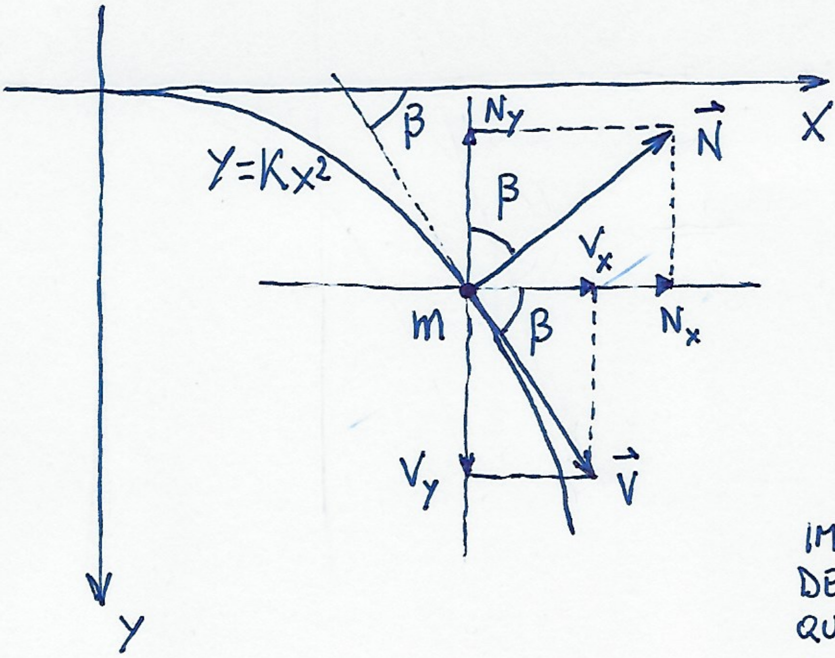


SE $Y=KX^2$, $\frac{dY}{dx}=2KX$ ①

MA (VEDI FIGURA)

$tg\beta = \frac{dY}{dx} \overset{①}{\rightarrow} tg(\beta)=2KX \rightarrow$

$\rightarrow \beta = arctg(2KX)$ ②

IMPOSTANDO LA CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA MECCANICA, IN QUANTO NON SONO PRESENTI ATTRITI:

$\frac{1}{2}\cancel{m}V^2 = \cancel{m}gY \quad V=\sqrt{2gY}=\sqrt{2gKX^2}$

ORA $V_x = V\cos(\beta) \overset{②}{=} V\cos(arctg(2KX))$ E USANDO L'IDENTITÀ $\cos(arctg(z)) = \frac{1}{\sqrt{1+z^2}}$

$$V_x = \sqrt{2gKX^2}\cdot\frac{1}{\sqrt{1+(2KX)^2}} = \sqrt{\frac{2gKX^2}{1+4K^2X^2}}$$

QUINDI

$$a_x = \frac{dV_x}{dx}\frac{dx}{dt} = V_x\frac{dV_x}{dt} = \frac{1}{2}\frac{d}{dt}V_x^2 = \frac{1}{2}\frac{4gKx(1+4K^2x^2)-2gKx^2(8K^2x)}{(1+4K^2x^2)^2} =$$

$$= \frac{2gKx+\cancel{8gK^3x^3}-\cancel{8gK^3x^3}}{(1+4K^2x^2)^2} \rightarrow a_x = \frac{2gKx}{(1+4K^2x^2)^2}$$

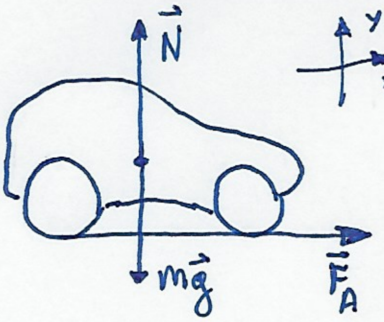
MA VISTO CHE N_x È L'UNICA FORZA CHE AGISCE LUNGO X

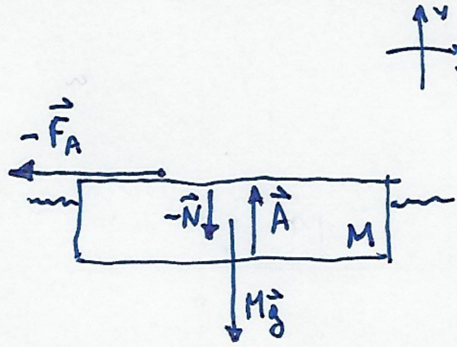
$$N_x = ma_x = \frac{2mgKX}{(1+4K^2x^2)^2}$$

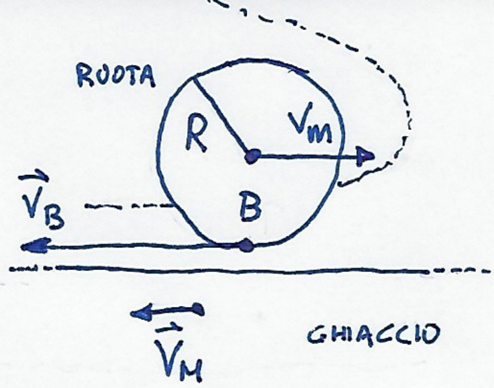
DALLA FIGURA SI NOTA CHE $\frac{N_x}{-N_y} = tg(\beta) = 2KX$ [N_y È NEGATIVA]

PER CUI

$$N_y \overset{②}{=} \frac{-N_x}{2KX} = \frac{-mg}{(1+4K^2x^2)^2}$$







SIANO $\vec{v}_m$ E $\vec{V}_M$ LE VELOCITÀ DI m E M, $\vec{V}_B$ È LA VELOCITÀ DEL PUNTO B DELLO PNEUMATICO CHE È ISTANTANEAMENTE AL CONTATTO COL GHIACCIO. DETTA ω LA VELOCITÀ ANGOLARE SI HA $V_B = \omega R - V_m$ (I VERSI DELLE VELOCITÀ SONO SPECIFICATI IN FIGURA.

PER CONSERVAZIONE DELLA QUANTITÀ DI MOTO SU X SI HA SEMPRE:

$$m v_m = M V_M \rightarrow V_M = \frac{m}{M} v_m \quad \text{E ANCHE} \quad m a_m = M a_M \rightarrow a_M = \frac{m}{M} a_m$$

FASE DI SLITTAMENTO SI HA $F_A = \mu_D N = \mu_D m g$ COSTANTE: MOTO UNIF. ACC.

QUINDI $a_m = \mu_D g$, $a_M = \frac{m}{M}\mu_D g$, $v_m = \mu_D g t$, $V_M = \frac{m}{M}\mu_D g t$ E ANCHE

$$K_{SIS} = \frac{1}{2} m v_m^2 + \frac{1}{2} M a_M^2 = \frac{1}{2} m \left(1+\frac{m}{M}\right) \mu_D^2 g^2 t^2, \quad \frac{dK_{SIS}}{dt} = m\left(1+\frac{m}{M}\right)\mu_D^2 g^2 t$$

PER IL TEOREMA DELLE FORZE VIVE SI DEVE AVERE: $W_{TOT} = W_{MOTORE} + W_{ATTRITO} = \Delta K$

E DERIVANDOLO RISP. AL TEMPO $P_{TOT} = P_{MOTORE} + P_{ATTRITO} = dK/dt$ (1)

DOVE $P_{MOTORE} = P$ $\quad P_{ATTRITO} = -F_A V_{RELATIVA} = -F_A(V_B - V_M) = -\mu_D m g\left(\omega R - \mu_D\left(1+\frac{m}{M}\right) g t\right)$ (2)

QUINDI LA (1) DIVENTA $P - \mu_D m g \omega R + \cancel{\mu_D^2 m g^2 \left(1+\frac{m}{M}\right) t)} = \cancel{m\left(1+\frac{m}{M}\right)\mu_D^2 g^2 t}$

CIOÈ $\omega = \frac{P}{\mu_D m g R}$ CHE È COSTANTE. LO SLITTAMENTO FINISCE QUANDO:

$$V_{RELATIVA} = 0 \rightarrow t = T \xrightarrow{(2)} \omega R - \mu_D\left(1+\frac{m}{M}\right) g T = 0 \qquad T = \frac{\omega R}{\mu_D g\left(1+\frac{m}{M}\right)} = \frac{P}{\mu_D^2 g^2 m\left(1+\frac{m}{M}\right)}$$

FASE SUCCESSIVA ALLO SLITTAMENTO $t \geq T$

SI HA ORA ATTRITO STATICO (LO VERIFICHEREMO) FRA RUOTE E GHIACCIO E LA FORZA D'ATTRITO F_A È INCOGNITA, E NON DISSIPA POTENZA.

LA (1) QUINDI ORA DIVENTA

$$P = \frac{dK_{SIS}}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2} m v_m^2 + \frac{1}{2} M V_M^2\right) = m v_m a_m + M V_M a_M = m\left(1+\frac{m}{M}\right) v_m a_m$$

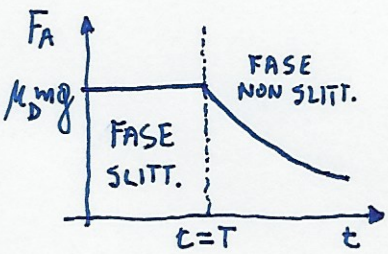
MA $m a_m = F_A$ QUINDI SOSTITUENDO: $P = F_A\left(1+\frac{m}{M}\right) v_m$ E QUINDI

$$F_A = \frac{P}{\left(1+\frac{m}{M}\right) v_m} \quad (3)$$

VALUTIAMO F_A INIZIALE, PER $t = T$. PER v_m USIAMO I CALCOLI DELLA FASE PREC.

$$F_A(T) = \frac{P}{\left(1+\frac{m}{M}\right) v_m(T)} = \frac{P}{\left(1+\frac{m}{M}\right)\mu_D g T} =$$

$$= \frac{\cancel{P}}{\cancel{\left(1+\frac{m}{M}\right)}\cancel{\mu_D g}} \cdot \frac{\mu_D^2 g^2 m \cancel{\left(1+\frac{m}{M}\right)}}{\cancel{P}} = \mu_D m g < \mu_S m g \text{ (VERIFICA FATTA)}$$



QUINDI PER $t = T$ LA F_A VALE ESATTAMENTE COME NELLA FASE DI SLITTAMENTO, MA L'ATTRITO È DIVENTATO STATICO. SUCCESSIVAMENTE v_m CONTINUA AD AUMENTARE, QUINDI LA FORZA D'ATTRITO DIMINUISCE: VEDI EQUAZIONE (3)

MA $F_A = m a_m$ QUINDI LA MACCHINA ACCELERA **MENO** RISPETTO A PRIMA

CALCOLIAMO PRIMA DI TUTTO LE RESISTENZE TERMICHE DELLA PARETE DI PIETRA, DEL LEGNO E DELLA COMBINAZIONE DEI DUE

$$R_P = \frac{0{,}3\,m}{1{,}8\,W/mK \cdot 400 m^2} = \frac{1}{2400}\,\frac{K}{W} = 4{,}167\,10^{-3}\,\frac{K}{W}$$

$$R_L = \frac{0{,}02\,m}{0{,}1\,W/mK \cdot 400 m^2} = \frac{1}{2000}\,\frac{K}{W} = 5\ \ 10^{-3}\,\frac{K}{W}$$

QUINDI $R_{P+L} = R_P + R_L = \frac{11}{12000}\frac{K}{W} = 9{,}167\,10^{-3}\frac{K}{W}$

QUINDI LA POTENZA TERMICA DISSIPATA NEI DUE CASI SARÀ

$$P_P = \frac{\Delta T}{R_P} = 22K \cdot 2400\,\frac{W}{K} = 52'800\,W$$

$$P_{P+L} = \frac{\Delta T}{R_{P+L}} = 22K\ \frac{12000}{11}\frac{W}{K} = 24'000\,W$$

SI HA QUINDI UNA POTENZIA RISPARMIATA $P_R = P_P - P_{P+L} = 28'800\,W$

PORTIAMO IL POTERE CALORIFICO IN MKS $\gamma = 11'500\,\frac{Kcal}{Kg} = 48{,}116\,10^6\,\frac{J}{Kg}$

CI INTERESSA CALCOLARE IL RISPARMIO IN €/s, MA

$$\frac{€}{s} = \frac{€}{lt}\,\frac{lt}{Kg}\,\frac{Kg}{J}\cdot\frac{J}{s} \Rightarrow \frac{d€_R}{dt} = 0{,}9\,\frac{€_R}{lt}\cdot\frac{1}{0{,}52\,\frac{Kg}{lt}}\cdot\frac{1}{48{,}116\,10^6\,\frac{J}{Kg}}\cdot 28'800\,W$$

$$\frac{d€_R}{dt} \simeq 1{,}036\ 10^{-3}\,\frac{€}{s}$$ RISPARMIATI

LA SPESA DEL RIVESTIMENTO È $\$ = (400\,m^2 \times 0{,}02\,m)\,620\,\frac{€}{m^3} + 4000\,€$

$\$ = 8960\,€$. SI ARRIVA AL PAREGGIO IN UN TEMPO T TALE CHE

$$T \cdot \frac{d€_R}{dt} = \$\ ,\quad T = \frac{8'960\,€}{1{,}036\,10^{-3}\,€/s} \simeq 8{,}649\,10^6\,s$$

$$\underline{T \simeq 100 \text{ giorni}}$$

PER LA TEMPERATURA ALLA SUPERFICIE D'INTERFACCIA SI HA

$$T_{PL} = T_{INTERNO} - P_{P+L} R_L = 20°C - 24000\,W \cdot \frac{1}{2000}\,\frac{K}{W} =$$

$$T_{PL} = 20°C - 12°C = 8°C$$