

• Forza di attrito radente



Figura 6-2 Una fotografia, enormemente ingrandita della sezione di una superficie di acciaio finemente levigata. La sezione è stata tagliata a un angolo tale che le distanze verticali sono moltiplicate per un fattore 10 rispetto a quelle orizzontali. Le irregolarità della superficie hanno altezze di migliaia di volte i diametri atomici. Da «Friction and Lubrification of Solids», di F.P. Bowden e D. Tabor, Clarendon Press, 1950.

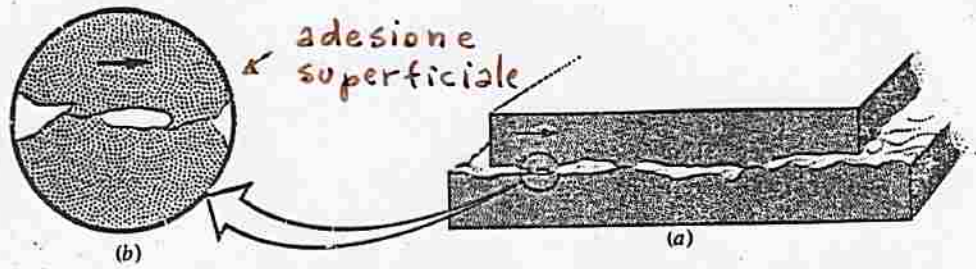
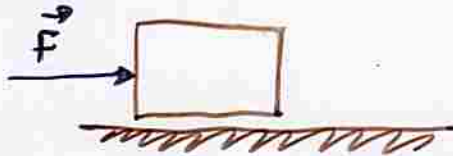


Figura 6-3 L'attrito radente descritto in dettaglio. (a) Nella figura ingrandita il corpo superiore scivola verso destra sopra quello inferiore. (b) Una porzione ulteriormente ingrandita mostra due punti dove si manifesta l'adesione superficiale. Per spezzare queste saldature e mantenere il moto relativo tra i due corpi è necessaria una forza.



- se è fermo :

si muove per $F \geq F_s$

- se è in moto :

per $F = F_k$ si muove con $v = \text{cost}$

$F_s \equiv$ attrito statico

$F_k \equiv$ attrito dinamico

Risultati sperimentali

- attrito è proporzionale ~~alla~~ ^{al modulo delle} forza normale
- " è indipendente dall'area di contatto
- " dipende dalle superfici a contatto
- \vec{F}_s è opposta alla forza applicata e può assumere valori

$$F_s \leq \mu_s N$$

- \vec{F}_k è opposta alla direzione del moto:

$$F_k = \mu_k N$$

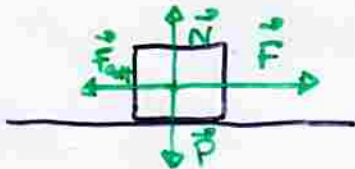
$$\vec{F}_{\text{att}} = \mu N (-\hat{s})$$

$N = |\vec{N}| =$ modulo della componente normale al piano di appoggio della reazione vincolare

In generale la reazione vincolare non è determinabile a priori, utilizzando una data formula, ma deve essere calcolata caso per caso dall'esame delle condizioni fisiche.

Esempio:

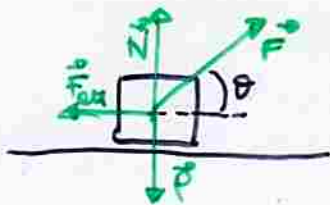
condizioni statiche $\vec{F}_{\text{Tot}} = 0 \quad \vec{F} + \vec{P} + \vec{F}_{\text{att}} + \vec{N} = 0$



$$\begin{cases} F = F_{\text{att}} \\ N = P \end{cases}$$

$$F_s \leq \mu_s N$$

$$\Rightarrow F \leq \mu_s P$$



$$\begin{cases} F \cos \theta = F_{\text{att}} \\ N + F \sin \theta = P \end{cases} \Rightarrow F \cos \theta \leq \mu_s (P - F \sin \theta)$$

$$F \leq \frac{\mu_s P}{\cos \theta + \mu_s \sin \theta}$$

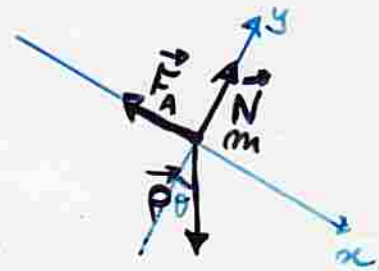
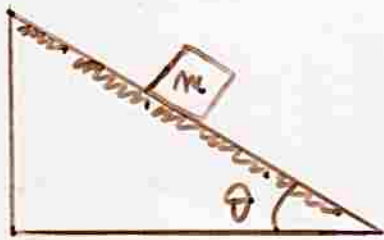
La reazione vincolare $\vec{R} = \vec{F}_{\text{att}} + \vec{N}$

$F_{\text{att}} = 0 \Rightarrow \vec{R} \equiv \vec{N}$ vincolo liscio

$$\mu : 0.05 \div 1.5$$

$$\mu_k < \mu_s$$

- Determinazione sperimentale di μ_s e μ_k



- caso statico

$$\vec{F}_s + \vec{N} + \vec{P} = 0$$

$$\begin{cases} F_s \leq \mu_s N \\ N = mg \cos \theta \\ -F_s + mg \sin \theta = 0 \end{cases}$$

$$F_s = \max \text{ per } \theta = \theta_s$$

$$\mu_s mg \cos \theta_s = mg \sin \theta_s$$

$$\Rightarrow \mu_s = \tan \theta_s$$

$$\theta \leq \theta_s$$

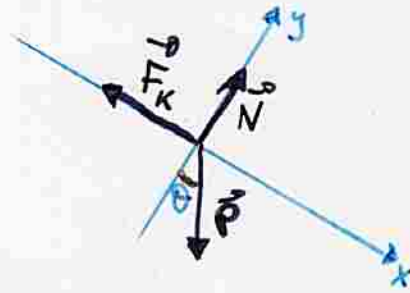
corpo fermo

$$\theta > \theta_s$$

corpo scivola

• Caso dinamico

$$\vec{F}_k + \vec{N} + \vec{P} = m \vec{a}$$



$$\begin{cases} F_k = \mu_k N \\ -F_k + mg \sin \vartheta = m a \\ N - mg \cos \vartheta = 0 \end{cases}$$

Per $\vartheta = \vartheta_k$ ($\vartheta_k < \vartheta_s$)
risultato $a = 0$

\Downarrow

$$F_k = mg \sin \vartheta_k = \mu_k mg \cos \vartheta_k$$

~~$\mu_k mg \cos \vartheta_k = mg \sin \vartheta_k$~~

$$\mu_k mg \cos \vartheta_k = mg \sin \vartheta_k$$

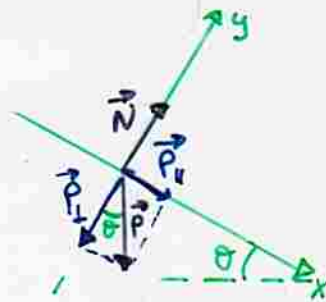
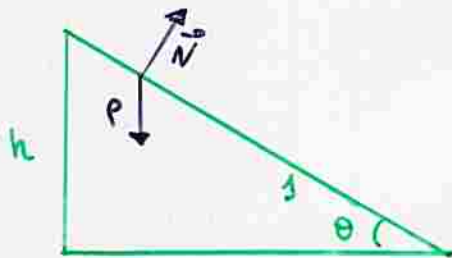
$$\mu_k = \tan \vartheta_k$$

Moto lungo un piano inclinato



$$\vec{a} = \vec{g} = \text{cost}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2gh$$



$$\vec{p} + \vec{N} = m\vec{a}$$

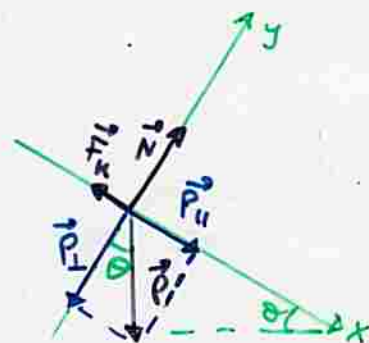
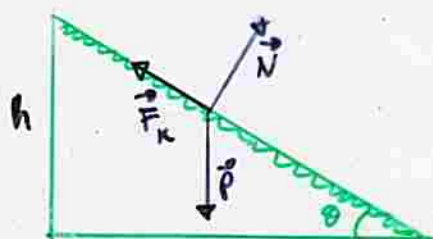
$$\begin{cases} -p \cos \theta + N = 0 \\ p \sin \theta = ma \end{cases}$$

$$p_{\perp} = p \cos \theta, \quad p_{\parallel} = p \sin \theta$$

$$s = h / \sin \theta$$

$$\Rightarrow a = g \sin \theta < g \quad \text{costante}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as = v_0^2 + 2gh$$



$$\vec{p} + \vec{N} + \vec{F}_k = m\vec{a}$$

$$\begin{cases} -p \cos \theta + N = 0 \\ p \sin \theta - F_k = ma \\ F_k = \mu_k N \end{cases}$$

$$N = p \cos \theta$$

$$F_k = \mu_k mg \cos \theta$$

$$a = g \sin \theta - \mu_k g \cos \theta$$

$$a = g(\sin \theta - \mu_k \cos \theta) < g \sin \theta$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as = v_0^2 + 2gh - 2gh \frac{\mu_k}{\tan \theta}$$