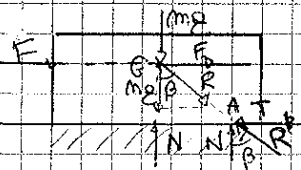


ATTRITO

ATTRITO - SECCO : tra 2 corpi solidi
 FLUIDO : velo di lubrificante tra 2 corpi solidi
 INTERNO : tra le molecole, strisciamento

ATTRITO SECCO



$$N = mg$$

$$T = F$$

$$R = mg + F$$

$$T = N \cdot \tan \beta = F$$

(la reazione del terreno deve contrastare sia mg che F)

Se faccio crescere F arrivo ad una condizione in cui il corpo si muove

$$F_{lim} = T_{lim} = N \cdot \tan \beta_{lim} \quad \text{STATO DI ADERENZA LIMITE}$$

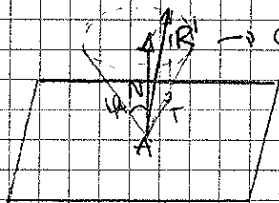
$$\beta < \beta_{lim} \quad T < T_{lim} \quad F < F_{lim} \quad \text{STATO DI ADERENZA}$$

STATICO -> ADERENZA
 DINAMICO -> STRISCIAMENTO

$$T_{lim} = N \cdot \tan \beta_{lim} \quad \mu_A = \tan \beta_{lim}$$

COEFFICIENTE DI ADERENZA (DI ATTRITO STATICO) = μ_A

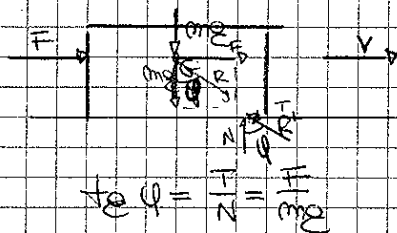
$$\beta_{lim} = \tan^{-1} \mu_A = \varphi_A \quad \text{ANGOLO DI ADERENZA (DI ATTRITO STATICO)}$$



CONO DI ADERENZA

facendo ruotare la forza T sul piano, la forza R' descrive un cono

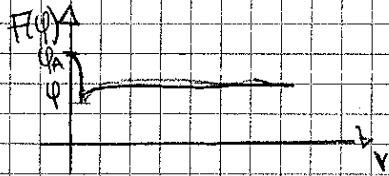
- Se R rimane all'interno del cono -> ADERENZA
- Se R' è sulla superficie del cono -> ADERENZA LIMITE
- Se R' esce dal cono -> STRISCIAMENTO



se $v = \text{costante}$ possiamo non tener conto degli attriti umettoriali
 F forza motrice -> fa nascere il movimento

Fenomeno studiato da Coulomb

buca @ velocità e misura @ Forza (oppure l'angolo φ)

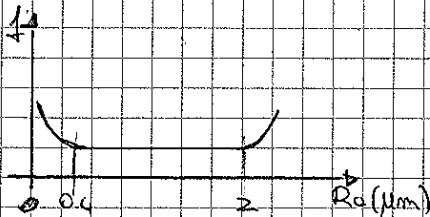


φ - ANGOLO DI ATTRITO DINAMICO (STRISCIAMENTO)

Dopo un picco (φ_A) per superare l'aderenza, il valore di F_r scende e rimane costante

$$T = N \cdot \tan \varphi$$

COEFFICIENTE DI ATTRITO (DINAMICO / DI STRISCIAMENTO)



RUGOSITÀ

@ attrito aumenta se aumenta o diminuisce molto la rugosità

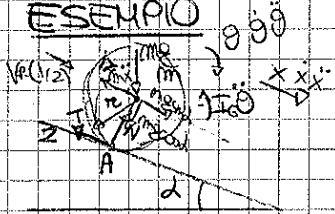
Quando la rugosità è molto bassa sparisce la pressione dell'aria tra i 2 corpi -> passa da + -> - aumento opposto del coefficiente di attrito

Dato che si muove in una certa banda di rugosità (dove f è costante) \rightarrow si trovano le relazioni
 Anche l'area di contatto non influisce sul coefficiente di attrito
 Anche la temperatura non influisce sul coefficiente di attrito
 Influisce invece il materiale dei corpi a contatto \rightarrow tabelle

	v_r	T/N
ADERENZA	$= 0$	$< f_a$
ADERENZA LIMITE	$= 0$	$= f_a$
STRISCIAMENTO	$\neq 0$	$= f$

$$\frac{T}{N} = \tan \beta \quad \tan \beta < \tan \beta_a = f_a$$

ESEMPIO



massa che ruota \rightarrow rotolamento
 il baricentro trasla

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_e + \vec{F}_i = 0 \\ \sum \vec{M}_{e0} + \vec{M}_{i0} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \vec{F}_x = -m \vec{a}_G = -m \cdot \ddot{x} \\ \vec{M}_G = -I_G \ddot{\theta} = -I_G \ddot{\theta} \end{cases}$$

$\checkmark x$: $mg \sin \alpha - m \ddot{x} - \frac{T}{r} = 0$

Ho 4 incognite: $T, N, \ddot{x}, \ddot{\theta}$

$\checkmark y$: $N - mg \cos \alpha = 0$

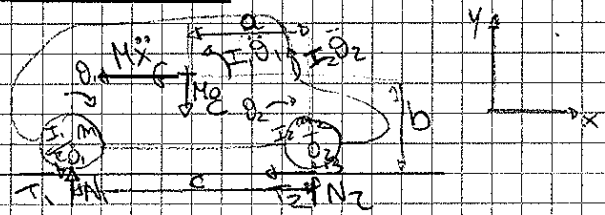
$\checkmark A$: $I_G \ddot{\theta} + m x \ddot{\theta} - mg \sin \alpha \cdot r = 0$

Ma io non so in quale delle 3 condizioni mi trovo \rightarrow devo fare un ipotesi
 ipotizzo la condizione di aderenza $\rightarrow v_r = 0$ impiego A come centro di
 istantanea rotazione $\Rightarrow \ddot{x} = r \ddot{\theta}$

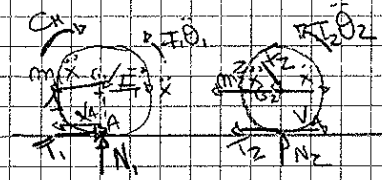
Ora ho 4 equazioni in 4 incognite. Risolvo il sistema.

Però devo verificare se c'è aderenza o no $\rightarrow \frac{T}{N} \leq f_a$?? \rightarrow se si c'è aderenza OR (limite) c'è strisciamento $\rightarrow \frac{T}{N} = f$

APPLICAZIONE



$a \quad b \quad c \quad r$
 $M_1 \quad m \quad M_2 \quad I_1 \quad I_2$
 $f \quad f_a$
 $C_1 = \text{dato} \quad \rightarrow \ddot{x} = ?$



$$F_{x1} = -m x \ddot{\theta}_1$$

RUOTA MOTRICE

RUOTA CONDITTA

sistemato

$\checkmark x$: $(I_1 + I_2) \ddot{x} = 0$

N_1
 N_2
 T_1
 T_2
 \ddot{x}

dati

$\checkmark y$: $N_1 - N_2 - M_2 g = 0$

$\checkmark \theta$: $M_1 \ddot{x} \cdot b + T_1 \ddot{\theta}_1 + T_2 \ddot{\theta}_2 + M_2 g \cdot a - N_1 \cdot c = 0$

ruota motrice

$\checkmark \theta$: $C_1 - T_1 \cdot r - I_1 \ddot{\theta}_1 = 0$

ruolo condotto ω_2

$$I_2 \ddot{\theta}_2 = I_2 \tau$$

	v/r	T/N
ADERENZA	$= 0$	$< \mu_0$
AD. LIMITE	$= 0$	$= \mu_0$
STRACCIAMENTO	$\neq 0$	$= 1$

Condizioni

- a_1 : 1 aderenza
- b_1 : 1 stracciamento
- a_2 : 2 aderenza
- b_2 : 2 stracciamento

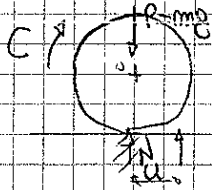
$$\begin{cases} \ddot{x} = r \ddot{\theta}_1 \\ T_1 = \mu N_1 \\ \dot{x} = r \dot{\theta}_2 \\ T_2 = \mu N_2 \end{cases}$$

$\theta_1 = \frac{x}{r}$
 Vertice
 $T/N \leq \mu_0$
 $\omega = \frac{v}{r} = \frac{\dot{x}}{r}$
 $T_2/N_2 \leq \mu_0$
 $\theta_2 < \frac{x}{r}$

$a_1 + a_2$ / $a_1 + b_2$ / $a_2 + b_1$ / $a_2 + b_2$ 4 combinazioni

ATTRITO VOLVENTE (ROTOLAMENTO)

08-04-2010



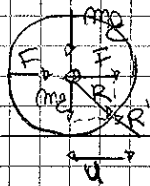
$$\ddot{x} = a \quad \dot{x} = at \quad \ddot{x} = 0$$

$$N = P = mg$$

$$N \cdot u = C$$

sposta a destra \Rightarrow N per avere questo equazione

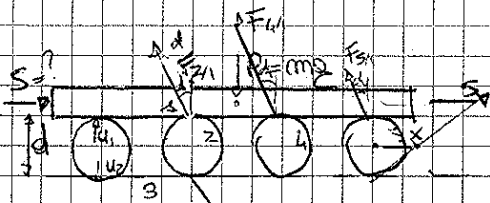
$u =$ PARAMETRO DI ATTRITO VOLVENTE



$$N = P = mg$$

$$T = F$$

In entrambi i casi la reazione normale N è spostata verso destra di un quantità u

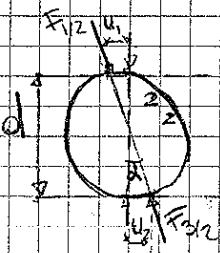


Quale forza devo applicare per spingere il carrello a velocità costante?

$$u_1 = 1 \text{ cm}$$

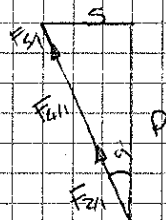
$$u_2 = 2 \text{ cm}$$

attrito variabile tra ruote e costone
 attrito volvente tra ruote e superficie di appoggio



$$\tan \alpha = \frac{u_1 + u_2}{d}$$

$$\vec{F}_{21} + \vec{F}_{41} + \vec{F}_{31} + \vec{P} + \vec{S} = 0$$



$$S = P \cdot \tan \alpha = mg \cdot \frac{u_1 + u_2}{d}$$