V_3^2 - V_1^2)}{2(V_3^2 - V_1V_3) + 3(V_3^2 - V_1^2)} = 1 - \frac{2V_3^2 - 2V_1^2}{2V_3^2 - 2V_1V_3 + 3V_3^2 - 3V_1^2} =$

$\varphi = V_3/V_1$

$\eta = 1 - \frac{2\varphi^2 - 2}{5\varphi^2 - 2\varphi - 3}.$

☐ черновик $\quad$ ☑ чистовик $\quad$ Страница № 2

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~Получили ф-ю $\eta(\varphi)$, где φ – то, во сколько раз V_3 больше V_1.~~

~~$\eta'(\varphi)=0$ – поиск экстремумов.~~

~~$\eta'(\varphi)=0 - \dfrac{(2\varphi^2-2)(10\varphi-2)-(4\varphi-0)(5\varphi^2-2\varphi-3)}{(5\varphi^2-2\varphi-3)^2}=0.$~~

~~$20\varphi^3-4\varphi^2-20\varphi+4-20\varphi^3+8\varphi^2+12\varphi=0.$~~

~~$4\varphi^2-8\varphi+4=0 \quad \varphi^2-2\varphi+1=0 \Rightarrow \varphi=1$, но при этом φ знам $=0$ и вообще задача лишена физ. смысла.~~

(3)

$$\eta=\frac{A_{12}+A_{23}+A_{31}}{A_{23}+\Delta U_{13}}=\frac{P_2(V_3-V_1)-(P_2+P_1)(V_3-V_1)/2}{P_2(V_3-V_1)+i/2\,(P_2V_3-P_1V_1)}=$$

$P_1V_3=P_2V_1$ из Δ-ков на гр-ке (они прямоуг и со: $\frac{P_1}{V_1}=\frac{P_2}{V_3}$)

$$=\frac{2P_2(V_3-V_1)-P_2V_3+\cancel{P_2V_1}-\cancel{P_1V_3}+P_1V_1}{2P_2(V_3-V_1)+3(P_2V_3-P_1V_1)}=1-\frac{4(P_2V_3-P_1V_1)}{2P_2(V_3-V_1)+3(P_2V_3-P_1V_1)}.$$

т.к. Δ-ки со, то $\frac{P_1}{V_1}=\frac{P_2}{V_3}=\alpha \Rightarrow$

$$\eta=1-\frac{4(\alpha V_3^2-\alpha V_1^2)}{2(\alpha V_3^2-\alpha V_1V_3)+3(\alpha V_3^2-\alpha V_1^2)}.$$ Пусть $\varphi=V_3/V_1$.

$$\eta=1-\frac{4\varphi^2-4}{2\varphi^2-2\varphi+3\varphi^2-3}=1-\frac{4\varphi^2-4}{5\varphi^2-2\varphi-3}.$$

$\eta(\varphi)'=0$: $\eta(\varphi)=0-\dfrac{(4\varphi^2-4)(10\varphi-2)-(8\varphi)(5\varphi^2-2\varphi-3)}{(5\varphi^2-2\varphi-3)^2}=0$

$\cancel{40\varphi^3}-8\varphi^2-40\varphi+8-\cancel{40\varphi^3}+16\varphi^2+24\varphi=0.$

$8\varphi^2-16\varphi+8=0 \quad 8(\varphi-1)^2=0 \Rightarrow \varphi=1$, но $\varphi\neq 1$, т.к. знам $=0$.

... ?

Ответ: (1) $C_{12}/C_{23}=3/5$

(2) $Q_{23}/A_{23}=5/2$.

(3) ...

~~Продолжение задачи N3~~.

N3. $S,\ d,\ (d \ll \sqrt{S}),\ 0{,}25d,\ T,\ \varphi = q/m.$

1. $v_1 = ?$ 2. $Q = ?$ 3. $v_2 = ?$

① Запишем ЗСИ: $m\,dv = F\,dt$. $F = Eq$, $dv = v_1$, $dt = T$.

$$\Rightarrow m v_1 = EqT \Rightarrow E = \frac{v_1}{\varphi T}$$

Запишем ЗСЭ: $\frac{mv^2}{2} = Eq\cdot\frac{3}{4}d$

$$\Rightarrow E = \frac{2m v_1^2}{3qd} = \frac{v_1}{\varphi T} \Rightarrow v_1 = \frac{3d}{2T}$$

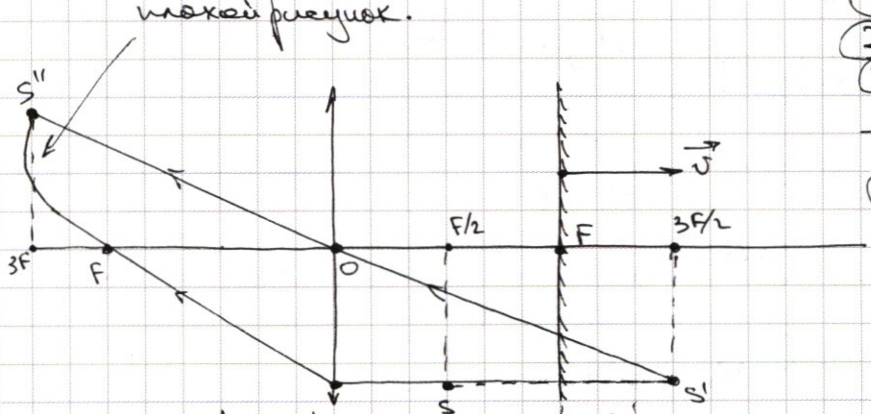
② Из I-ых уравнений: $E = \frac{v_1}{\varphi T} = \frac{3d}{2\varphi T^2}$, а

$$E = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S} + \frac{Q}{2\varepsilon_0 S} = \frac{Q}{\varepsilon_0 S} \Rightarrow Q = \frac{3d\varepsilon_0 S}{2\varphi T^2}$$

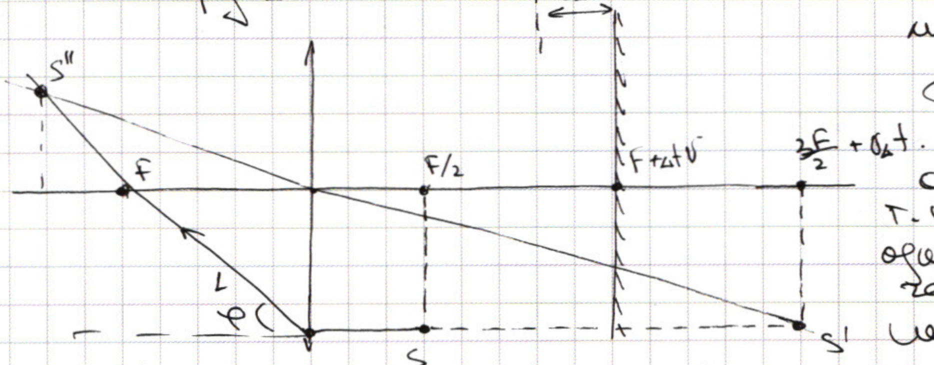
Ответ: ① $v_1 = 3d/2T$ ② $Q = \frac{3d\varepsilon_0 S}{2\varphi T^2}$.

N5

① $f = ?$
② $\alpha = ?$
③ $v'' = ?$



через Δt:



① Ур-е т. линзы:

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

– на таком расстоянии от линзы будет виден И.С.

② Угол. Заметим, что положение S'' определяется т. пересечения одного постоянного луга через S и фокус и переменного центрального.

=> Изображение S'' ходит по прямой (L на рисунке), а она имеет угол φ с осью линзы.

☐ черновик ☑ чистовик Страница № 4

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

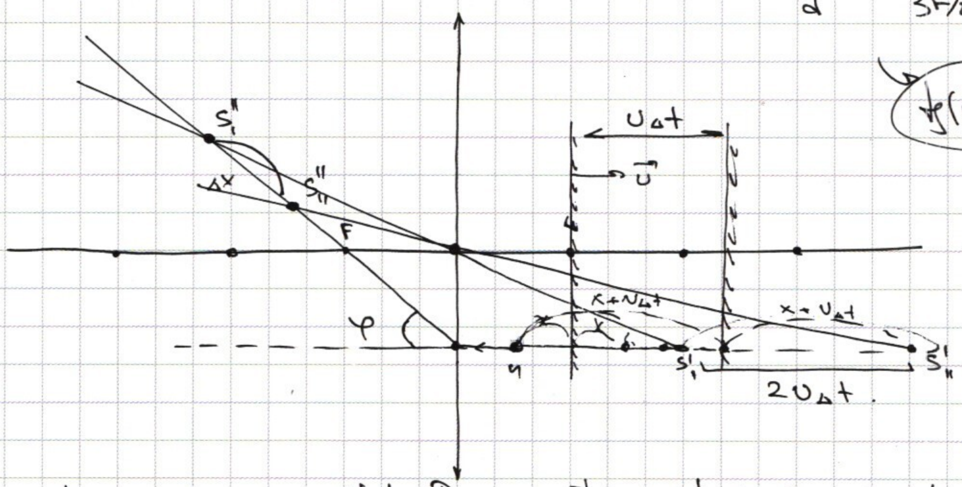
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Угол φ! Пусть для случая с $f=3F$. $tg(\varphi)=\frac{H+3/4F}{3F}$, ~~...~~

$\Gamma=\frac{f}{d}=\frac{3F}{3F/2}=2 \to H=2h$

$H=\frac{3}{2}F$.

$tg(\varphi)=\frac{7}{12}$



③ Пусть зеркало проехало $v_\Delta t$. Тогда изобрал. S' пройдет $2v_\Delta t$.

Р.Т.Л. для S_1'' и S_{11}''.

$S_1'':\ \frac{1}{F}=\frac{2}{3F}+\frac{1}{f} \to f=3F\quad \frac{f}{d}=2=\Gamma \to H=2h=\frac{3F}{2}$.

$S_{11}'':\ \frac{1}{F}=\frac{2}{3F+4v_\Delta t}+\frac{1}{f} \to f=\frac{F(3F+4v_\Delta t)}{F+4v_\Delta t}\quad \Gamma=\frac{f}{d}=\frac{F\cancel{(3F+4v_\Delta t)}}{(F+4v_\Delta t)}\cdot\frac{2}{\cancel{3F+4v_\Delta t}}$

$\Gamma=\frac{2F}{F+4v_\Delta t} \to H=\Gamma\cdot\frac{3F}{2}$.

Координаты S_1'': $(3F,\ 3F/2)$.

S_{11}'': $\left(\frac{F(3F+4v_\Delta t)}{F+4v_\Delta t};\ \cancel{\frac{3F^2(3F+4v_\Delta t)}{2(F+4v_\Delta t)}}\right)\quad \frac{3F^2}{F+4v_\Delta t}$.

ΔX: $S_{11}''-S_1''$:

~~$\Delta X=\sqrt{\left(\frac{9F^2}{4}-\frac{F^2(9F^2+16v_\Delta^2t^2+24Fv_\Delta t)}{F^2+8v_\Delta t}\right)}$~~

$$\Delta X=\sqrt{\left(\frac{3F}{2}-\frac{3F^2\cancel{(3F+4v_\Delta t)}}{2(F+4v_\Delta t)}\right)^2+\left(3F-\frac{F(3F+4v_\Delta t)}{(F+4v_\Delta t)}\right)^2}$$

$$\Delta X=F\sqrt{\cancel{(3F^2-3F^2}-\frac{9}{4}\left(\frac{F+4v_\Delta t-F}{F+4v_\Delta t}\right)^2+\left(\frac{3F+12v_\Delta t-3F-4v_\Delta t}{F+4v_\Delta t}\right)^2}$$

$$\Delta X=\frac{F\cdot 4v_\Delta t}{(F+4v_\Delta t)}\sqrt{\frac{9}{4}+4}=\frac{F\cdot\overset{2}{\cancel{4}}v_\Delta t\cdot 5}{\cancel{2}(F+4v_\Delta t)}=\frac{10Fv_\Delta t}{F+4v_\Delta t}.$$

$\Delta x \cdot F + \cancel{\Delta x \cdot 4 v_{\Delta} t} = 10 F v_{\Delta} t$

(второй порядок малости; т.к. x момент данный, а не общ. случай. $\Rightarrow \frac{\Delta x}{\Delta t} = 10v$ $\Rightarrow$ $\underline{u = 10v}$

Скорость изображ.

Ответ: (1) $3F$ (2) $tg(\varphi) = 7/12$ (3) $u = 10v$.

МФТИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

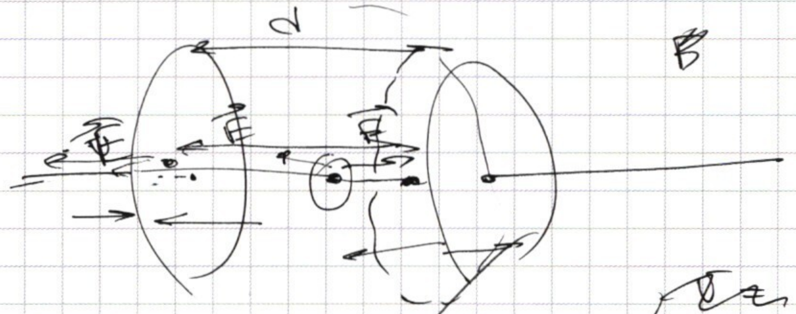
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\Delta U = \frac{v\Delta\varphi\cdot\sin(\beta-\alpha)}{\cos(\beta)(\sin(\beta)\Delta\varphi-\cos(\beta))}.$$

$$\cancel{\Delta U\cos(\beta)\sin(\beta)\Delta\varphi} - \Delta U\cos^2(\beta) = v\Delta\varphi\sin(\beta-\alpha).$$

$$\cancel{-\Delta U\cos^2(\beta)=} \quad \frac{\Delta U}{\Delta\varphi} = -\frac{v\sin(\beta-\alpha)}{\cos^2(\beta)} \qquad \varphi E T = v\,\alpha.$$



$$m\,dV = F\Delta t.$$

$$mV = FT.$$

$$v = E\varphi T.$$

$$F = Eq\cdot T.$$

$$EqT = mV.$$

$$\varphi ET = v$$

$$\cancel{\varphi ET = v.}$$

$$\cancel{\frac{mV^2}{2} = Eq\frac{3d}{4}\varphi}$$

$$\cancel{\varphi ET = V^2}$$

$$\cancel{E = \frac{2V^2}{3\varphi}}$$

$$\cancel{v = \frac{2V^2}{3d\varphi}\cdot\varphi T}$$

$$v = \frac{3d}{2T}$$

$$mV = fT.$$

$$mV = EqT.$$

$$\cancel{\varphi T\cdot\frac{2V^2}{3\varphi} = v}$$

$$V = E\varphi T.$$

$$E = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}.\quad E = \frac{Q}{2\varepsilon_0 S}.$$

$$\frac{mV^2}{2} = Eq\cdot\frac{3d}{4}.$$

$$\cancel{E = \frac{2mV^2}{3qd}} = \frac{2V^2}{3d\varphi}.$$

$$E = \frac{2\cdot 9d^2}{4T^2\cdot d\varphi} = \frac{18d}{4\varphi T^2} = \frac{Q}{\varepsilon_0 S}.$$

$$\frac{mV^2}{2} + \cancel{Eqd} = Eq\cdot\frac{3}{4}d$$

$$\frac{Eq}{2} = Ed\varphi + \frac{mV^2}{2}$$

$$\frac{3}{4}d \qquad \frac{1}{4}d$$

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}. \quad \varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}.$$

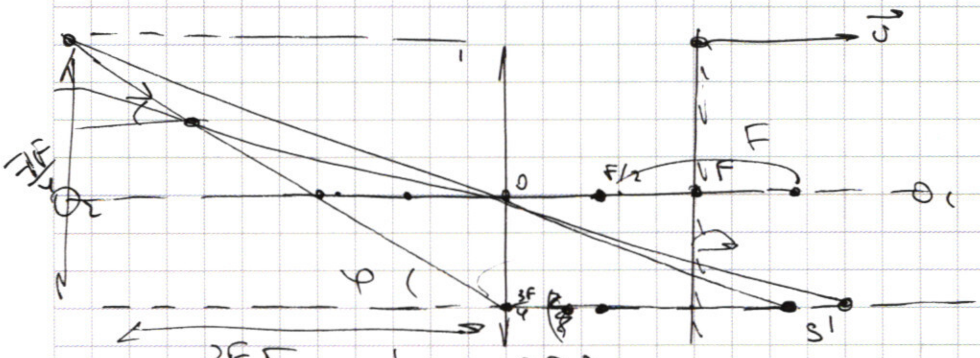
$$Q = \frac{18dS}{4\varepsilon_0\varphi T^2} = \frac{18dS\pi k}{\varphi T^2}.$$

$$\cancel{\frac{mV^2}{2} = \frac{3}{4}Eqd.}$$

$$\frac{mV^2}{2} = Eq\cdot\frac{3}{4}d.$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__ (Нумеровать только чистовики)



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

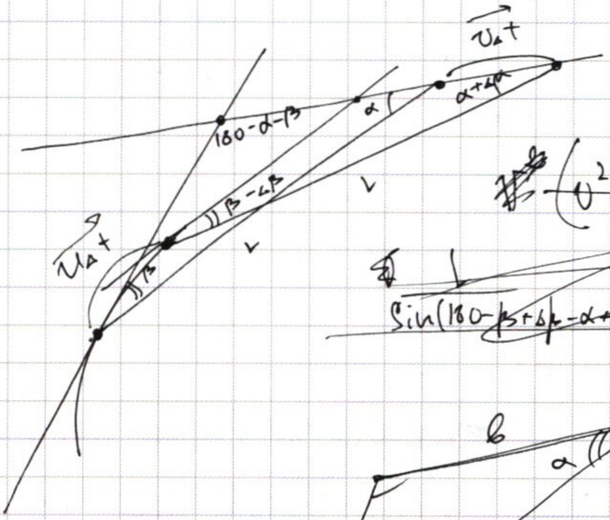
$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{3F \cdot 2}{3F} = 2 \Rightarrow H = 2h = \frac{3F}{2} + \frac{3}{4}F = \frac{7F}{4}$$

$$tg(\varphi) = \frac{7F}{4 \cdot 3F} = \frac{7}{12}$$

☑ черновик ☐ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

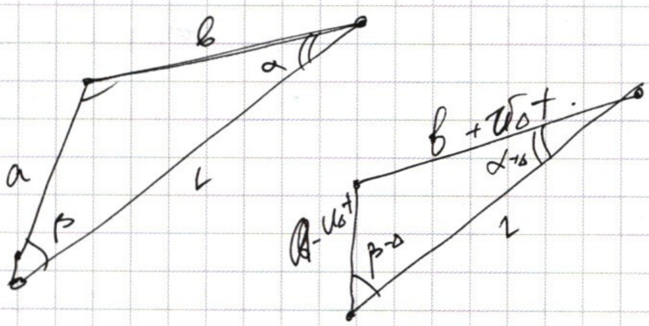
Страница №__ (Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$\cancel{(v^2+u^2)\Delta t^2 - 2vu\Delta t^2\cos}$

$\cancel{\frac{L}{\sin(180-\beta+\Delta\beta-\alpha+\Delta\alpha)} = \frac{L}{\sin(180-\beta+\alpha)}}$.



$\frac{a}{\sin(\alpha)} = \frac{L}{\sin(\beta+\alpha)}$ $\quad \cancel{\frac{a-u\Delta t}{\sin(\beta+\Delta)} = }$

$\Rightarrow$

$a\sin(\alpha+\Delta) = a\sin(\alpha) - u\Delta t\sin(\alpha)$. $\quad \frac{a-u\Delta t}{\sin(\alpha+\Delta)} = \frac{L}{\sin(\beta+\alpha)}$.

$\cancel{a\sin(\alpha)}\cos(\Delta) + a\sin(\Delta)\cos(\alpha) = \cancel{a\sin(\alpha)}^{\,1} - u\Delta t\sin(\alpha)$.

$\Delta u = u_1 - u_0$ $\quad\quad \cancel{a\cdot\Delta t}\ \ a \approx \Delta \quad a\cdot\left(\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right) = -u\,tg(\alpha)$.

$\cancel{u_1 = v\cos(\alpha+\Delta\varphi)}$

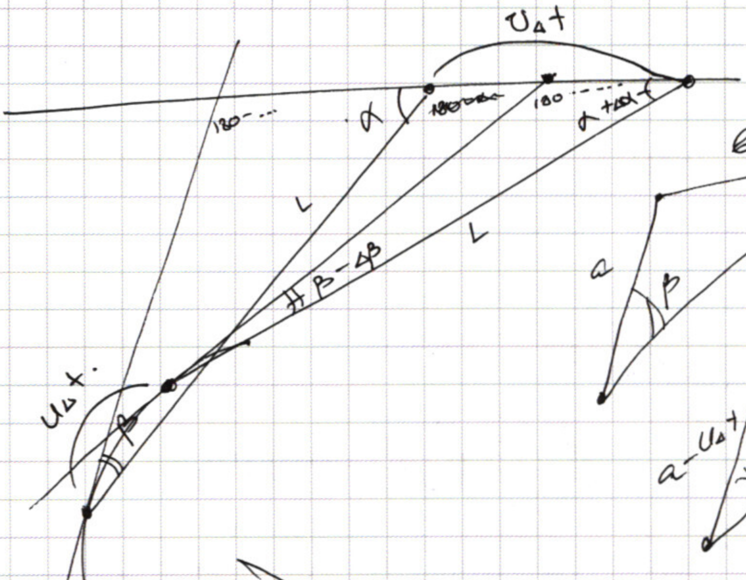
$\cancel{u_2 =}\ \cos($ $\quad\quad \left(\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right) = \frac{-u\,tg(\alpha)}{a}$.

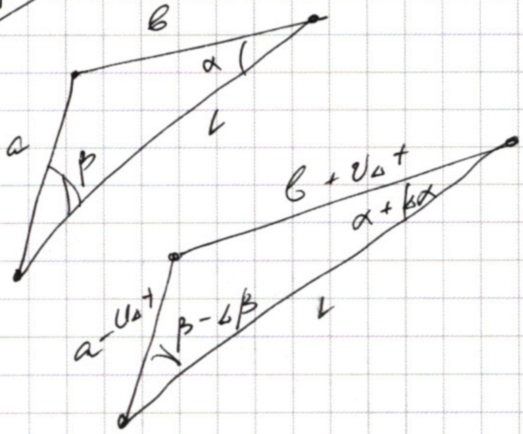
$u_1 = \frac{v\cos(\alpha+\Delta\varphi)}{\cos(\beta-\Delta\varphi)}$.

$u_0 = \frac{v\cos(\alpha)}{\cos(\beta)}$. $\Rightarrow \Delta u = v\left(\frac{\cos(\beta)\cos(\alpha+\Delta\varphi) - \cos(\alpha)\cos(\beta-\Delta\varphi)}{\cos(\beta)\cos(\beta-\Delta\varphi)}\right)$.

$\Delta u = v\left(\frac{\cos(\beta)\cdot\sin(\alpha)\cdot\Delta\varphi - \cancel{\cos(\beta)\cos(\alpha)} - \cos(\alpha)\sin(\beta)\Delta\varphi + \cancel{\cos(\alpha)\cos(\beta)}}{\cos(\beta)\underbrace{\sin(\Delta\varphi)}_{0}\sin(\beta) - \cos(\beta)\cos(\beta)\cos(\Delta\varphi)}\right)$.

$\frac{\Delta u}{\Delta t} = \left(\frac{v\Delta\varphi}{\Delta t}\right)\cdot\frac{\cos(\beta)\sin(\alpha) - \cos(\alpha)\sin(\beta)}{\cos^2(\beta)}$. $\Rightarrow a_\tau = \frac{vu\,tg(\alpha)}{a}\cdot\frac{\sin(\alpha-\beta)}{\cos^2(\beta)}$.





$\cancel{a^2+b^2+2ab\cos(\beta+\alpha)}$ =

$\cancel{a^2-2u_\Delta t a + b^2 + 2v_\Delta t b + 2(a-u_\Delta t)(b+v_\Delta t)\cos(\beta-\Delta\beta+\alpha+\Delta\alpha)}$

$\cancel{ab\cos(\beta+\alpha)+u_\Delta t a - v_\Delta t b = ab\cos(\dots)+a v_\Delta t\cos(\dots) - b u_\Delta t\cos(\dots)+\dots}$

$$\frac{a-u_\Delta t}{\sin(\alpha+\Delta)} = \frac{b+v_\Delta t}{\sin(\beta-\Delta)}$$

$a\sin(\beta-\Delta) - u_\Delta t\sin(\beta-\Delta) = b\sin(\alpha+\Delta)+v_\Delta t\sin(\alpha+\Delta)$.

$\sin(\beta-\Delta) = \sin(\beta)\Delta - \cos(\beta)$ $\cancel{a\sin(\beta)\Delta - u_\Delta t}$

$a\sin(\beta)\Delta - a\cos(\beta) - \cancel{u_\Delta t\sin(\beta)\Delta} + u_\Delta t\cos(\beta) = b\sin(\alpha)\Delta + b\cos(\alpha)$

$+ \cancel{v_\Delta t\sin(\alpha)\Delta} + v_\Delta t\cos(\alpha)$.

$\cancel{\Delta\alpha}$

$\Delta(b\sin(\alpha) - a\sin(\beta)) = -a\cos(\beta) - b\cos(\alpha)$

$- v_\Delta t\cos(\alpha) + u_\Delta t\cos(\beta)$

$\Delta\varphi(-b\sin(\alpha)+a\sin(\beta)) = b\cos(\alpha)+a\cos(\beta)+v_\Delta t\cos(\alpha) - u_\Delta t\cos(\beta)$.

$$\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{b\cos(\alpha) + a\cos(\beta)}{a\sin(\beta) - b\sin(\alpha)}\cdot\frac{1}{\Delta t} + \frac{v\cos(\alpha) - u\cos(\beta)}{a\sin(\alpha) - b\sin(\beta)}.$$

$\cancel{u b\cos(\beta)}$ $u_1\cos(\beta) = v\cos(\alpha)$.

$u_2\cos(\beta+\Delta\beta) = v\cos(\alpha+\Delta\beta)$.

$\Delta u = u_2 - u_1$

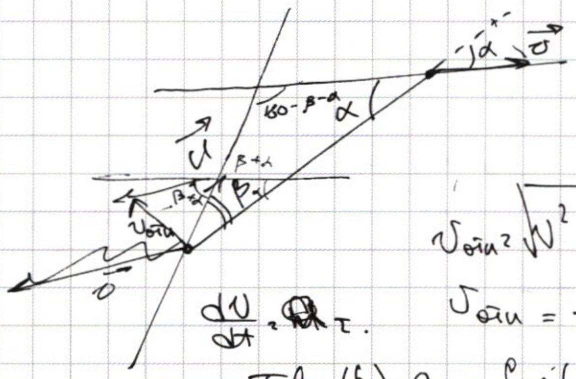
$$\Delta u = v\left(\frac{\cos(\alpha+\Delta\varphi)}{\cos(\beta-\Delta\beta)} - \frac{\cos(\alpha)}{\cos(\beta)}\right)$$

$$\frac{\cos(\beta)\cos(\alpha)\cdot 1 - \cos(\beta)\sin(\alpha)\cdot\Delta\varphi - \cos(\alpha)\cos(\beta)\cdot 1 + \cos(\alpha)\sin(\beta)\Delta\varphi}{\cos(\beta)\cdot\cos(\beta)\cdot 1 - \cos(\beta)\cdot\sin(\beta)\cdot\Delta\varphi}.$$

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$v\cos(\alpha) = u\cos(\beta)$

$\frac{v\cdot 15}{17} = \frac{u\cdot 4}{5} \rightarrow u = \frac{v\cdot 15\cdot 5}{4\cdot 17}$

$u = \frac{68\cdot 15\cdot 5}{4\cdot 17} = 75$ (м/с)

$v_{отн} = \sqrt{v^2 + u^2 - 2vu\cos(\alpha+\beta)}$

$\frac{dv}{dt} = a_\tau$

$v_{отн} = \sqrt{68\cdot 68 + 75\cdot 75 - 2\cdot 68\cdot 75\cdot}$

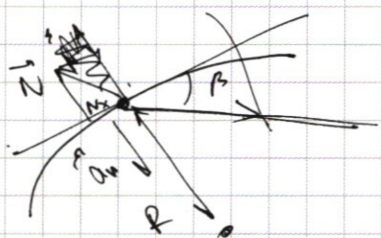
$T\cos(\beta) = ma_\tau$

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

$\sin(\alpha) = \frac{\sqrt{289-225}}{17} = \frac{8}{17}$

$\sin(\beta) = \frac{\sqrt{25-16}}{5} = \frac{3}{5}$

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



$v_{отн} = \sqrt{68\cdot 68 + 75\cdot 75 + \frac{2\cdot 68\cdot 75\cdot 36}{5\cdot 17}}$

$N_x = T\cos(\beta)$

$ma_n = T\sin(\beta) - N_y$

$N_y = \sqrt{N^2 - N_x^2}$

$N_y = \sqrt{N^2 - T^2\cos^2(\beta)}$

68 × 68 = 544 + 408 = 4624

75 × 75 = 375 + 525 = 5625

15 × 6 = 90; 72 × 9; 6380

4624 + 5625 = 10249

10249 + 6380 = 16629

16629 : 3 = 5543

5543 : 7 = 79; 49; 64; 63; 13…

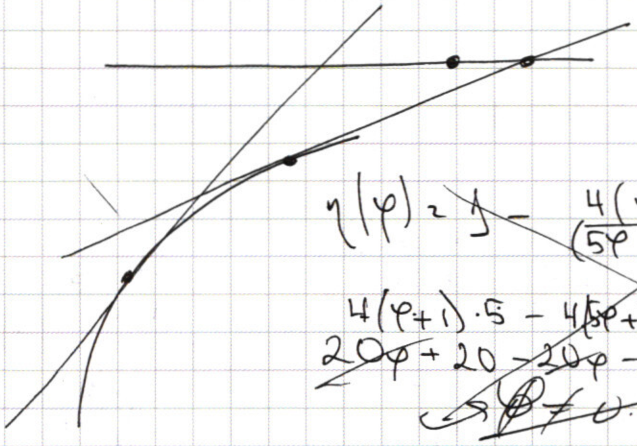
☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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

$D = 4 + 4\cdot 3\cdot 5 = 8$

$\varphi = \frac{2+8}{10} = 1$

$\varphi = \frac{2-8}{10} = -\frac{3}{5}$



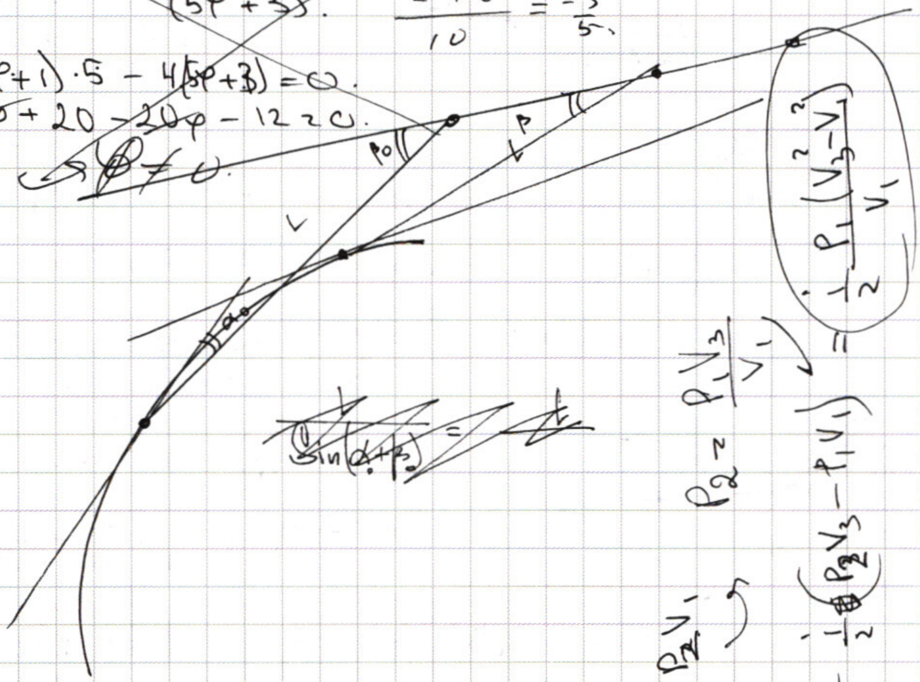
$\eta(\varphi) = 1 - \frac{4(\varphi+1)}{(5\varphi+3)}$

$\frac{2+8}{10} = -\frac{3}{5}$

$4(\varphi+1)\cdot 5 - 4(5\varphi+3) = 0$

$20\varphi + 20 - 20\varphi - 12 = 0$

$\cancel{8 \neq 0}$



$\frac{dU}{dt} =$

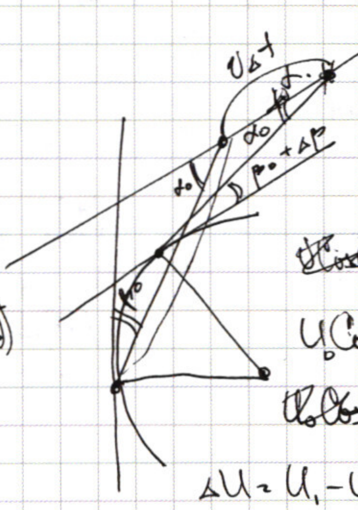
$\frac{d\beta}{dt} = ?$

$m\frac{dU}{dt} = T\sin(\beta)$

$P_1 V_1 = P_2 V_2$

$P_2 = \frac{P_1 V_1^3}{V_2^3}$

$\Delta U = \frac{1}{2}(P_2 V_3 - P_1 V_1) = \frac{1}{2} \frac{P_1 (V_3^2 - V_1^2)}{V_1}$



$\cos(\beta + \Delta\beta) = \sin(\beta)\Delta\beta - \cos(\beta)\cdot 1$

$\Delta U = \frac{U(\cos(\beta) - \sin(\beta)\Delta\beta) - \cos(\beta)}{\sin(\beta)\Delta\beta + \cos(\beta)}$

$\Delta U = \frac{U\sin(\beta)\Delta\beta}{\sin(\beta)\Delta\beta + \cos(\beta)}$

$U_0\cos(\beta_0) = U_1\cos(\beta_0 + \Delta\beta)$

$U_1 = \frac{U_0\cos(\beta)}{\cos(\beta+\Delta\beta)}$

$\Delta U = U_1 - U_0 =$

$\Delta U = \frac{U_0\cos(\beta)}{\cos(\beta+\Delta\beta)} - U =$

$\Delta U = \frac{U_0(\cos(\beta) - \cos(\beta+\Delta\beta))}{\cos(\beta+\Delta\beta)}$

☑ черновик ☐ чистовик Страница №__

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