0 305583 820008

30-55-83-82
(107.4)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 11

Место проведения Москва
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников
наменование олимпиады
Покори Воробьёвы горы

по физике.
профиль олимпиады

Усольцева Ивана Алексеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

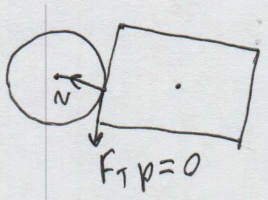
«01» апреля 2023 года

Подпись участника

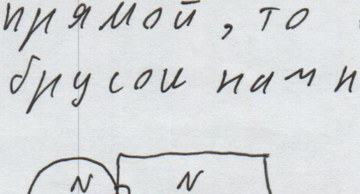
30-55-83-82 (107.4)

Задание 1: **Чистовик**

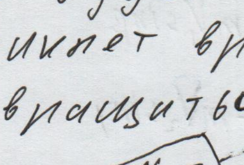
Ответ на вопрос: При столкновении с гладким бруском из-за отсутствия силы трения на шайбу не будет действовать сила (в данном случае это могла бы быть сила трения), которая имеет ненулевую проекцию на касательную к окружности шайбы в точке удара, поэтому не будет силы, заставляющей шайбу вращаться (других сил, заставляющих вращаться тоже нет), поэтому шайба не будет вращаться после удара. Но с бруском всё иначе.



Если удар шайбы о брусок происходит в точке, где грань бруска перпендикулярна линии, соединяющей центры масс шайбы и бруска, то сил, вращающих брусок не будет и он не станет крутиться. Но если удар пришёлся в какую-то другую точку, то сила вз-я бруска и шайбы будет направлена от центра шайбы к точке касания, и центр масс бруска не будет лежать на этой прямой, то возникнет вращ. момент и брусок начнёт вращаться. O, Q - центры масс.



не вращается



вращается

Задача:

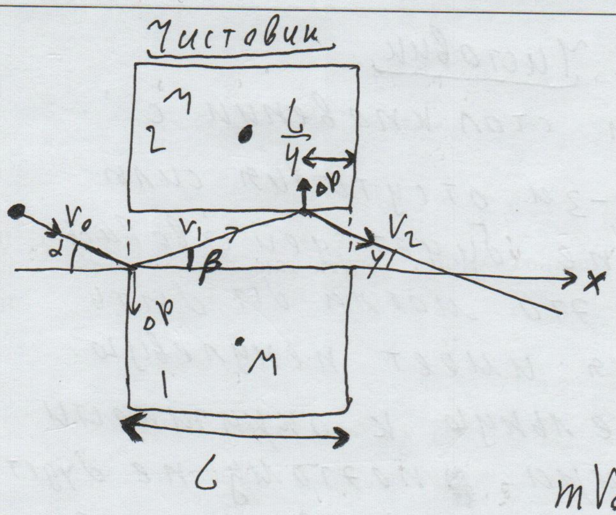
Дано:	Найти:
M=280 г	m=?
β=2,2°	
α=2,6°	
γ=2,0°	

Решение:

	1	2	3	4
В	5	4	5	4
З	7	6	8	12

$\Sigma = 51$

(Степаньян К.В.)



По ЗСЭ и ЗСИ:

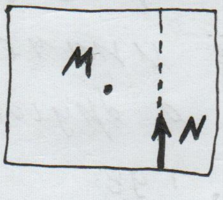
$$\frac{mV_0^2}{2}=\frac{mV_1^2}{2}+E_{п1}$$

$$\frac{mV_1^2}{2}=\frac{mV_2^2}{2}+E_{п2}$$

$$V_1=V_0\frac{\cos\alpha}{\cos\beta};\ V_2=V_0\frac{\cos\alpha}{\cos\gamma}$$

$$mV_0\sin\alpha=-mV_1\sin\beta+MU_1+P_{вращ1};$$

$$mV_1\sin\beta=-mV_2\sin\gamma+MU_2+P_{вращ2};$$ [redacted]



[redacted] $dP=dF\,dt;$

$$E_{п1}=\frac{J\omega_1^2}{2}+\frac{MU_1^2}{2};$$

$$E_{п2}=\frac{J\omega_2^2}{2}+\frac{MU_2^2}{2};$$?

$$P_{вращ1}=\frac{J\omega_1}{R};\ P_{вращ2}=\frac{J\omega_2}{R};$$

$$\begin{cases}\frac{mV_0^2}{2}=\frac{mV_1^2}{2}+\frac{J\omega_1^2}{2}+\frac{MU_1^2}{2}\\ \frac{mV_1^2}{2}=\frac{mV_2^2}{2}+\frac{J\omega_2^2}{2}+\frac{MU_2^2}{2}\\ V_1=V_0\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}\\ V_2=V_0\frac{\cos\alpha}{\cos\gamma}\\ mV_0\sin\alpha=MU_1+\frac{J\omega_1}{R_1}-mV_1\sin\beta\\ mV_1\sin\beta=MU_2+\frac{J\omega_2}{R_2}-mV_2\sin\gamma\\ R_1=\frac{L}{2}\\ R_2=\frac{L}{4}\\ U_1=\omega_1R_1\\ U_2=\omega_2R_2\end{cases}$$

в данной системе достаточно ур-ий для получения однозначного ответа.

30-55-83-82
(107.4)

Задание 2. Чистовик

$p = aV^2 + bV + c$; $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{\frac{i}{2} nR \Delta T}{\Delta T} + \frac{A}{\Delta T} = \frac{i}{2} nR + \frac{A}{\Delta T}$;

$C = const \Rightarrow \frac{A}{\Delta T} = const$;

$A = \int_V^{V+\Delta V} p\,dV = \frac{a}{3}\left((V+\Delta V)^3 - V^3\right) + \frac{b}{2}\left((V+\Delta V)^2 - V^2\right) + c(\cancel{V} + \Delta V - \cancel{V}) =$

$= \frac{a}{3}\left(\cancel{V^3} + 3V^2\Delta V + \cancel{3V\Delta V^2} + \cancel{\Delta V^3} - \cancel{V^3}\right) + \frac{b}{\cancel{2}} \cancel{2} V\Delta V + c\Delta V =$

$= aV^2\Delta V + bV\Delta V + c\Delta V$; $nR\Delta T = (p+\Delta p)(V+\Delta V) - pV =$

$= p\Delta V + V\Delta p = aV^2\Delta V + b\Delta V + c + V\left(a\left((V+\Delta V)^2 - V^2\right) + b\Delta V\right) =$

$= aV^2\Delta V + b\Delta V + c + 2aV^2\Delta V + bV\Delta V = 3aV^2\Delta V + 2b\Delta V + c\Delta V$;

$\frac{A}{\Delta T} = nR\frac{aV^2 + bV + c}{3aV^2 + 2Vb + c}$; $\frac{x + c}{kx + c} \neq const \Rightarrow c = 0$;

$\frac{A}{\Delta T} = nR\frac{aV + b}{3aV + 2b} = const \Rightarrow b = 0 \Rightarrow \frac{A}{\Delta T} = \frac{nR}{3}$.

$C = const$ при $p = aV^2$; $C_2 = \frac{5}{2}nR + \frac{1}{3}nR =$

$= nR\left(\frac{15+2}{6}\right) = \frac{17}{6}nR$; Ответ: при $p = aV^2$; $C_2 = \frac{17}{6}nR$

Задача:

$p = \frac{p_0}{6}\left[36 + 5\frac{V}{V_0} - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right]$; газ не получает и

не отдаёт тепло при $C = 0$; $p = k(aV^2 + bV + c)$;

$A = k(aV^2\Delta V + bV\Delta V + c\Delta V)$; $\Delta T = k(3aV^2\Delta V + 2b\Delta V + c\Delta V)$;

$\frac{5}{2}nR = nR\frac{aV^2 + bV + c}{3aV^2 + 2bV + c}$; $\frac{15}{2}aV^2 + 5bV + \frac{5}{2}c = aV^2 + bV + c$;

$\frac{13}{2}aV^2 + 4bV + \frac{3}{2}c = 0$; $a = -1$; $b = 5$; $c = 36$;

$-\frac{13}{2}V^2 + 20V + 54 = 0$; $13V^2 - 40V - 108 = 0$; $D = 1600 + 4\cdot13\cdot108 =$

$= 4\cdot4\cdot10\cdot10 + 4\cdot13\cdot9\cdot4\cdot3 = 4\cdot4(100 + 13\cdot27) = 4\cdot4(100 +$

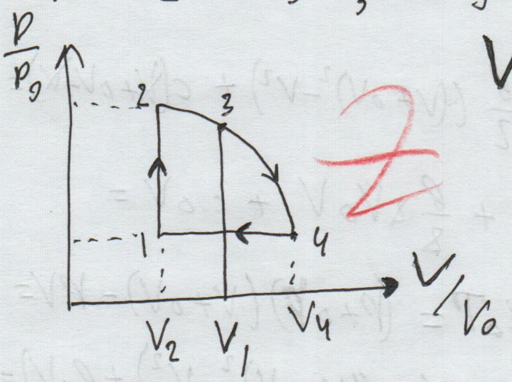
$+ 270 + 81) = 4\cdot4\cdot351$; $351 = 9\cdot39$; $D = 4^2\cdot3^2\cdot39$;

$V_{1,2} = \frac{40 \pm 12\sqrt{39}}{26}$; $\cancel{12}\sqrt{39} > \cancel{40}$; $3\sqrt{39} > 10$; $9\cdot39 > 100$; $V_0 = \frac{20 + 6\sqrt{39}}{13}$;

$V_1 > 3$; $V_1 < 8$

Чистовик

Тогда газ получает тепло на участке $1 \to 2 \to 3$, отдаёт на участке $3 \to 4 \to 1$;



$V_1 = \frac{20+6\sqrt{39}}{13}$ (на данном графике без множителя V_0)

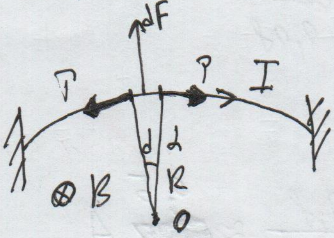
$\eta = \frac{Q_н + Q_o}{Q_н} = 1 - \frac{Q_o}{Q_н}$

$Q_н = \frac{5}{2} 15 P_0V_0 + A_{23} + \Delta U_{23}$; $Q_o = \Delta U_{34} + A_{34} + 10P_0V_0 + \frac{5}{2} \cdot 10 P_0V_0$; $A_{23} = \frac{P_0}{6}\left(\frac{a}{3}(V_1^3 - V_2^3) + \frac{b}{2}(V_1^2 - V_2^2) + c(V_1 - V_2)\right)$; $V_2 = 3V_0$; $V_1 = \frac{20+6\sqrt{39}}{13} V_0$; $A_{34} = \frac{P_0}{6}\left(\frac{a}{3}(V_4^3 - V_1^3) + \frac{b}{2}(V_4^2 - V_1^2) + c(V_4 - V_1)\right)$; $V_4 = 8V_0$, отсюда можно вычислить КПД $\eta = 1 - \frac{Q_o}{Q_н}$

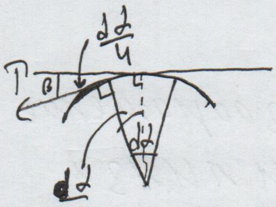
30-55-83-82 (107.4)

Задание 3: Чистовик

Вопрос:

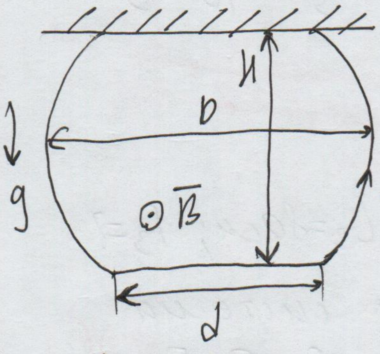


Рассмотрим маленький участок провода dl, на каторый действует сила dF от магнитного поля. Рассмотрим этот маленький участок как маленькую дугу окружности радиусом R. это можно сделать, ведь он имеет кривизну. Он виден под углом dα, по т. об угле между хордой и касательной



$\beta = \frac{d\alpha}{4}$, тогда по 2ЗН: $dF = 2T\frac{d\alpha}{4}$; $IBdl = T\frac{d\alpha}{2}$; $IB\,d\alpha R = T\frac{d\alpha}{2}$; $R = \frac{T}{2IB}$ — R не зависит от α, значит R одинаков для всего провода, значит провод имеет форму дуги окружности.

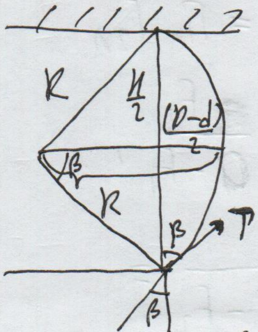
Задача:



Из прошлого пункта провод имеет форму дуги окружности. Вычислим её радиус R:

$$R^2 = \frac{H^2}{4} + \left(-\frac{(D-d)}{2} + R\right)^2;$$

$$\cancel{R^2} = \frac{H^2}{4} + \cancel{R^2} - \cancel{2}R\frac{(D-d)}{\cancel{2}} + (D-d)^2;$$



$$R = \frac{H^2+4(D-d)^2}{4(D-d)};$$ по 2ЗН для стержня: $mg = 2T\cos\beta$; из прошлого пункта $R = \frac{T}{2IB}$; $I = \frac{T}{2BR} = \frac{mg}{4\cos\beta BR}$;

$$\cos\beta = \frac{R-\frac{(D-d)}{2}}{R} = 1 - \frac{(D-d)}{2R} = 1 - \frac{2\cdot 4(D-d)^2}{8(H^2+4(D-d)^2)} =$$

$$= \frac{H^2+2(D-d)^2}{H^2+4(D-d)^2};\quad I = \frac{mg\cancel{(H^2+4(D-d)^2)}\,4(D-d)}{4(H^2+2(D-d)^2)B\cancel{(H^2+4(D-d)^2)}} =$$

Чистовик

$= \dfrac{mg(D-d)}{(H^2+2(D-d)^2)B}$; $I = \dfrac{0{,}8\cdot 9{,}8\cdot 0{,}2}{3{,}5(1+\underbrace{2\cdot 0{,}2^2}_{0{,}08})} =$

$= \dfrac{0{,}16\cdot 9{,}8}{3{,}5\cdot 1{,}08} \approx 0{,}5\ A$

Ответ: $I = \dfrac{mg(D-d)}{(H^2+2(D-d)^2)B} = \dfrac{0{,}16\cdot 9{,}8}{3{,}5\cdot 1{,}08} \approx 0{,}5\ A$

Задание 4.

Вопрос: $l_1 = 4$ мм; $l_0 = 90$ см; $L_2 = 8$ мм; изображение на экране, значит оно действ. и линза собирающая. $\Gamma = \dfrac{l_2}{l_1} = 2$; $\Gamma = \dfrac{F}{a-F}$; $a+b = l_0$;

$b = \dfrac{aF}{a-F}$; $a + \dfrac{aF}{a-F} = \dfrac{a^2}{a-F} = l_0$; ~~Рез~~ $2a - 2F = F$;

$a = \dfrac{3}{2}F$; $\dfrac{\cancel{9}}{4}F^{\cancel{2}} = \dfrac{\cancel{9}}{10}\dfrac{3}{2}\cancel{F} - \cancel{F}\dfrac{\cancel{9}}{10}$; $F = \dfrac{3}{5} - \dfrac{4}{10} = \dfrac{1}{5} = 0{,}2$;

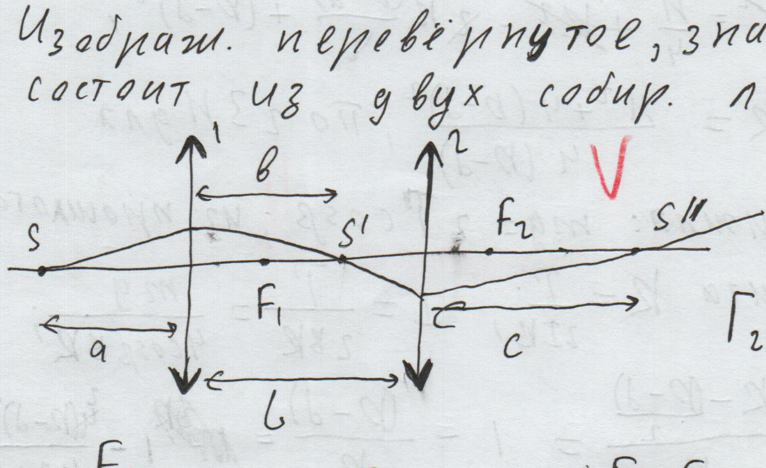
размерность?!

$D = \dfrac{1}{F} = 5$; Ответ: 5.

Задача:

$l_1 = 20$ см; $\Gamma_1 = -0{,}4$; $l_2 = 40$ см; $\Gamma_2 = -0{,}5$; $l_3 = 80$ см; $\Gamma_3 = ?$

Изображ. перевёрнутое, значит система состоит из двух собир. линз; $\Gamma = \Gamma_{1л}\Gamma_{2л}$



$\Gamma_{1л} = \dfrac{F_1}{a-F_1}$;

$\Gamma_{2л} = \dfrac{F_2}{l-b-F_2} =$

$= \dfrac{F_2}{l - \dfrac{aF_1}{a-F_1} - F_2}$; $\Gamma_{1л}\cdot\Gamma_{2л} = \dfrac{F_1 F_2}{(a-F_1)l - aF_1 - F_2(a-F_1)}$;

Чистовик

$$\frac{F_1 F_2}{al - F_1 l - aF_1 - aF_2 + F_1F_2} = |\Gamma|;$$

$$F_1F_2 = 0{,}4(a\,0{,}2 - F_1 \cdot 0{,}2 - aF_1 - aF_2 + F_1F_2)$$

$$F_1F_2 = 0{,}5(0{,}4a - 0{,}4F_1 - aF_1 - aF_2 + F_1F_2;$$

$$F_1 = F_2;\quad \frac{F^2}{al - Fl - aF - aF + F^2} = \frac{F^2}{al - Fl - 2aF + F^2};$$

$$F^2 = 0{,}08a - 0{,}08F - 0{,}8aF + 0{,}4F^2;$$

$$0{,}6F^2 + 0{,}8aF + 0{,}08F - 0{,}08a = 0;$$

$$F^2 = 0{,}2a - 0{,}2F - aF + 0{,}5F^2;$$

$$0{,}5F^2 + 0{,}2F + aF - 0{,}2a = 0;$$

$$\begin{cases} F^2 + \frac{4}{3}aF + \frac{4}{30}F - \frac{4}{30}a = 0 \\ F^2 + \frac{2}{5}F + 2aF - \frac{2}{5} = 0 \end{cases}$$ – решая эту

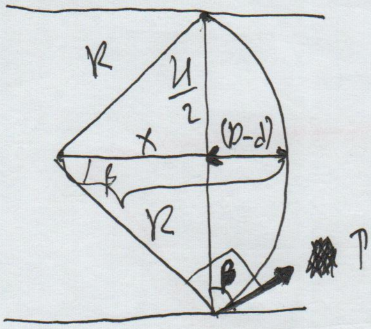
систему мы найдём F и a; $D = \frac{1}{F}$;

$\Gamma_3 = -\left|\frac{F^2}{al_3 - Fl_3 - 2aF + F^2}\right|$, изобраш. будет

а – ?

перевёрнутое, Г со знаком „–", если

соответствовать условию.



$R^2 = \frac{H^2}{4} + x^2$; $x = R - D + d$;

$R^2 = \frac{H^2}{4} + (R - (D-d))^2 \Rightarrow$

$\cancel{R^2} = \frac{H^2}{4} + \cancel{R^2} - 2R(D-d) + (D-d)^2$;

$2R(D-d) = \frac{H^2}{4} + (D-d)^2$;

$R = \frac{H^2}{8(D-d)} + \frac{D-d}{2}$; $T = IBR$; $I = \frac{T}{BR} = \cancel{\frac{H^2+4(D-d)^2}{8(D-d)BR}}$

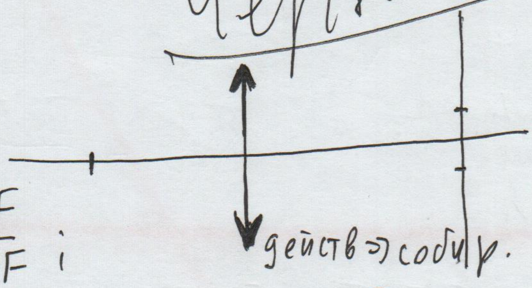
$2T\cos\beta = mg$; $\cos\beta = \frac{R-D+d}{R}$; $T = \cancel{\frac{Rmg}{2R-d}}$

$\cos\beta = 1 - \frac{(D-d)}{H^2+4(D-d)^2}$ ... отв.

Черновик

Задание4:

$L_1 = 4\,m$; 90 см; $L_2 = 8$ мм



$\Gamma = 2$

$a + b = 0{,}9$; $b = \frac{aF}{a-F}$;

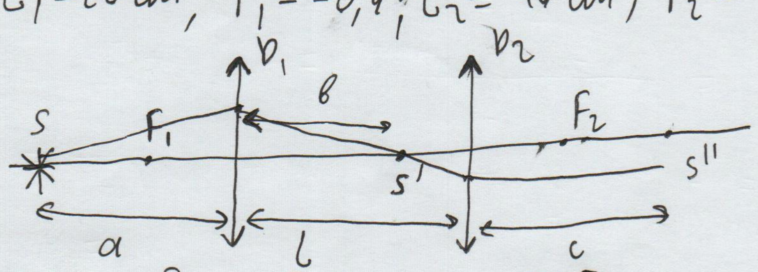
$\frac{F}{a-F} = 2$; $a\left(1+\frac{F}{a-F}\right) = a\left(\frac{a}{a-F}\right) = 0{,}9$; $\frac{a^2}{a-F} = 0{,}9$;

$F = 2a - 2F$; $\frac{3}{2}F = a$; $\frac{\cancel{9}}{\cancel{4}_2}F^{\cancel{2}} = \frac{\cancel{9}}{10}\cdot\frac{3}{\cancel{2}}\cancel{F} - \frac{\cancel{9}}{\cancel{10}_5}\cancel{F}$;

$\frac{F}{2} = \frac{3}{10} - \frac{1}{5}$; $F = \frac{6}{10} - \frac{4}{10} = \frac{2}{10} = 0{,}2 \Rightarrow \boxed{D = 5}$

Задача:

$L_1 = 20$ см; $\Gamma_1 = -0{,}4$; $L_2 = 40$ см; $\Gamma_2 = -0{,}5$; $L_3 = 80$ см; $\Gamma_3 = ?$ $D_1 = ?$ $D_2 = ?$

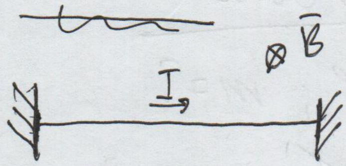


$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_1}$

$\frac{1}{l-b} + \frac{1}{c} = \frac{1}{F_2}$

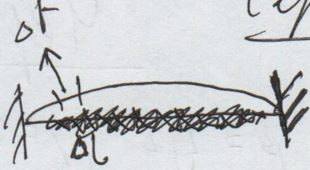
$\Gamma_1 = \frac{F_1}{(a-F_1)} \cdot \frac{F_2}{((l-b)-F_2)} = \frac{F_1F_2}{(a-F_1)\left(l - \frac{aF_1}{a-F_1} - F_2\right)}$

B; I;



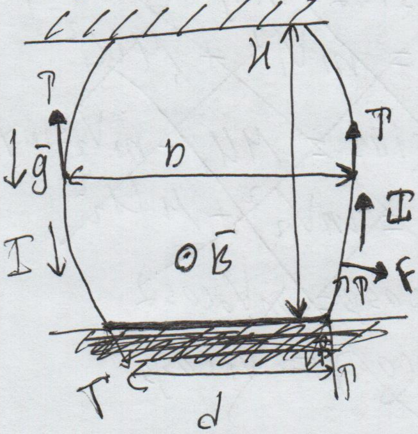
Черновик

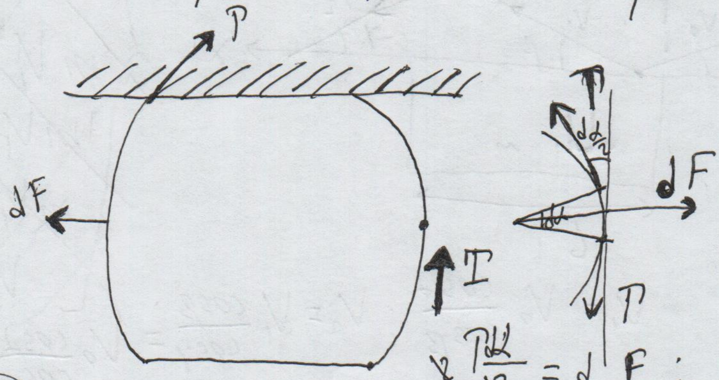
дуга окружности



Задача:

$d = 0{,}8$м; $m = 800$г; $B = 3{,}5$ Тл; $H = 1$м; $D = 1$м; $g = 9{,}8$м/с^2; $I = ?$



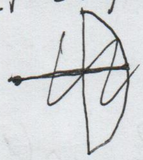


$T\frac{d\alpha}{2} = dF$;

сначала: $E_0 = 0$

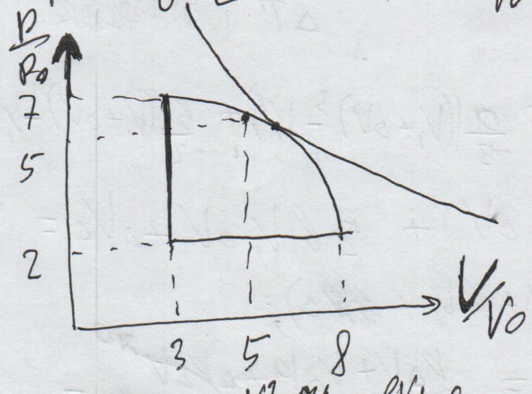
Потом: $E_0 = -mgd + \ldots$ $Td\alpha = IBd\alpha R$; $T = IBR$;

$2T\cdot\cos\beta = mg$;



Задача 2.

$$p = \frac{p_0}{6}\left[36 + 5\frac{V}{V_0} - \left(\frac{V}{V_0}\right)^2\right];\quad pV^{\gamma} = const;\quad \gamma = \frac{7}{5}$$



$$A = \int_V^{V+\Delta V} p\,dV = \frac{a}{3}(\cancel{V^3} + 3V^2\Delta V - \cancel{V^3}) + \frac{2b}{2}V\Delta V + c\Delta V = aV^2\Delta V + b\Delta V + c\Delta V;$$

$$C = \frac{5}{3}nR + \frac{aV^2\Delta V + b\Delta V + c\Delta V}{\Delta T}$$

$$\frac{5}{3} = \frac{aV^2 + bV + c}{3aV^2 + bV + c}$$ → находим точку → ищем КПД

$$\frac{aV^2 + bV + c}{3aV^2 + 2bV + c}$$

$\frac{x}{x+1} \neq const$;

$\frac{aV + b}{3a + 2b}$

$aV^2 + bV = 3akV^2 + 2kbV$

$Va(1-3k) = b(2k-1)$;

$k \neq const$

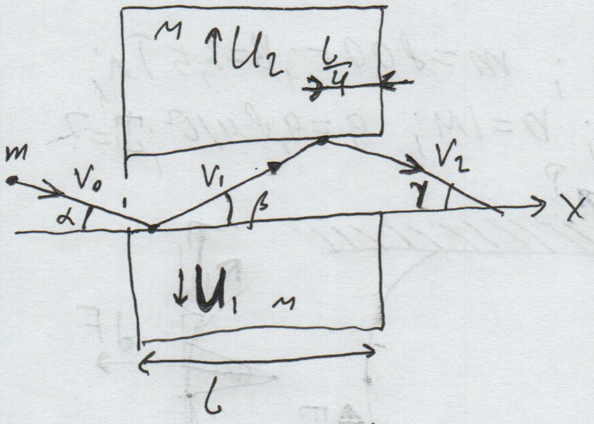
Задание.1

Вопр+ не будет.

Черновик

Задача.

$M = 280г;\ \alpha = 2{,}6^\circ;\ \beta = 2{,}2^\circ;\ \gamma = 2{,}0^\circ;\ m = ?$



По ЗСИ:

$$\left\{\begin{array}{l} \cancel{mV_0 \sin\alpha = -mV_1\sin\beta + MU_1} \\ \cancel{mV_0^2 = mV_1^2 + MU_1^2} \\ \cancel{mV_1 \sin\beta = MU_2 - mV_2\sin\gamma} \\ \cancel{mV_1^2 = mV_2^2 + MU_2^2} \\ \cancel{mV_1\cos\beta = mV_0\cos\alpha} \\ \cancel{V_2\cos\gamma = V_1\cos\beta} \end{array}\right.$$

$V_1 = V_0 \frac{\cos\alpha}{\cos\beta};\ V_2 = V_1\frac{\cos\beta}{\cos\gamma} = V_0\frac{\cos\alpha}{\cos\gamma}$

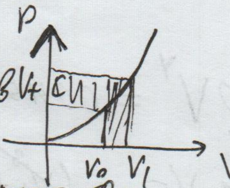
$mV_0\sin\alpha = -mV_0\frac{\cos\alpha\sin\beta}{\cos\beta} + MU_1$

$mV_0^2 = mV_0^2\frac{\cos^2\alpha}{\cos^2\beta} + MU_1^2$

...

Задача 2.

$P = aV^2 + bV + c$



$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{\Delta U + A}{\Delta T} = \frac{i}{2}nR + \frac{A}{\Delta T};$

$\frac{A}{\Delta T} = const = \frac{P\Delta V + V\Delta P}{\Delta T};$

$\int_{V_1}^{V_1+\Delta V} P\,dV = a\int_{V_1}^{V_1+\Delta V} V^2 dV + b\int_{V_1} V\,dV + \int_{V_1}^{V_1+\Delta V} c\,dV = \frac{a}{3}\left((V_1+\Delta V)^3 - V_1^3\right) + \frac{b}{2}\left((V_1+\Delta V)^2 - V_1^2\right) +$

$x^2 \to 2x;\ + \Delta V c = \frac{a}{3}3V_1\Delta V + 2bV_1\Delta V + \Delta V c =$

$aV_1\Delta V + bV_1\Delta V + \Delta V c = \Delta V(aV_1 + bV_1 + c);$

$\Delta T = \frac{(P+\Delta P)(V+\Delta V) - PV}{nR} = \frac{P\Delta V + V\Delta P + \Delta P\Delta V}{nR} =$

$= \cancel{\frac{1}{nR}(aV_0^2\Delta V + bV_0\Delta V + c\Delta V + 2V^2\Delta V}$; $A = aV_1\Delta V + bV_1\Delta V + c\Delta V;$

$P' = 2aV + b$

$\Delta P = a(V + \Delta V)^2 + b(V+\Delta V) + c - V^2 - bV - c$

$nR\Delta T = aV^2\Delta V + bV\Delta V + c + 2aV^2\Delta V + bV\Delta V = 3aV^2\Delta V + \boxed{bV\Delta V} + c$

$2aV\Delta V + b\Delta V;\ \frac{A}{\Delta T} = nR\,\frac{aV^2\Delta V + bV\Delta V + c\Delta V}{3aV^2 + bV\Delta V + c}$ – может быть

const. только при $b = 0$ и $c = 0$; $\frac{A}{\Delta T} = \frac{nR}{3};$

$C_2 = \left(\frac{3}{2} + \frac{1}{3}\right)nR = \frac{11}{6}nR$