

# Seconda Legge DINAMICA: $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$

(Le grandezze vettoriali sono indicate in grassetto...  
e anche in arancione)

# Unità di misura:

**Massa  $m$  si misura in kg,**

**Accelerazione  $a$  si misura in  $m/s^2$ ,**

**Forza  $F$  si misura in  $kg\ m/s^2$ , a cui si da il nome di **NEWTON (N)****

**Cosa vuol dire:**

**Applicare una forza di 1  
Newton?**

**Vuol dire applicare una forza  
che accelera una massa di 1 kg  
di 1 m/s<sup>2</sup>.**

**Quindi, in generale, se si applica una  
forza ad un corpo, esso accelera!**

# Seconda Legge DINAMICA: $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$

Come si calcola l'accelerazione del corpo nei casi (1), (2), (3) e (4)?  
Conoscendo la massa  $m$  del corpo si calcola il vettore accelerazione  $\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$ .

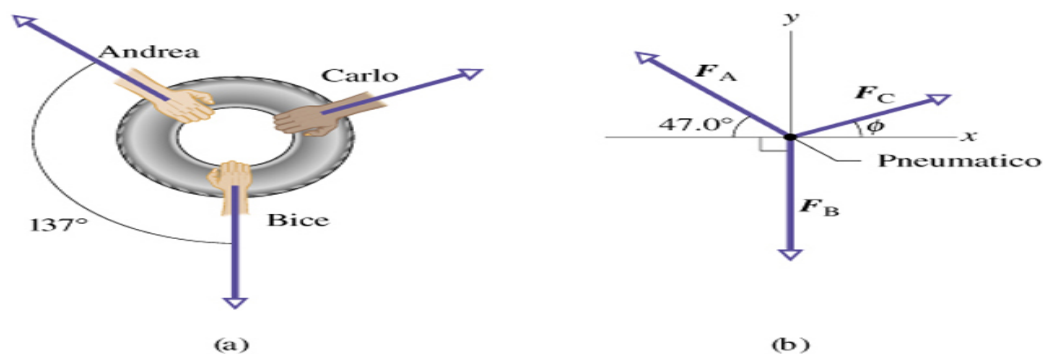
Il vettore  $\mathbf{F}$  è la somma vettoriale dei vettori forza applicati al corpo.



Caso (1): La forza risultante è  $F_1 = 8$  Newton verso destra;

Caso (2): La forza risultante è  $F_2 = 2$  Newton verso destra;

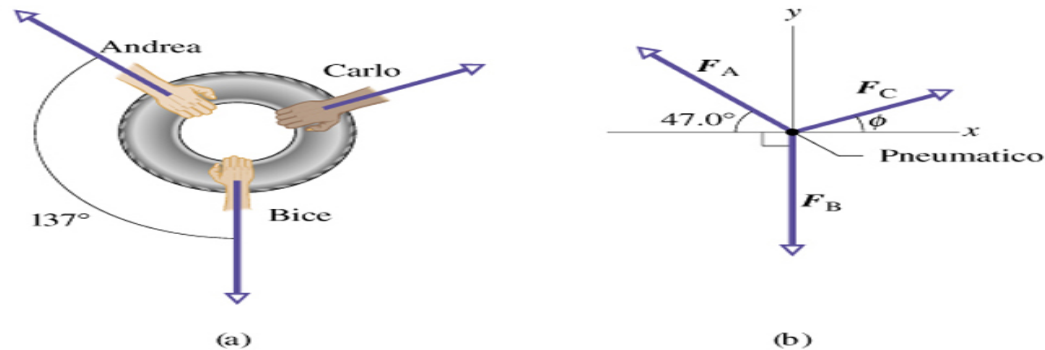
## Altro Esempio di applicazione della seconda legge della dinamica



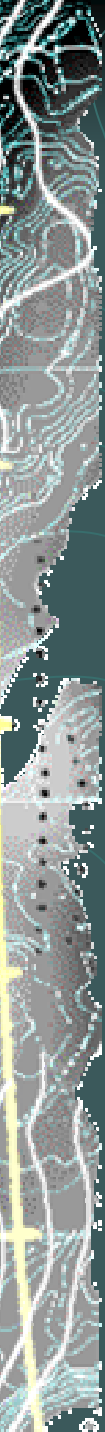
Anche in questo caso conoscendo la massa del pneumatico ed i valori delle tre forze  $\mathbf{F}_A$ ,  $\mathbf{F}_B$ ,  $\mathbf{F}_C$  è possibile calcolare il valore della accelerazione  $\mathbf{a} = \mathbf{F}/m$ .

Importante:

Le tre forze  $\mathbf{F}_A$ ,  $\mathbf{F}_B$ ,  $\mathbf{F}_C$  sono vettori quindi:



- 1) Scomporre le forze lungo gli assi X e Y
- 2) Calcolare le componenti X e Y della accelerazione
- 3) Calcolare il modulo della accelerazione risultante



Stabilita la Seconda Legge della Dinamica è necessario:

INTRODURRE LA SCALA DELLE MASSE.

Vogliamo misurare una massa  $M$ .

- 1) Colleghiamo la massa  $M$  ad una forza costante (quella esercitata da  $A$  attraverso la fune) e misuriamo l'accelerazione  $A$ .
- 2) Sostituiamo  $M$  con una massa, tenendo fisso il corpo  $C$  di riferimento  $M_0$  e misuriamo la nuova accelerazione che sarà  $A_0$ .

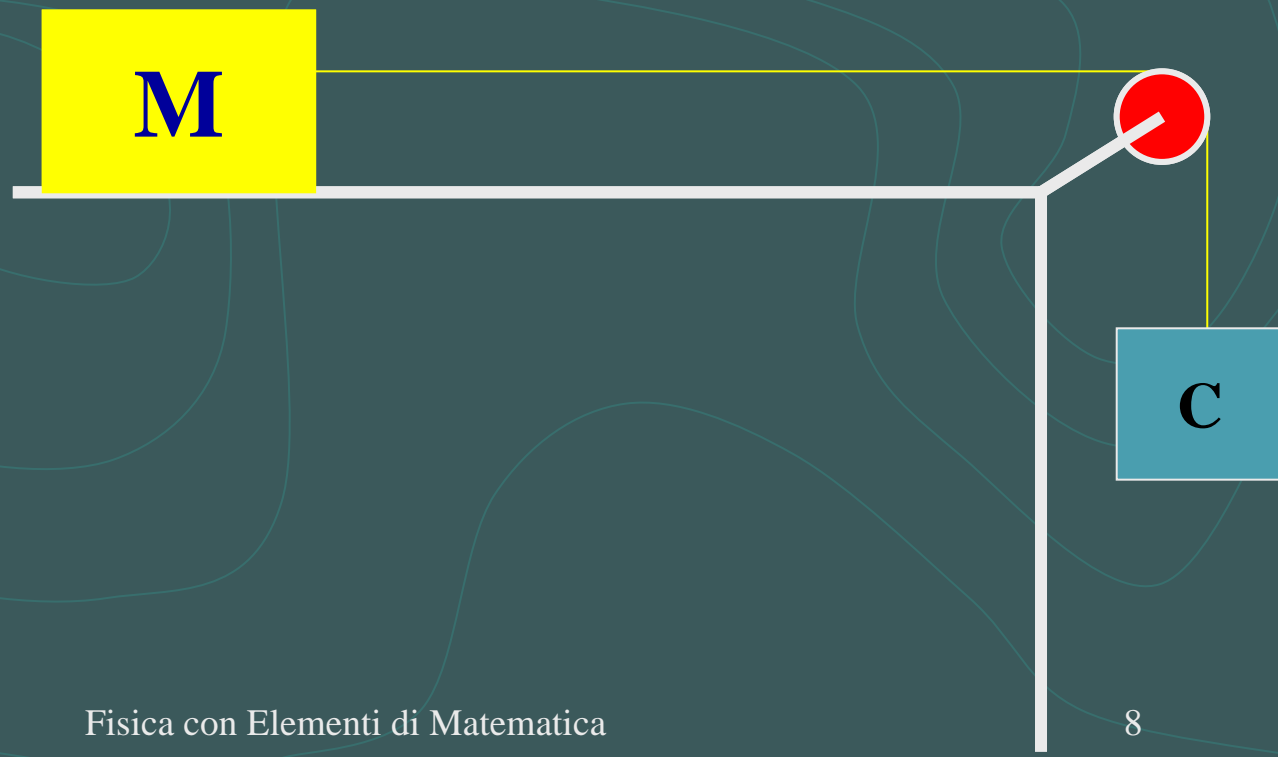
Risulta:

$$F = MA$$

$$F = M_0 A_0$$



$$M = M_0 A_0 / A$$





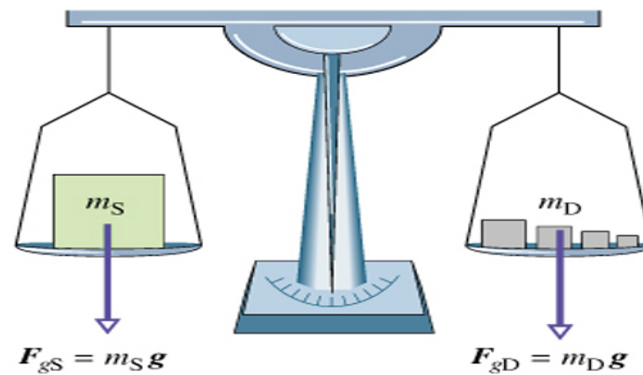
# FORZA GRAVITAZIONALE: $F_g$

Forza che attrae un corpo verso un secondo corpo. Per il momento consideriamo SEMPRE come secondo corpo il pianeta TERRA.

Poiché i corpi accelerano verso il centro della TERRA con accelerazione  $\mathbf{g} \rightarrow$  la forza gravitazionale è  $\mathbf{F}_g = m\mathbf{g}$ .

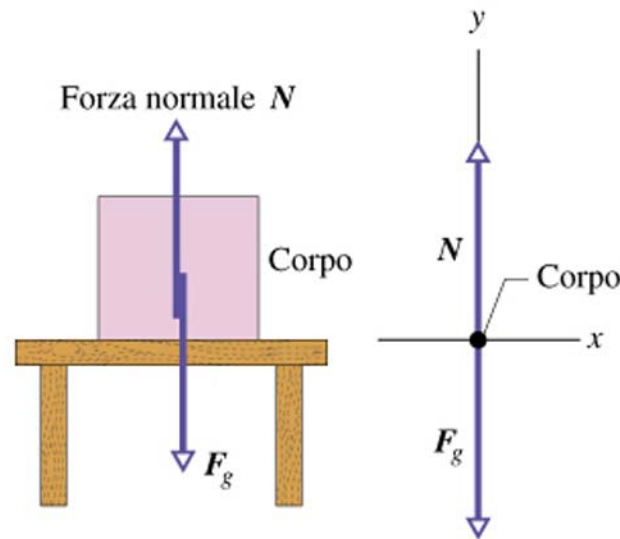
Il peso  $P$  di un corpo è uguale al modulo della forza gravitazionale  $F_g$  agente su quel corpo

Bilancia: permette di misurare una massa incognita per mezzo di masse campione.



La massa incognita è indicata con  $m_S$ , sul piatto di destra della bilancia vengono poste delle masse campione, precedentemente misurate.

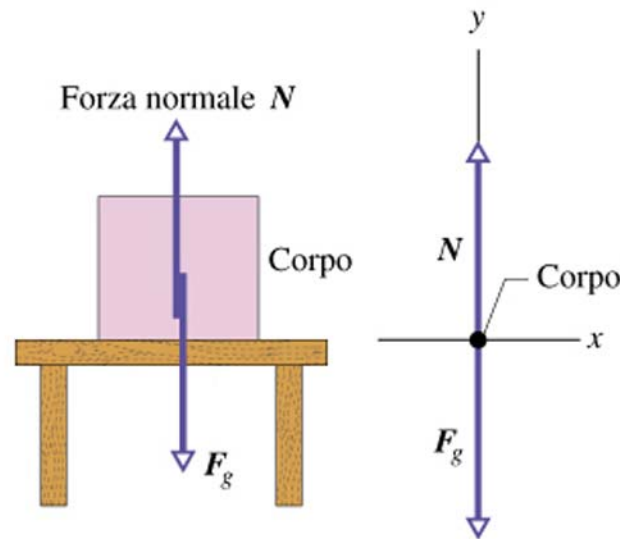
# FORZA NORMALE (1)



Il corpo di massa  $m$  è soggetto alla forza Gravitazionale ma è fermo, cioè  $\mathbf{a} = 0$ .

Se è fermo vuol dire che la risultante delle forze agenti sul corpo deve essere nulla. Quindi oltre alla forza peso agisce anche un'altra forza eguale ed opposta.

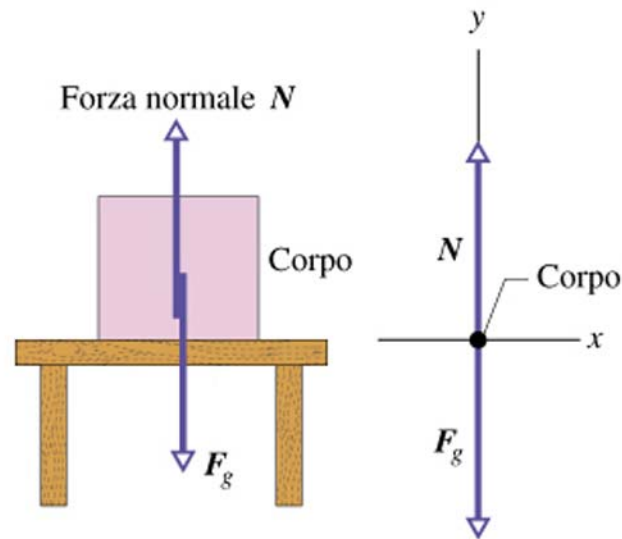
# FORZA NORMALE (2)



Il tavolo subisce una piccola deformazione e tende a riportarsi perfettamente in piano spingendo il corpo verso l'alto.

Questa forza eguale ed opposta è la forza di reazione esercitata dal TAVOLO sul corpo e si chiama FORZA NORMALE  $N$ .

# FORZA NORMALE (3)

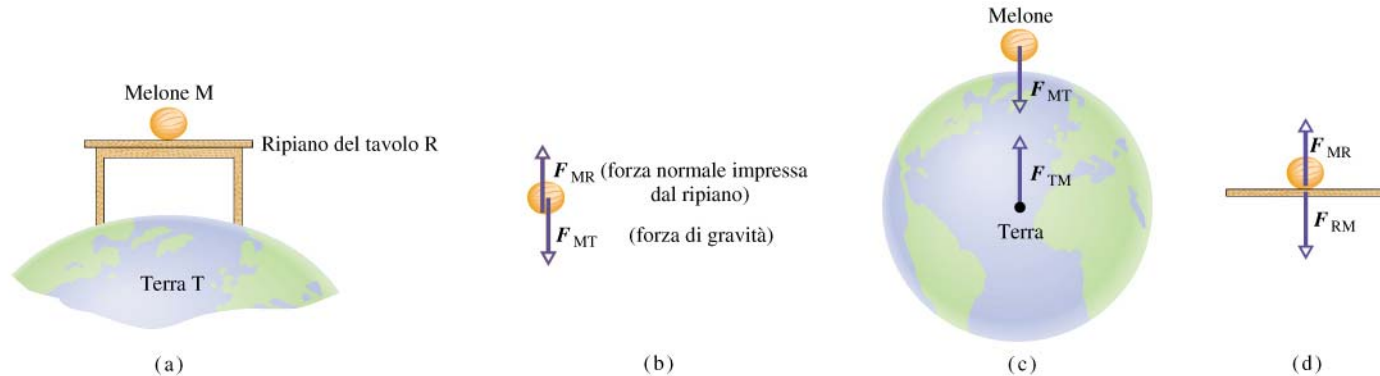


La FORZA NORMALE  $N$  è diretta verso l'alto e vale, in modulo,  $mg$ .

# TERZA LEGGE DELLA DINAMICA

Generalizziamo le considerazioni fatte nel caso del sistema  
Corpo – Tavolo.

Si tratta di due corpi interagenti e tra di essi c'è una coppia  
di forze di azione e reazione.



Quando due corpi interagiscono , le forze esercitate da  
un corpo sull'altro sono uguali in modulo e direzione ma  
di verso OPPOSTO.

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

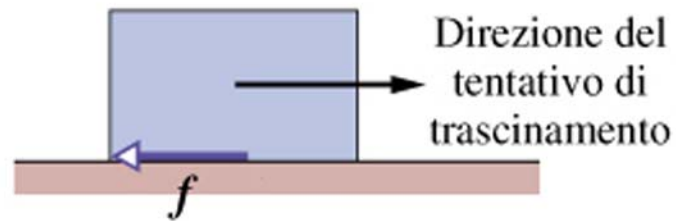
**IMPORTANTE: LA RELAZIONE è VETTORIALE!!!**

# Alcune altre forze particolari oltre la forza peso e la forza normale

- Forza d'attrito
- Tensione
- Forza centripeta
- Forza elastica

# FORZA D'ATTRITO

Supponiamo di avere un blocco di ferro a cui si applica una forza  $F$  per trascinarlo su un blocco di legno. In questo caso si stabilisce una forza che si oppone al movimento.



La forza d'attrito dinamico  $f$  si **OPPONE** sempre al movimento ed ha modulo  $\mu N$ , dove  $N$  è la forza **NORMALE**.

In questo caso  $N = mg$ , quindi  $f = \mu mg$

Il coefficiente ha sempre valore  $\mu < 1$



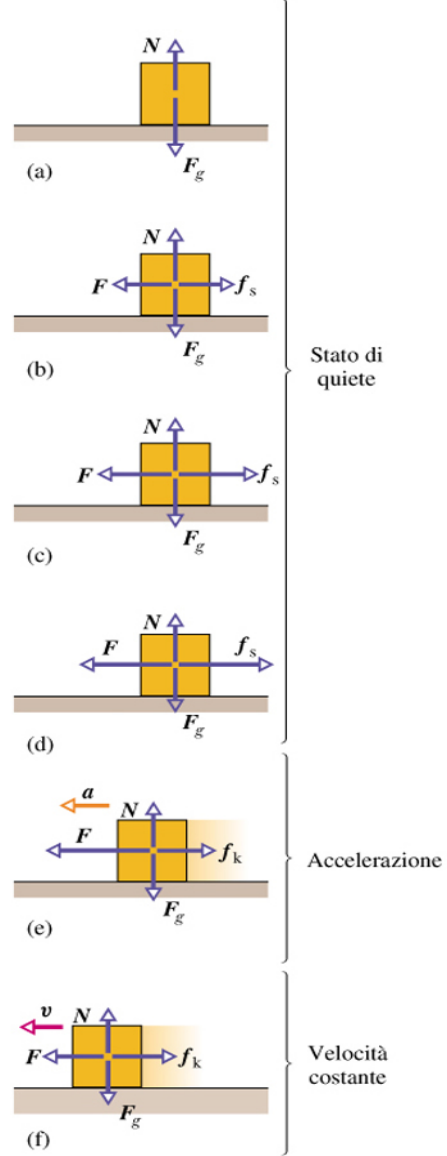
# FORZA D'ATTRITO STATICO (1)

Consideriamo una grossa cassa appoggiata sul pavimento.

Applichiamo una forza  $F_1$  parallela al pavimento e la cassa NON si muove  $\rightarrow$  Esiste una forza  $f_s$  - detta forza di attrito statico, eguale ed opposta ad  $F_1$  si oppone al movimento.

Aumentiamo la forza da  $F_1$  ad  $F_2 > F_1$  e la cassa ancora non si muove, passiamo ad  $F_3 > F_2$ , poi  $F_3 > F_2$ , ecc

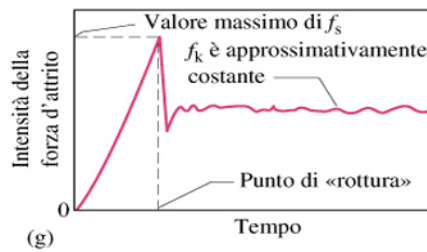
Il valore della forza di attrito statico  $f_s$  è sempre eguale ed opposto alla forza applicata.

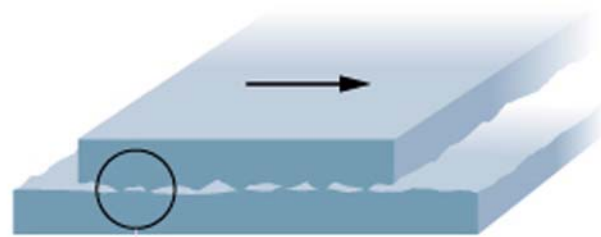
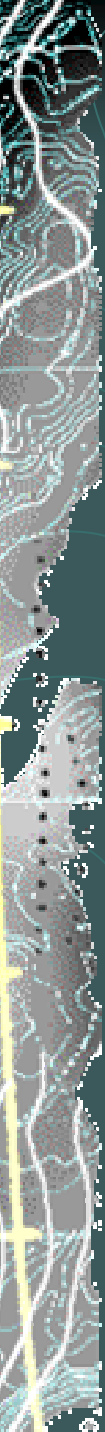


Stato di quiete

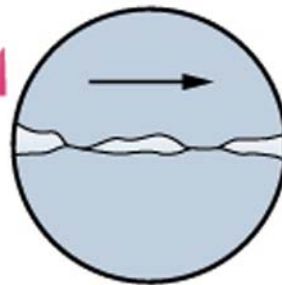
Accelerazione

Velocità costante





(a)



(b)

# FORZA D'ATTRITO STATICO (2)

Arriviamo ad un valore della forza applicata  $F_M$  tale che la cassa comincia a muoversi.

La FORZA DI ATTRITO STATICO può arrivare ad un valore  $f_{S,\max}$  uguale ed opposta ad  $F_M$ ,

$$f_{S,\max} = \mu_S N$$

dove  $\mu_S$  = **coefficiente di attrito statico**  
ed  $N$  = **reazione normale.**

# FORZA D'ATTRITO STATICO (3)

Esempio: un cassa è appoggiata sul pavimento.

$$M_{\text{cassa}} = 80 \text{ kg}, \mu_s = 0.45$$

Calcolare la forza necessaria a mettere in movimento la cassa.

**Soluzione:**

**La reazione normale vale  $N = 80 * 9.8 \text{ Newton} = 784 \text{ Newton}$**

**$f_{S,\text{max}} = \mu_s N = 0.45 * 80 * 9.8 \text{ Newton} = 352.8 \text{ Newton}$**

# FORZA D'ATTRITO DINAMICO (1)

Se la cassa comincia a scivolare lungo il pavimento, l'intensità della forza di attrito decresce rapidamente sino al valore  $f_D = \mu_D N$

**Importante:**

$\mu_S > \mu_D$  sempre

**L'intensità  $N$  è la FORZA con cui la cassa preme sul pavimento**

Se una persona di massa  $M$  si siede sulla cassa, l'intensità della reazione normale diventa  $N' = N + Mg$

Se la cassa è su un piano inclinato di un angolo  $\theta$ , l'intensità della reazione normale diventa  $N' = N \cos \theta$

# FORZA D'ATTRITO DINAMICO (2)

Problema:  
Una cassa conviene:  
spingerla o  
tirlarla?



# TENSIONE

Quando un filo è fissato ad un corpo ed è tirato si dice che esso è sotto **TENSIONE**.



Se la **FORZA** esercitata sul corpo ha intensità di  $50\text{ N}$  →  
la **TENSIONE** nel filo è di  $50\text{ N}$ .

Il filo si considera **IDEALE**: cioè senza massa ed inestensibile



# FORZA CENTRIPETA

Se un punto materiale si muove di moto curvilineo uniforme vuol dire che ha accelerazione centripeta, diretta verso il centro della traiettoria, di modulo pari a

$$a_c = v^2/R$$

La FORZA esercitata sul corpo è chiamata forza centripeta e vale:

$$F_c = mv^2/R$$

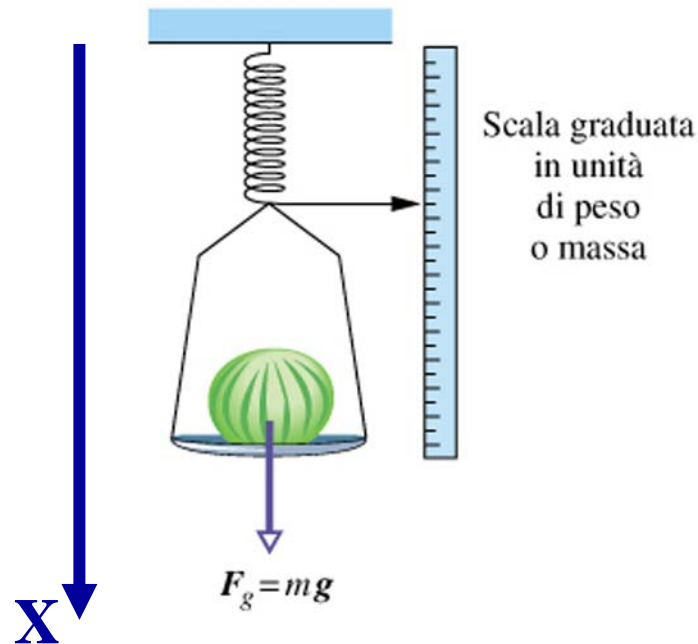
La Forza centripeta può trarre origine da differenti tipi di interazione:

Forza Gravitazionale → Terra che ruota intorno al Sole

Forza Elettromagnetica → Elettrone che ruota attorno al Nucleo Atomico

Forza di Attrito → Automobile che percorre una curva

# FORZA ELASTICA



La molla, sottoposta alla forza peso del corpo subisce una deformazione. La forza ELASTICA è la forza di richiamo che tende a riportare la molla nella sua posizione di riposo.

**$F = -kx\mathbf{u}_x$**        **$k$**  è detta costante elastica delle molla e si misura in [N/m]