

# Riassunto

- Moto di caduta libera
- 2D: moto di un proiettile
- Moto relativo

# Moto di caduta libera:

Accelerazione di gravità:

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

Equazioni del moto:

$$y = y_0 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$v = v_0 - g t$$



# Moto in due dimensioni

Posso scomporre il vettore posizione per componenti:

$$\vec{r} = r_x \mathbf{i} + r_y \mathbf{j}$$

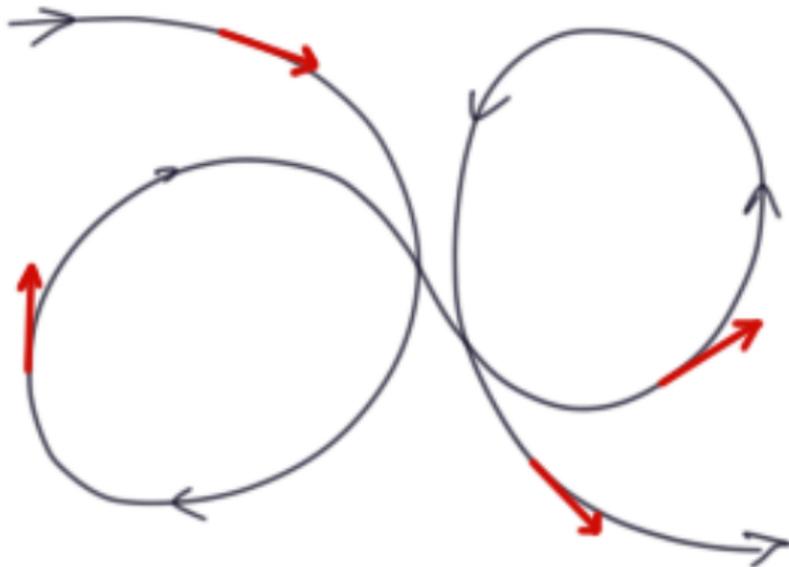
ma anche la velocità:

$$\vec{v} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j}$$

e l'accelerazione:

$$\vec{a} = a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j}$$

La velocità è sempre tangente alla traiettoria

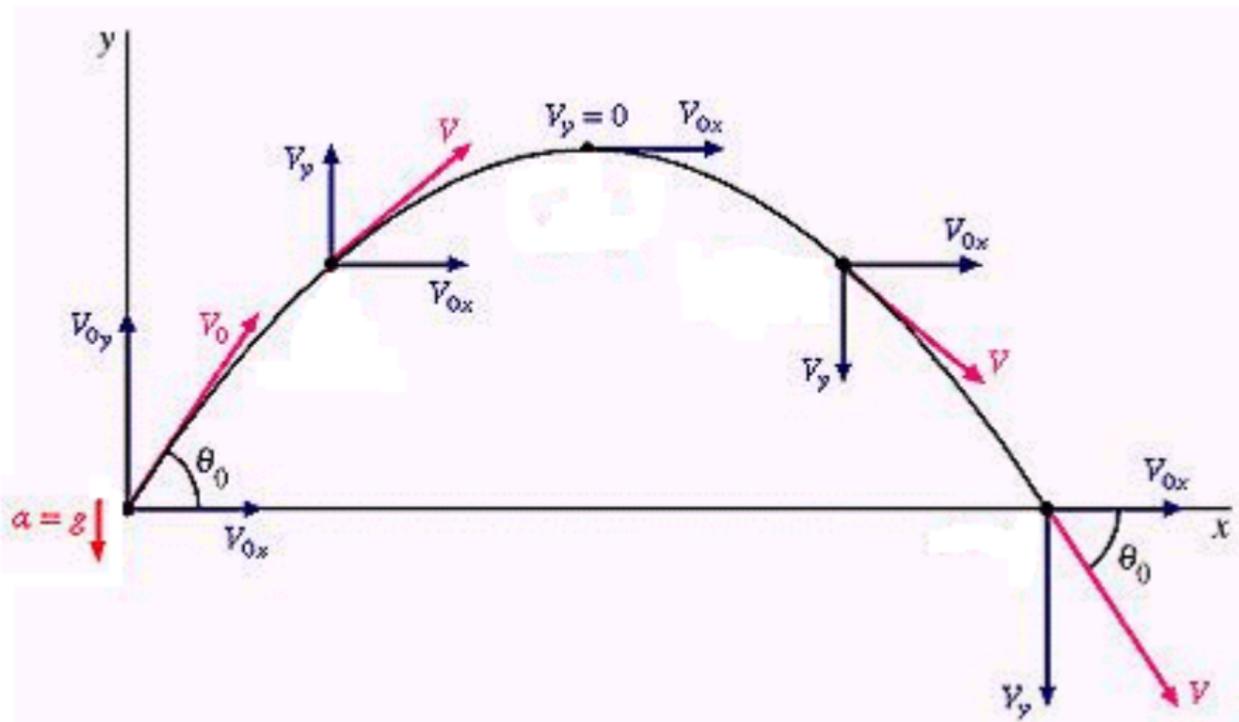


# Moto parabolico

Composizione di due moti:

In orizzontale: moto rettilineo uniforme;

In verticale: moto uniformemente accelerato con accelerazione  $g$ .



Leggi del moto:

$$x = x_0 + v_{0,x}t$$

$$y = y_0 + v_{0,y}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$v_y = v_{0,y} - gt$$

# Moto relativo

A,B osservatori, P oggetto.

$$\mathbf{r}_{PA} = \mathbf{r}_{PB} + \mathbf{r}_{BA}$$

$$\mathbf{v}_{PA} = \mathbf{v}_{PB} + \mathbf{v}_{BA}$$

Sistemi di riferimento inerziali:

$$\mathbf{a}_{PA} = \mathbf{a}_{PB}$$

## Esempio in una dimensione

Un uomo, viaggiando su un veicolo attrezzato alla velocità di  $64 \text{ km/h}$ , sta riprendendo un ghepardo che corre nella stessa direzione.

L'uomo vede il ghepardo andare ad una velocità di  $48 \text{ km/h}$ . Qual'è la velocità del ghepardo per una persona a terra?

P = ghepardo

B = uomo sul veicolo

A = uomo a terra

$$\mathbf{v}_{PA} = \mathbf{v}_{PB} + \mathbf{v}_{BA} =$$

$$48 \text{ km/h} + 64 \text{ km/h} = 112 \text{ km/h.}$$

Se il ghepardo invece stesse correndo con la stessa velocità scalare rispetto al suolo (112 km/h) ma nella direzione opposta, a che velocità lo vedrebbe andare l'uomo sul veicolo?

P = ghepardo

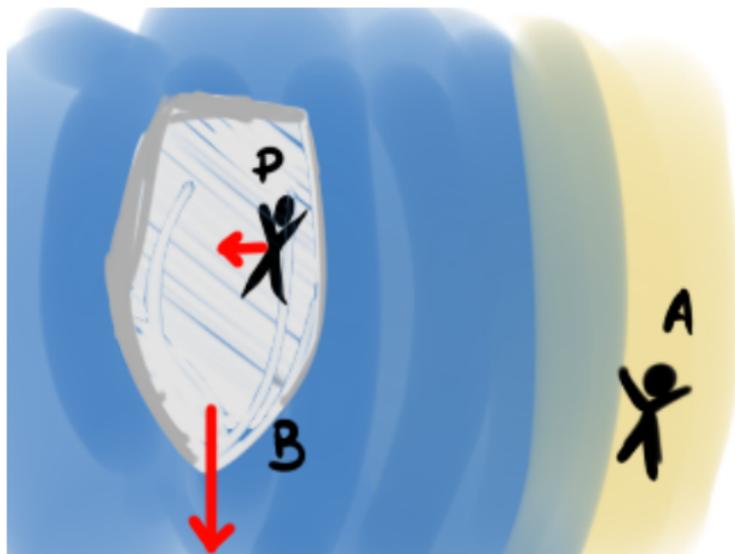
B = uomo sul veicolo

A = uomo a terra

$$\mathbf{v}_{PB} = \mathbf{v}_{PA} + \mathbf{v}_{AB} =$$
$$-112 \text{ km/h} - 64 \text{ km/h} = -176 \text{ km/h}.$$

## Esercizio in due dimensioni

Una nave si sposta con una velocità di  $3 \text{ m/s}$  rispetto alla terraferma, lungo la costa, da nord verso sud. Un uomo sta camminando ad  $1 \text{ m/s}$  sul ponte, perpendicolarmente al moto della nave, da est verso ovest. Quale sarebbe la velocità dell'uomo rispetto ad un osservatore sulla terraferma?



$$\mathbf{v}_{BA} = -3\mathbf{j}$$

$$\mathbf{v}_{PB} = -1\mathbf{i}$$

P = uomo che cammina

A = terra

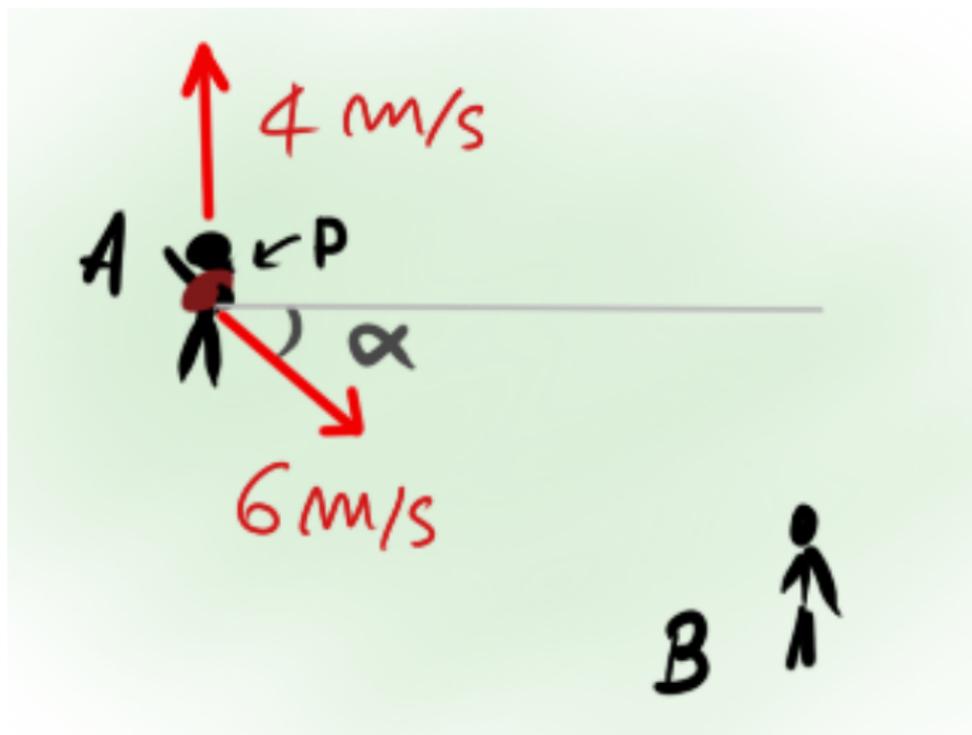
B = nave

$$\mathbf{v}_{PA} = \mathbf{v}_{PB} + \mathbf{v}_{BA} =$$
$$(-1\mathbf{i}) + (-3\mathbf{j}) = -1\mathbf{i} - 3\mathbf{j}$$



## Altro esempio in 2D

Un giocatore di rugby, mentre corre parallelamente al lato lungo del campo alla velocità di  $4 \text{ m/s}$ , vuole lanciare la palla ad un compagno. Supponiamo che lanci la palla ad una velocità di  $6 \text{ m/s}$ . Qual'è il minimo angolo con cui deve tirare per non fare fallo?



A = giocatore che lancia

B = terra

P = palla

$$\mathbf{v}_{AB} = 4\mathbf{j}$$

$$|\mathbf{v}_{PA}| = 6$$

Dobbiamo determinare la direzione di  $\mathbf{v}_{PA}$ , cioè l'angolo  $\alpha$ .

$$\mathbf{v}_{PA} = 6 \cos \alpha \mathbf{i} - 6 \sin \alpha \mathbf{j}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{v}_{PB} &= \mathbf{v}_{PA} + \mathbf{v}_{AB} = \\ &6 \cos \alpha \mathbf{i} - 6 \sin \alpha \mathbf{j} + 4 \mathbf{j}\end{aligned}$$

$$-6 \sin \alpha + 4 = 0$$

$$\arcsin \frac{2}{3} \simeq 41^\circ$$

...urto, spinta, trazione...

In generale una forza applicata ad un corpo lo mette in movimento;  
se il corpo non è libero di muoversi produce una deformazione.

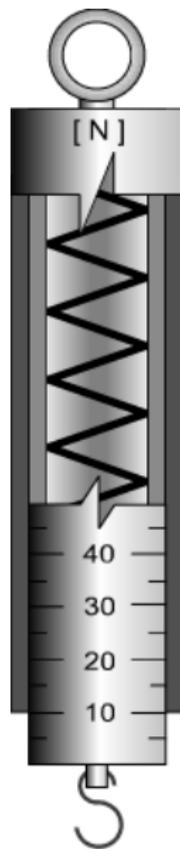
Le forze sono **vettori**.

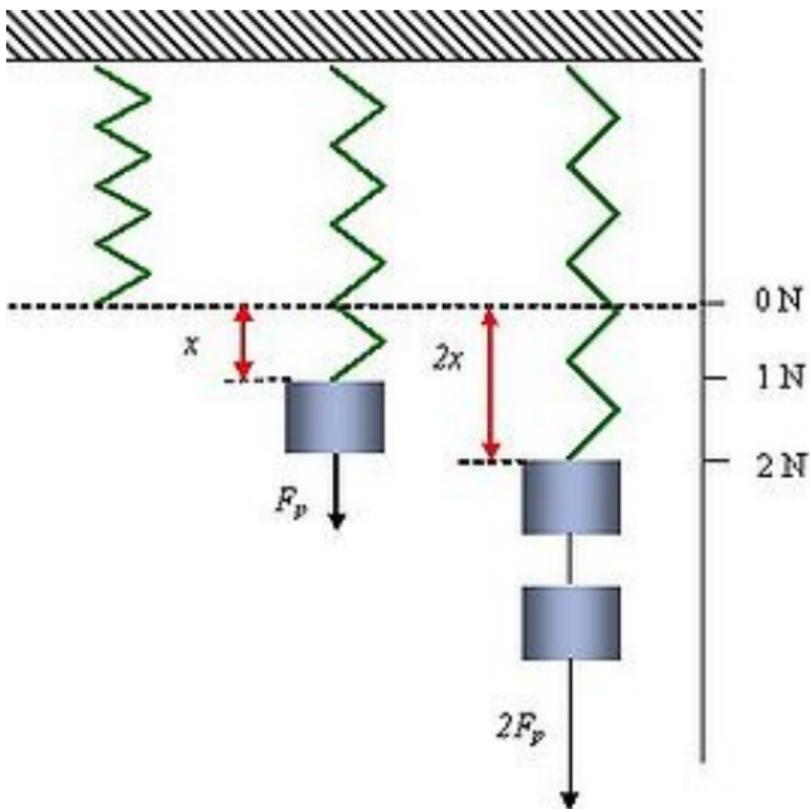
Hanno un modulo, una direzione e un verso.

L'unità di misura delle forze è il **Newton, (N)**.

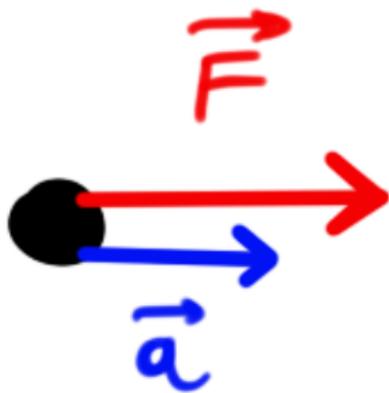
$$1 N = 1 \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

Lo strumento di misura delle forze è il *dinamometro*.





Le forze imprimono accelerazioni ai corpi.



## Prima legge di Newton

Consideriamo un corpo sul quale non agisce alcuna forza. Se il corpo è in stato di quiete, resterà in stato di quiete. Se il corpo si sta muovendo a velocità costante continuerà a muoversi allo stesso modo.

Notazione:

$$F_0 + F_1 + F_2 + \cdots + F_k =$$
$$= \sum_{i=0}^k F_i$$

(sommatoria)

## Seconda legge di Newton

$$\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

$\sum \mathbf{F}$  è la forza **risultante**.

Un oggetto è in equilibrio\* quando la forza risultante è nulla.

È un'equazione vettoriale che si può dividere per componenti:

$$\sum F_x = ma_x$$

$$\sum F_y = ma_y$$

$$\sum F_z = ma_z$$

La componente dell'accelerazione lungo un dato asse è determinata solo dalla somma delle componenti delle forze lungo l'asse medesimo e non dalle componenti delle forze lungo altri assi.

**ES** Una slitta carica, dalla massa di 240 kg, viene spinta parallelamente al suolo ghiacciato ( $\rightarrow$  no attrito), con una forza di 130 N. Quale accelerazione acquisisce?

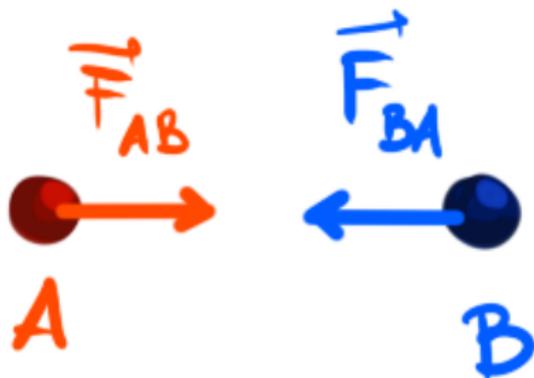
$$F = ma \quad \rightarrow \quad a = \frac{F}{m}$$

$$a = \frac{130N}{240kg} = 0.54m/s^2$$

Le forze si manifestano a coppie  
(azione-reazione).

## Terza legge di Newton

$$\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA}$$



I due membri di una coppia azione-reazione agiscono sempre su *corpi diversi*, per cui non si combinano a dare una forza risultante e non si elidono a vicenda.

# ESEMPI DI FORZE

# La forza peso

massa  $\neq$  peso

La *massa* è una caratteristica intrinseca e immutabile di un corpo, e si misura in Kilogrammi. È una grandezza scalare.

Il *peso*  $P$  di un corpo è la forza con cui l'oggetto viene attratto verso il centro del corpo astronomico più vicino. È una grandezza vettoriale.

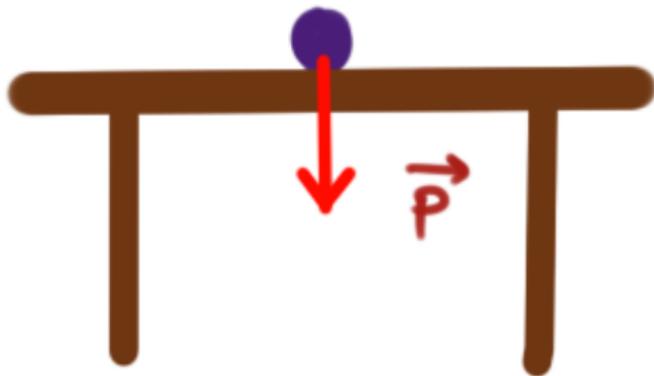
Sulla terra:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

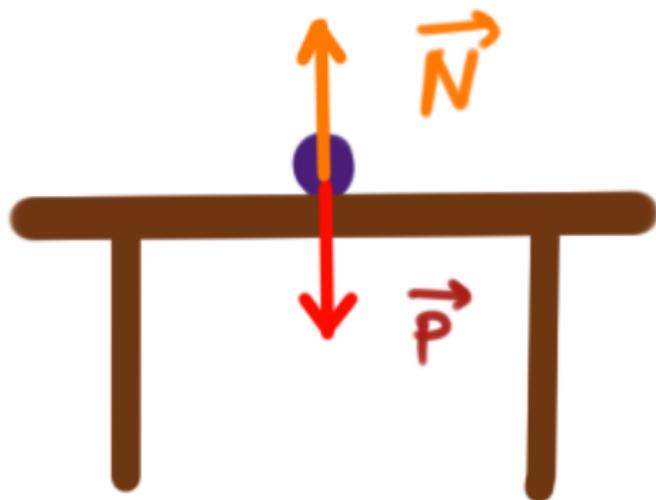
$$\vec{P} = -mg \mathbf{j}$$

**ES.** Una palla da bowling potrebbe pesare 71 N sulla terra ma solo 12 sulla luna. La massa, 7.2 kg, è la stessa in entrambi i luoghi.

**OSS:** Per la terza legge di Newton, la forza con cui la Terra vi attrae è uguale e contraria alla forza con cui voi attrete la Terra.



# Forza normale / reazione vincolare

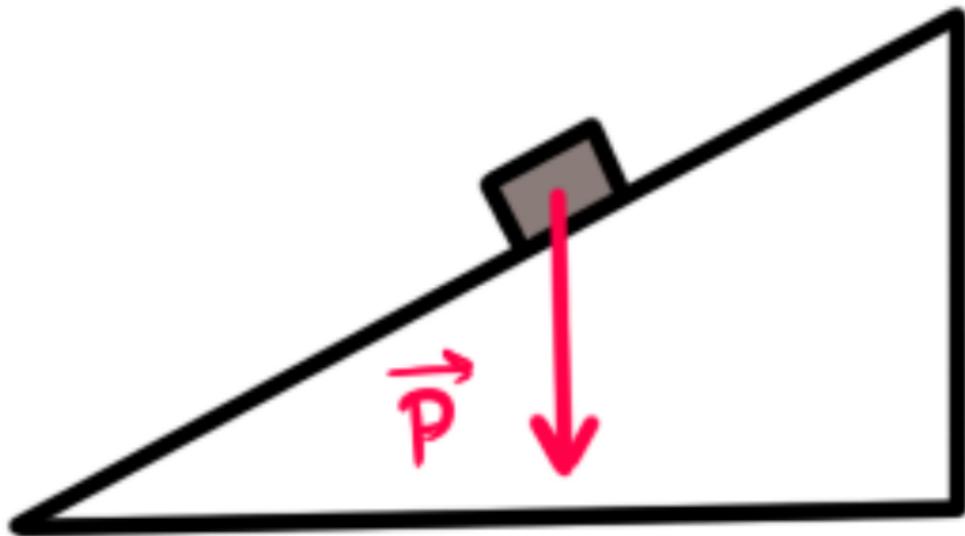


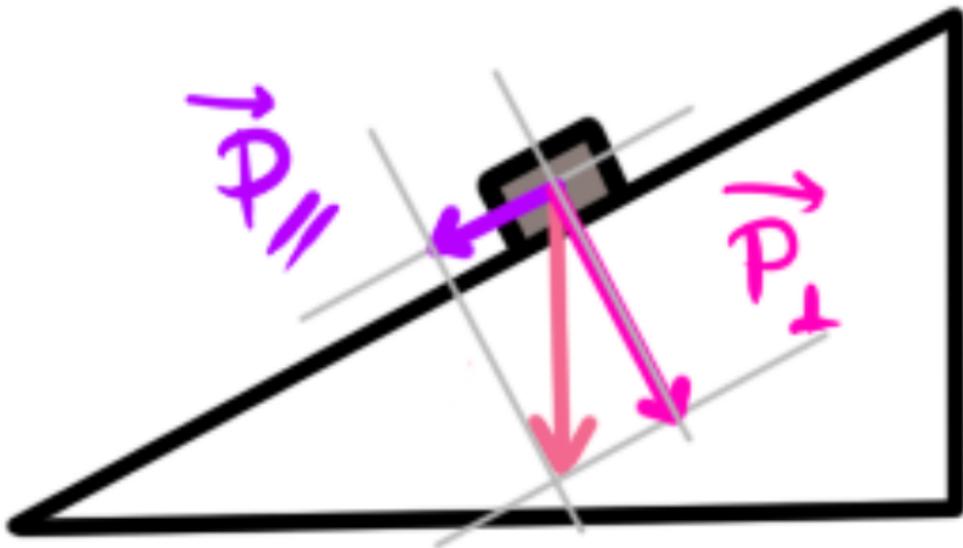
Si chiama **vincolo** un oggetto che impedisce ad un altro oggetto di fare certi movimenti.

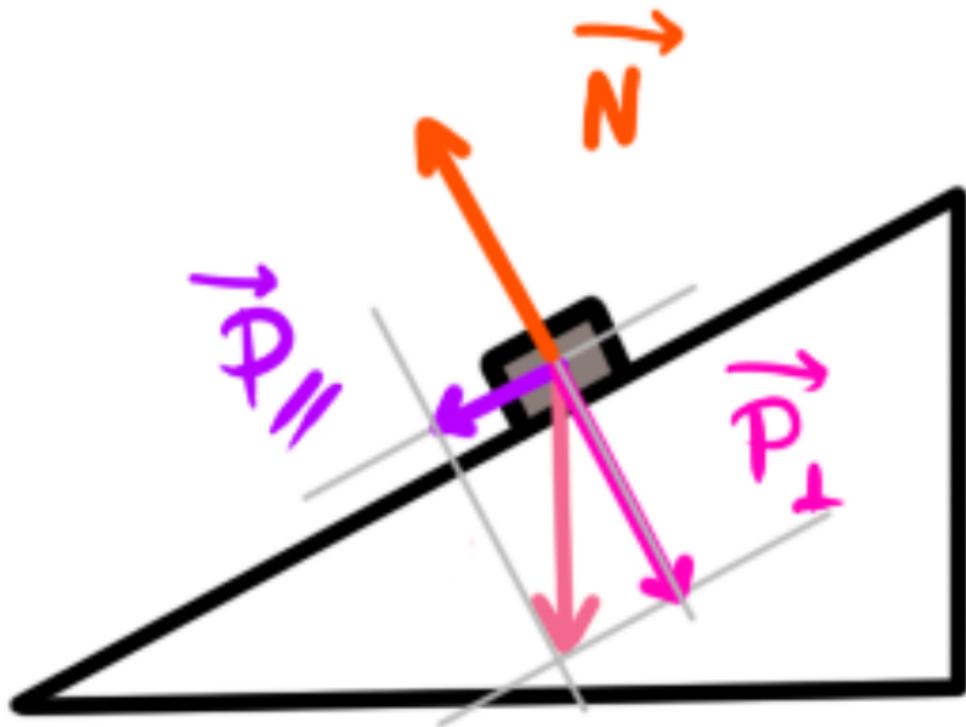
Le forze esercitate dai vincoli sono dette **reazioni vincolari**.

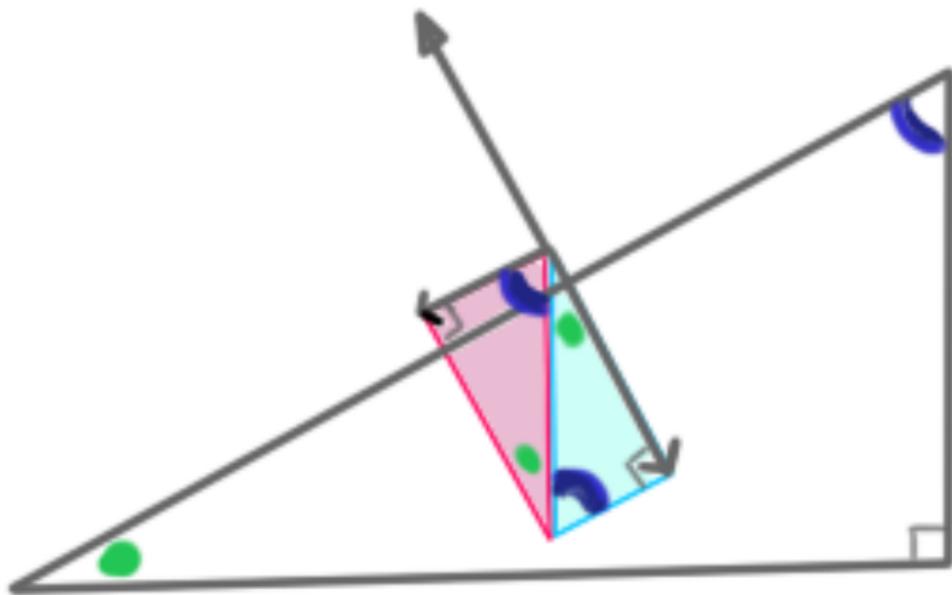
La reazione vincolare è sempre perpendicolare al piano su cui viene esercitata la forza peso dell'oggetto.

E se il piano su cui è appoggiato un corpo è inclinato?



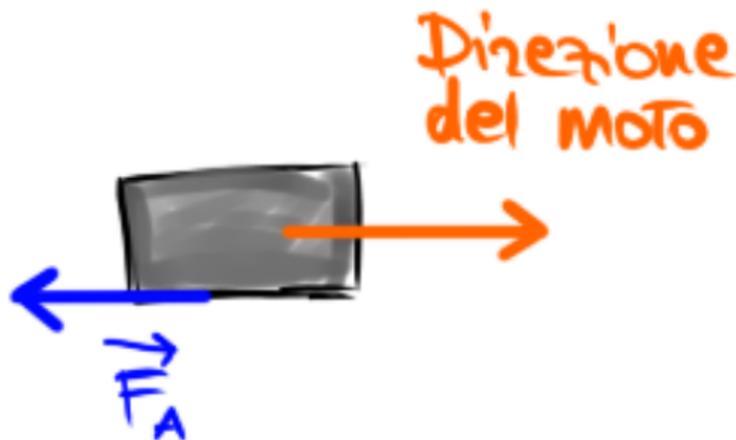


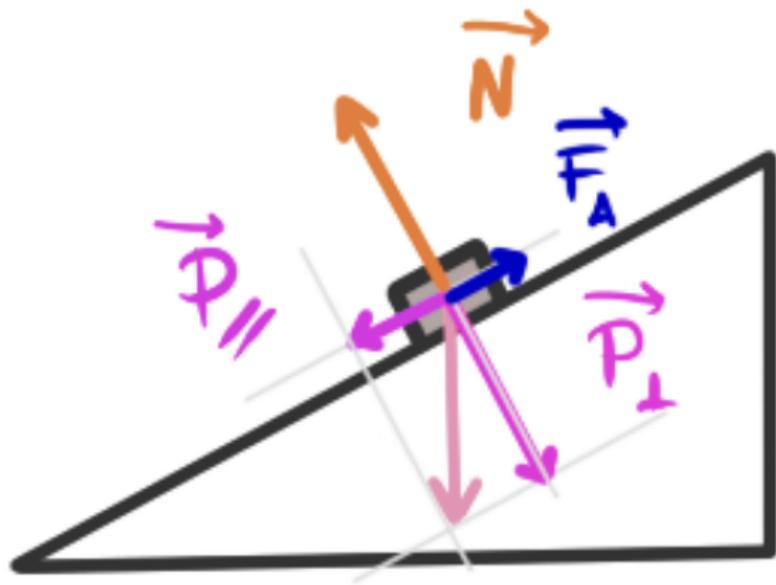




# Attrito

La forza d'attrito agisce parallelamente alla superficie, in direzione opposta al moto desiderato.

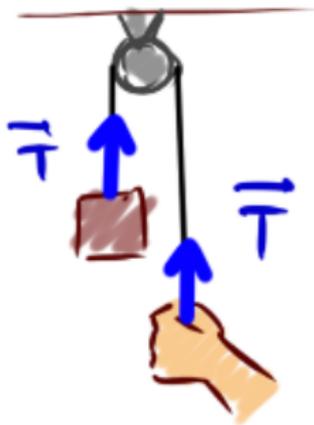
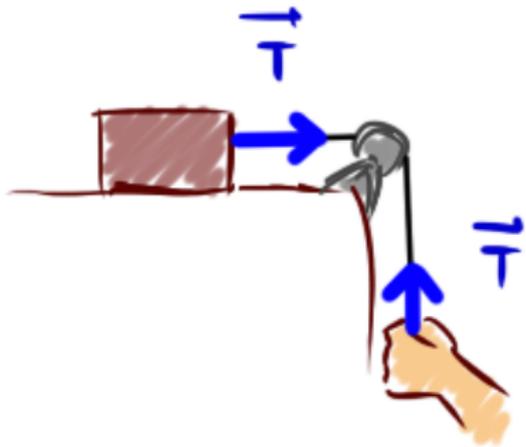




# Tensione

Forza che si ha quando un filo (o una fune o un cavo) è fissato ad un corpo e tirato.

Spesso si considera il filo come oggetto senza massa e non soggetto ad allungamento; è solo un collegamento tra due corpi, ed esercita su entrambi i corpi una forza in ciascuno dei due estremi, dello **stesso modulo**.



# Forze d'attrito

Quando due corpi si muovono mantenendosi a contatto l'uno con l'altro, su ciascuno di essi si esercita una **forza d'attrito** che ostacola il movimento.

# Attrito statico

statico: nessuno dei due corpi a contatto si muove

es. armadio

**Forza di primo distacco**= valore della più piccola forza che fa muovere il corpo.

Rappresenta la massima forza di attrito statico.

La forza di primo distacco è proporzionale alla forza premente al piano di appoggio.

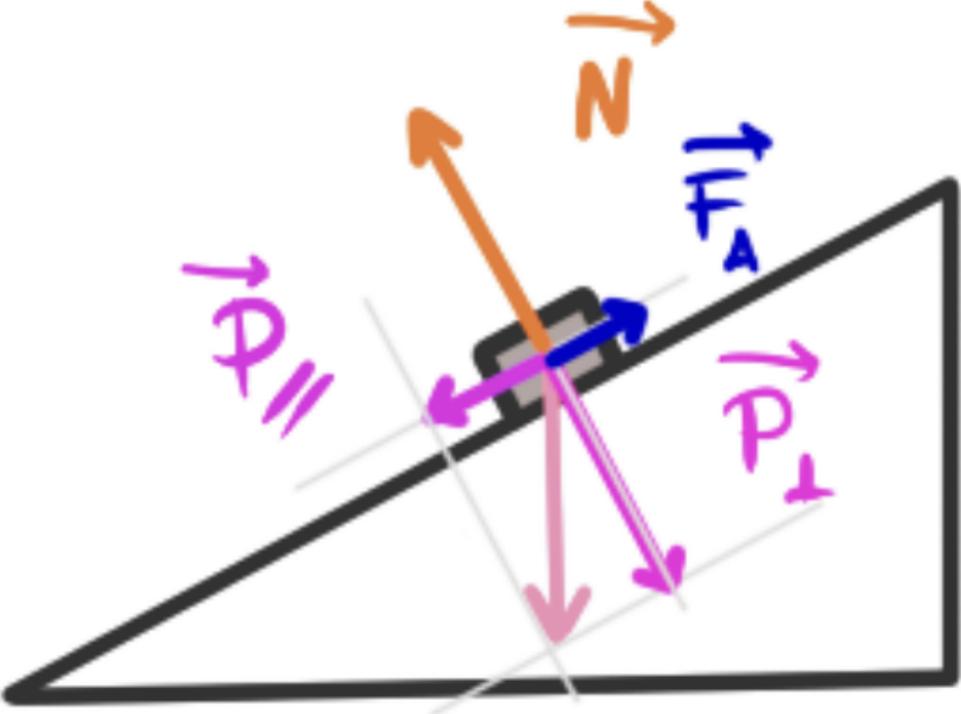
$$\text{coefficiente di attrito statico } (k_s) = \frac{\text{modulo della forza di primo distacco}}{\text{modulo della forza premente}}$$

oss: non ha unità di misura

# Alcuni coefficienti di attrito

<b>superfici a contatto</b>	<b>coefficiente</b>
Legno - legno	0,5
Gomma - asfalto asciutto	1
Gomma - asfalto bagnato	0,7
Sci - neve frasca	0,10

es:



In generale:

$$0 \leq \vec{F}_A \leq k_s \vec{F}_\perp$$

**es:**

Per una cassa di legno che pesa 100 N poggiata su un pavimento di legno ( $k_s = 0,5$ ), qual'è la forza di primo distacco?

$$F_{As} = k_s \cdot F_p = k_s \cdot P = 0,5 \cdot 100N = 50N$$

Se la cassa fosse su un pavimento di legno inclinato, la forza risulterebbe minore.

# Attrito dinamico

Una volta che il corpo è in movimento, la forza di attrito decresce rapidamente.

La forza necessaria al primo distacco è superiore a quella necessaria per mantenere il moto.

## Coefficiente di attrito dinamico ( $k_d$ )

$$F_{Ad} = k_d \cdot P_{\perp}$$

<b>superfici a contatto</b>	$k_s$	$k_d$
Legno - legno	0,5	0,3
Gomma - asfalto asciutto	1	0,8
Gomma - asfalto bagnato	0,7	0,6
Sci - neve frasca	0,10	0,05

ES.

Un' Audi A4 pesa circa 1560 kg. Che forza devo imprimere per mantenere una velocità costante su una strada piana?  $k_d = 0,8$ .

$$F_{Ad} = k_d P_{\perp} = 0,8 \cdot (1560 \cdot 9,8) = 12230,4 N$$

Per avere velocità costante ie equilibrio:

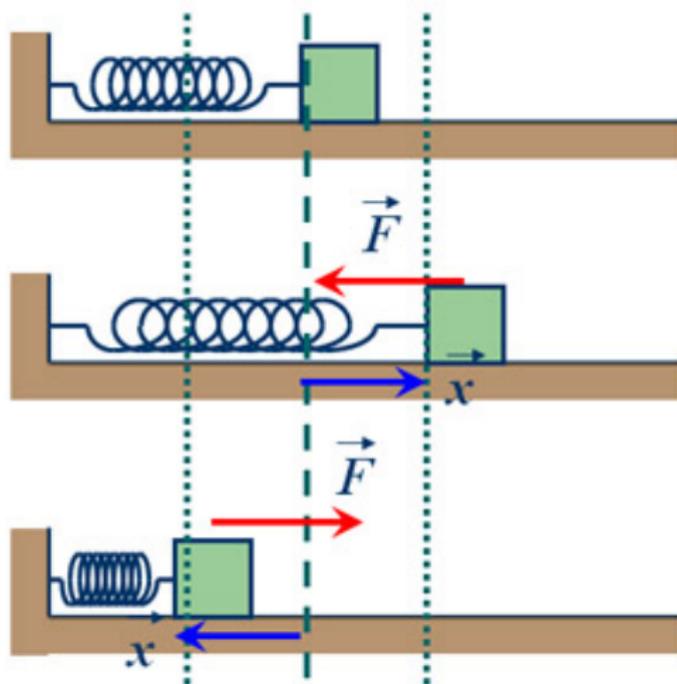
$$\mathbf{F} = -\mathbf{F}_{Ad}$$

# Attrito del mezzo

Nel caso in cui il corpo si muova in un fluido.

La forza dovuta a questo attrito non è costante ma dipende dalla forma e dalla velocità del corpo.

# Forze elastiche



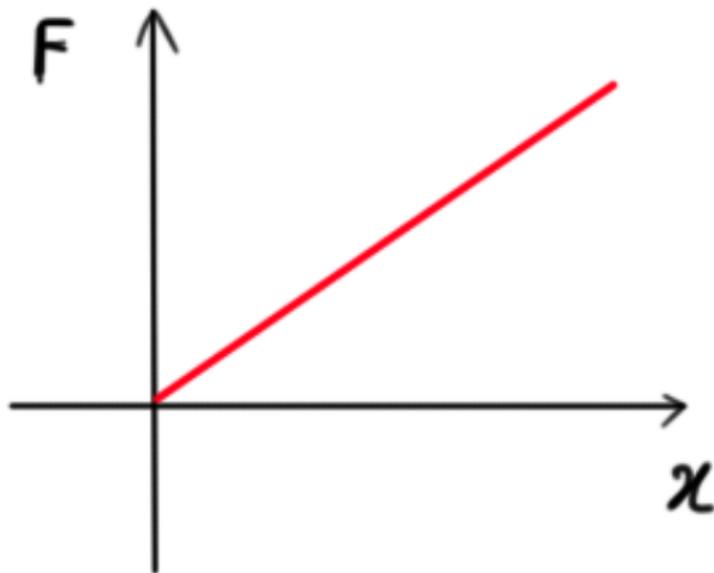
# Forza di una molla

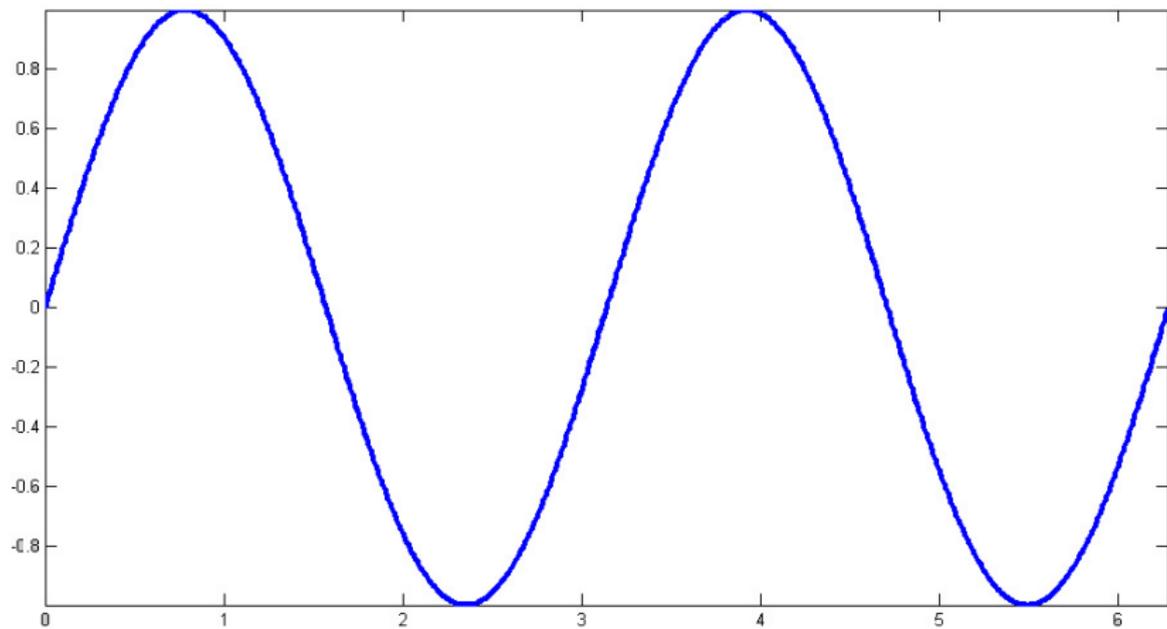
## Legge di Hooke

$$\mathbf{F} = -kx$$

$k$  è la costante della molla, è una misura della rigidità della molla.  $x$  è l'allungamento

É una forza variabile: dipende dalla posizione del punto.





Con la seconda legge di Newton:

$$F = -kx = ma$$

$$a = -\frac{k}{m}x$$