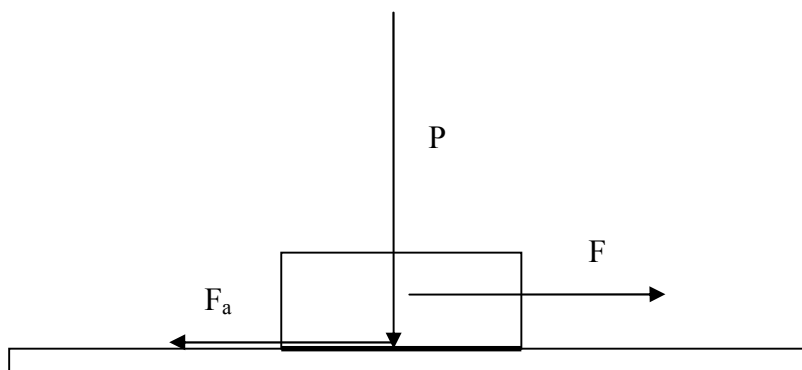


## Forze di attrito

In generale, l'attrito è un fenomeno in virtù del quale se desideriamo imprimere o mantenere il moto di un corpo a contatto con una superficie oppure con un fluido dobbiamo applicargli una forza. Il fenomeno detto attrito può essere diverso a seconda dei casi e si manifesta con una forza ( o meglio con una distribuzione di forze sulla superficie ). Se per imprimere o mantenere il moto di un corpo dobbiamo applicare una forza vuol dire che essa deve essere equilibrata da un'altra forza. Tale forza è detta forza di attrito ed il fenomeno che la genera è detto attrito.

Attrito di strisciamento o attrito radente.

Consideriamo due elementi meccanici con delle superfici a contatto in moto relativo o che comunque esista una componente di forza che tende a metterle in moto relativo



P è una forza o una componente di forza perpendicolare alle superfici in contatto

Ipotizziamo che:

- I materiali siano sufficientemente rigidi da non compenetrarsi sotto l'azione della forza P.
- La rugosità delle superfici non sia tale da avere interferenze meccaniche fra i due corpi.

F è una forza o una componente di forza tangente alle superfici a contatto.

Stando la seconda legge della dinamica, se applichiamo una forza ad un corpo, esso dovrebbe mettersi in moto con l'accelerazione dipendente dalla forza e dalla massa del corpo,  $F = m \cdot a$ . In un caso come quello presentato, l'esperienza ( cioè il fatto di provare a fare) indica che fino a che la forza F non raggiunge un certo valore, il corpo non si sposta. Per mettere in moto il corpo la forza deve raggiungere un certo valore. Una volta messo in moto il corpo, la forza necessaria per tenerlo in moto è generalmente inferiore a quella necessaria per iniziare il moto. Come già detto nell'introduzione generale dell'attrito, se per imprimere o mantenere il moto di un corpo dobbiamo applicare una forza vuol dire che essa deve essere equilibrata da un'altra forza. Nel caso presentato, tale forza si chiama di attrito di strisciamento o radente. Indicato con f un numero detto coefficiente di attrito radente, tale forza si esprime con la relazione:

$$F_a = f \cdot P$$

Il coefficiente di attrito  $f$ , a parità di ogni altro elemento, in particolare a parità di materiale e stato delle superfici dei due corpi a contatto, assume due valori.

- Coefficiente di attrito statico,  $s$  i corpi non sono ancora in moto
- Coefficiente di attrito dinamico se i due corpi sono già in moto.

Il coefficiente di attrito dinamico ha valore inferiore rispetto a quello statico.

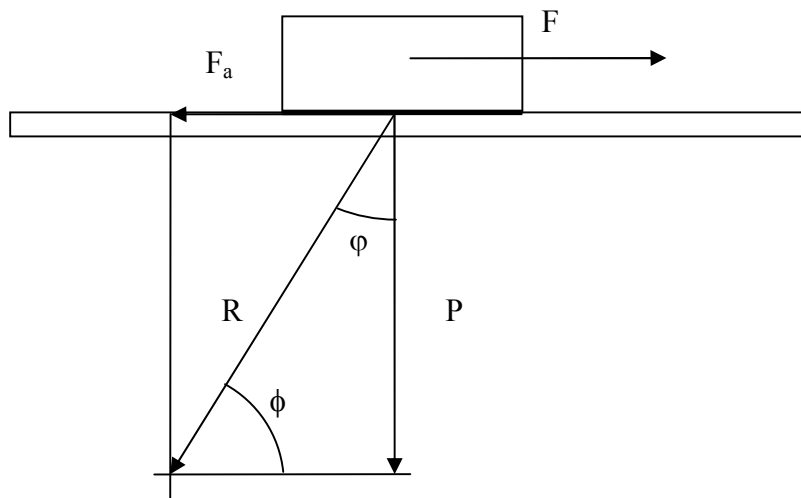
La forza e quindi il coefficiente di attrito radente dipende dal materiale delle superfici a contatto. Esso è indipendente dalla misura della superficie a contatto e dalla velocità relativa fra i corpi a meno che fra le superfici non vi sia una forte lubrificazione, cioè l'interposizione di uno strato di fluido a viscosità elevata. In tal caso, il fenomeno dell'attrito cambia tipologia e l'espressione matematica che lo rappresenta è diversa da quella scritta sopra.

In molti testi il coefficiente di attrito si indica con la lettera  $\mu$  ( si pronuncia mu ed è la lettera greca corrispondente alla  $m$  )

L'avola dei coefficienti di attrito radente

materiale 1	materiale 2	$\mu_s$ - coefficiente di attrito radente statico	$\mu_c$ o $\mu_d$ - coefficiente di attrito radente cinetico o dinamico	interfaccia
acciaio	acciaio	$0.74 \div 0.78$	$0.42 \div 0.57$	pulita e asciutta
acciaio	acciaio	0.11	0.05	lubrificata
acciaio	alluminio	0.61	0.47	pulita e asciutta
acciaio	brake compound	$0.4 \div 0.6$	$0.3 \div 0.4$	pulita e asciutta
acciaio	ghiaccio	0.027	0.014	pulita e asciutta
acciaio	ghisa	0.183	0.133	lubrificata
acciaio	piombo	0.95	0.95	pulita e asciutta
acciaio	piombo	0.5	0.3	lubrificata
acciaio	rame	0.53	0.36	pulita e asciutta
acciaio	teflon	0.04	0.04	pulita e asciutta
acciaio	teflon	0.04	0.04	lubrificata
acciaio inox	rame	0.23	0.21	pulita e asciutta
alluminio	alluminio	0.42	0.35	pulita e asciutta
alluminio	rame	0.28	0.23	pulita e asciutta
alluminio	teflon	0.19	0.18	pulita e asciutta
alluminio	vetro	0.17	0.14	pulita e asciutta
ghiaccio	ghiaccio	0.1	0.003	pulita e asciutta
ghisa	ghisa	1.1	0.15	pulita e asciutta
ghisa	rame	1.05	0.29	pulita e asciutta
gomma	asfalto	$0.8 \div 1$	$0.7 \div 0.8$	pulita e asciutta
gomma	asfalto	$0.7 \div 0.8$	$0.6 \div 0.7$	bagnata
gomma	cemento	0.65	0.5	pulita e asciutta
gomma	cemento	0.4	0.35	bagnata
gomma	ghiaccio	0.2	0.15	pulita e asciutta
gomma	ghiaccio	0.1	0.08	bagnata
legno	cartone	0.32	0.23	pulita e asciutta
legno	legno	0.5	0.3	pulita e asciutta
legno	neve	$0.05 \div 0.10$	$0.03 \div 0.05$	pulita e asciutta
quercia	quercia (venature //)	0.62	0.48	pulita e asciutta
quercia	quercia (venature $\perp$ )	0.54	0.32	pulita e asciutta
rame	vetro	0.68	0.53	pulita e asciutta
teflon	teflon	0.04	0.04	pulita e asciutta
teflon	teflon	0.04	0.04	lubrificata
vetro	vetro	$0.9 \div 1.0$	0.4	pulita e asciutta
vetro	vetro	$0.1 \div 0.6$	$0.09 \div 0.12$	lubrificata

## Angolo di attrito



Abbiamo visto la relazione per calcolare la forza di attrito:  $F_a = f \cdot P$

Poiché può essere necessario sommare la forza di attrito ad altri tipi di forza applicati al corpo oggetto di un certo studio è necessario anche individuare l'angolo che la risultante R forma con le sue componenti P ed  $F_a$ . Possiamo ricavare:

$$\tan \phi = \frac{P}{F_a} \quad \text{e} \quad \tan \phi = \frac{F_a}{P}$$

Quella preferibile è la prima perché  $\tan \phi = \frac{F_a}{P} = f = \mu$  cioè possiamo ottenere l'angolo calcolando l'arcotangente del coefficiente di attrito.  $\phi = \arctan f$

L'angolo  $\phi$  si chiama angolo di attrito, è l'angolo fra la normale alla superficie e la risultante della forza normale e la forza di attrito.