

Dinamica III

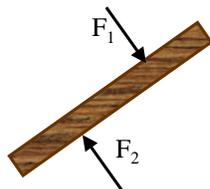
P.A. Tipler, "Invito alla Fisica", volume 1, Zanichelli 2001,
§ 5.2, 5.3, 6.5

Equilibrio statico di un corpo esteso

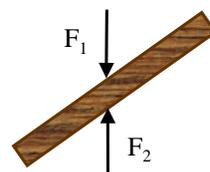
La **statica** è quella parte della dinamica in cui essendo le forze tra di loro in equilibrio non c'è variazione di moto e in particolare un sistema in quiete rimane tale.

Se **una particella** è in equilibrio statico, cioè se è ferma e resta ferma, la forza risultante che agisce su di essa deve essere nulla.

Nel caso di **un corpo esteso**, per esempio una bacchetta, la condizione che la forza risultante sia nulla è ancora necessaria, ma non è sufficiente, perché il corpo può ruotare anche se non c'è nessuna forza **risultante** che agisce su di esso.



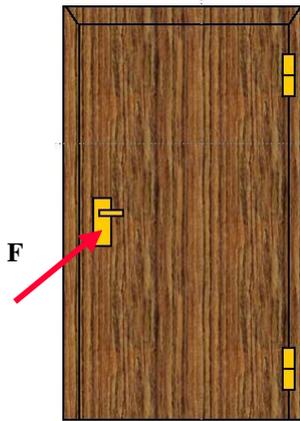
(a) Le due forze F_1 e F_2 sono uguali ed opposte, ma la bacchetta non è in equilibrio statico, perché queste forze tendono a farla ruotare in senso orario.



(b) In questo caso, le due forze hanno la stessa retta d'azione e quindi non provocano la rotazione della bacchetta.

Equilibrio statico di un corpo esteso

Per i corpi estesi, oltre al modulo e alla direzione orientata della forza, è quindi importante anche il **punto di applicazione**.

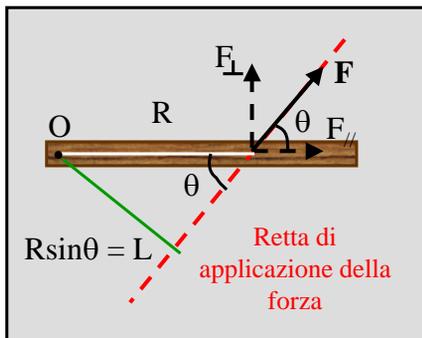


Esempio: Per aprire una pesante porta si spinge in un punto il più lontano possibile dai cardini. Nessuna forza, per quanto intensa, riuscirà ad aprirla se esercitata in un punto appartenente alla retta passante per i cardini.

Momento di una forza

La grandezza che misura l'efficacia di una forza nel produrre la rotazione è chiamata **momento della forza M**. Il momento di una forza può essere orario oppure antiorario, a seconda del senso di rotazione che tende a produrre: in tal caso viene considerato rispettivamente negativo (rotazione oraria) o positivo (rotazione antioraria).

Nell'esempio illustrato in figura, il momento della forza **F** è dato da:



$$M = F_{\perp}R = (F\sin\theta)R = F(R\sin\theta) = FL$$

R è la distanza tra il punto di applicazione della forza e il punto O, in cui la sbarra è fissata.

L è il braccio della forza.

Il momento è dato dal prodotto della forza per il braccio.

Condizioni per l'equilibrio

“Perché un corpo sia in equilibrio statico, il momento risultante in senso orario delle forze, calcolato rispetto ad un punto qualsiasi, deve essere uguale al momento risultante in senso antiorario calcolato rispetto allo stesso punto.”

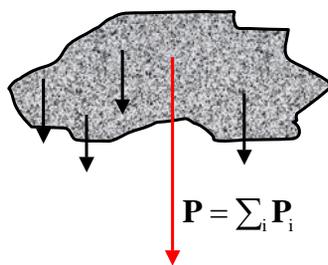
Se chiamiamo positivi i momenti di forza in senso antiorario e negativi quelli in senso orario, questa condizione equivale a dire che la somma algebrica dei momenti di forza rispetto a un punto qualsiasi deve essere nulla.

$$\sum \mathbf{F} = 0$$

$$\sum \mathbf{M} = 0$$

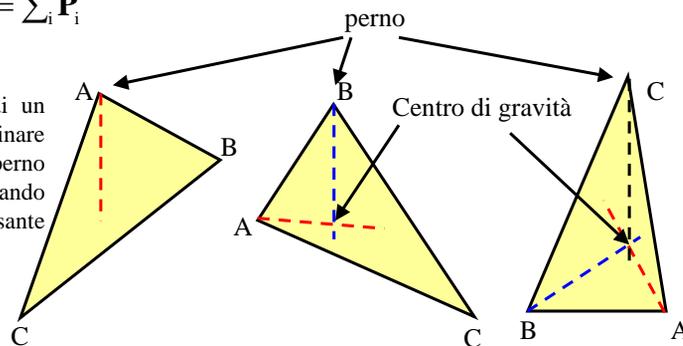
**CONDIZIONI PER L'EQUILIBRIO
STATICO DI UN CORPO ESTESO**

Centro di gravità



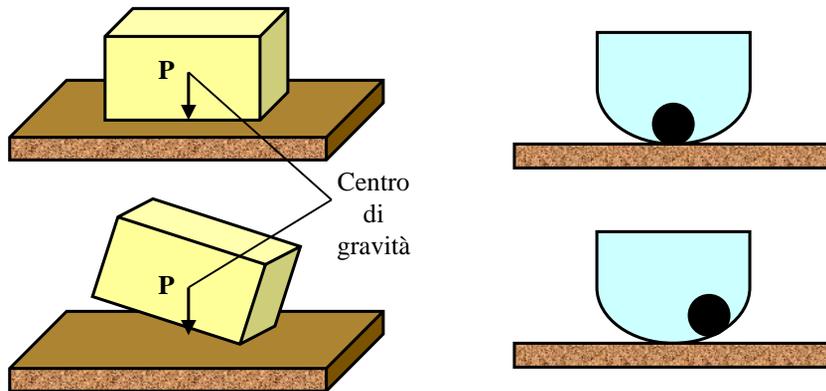
I pesi \mathbf{P}_i di tutte le particelle che costituiscono un corpo possono essere sostituiti con il peso totale \mathbf{P} del corpo, **applicato nel centro di gravità**, che è il punto rispetto al quale il momento risultante delle forze \mathbf{P}_i è nullo.

Il centro di gravità di un corpo si può determinare sospendendolo ad un perno in punti diversi e tracciando la retta verticale passante per il perno.



Equilibrio stabile

L'equilibrio di un corpo può essere di tre tipi: **stabile**, **instabile** o **indifferente**.
 L'equilibrio **stabile** si ha se le forze o i momenti di forza risultanti che insorgono a causa di un piccolo spostamento del corpo spingono il corpo indietro verso la sua posizione di equilibrio.



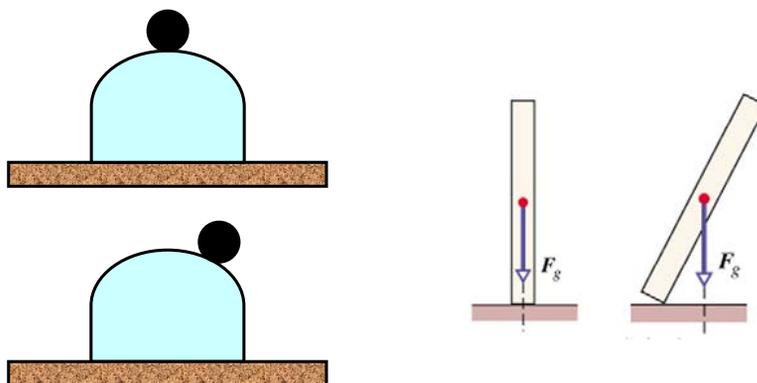
A.A. 2003-2004

Fisica dei Materiali

77

Equilibrio instabile

L'equilibrio **instabile** si ha se le forze o i momenti di forza risultanti che insorgono a causa di un piccolo spostamento del corpo spingono il corpo lontano dalla sua posizione iniziale.



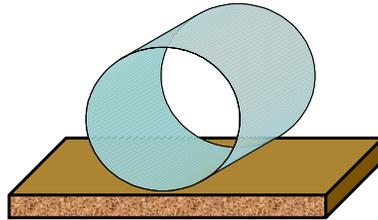
A.A. 2003-2004

Fisica dei Materiali

78

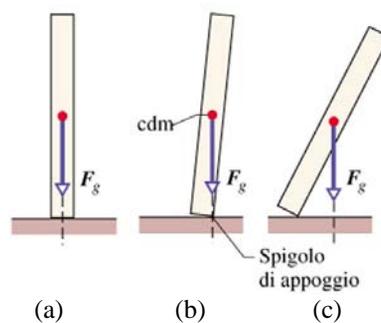
Equilibrio indifferente

L'equilibrio **indifferente** si ha quando, in seguito ad un piccolo spostamento del corpo, non vi sono forze o momenti di forza risultanti che tendano a riportarlo verso la sua posizione iniziale o ad allontanarlo da essa.



Se si ruota leggermente il cilindro, esso è di nuovo in equilibrio.

Stabilità e centro di gravità



La stabilità dell'equilibrio è relativa. Se la bacchetta in (a) viene ruotata poco, come in (b), essa ritorna nella sua posizione di equilibrio iniziale, purché la proiezione verticale del centro di gravità si trovi entro la base di appoggio. Se la rotazione è maggiore, come in (c), la proiezione verticale del centro di gravità è al di fuori della base d'appoggio e la bacchetta cade.

Macchine semplici

Una macchina semplice è un dispositivo che ha lo scopo di trasformare una piccola forza in entrata in una grande forza in uscita, facendo sì che lo spostamento del punto di applicazione della forza in entrata sia molto maggiore di quello della forza in uscita.

Esempi di macchine semplici sono le leve, i piani inclinati e i sistemi di carrucole.

Il **vantaggio A** di una macchina semplice è definito come **il rapporto tra la forza in uscita e la forza in entrata.**

$$A = \frac{\text{forza in uscita}}{\text{forza in entrata}}$$

Leve

Le leve sono un tipico esempio di macchine semplici, utilizzate per tagliare, per sollevare, per spostare con la minore fatica possibile.

L'**equilibrio** si ottiene quando

$$\text{Potenza (P) x Braccio della Potenza (a) =}$$

$$= \text{Resistenza (R) x Braccio della Resistenza (b)}$$

che equivale alla condizione:

$$\text{Momento della Potenza = Momento della Resistenza}$$

Col termine **potenza** intendiamo la forza in entrata, col termine **resistenza** intendiamo la forza in uscita. Il **braccio** è la distanza tra il punto di applicazione della potenza (o della resistenza) e un punto detto **fulcro**. Col termine **momento** (che ritroveremo più avanti) intendiamo il prodotto forza x braccio.

Una leva ha vantaggio > 1 quando $R > P$.

Le leve possono essere classificate in tre tipi:

- [le leve di 1° genere](#)
- [le leve di 2° genere](#)
- [le leve di 3° genere](#)

Leve di primo genere

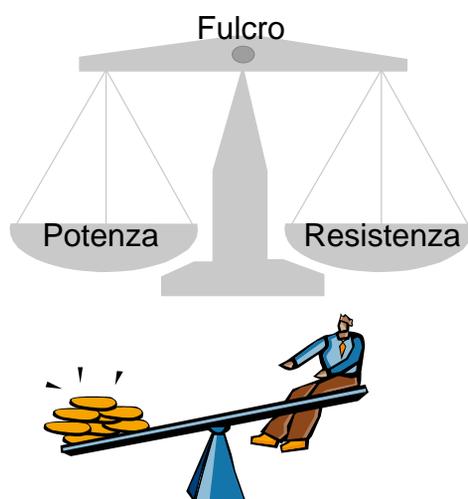
Le leve sono di 1° genere quando il **fulcro** (F) si trova tra il **braccio (a) della potenza** (P) e il **braccio (b) di resistenza** (R).

Le leve di 1° genere sono dette **interfulcrate**.

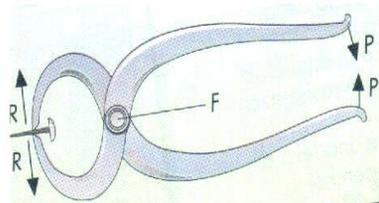
Esse possono essere:

- vantaggiose
- svantaggiose
- indifferenti

Leve di primo genere

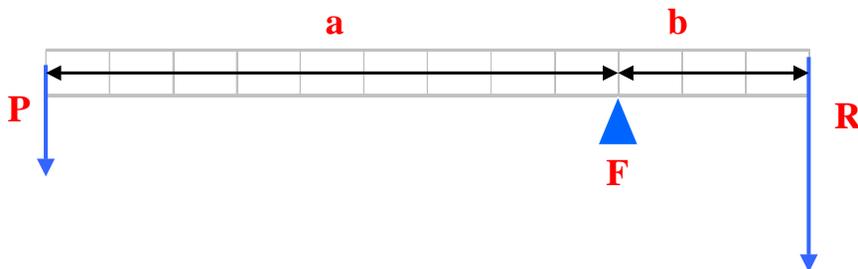


Esempi di leva di 1° genere sono la bilancia, l'altalena e le pinze.



Primo genere: vantaggiose

Le leve sono vantaggiose quando la **P è minore di R** perchè il braccio della potenza è maggiore del braccio della resistenza.



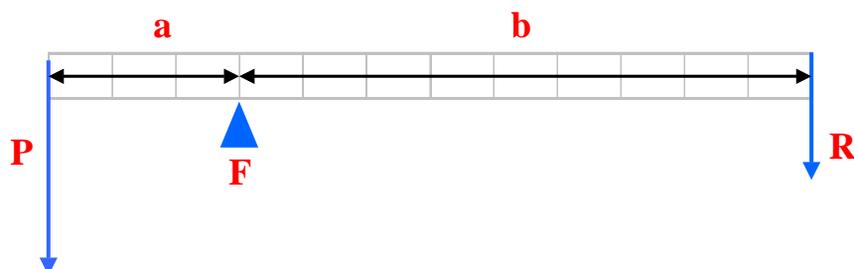
A.A. 2003-2004

Fisica dei Materiali

85

Primo genere: svantaggiose

Le leve sono svantaggiose quando la **P è maggiore di R** perchè il braccio della potenza è minore del braccio della resistenza.



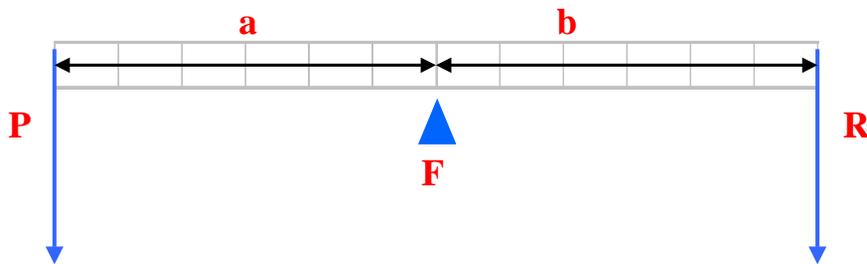
A.A. 2003-2004

Fisica dei Materiali

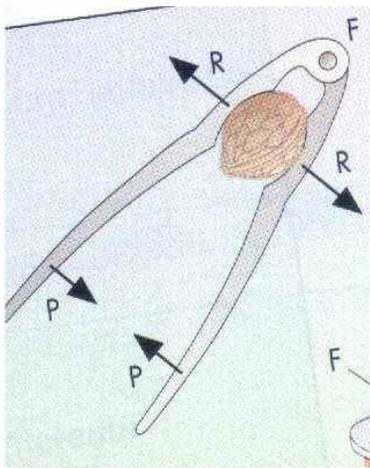
86

Primo genere: indifferenti

Le leve sono indifferenti quando la **P è uguale ad R** perchè il braccio della potenza è uguale al braccio della resistenza.



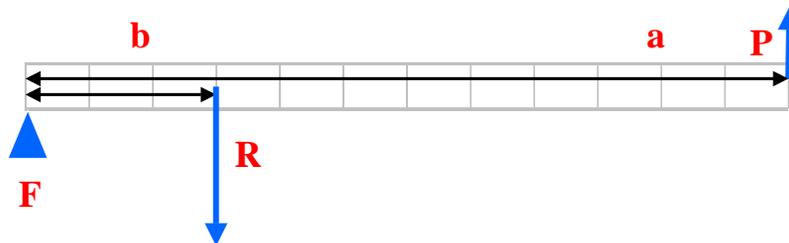
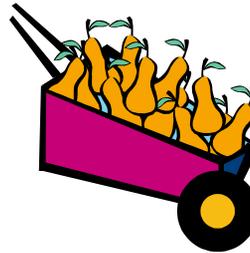
Leve di secondo genere



- Hanno il fulcro all'estremità.
- Hanno la resistenza fra il fulcro e la potenza.
- Sono sempre vantaggiose.
- $a > b$ quindi $P < R$.

Leve di secondo genere

- Hanno la resistenza fra il fulcro e la potenza.
- Esempi: lo schiaccianoci, la carriola, il piede.



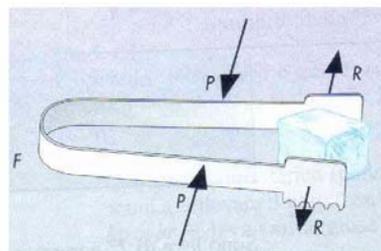
A.A. 2003-2004

Fisica dei Materiali

89

Leve di terzo genere

- Queste leve sono sempre svantaggiose, ma sono molto usate perché permettono di afferrare e manipolare con precisione oggetti anche molto piccoli.
- Hanno la potenza fra il fulcro e la resistenza.
- Esempi: gli aghi, la canna da pesca, il braccio, le molle per il camino, le pinze per il ghiaccio...



A.A. 2003-2004

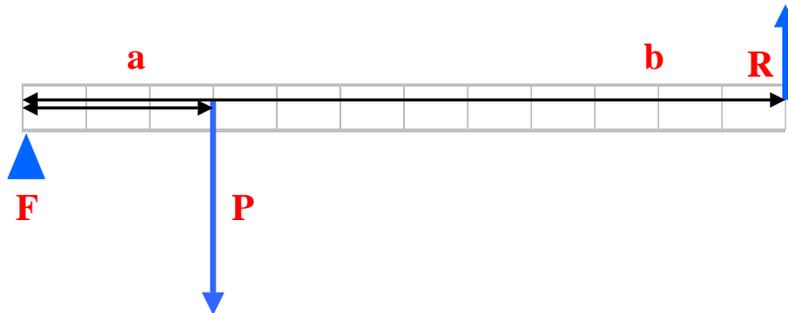
Fisica dei Materiali

90

Leve di terzo genere

Le leve di terzo genere sono **svantaggiose** perché il braccio della potenza è minore del braccio della resistenza ed il fulcro è ad una estremità.

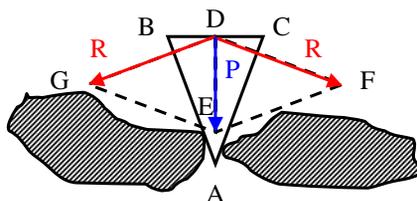
$$P > R \text{ perché } a < b$$



Cunei

Sono macchine semplici costituite da un solido rigido limitato da due facce piane (fianchi), che formano un angolo diedro molto piccolo, e da una terza (testa) che chiude il diedro.

Con il cuneo si esercitano forze rilevanti su due parti di un corpo per separarle, applicando sulla testa di esso, perpendicolarmente, una forza (potenza) P. Quest'ultima può essere decomposta secondo le due direzioni perpendicolari ai fianchi.

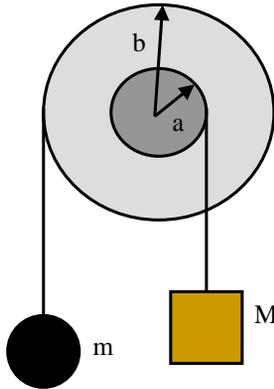


I triangoli DFE e ABC sono simili, quindi:

$$\frac{R}{P} = \frac{AC}{BC}$$

All'equilibrio, ovvero nella condizione in cui il cuneo non progredisce né viene espulso, è necessario e sufficiente che **LA POTENZA STIA ALLA RESISTENZA COME LA LUNGHEZZA DELLA TESTA STA A QUELLA DEL FIANCO**. Quindi per equilibrare una rilevante resistenza con una piccola potenza è necessario usare un cuneo con testa molto piccola in confronto al fianco (ad esempio la lama di un coltello).

Un esempio di macchina semplice



Determinare la massa m che equilibri M .

$a =$ raggio interno = 1 cm

$b =$ raggio esterno = 6 cm

$M = 12$ kg

Resistenza: $R = M \cdot g = 117.6$ N

Rispetto al fulcro (il centro della ruota), il momento della forza resistente è:

$M_R = R \cdot a = M \cdot g \cdot a = 1.176$ N · m

Rispetto al fulcro, il momento della potenza è:

$M_P = F \cdot b$

Nelle condizioni di equilibrio:

$M_P = M_R$, quindi: $F = R \cdot (a/b) = 19.6$ N

$F = mg$, quindi $m = 2$ kg.

N.B. Il concetto di **lavoro** viene introdotto e spiegato nella dispensa successiva.