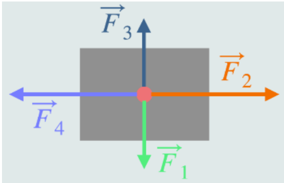
# L’equilibrio del punto materiale

Elia Rampi - fisicafast.it

In questo video parliamo dell’equilibrio del punto materiale.

Un corpo è in equilibrio se è fermo e rimane fermo.
Sappiamo che un corpo può traslare nello spazio ma può anche ruotare o deformarsi.
In questo video consideriamo solo corpi che sono rappresentati da punti materiali.
Un punto materiale è la rappresentazione di un corpo con un unico punto; con questa semplificazione possiamo trascurare le rotazioni e le deformazioni e consideriamo solo le traslazioni del corpo.



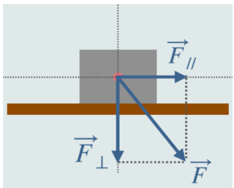

Consideriamo quindi un corpo rappresentato da un un punto materiale, fermo sul quale agiscono delle forze.

Il punto materiale è in equilibrio, quindi rimane fermo, se la risultante delle forze che agiscono su di esso è nulla. In altre parole: se il corpo è in equilibrio la somma di tutte le forze che agiscono sul corpo deve essere uguale a zero:

$$\vec{F}_{tot} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \cdots = 0.$$

Questa è la condizione di equilibrio di un punto materiale.
Attenzione che le forze sono vettori, quindi nella formula abbiamo una somma vettoriale.

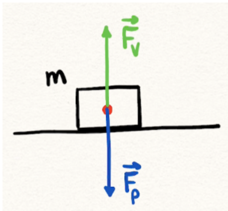
Per studiare l'equilibrio di un corpo su un piano è utile considerare separatamente le forze nelle direzioni parallela e perpendicolare al piano. Siccome $\vec{F}_{tot} = \vec{F}_{tot\perp} + \vec{F}_{tot\,//}$, se $\vec{F}_{tot} = 0$, allora anche $\vec{F}_{tot\perp} = 0$ e $\vec{F}_{tot\,//} = 0$.




Osserviamo anche che se una forza non è parallela a queste due direzioni dobbiamo scomporla e considerare le sue proiezioni nelle direzioni parallela e perpendicolare al piano.

Vediamo qualche esempio semplice.

**Esempio 1**




Consideriamo un corpo di massa $m$ in equilibrio su un piano orizzontale.
Sul corpo agisce la sua forza peso, che sappiamo che è rivolta verso il basso quindi in questo esempio è perpendicolare al piano e ha intensità uguale a

$$F_P = m \cdot g.$$

[Per un approfondimento sulla forza peso trovi il video dedicato in descrizione]
Se ci fosse solo questa forza il corpo sprofonderebbe nel piano. Ciò non accade perché c’è il piano che è un vincolo che risponde alla forza peso con una forza uguale e opposta detta reazione vincolare, che indichiamo con $\vec{F}_V$. Quindi $\vec{F}_P = -\vec{F}_V$ e le intensità sono uguali $F_P = F_V$.
La forza risultante che agisce sul corpo $\vec{F}_{tot}$ è la somma di queste due forze.

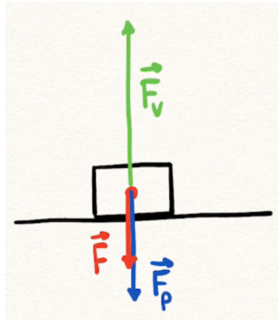
$$\vec{F}_{tot} = \vec{F}_P + \vec{F}_V$$

Siccome le due forze hanno la stessa intensità e verso opposto, la loro somma è uguale a zero:

$$\vec{F}_{tot} = \vec{F}_P + \vec{F}_V = 0.$$

Chiariamo alcune caratteristiche della forza vincolare di una superficie.
La forza vincolare:
- è sempre perpendicolare alla superficie
- Il suo verso è sempre tale da respingere il corpo
- La sua intensità è sempre uguale alla forza premente, ovvero alla forza che preme sul piano perpendicolarmente ad esso.

**Esempio 2**



Per maggiore chiarezza riprendiamo il sistema descritto nel primo esempio e aggiungiamo una forza $\vec{F}$ perpendicolare al piano, diretta verso il basso.

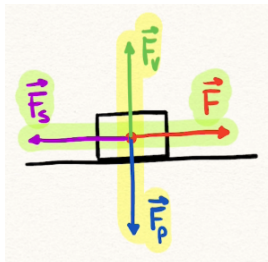
Ora sul corpo agiscono tre forze: la forza peso $F_P$, la forza esterna $F$ e la reazione vincolare $F_V$. La condizione di equilibrio quindi diventa:

$$\vec{F}_{tot} = \vec{F}_P + \vec{F} + \vec{F}_V = 0.$$

La somma delle tre forze è uguale a zero. Ora la forza vincolare deve bilanciare la somma delle altre due forze che spingono il corpo verso il piano, quindi l'intensità della forza vincolare è maggiore rispetto al primo esempio poiché ora è uguale alla somma delle intensità delle altre due forze:

$$F_V = F_P + F.$$

**Esempio 3**



Consideriamo ora un corpo in equilibrio su un piano orizzontale con una forza esterna che spinge il corpo parallelamente al piano.
La differenza rispetto agli esempi precedenti è che ora le forze non hanno tutte la stessa direzione. Quindi analizziamo separatamente le forze nella direzione perpendicolare al piano, ovvero quelle verticali e le forze parallele al piano, ovvero quelle orizzontali.
Nella direzione perpendicolare al piano abbiamo la forza peso diretta verso il basso $F_P$ e la forza vincolare $F_V$ diretta verso l'alto uguale e opposta alla forza peso, pertanto

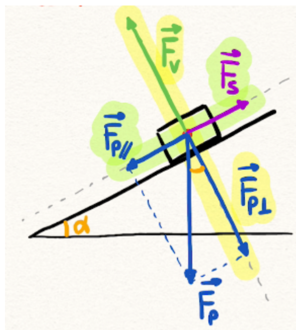
$\vec{F}_{tot\,\perp} = \vec{F}_P + \vec{F}_V = 0$

In direzione orizzontale abbiamo invece la forza esterna $F$. Ma siccome il corpo è in equilibrio, deve esserci un'altra forza orizzontale con verso opposto per rispettare la condizione di equilibrio. Questa forza è la forza di attrito statico $\vec{F}_s$. Anche nella direzione parallela al piano la forza totale

$\vec{F}_{tot\,//} = \vec{F} + \vec{F}_s = 0$

La forza di attrito statico è quindi uguale e opposta alla forza orizzontale $F$: $\vec{F}_s = -\vec{F}$ e le intensità delle due forze sono uguali $F_s = F$.

**Esempio 4**



Come ultimo esempio analizziamo l'equilibrio su un piano inclinato.
Consideriamo quindi un corpo in equilibrio su un piano inclinato di un angolo $\alpha$ rispetto all'orizzontale.
Analizziamo le forze.

Rappresentiamo subito la forza peso $F_P$ che in questo sistema non è perpendicolare al piano, quindi la scomponiamo subito nelle direzioni parallela e perpendicolare al piano. Abbiamo quindi che:

$F_{P\perp} = F_P \cdot \cos\alpha$

$F_{P//} = F_P \cdot \sin\alpha$

In direzione perpendicolare al piano la forza peso perpendicolare è bilanciata dalla forza vincolare che quindi è uguale e opposta ad essa $\vec{F}_V = -\vec{F}_{P\perp}$. In questa direzione quindi abbiamo

$\vec{F}_{tot\,\perp} = \vec{F}_{P\perp} + \vec{F}_V = 0.$

Nella direzione parallela al piano invece la forza peso parallela $F_{P//}$ deve essere bilanciata dalla forza di attrito statico $\vec{F}_s = -\vec{F}_{P//}$. E anche in questa direzione abbiamo

$\vec{F}_{tot\,//} = \vec{F}_{P//} + \vec{F}_s = 0.$