

L'attrito radente

L'attrito radente

È esperienza comune che due corpi a contatto tendono ad opporsi al moto relativo. Questo è dovuto alle interazioni tra le superfici e in generale dipende dalla coppia di materiali a contatto e dalla struttura delle superfici e dalla temperatura. La fisica del contatto tra due corpi può essere molto complicata, ma per molte applicazioni valgono due leggi di forza **passiva** molto semplici.

Si chiama **attrito radente** la forza che ciascuno dei due corpi a contatto esercita sull'altro e che si oppone al moto relativo.

- 1) Se i due corpi sono in moto relativo, si parla di **attrito radente dinamico**. La forza di ciascun corpo sull'altro ha la direzione del moto relativo, verso opposto alla velocità relativa e modulo proporzionale a quello della reazione vincolare che impedisce la compenetrazione.

È ovvio che debba essere legata alla reazione vincolare: poiché l'unico ente che stiamo usando per modellare la resistenza alla compenetrazione è la reazione vincolare, l'attrito radente deve dipendere dalla reazione vincolare, **ma non fa parte della reazione vincolare**.

$$\vec{F}_{A,d} = -\mu_d \|\vec{N}\| \hat{v_{rel}}$$

L'attrito radente

- 2) Se i due corpi non sono in moto relativo, ma esistono forze che tendono a metterli in moto relativo (ossia a far sì che ciascuno strisci sull'altro) si parla di **attrito radente statico**. La forza di ciascun corpo sull'altro bilancia la componente della risultante di tutte le altre forze lungo la superficie di contatto, con modulo limitato ad un fattore proporzionale al modulo della reazione vincolare che impedisce la penetrazione.

In questo caso si dà un limite superiore. Se il modulo della componente della risultante delle forze lungo il piano tangente alla superficie di contatto supera il limite, si ha il distacco e il moto relativo ha inizio. Se è inferiore a questo limite, il modulo dell'attrito radente statico ha un valore da determinarsi con la condizione che bilanci tutte le altre forze tangenti alla superficie. Anche in questo caso, **l'attrito radente statico è legato alla reazione vincolare ma non fa parte di essa**.

$$\|\vec{F}_{A,s}\| \leq \mu_s \|\vec{N}\|; \quad \text{in generale } 1 > \mu_s > \mu_d$$

L'attrito radente

Attenzione: l'attrito radente (sia statico che dinamico) **non dipende dall'area di contatto** tra i due corpi.

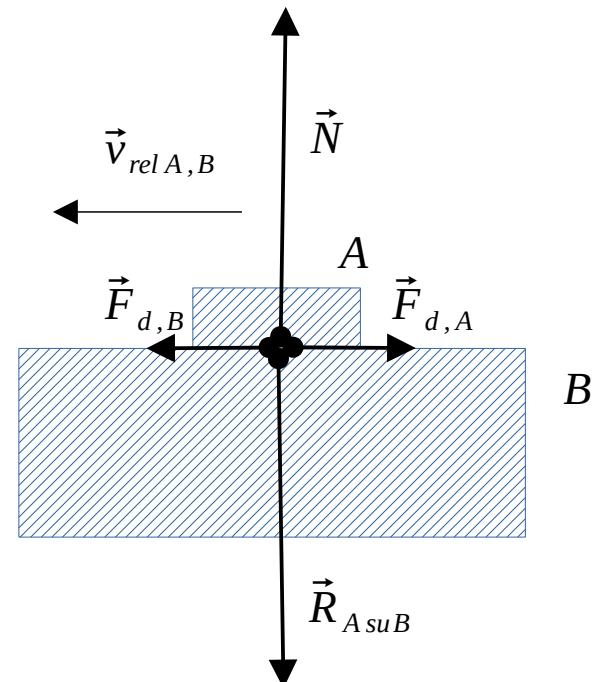
Il motivo è abbastanza ovvio: se si riduce l'area di contatto, la forza che impedisce la compenetrazione è la stessa di prima ma viene distribuita su un'area più piccola; in modulo rimane uguale. Ciascun elemento di superficie contribuirà con un'interazione più forte. Anche il contributo all'attrito aumenterà, ma se rimane costante la forza che impedisce la compenetrazione, anche l'attrito rimarrà costante.

Sia l'attrito radente statico che quello dinamico sono esercitati da ciascuno dei due corpi sull'altro, e come prescritto dal III Principio formano coppie di forze di braccio nullo.

A destra: condizione di attrito radente dinamico

$$L_{A,d} = \int_{\Gamma} \vec{F}_{A,d} \cdot \vec{v} dt = - \int_{\Gamma} \mu_d \|\vec{N}\| \hat{v}_{rel} \cdot \vec{v} dt = - \mu_d \int_{\Gamma} \|\vec{N}\| v dt \leq 0$$

con forza costante: $L_{A,d} = -\mu_d \|\vec{N}\| \Delta s$



L'attrito radente

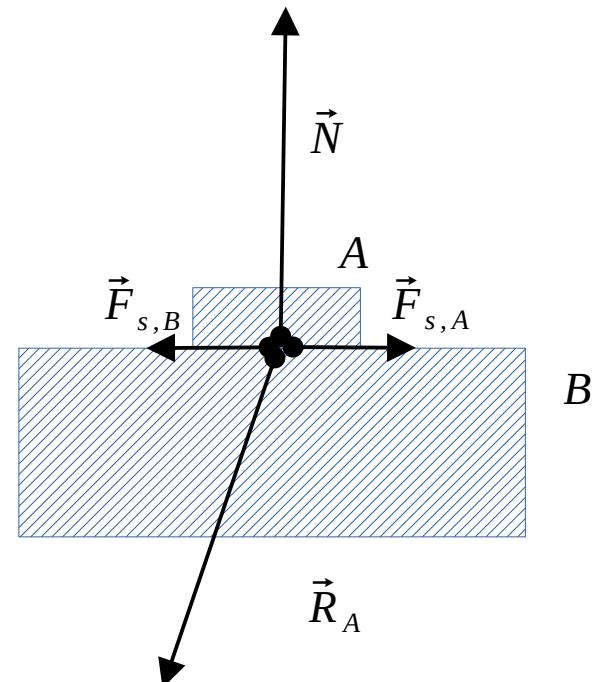
Attenzione: l'attrito radente (sia statico che dinamico) **non dipende dall'area di contatto** tra i due corpi.

Sia l'attrito radente statico che quello dinamico sono esercitati da ciascuno dei due corpi sull'altro, e come prescritto dal III Principio formano coppie di forze di braccio nullo.

A destra: condizione di attrito radente statico

$$L_{A,s} = \int_{\Gamma} \vec{F}_{A,s} \cdot \vec{v} dt = 0 \quad \text{perché} \quad \vec{v} = \vec{0}$$

Nei problemi con attrito radente, se non è esplicitamente specificata la condizione di moto relativo, bisogna verificare se si realizzi la condizione di distacco (ossia se le forze dirette lungo la superficie di contatto soddisfino la diseguaglianza dell'attrito statico). In caso di distacco, si applica l'attrito dinamico.



Altre forze passive dissipative

Attrito volvente

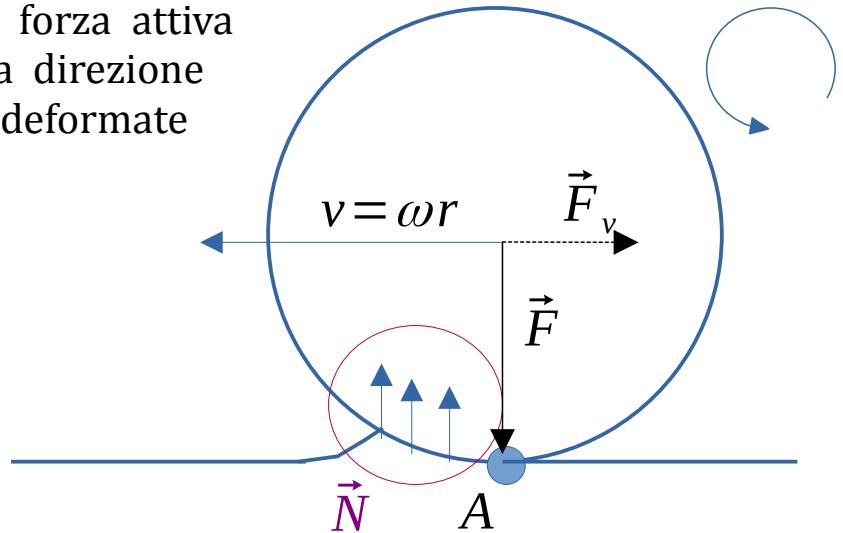
Se una ruota si muove su un piano non perfettamente rigido, che si deforma al passaggio della ruota, la reazione normale alla forza attiva \mathbf{F} è costituita da contributi che si spostano in avanti (nella direzione di avanzamento) rispetto al punto di contatto delle superfici indeformate

Il momento della reazione normale rispetto al punto di contatto è significativamente diverso da zero e si oppone al rotolamento

$$\|\vec{M}_{attrito}\| = \mu_v \|\vec{N}\|$$

Questo momento è equivalente ad una forza di attrito volvente applicata nel centro della ruota e con modulo tale da avere lo stesso momento rispetto al punto A della reazione vincolare

È vantaggioso avere ruote grandi per ridurre l'attrito volvente



$$R \|\vec{F}_v\| = \|\vec{M}_{attrito}\| = \mu_v \|\vec{N}\|$$

$$\|\vec{F}\| = \frac{\mu_v \|\vec{N}\|}{R}$$