

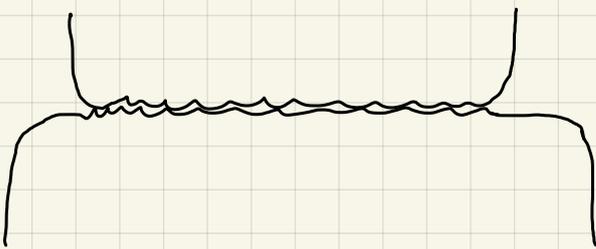
# INTERAZIONE TRA CORPI

FINO AD OGGI PER NOI ERA LEGATO SOLAMENTE A UN VINCOLO (NELLE NOSTRE IPOTESI, TALI FORZE ERANO INFINITE E IN DIREZIONE PARALLELA ALLA DIREZIONE DATA DAL VINCOLO, CONDIZIONE DI VINCOLO LISCIO E DI CORPO RIGIDO)

## ATTRITO

- STATICO } COLLEGATI AL CONTATTO TRA DUE CORPI
- DINAMICO } E QUINDI AL MOTO RELATIVO (O TERRENO)
- RESISTENZA AL ROTOLAMENTO (O "ATTRITO VOLUENTE")

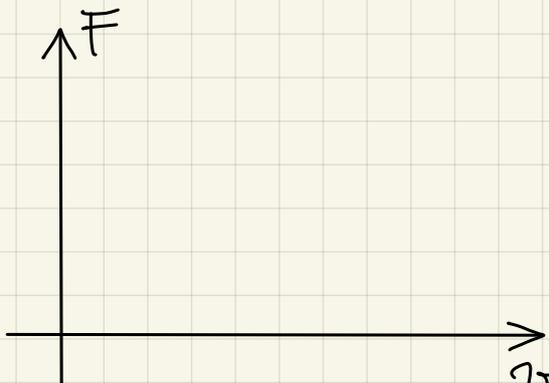
LE AZIONI CORRELATE AL CONTATTO TRA DUE CORPI SONO MICROSCOPICHE E MAI REALMENTE LISCE E NON DEFORMABILI



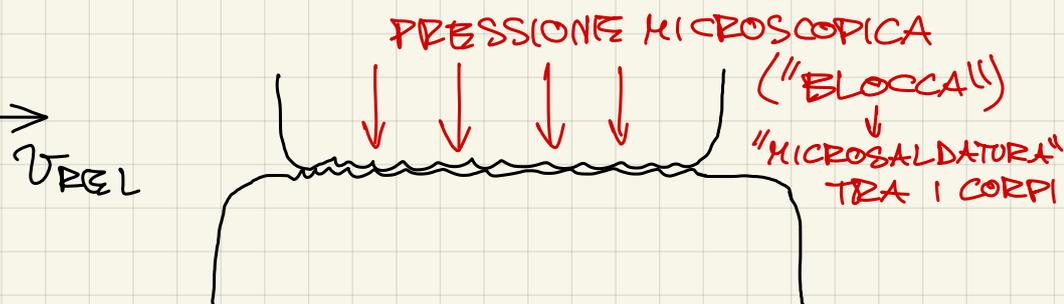
CIÒ CAUSA LA DISSIPAZIONE DELL'ENERGIA DI UNA CERTA MASSA

- ATTRITO STATICO  $v_{REL} = 0$  (TRA I DUE CORPI)
- ATTRITO DINAMICO  $v_{REL} \neq 0$

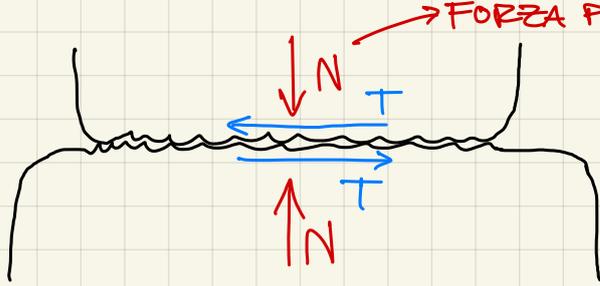
## ATTRITO STATICO



"FACCIO PIÙ FATICA A METTERE IN MOVIMENTO UNA MASSA CHE A MANTENERLA IN MOVIMENTO"



A NOI INTERESSA PERÒ L'ASPETTO MACROSCOPICO, ATTRAVERSO DEI COEFFICIENTI MACROSCOPICI (NON LEGATI ALLO STUDIO COMPLESSO DEL CASO MICROSCOPICO)



T È LA RESISTENZA AL MOVIMENTO INTRODOTTO DALLA RUGOSITÀ DELLA SUPERFICIE

T DIPENDE DALLE ALTRE FORZE SUL SISTEMA, SE IL CORPO È FERMO DEVE ESSERE TALE DA MANTENERE L'EQUILIBRIO

T SI COMPORTA COME UN'AZIONE VINCOLARE (DI TIPO INCASTRO, MICROSCOPICAMENTE) È LIMITATA

↓ → SEGNO DIPENDE DA  $v_{REL}$

$$|T_{LIM}| = \mu_s \cdot |N| \quad (\text{OLTRE QUESTO VALORE NON C'È PIÙ ADERENZA})$$

↓  
TIPICAMENTE ANCHE  $\mu_s$

↓  
PER NOI È DATO, MA STIMARLO È COMPLESSO

→ COEFFICIENTE DI ATRITO STATICO: CARATTERISTICA MACROSCOPICA DIPENDENTE DAI MATERIALI E DALLA VISCOSITÀ (RUGOSITÀ) TEMPERATURA / - - - - (ADIMENSIONALE,  $> 0$ )

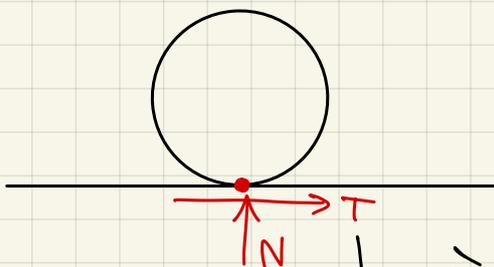
OPERATIVAMENTE,

SE  $|T| \leq |T_{LIM}| \Rightarrow$  ADERENZA

↳ "ULTIMO VALORE UTILE"

SE NON SI MANTIENE, DEVO RIFARE I CONTI CONSIDERANDO UN VINCOLO IN PIÙ

CASO TIPICO:



ADesso SAPPAMO DIRE CHE SU T VI È ATRITO (USO LA CONDIZIONE DI ADERENZA)

↳ È UNA REAZIONE VINCOLARE!

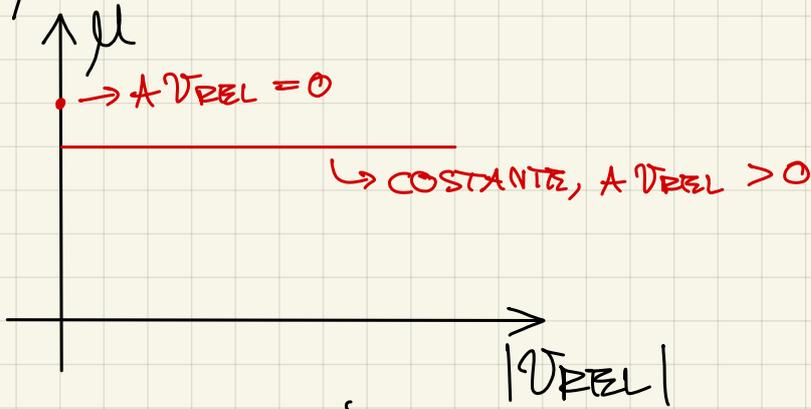
(E POI VERIFICO L'ADERENZA)



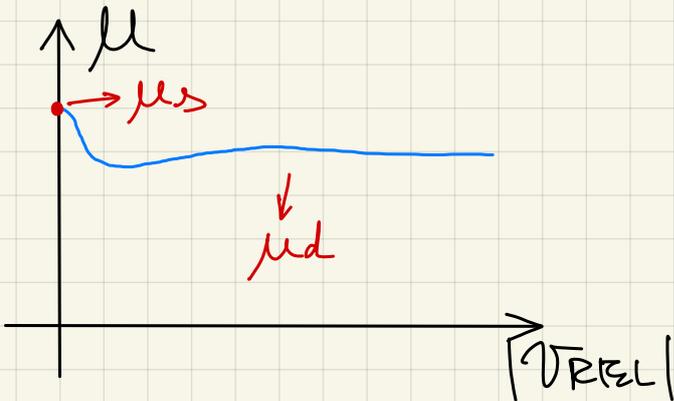
$\mu_d$  DIPENDE ANCORA DAI MATERIALI

→ TIPICAMENTE PIÙ ALTI

$\mu_s$  E  $\mu_d$  SONO  
DIVERSI



NELLA REALTÀ:



## APPROCCIO ENERGETICO

CON I METODI ENERGETICI?

CON D'ALEMBERT ABBIAMO VISTO CHE ENTRA DIRETTAMENTE NEL BILANCIO DELLE FORZE

- **ATTRITO STATICO**: È UN VINCOLO,  $W_{\text{attrito statico}} = 0$

↓  
POTENZA

↳ (DI QUALSIASI NATURA)

(+ PURO ROTOLAMENTO)

- **ATTRITO DINAMICO**: HO UNA FORZA CHE AGISCE

$$\Rightarrow W_{\text{DIN}} = -|T| \cdot |v_{\text{REL}}|$$

↳ **NEGATIVA!**

(ATTRITO DISSIPA ENERGIA)

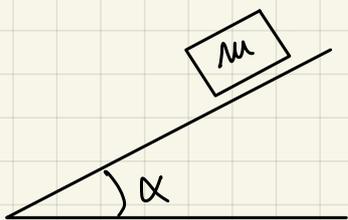
## ESEMPIO

$\mu_s$ ,  $\mu_d$  E  $\mu_d$  NOTI

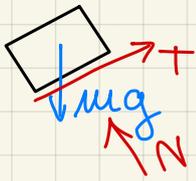
CALCOLARE:

1) MASSIMO  $\alpha$  PER ADERENZA

2) ACCELERAZIONE IN CASO DI  $\alpha > \alpha_{\text{LIM}}$



1)



(ATTENZIONE: IL VERSO DI T NON È DEFINITO A PRIORI)

$$N = mg \cos \alpha$$

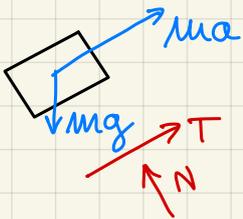
$$T = mg \sin \alpha$$

CONDIZ. DI ADERENZA:

$$|T| \leq f_s |N| \Rightarrow \sin \alpha \leq f_s \cos \alpha \Rightarrow \tan \alpha \leq f_s$$

(IN QUESTO CASO NON DIPENDE DA  $m$ )

2)



$$T + ma - mg \sin \alpha = 0$$

$$N = mg \cos \alpha$$

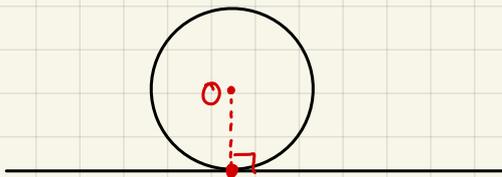
$$T = f_d N$$

↳ (SO ANCHE IL VERSO)

$$f_d mg \cos \alpha + ma - mg \sin \alpha = 0 \Rightarrow a = \dots$$

## RESISTENZA AL ROTOLAMENTO ("ATTRITO VOLUTENTE")

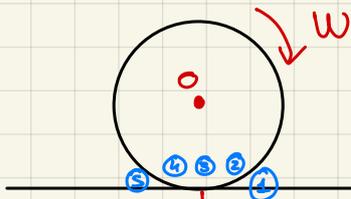
ANCHE QUESTO FENOMENO DISSIPA ENERGIA  
NASCE DALLA RIMOZIONE DELL'IPOTESI DI CORPI  
INDEFORMABILI



C → PUNTO DI CONTATTO IN CUI SI CONCENTRANO FORZE E REAZIONI VINCOLARI

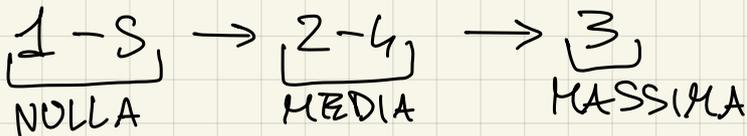
NELLA REALTÀ, LA PRESSIONE LOCALIZZATA IN QUEL PUNTO CAUSA LA DEFORMAZIONE DEL CORPO: CIÒ NON LO CAMBIEREMO

# CICLO DI ISTERESI



IL CONTATTO DIVENTA PIÙ AMPIO

CI INTERESSA MODELLORE CHE LA MODELLAZIONE RIGUARDI, NEU' ORDINE:

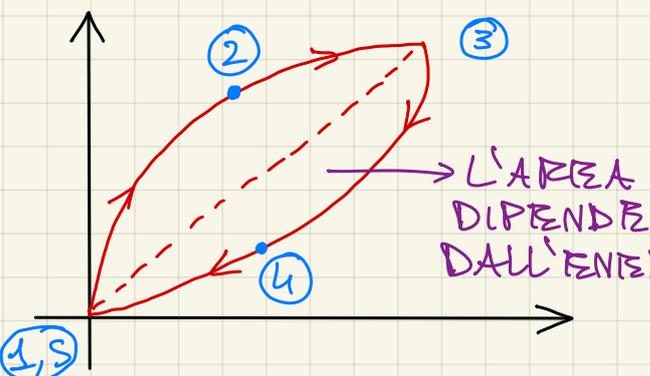


DEVO TENERE CONTO (IN MODO SEMPLIFICATO) DELLA DEFORMAZIONE



SE IL MATERIALE È "LINEARE PERFETTAMENTE ELASTICO" (ES: MOLLA): FORZA E DEFORMAZIONE SONO DIRETTAMENTE PROPORZIONALI

NELLA REALTÀ, NESSUN MATERIALE SI COMPORTA PERFETTAMENTE COSÌ, MA:



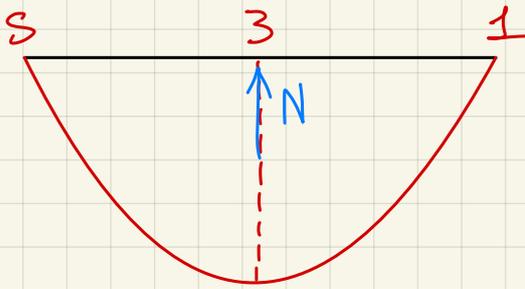
"DURANTE LA DEFORMAZIONE, IL MATERIALE DISSIPA ENERGIA": "MI RESTITUISCE MENO"

L'AREA DIPENDE DALL'ENERGIA DISSIPATA (ES: ACCIAIO BASSO, GOMMA ALTO)

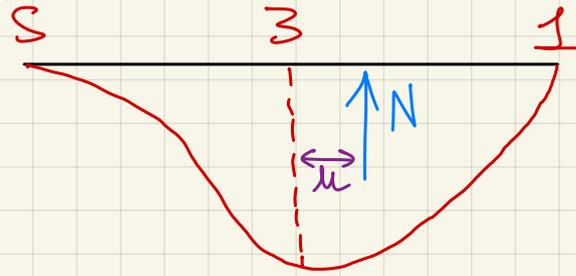
# COME SI DISTRIBUISCE LA PRESSIONE:

ELASTICO LINEARE

ISTERETICO



(C'È ANCHE LA T)



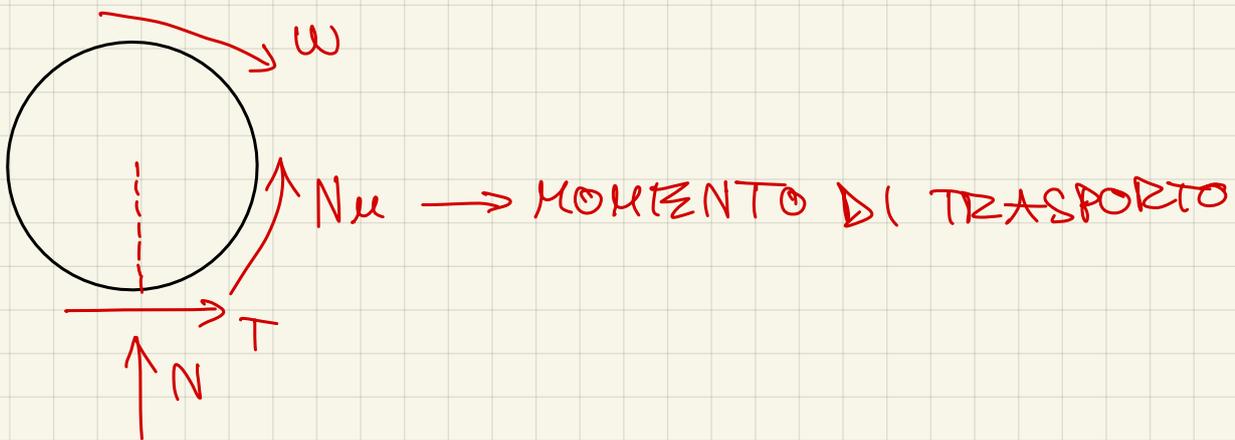
↳ "IL BARICENTRO SI È SPOSTATO" A CAUSA DELLA DISTRIBUZIONE DELLE PRESSIONI

DEFINIAMO  $\mu$ : INDICE SINTETICO, COEFFICIENTE ADIMENSIONALE DI ATTRITO VOLVENTE

$\mu = \frac{L}{R}$  (MIDICE "DI QUANTO SI SPOSTA" N)

ATTENZIONE: SI AGGIUNGE UN MOMENTO ADDIZIONALE PARI A  $N \cdot \mu$  CHE SI OPPONE AL MOTO DEL DISCO

CON L'APPROCCIO ENERGETICO:



$$|W|_{\text{volvente}} = \ominus |N| \cdot \mu \cdot |\omega|$$

↓  
NEGATIVA! (DISSIPA ⇒ CALORE)