

# Le Forze

[www.fisicaxscuola.altervista.org](http://www.fisicaxscuola.altervista.org)

# Le Forze

---

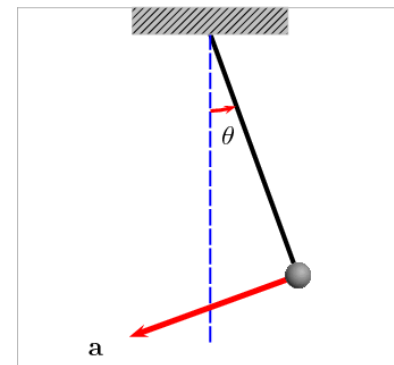
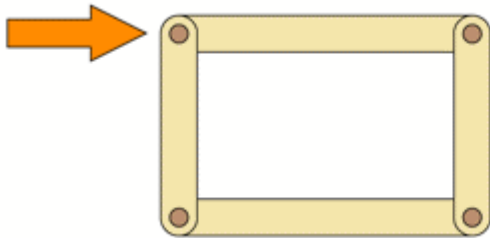
- Definizioni
- Le Forze sono Vettori
- La Forza Peso
- Densità e Peso Specifico
- La Forza Elastica
- La Forza di Attrito
- Le 4 Interazioni Fondamentali

# Definizioni

Si definisce **FORZA** un'azione in grado di causare o modificare il moto di un corpo o di provocarne una deformazione.

Per quanto sopra detto le **FORZE** hanno quindi **2 effetti**:

- ❑ **statico**: quando provoca delle deformazioni nel corpo su cui agisce e, al limite, la rottura;
- ❑ **dinamico**: quando provoca una variazione nello stato di quiete o di moto del corpo su cui agisce.



# Definizioni

---

Le **FORZE** agiscono essenzialmente in **2 modi**:

- ❑ **a contatto**: ad esempio l'attrito, le reazioni vincolari, la forza elastica ...;
- ❑ **a distanza**: ad esempio la forza gravitazionale, le forze elettromagnetiche ....

L'**unità di misura** della **FORZA**, nel **S.I.**, è il **newton** (simbolo N), che si ottiene dalle udm fondamentali:

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

1 newton è la **forza** necessaria a dare ad un corpo di **massa** 1kg una **accelerazione** di  $1m/s^2$ .

Lo strumento di misura della forza è il **DINAMOMETRO**.

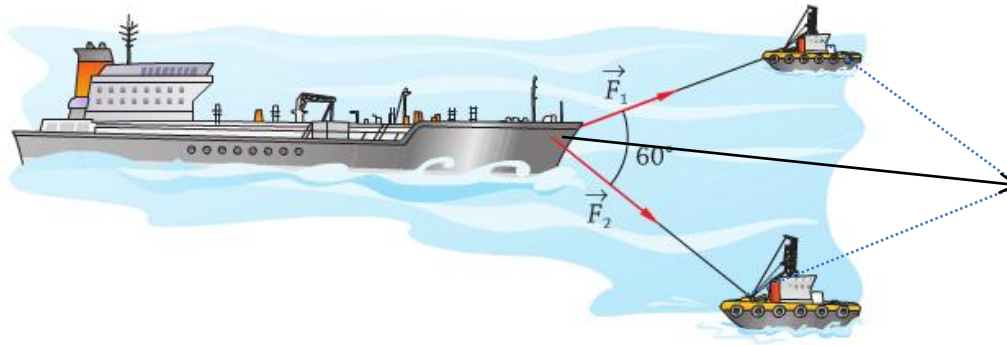


# Le Forze sono Vettori

Le Forze sono grandezze **vettoriali**, sono quindi definite da:

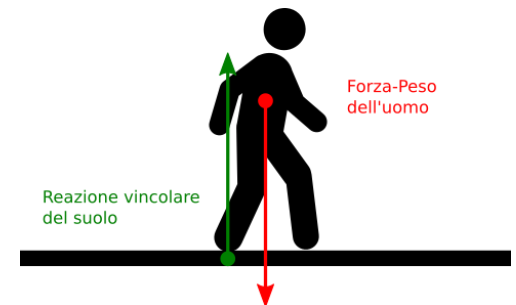
- ❑ **intensità o modulo** (valore numerico e unità di misura);
- ❑ **direzione**;
- ❑ **verso**;
- ❑ **punto di applicazione**.

e si compongono come i vettori.



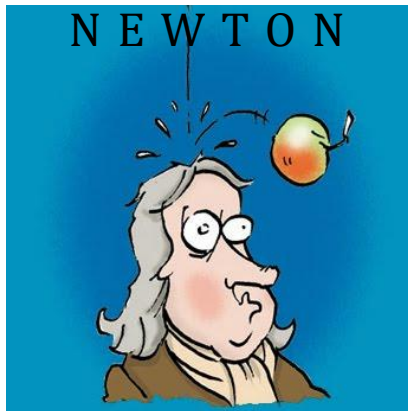
Il vettore ottenuto dalla composizione di tutte le forze in gioco si chiama **RISULTANTE delle FORZE**.

Se la risultante è nulla il corpo si trova in **EQUILIBRIO**.



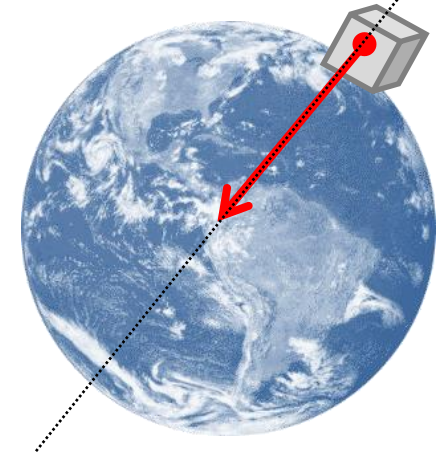
# La Forza Peso

La **FORZA PESO** è la forza con cui la Terra attrae i corpi a sé.



La **FORZA PESO** ha un **modulo** direttamente proporzionale alla massa del corpo, è **applicata** nel baricentro del corpo, è **diretta** lungo la congiungente del corpo con il centro della Terra ed è **orientata** verso il centro della Terra.

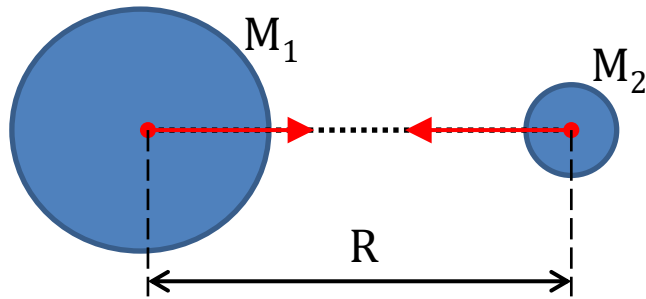
$$\vec{F}_P = m \cdot \vec{g}$$



dove:  $g = 9,81 \text{ ms}^{-2} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  Accelerazione di gravità

# La Forza Peso

La **Forza Peso** è un caso particolare della **Forza Gravitazionale**, la forza attrattiva fra masse, descritta dalla seguente legge:



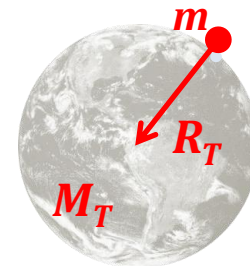
$$F_G = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{R^2}$$

$$G \cong 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$$

**Costante di Gravitazione Universale**

Nel caso della forza peso le masse sono quelle della Terra ( $M_T$ ) e del corpo ( $m$ ) e la distanza è il raggio della Terra ( $R_T$ ):

$$F_P = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R_T^2}$$



$$g_T = \frac{G \cdot M_T}{R_T^2} \cong \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6)^2} \text{ ms}^{-2} \cong 9,81 \text{ ms}^{-2} \cong 10 \text{ m/s}^2$$

# La Forza Peso

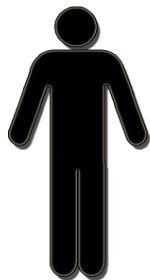
Da quanto detto appare chiaro che, mentre la **massa** è **invariante** ed è caratteristica di un corpo, il suo **peso** può cambiare in quanto dipende anche dall'accelerazione di gravità.

Quindi uno stesso corpo avrà **sempre la stessa massa** sia sulla **Terra** sia sulla **Luna**, ma avrà **pesi diversi**, perché diversa è l'accelerazione di gravità:



$$g_{Terra} = \frac{G \cdot M_T}{R_T^2} \cong \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6)^2} \text{ ms}^{-2} \cong 9,81 \text{ ms}^{-2}$$

$$g_{Luna} = \frac{G \cdot M_L}{R_L^2} \cong \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 7,35 \cdot 10^{22}}{(1,74 \cdot 10^6)^2} \text{ ms}^{-2} \cong 1,63 \text{ ms}^{-2} \approx \frac{1}{6} g_{Terra}$$



$m = 60 \text{ kg}$

$$P_{Terra} \cong 600 \text{ N}$$

$$P_{Luna} \cong 100 \text{ N}$$



# La Forza Peso

---

Ma la forza peso non cambia solo quando si considerano pianeti diversi dal nostro, cambia anche sulla Terra, per una serie di motivi tra cui:

- ❑ **Schiacciamento della Terra ai Poli**

( $R_E = 6378 \text{ km} \Rightarrow g_E = 9.814 \text{ m/s}^2$ ;  $R_P = 6356 \text{ km} \Rightarrow g_P = 9.832 \text{ m/s}^2$ );

- ❑ **Rotazione della Terra**, che produce una forza centrifuga che si oppone all'attrazione gravitazionale;

- ❑ **Variazioni topografiche** (montagne, mari, depressioni ...).

In ogni modo l'insieme di tutto ciò causa delle variazioni dell'accelerazione di gravità  $g$  che, almeno in prima approssimazione, possiamo considerare trascurabili.

# Densità e Peso Specifico

---

Come abbiamo già visto la **densità** di un corpo è una grandezza derivata che dipende strettamente dalle caratteristiche del materiale di cui è costituito il corpo.

Una grandezza molto simile alla densità, legata alla forza peso, è il **peso specifico**, definito da:

$$\text{Densità : } d = \frac{M}{V}$$

$$\text{Peso Specifico : } p_s = \frac{F_P}{V}$$

$$\text{con } [d] = \frac{kg}{m^3} \text{ e } [p_s] = \frac{N}{m^3}$$

Da ciò segue che:

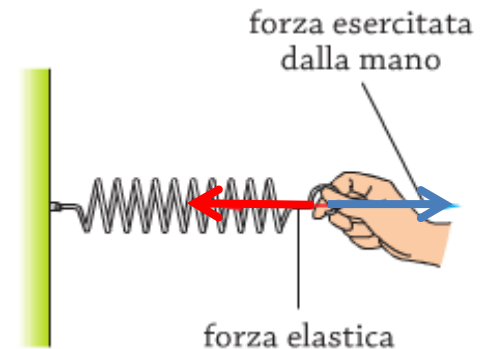
$$\frac{p_s}{d} = \frac{\frac{F_P}{V}}{\frac{M}{V}} = \frac{F_P}{M} = \frac{M \cdot g}{M} = g \Rightarrow p_s = d \cdot g$$

# La Forza Elastica

---

È esperienza comune che quando tiriamo una molla avvertiamo una forza che si oppone all'allungamento della molla stessa, così come quando la comprimiamo avvertiamo una forza che tende a distenderla.

Esiste quindi una relazione tra la **deformazione** della molla e la **forza**, generata dalla molla stessa, che chiameremo **FORZA ELASTICA**, che si oppone a tale deformazione.



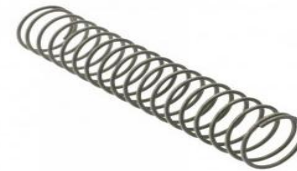
La **FORZA ELASTICA** è quindi una forza interna ai corpi che si **oppone alle deformazioni**.

# La Forza Elastica

---

Possiamo osservare sperimentalmente che:

- ❑ L'elasticità di un corpo dipende essenzialmente dal **materiale**, dalla **forma** e dalle **dimensioni**.

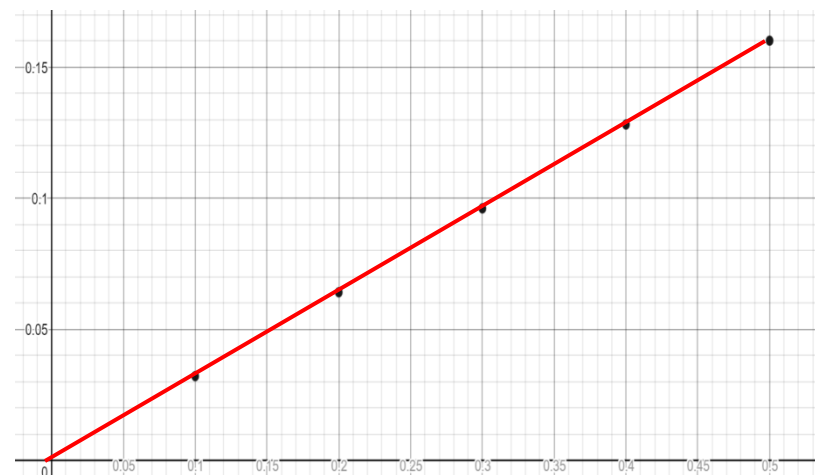


- ❑ Esistono due limiti al regime elastico:
  1. **limite di elasticità**: superato tale limite il corpo si deforma irreversibilmente;
  2. **carico di rottura**: superato tale limite il corpo si rompe.
- ❑ Le **deformazioni** che un corpo elastico subisce sono **proporzionali** alla **forza** che li produce (e quindi alla forza elastica che vi si oppone):  
quanto più grande è la forza tanto più grande è la deformazione.

# La Forza Elastica

Possiamo verificare sperimentalmente la relazione esistente tra forza e deformazioni, riportando in una tabella gli allungamenti che si hanno in una molla sottoposta a forza peso via via crescente:

F [N]	$\Delta L$ [m]	F/ $\Delta L$ [N/m]
0.1	0.032	3,125
0.2	0.064	3,125
0.3	0.096	3,125
0.4	0.128	3,125
0.5	0.160	3,125



$$\frac{F}{\Delta L} = k = \text{Costante Elastica}$$

Il rapporto tra le due grandezze è una costante, detta **costante elastica** che dipende dalle caratteristiche intrinseche della molla stessa, e ciò attesta che tra **forza** e **deformazione** esiste una **diretta proporzionalità**.

# La Forza Elastica

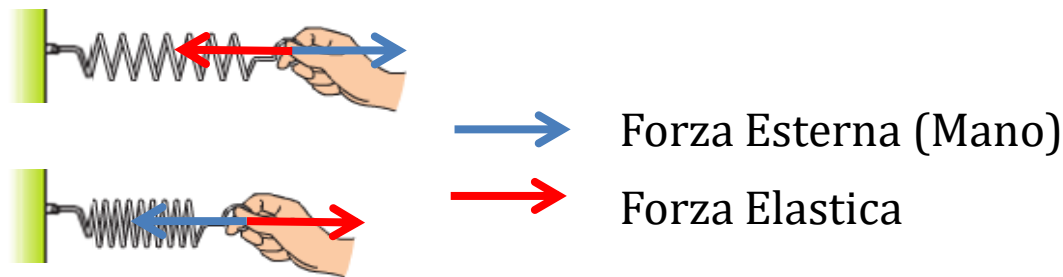
La **forza  $F$**  e la **deformazione  $\Delta L$**  sono **direttamente proporzionali**, il rapporto tra le due grandezze è una costante, detta **costante elastica  $K$** , che dipende dalle caratteristiche intrinseche della molla stessa.

La legge che descrive la forza elastica è:

$$\vec{F}_E = -k \cdot \Delta \vec{L}$$

**LEGGE DI HOOKE**

Il segno meno rende conto del fatto che la **forza elastica agisce sempre in verso opposto rispetto alla variazione** di lunghezza.



La legge di Hooke è valida entro il **limite di elasticità**, superato questo valore limite forza e allungamento non sono più direttamente proporzionali.

# La Forza d'Attrito

---

È esperienza comune che se diamo una spinta, sufficientemente forte, ad un corpo su un altro (ad esempio un libro su un tavolo) questo si muove e dopo un po', se si smette di applicare la forza, si ferma.

Questa “resistenza” al moto **diminuisce** se le superfici a contatto sono maggiormente **levigate**; ad esempio se il libro di cui sopra si trovasse sul ghiaccio basterebbe una spinta minore per metterlo in movimento e si fermerebbe dopo aver percorso uno spazio maggiore.



# La Forza d'Attrito

---

La forza responsabile di tale resistenza è la **FORZA d'ATTRITO**, per la quale sperimentalmente si evincono le seguenti caratteristiche:

- ❑ è una forza che agisce “a contatto”;
- ❑ dipende dal grado di levigatezza dei materiali a contatto;
- ❑ è sempre opposta al moto;
- ❑ è direttamente proporzionale alla componente della forza peso ortogonale alla superficie di contatto;
- ❑ è più difficile mettere in moto un corpo che non mantenerlo in movimento.

**L'attrito** è dovuto al fatto che, anche se le **superfici** sembrano lisce, a livello microscopico presentano delle **irregolarità**.

Quando le superfici dei due corpi entrano in contatto, le asperità tendono ad **incastrarsi** nelle corrispondenti depressioni e ciò ostacola il moto relativo dei due corpi.





# La Forza d'Attrito

---

**ATTRITO STATICO**: interviene **quando il corpo è in quiete** e deve essere “messo in moto”. È una forza con un **effetto “a soglia”**, cioè sino a quando la forza applicata è minore di una certa quantità il **corpo NON si muove**.

La soglia è data da:

$$F_{A_S} = \mu_S F_{P_{\perp}}$$

$\mu_S$  = Coefficiente di attrito statico

La forza di attrito statico è la **minima forza che bisogna applicare al corpo perché esso si metta in moto** (forza di primo distacco).

**ATTRITO DINAMICO**: interviene **quando il corpo è già in movimento**. In tali condizione la forza resistiva di attrito è data da:

$$F_{A_D} = \mu_D F_{P_{\perp}}$$

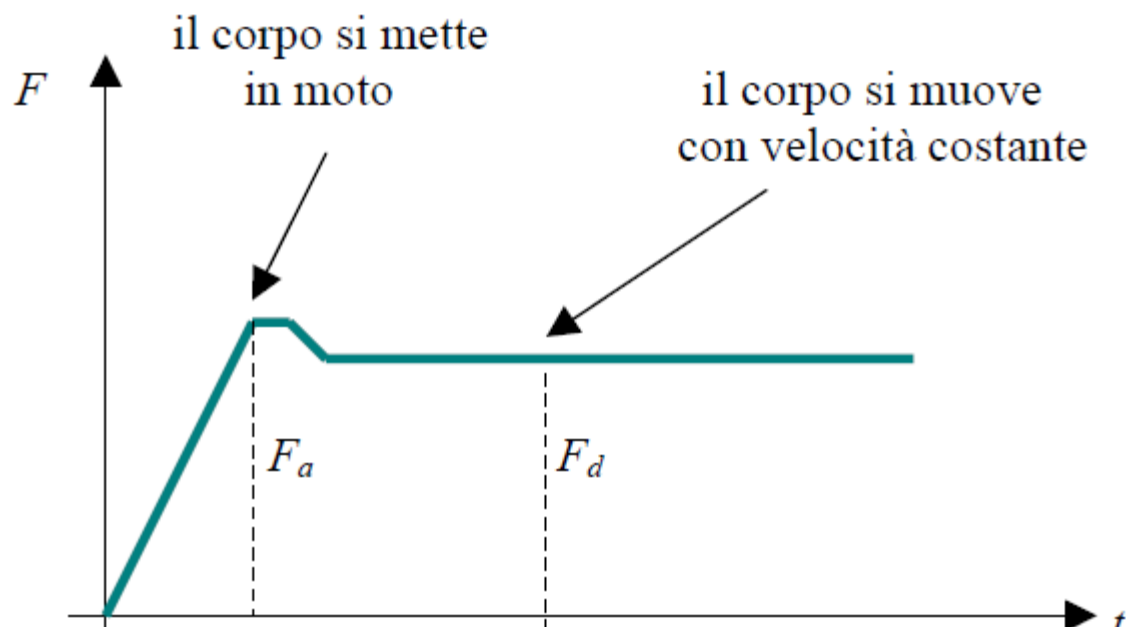
$\mu_D$  = Coefficiente di attrito dinamico

$$\mu_D < \mu_S \Rightarrow F_{A_D} < F_{A_S}$$

L'attrito dinamico è sempre minore dell'attrito statico

# La Forza d'Attrito

Dal punto di vista grafico si ha:

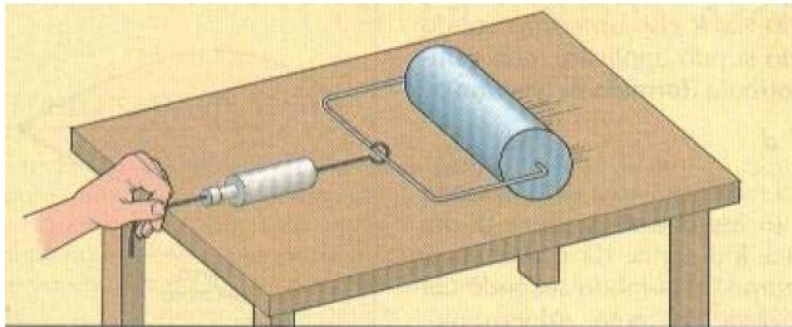


# La Forza d'Attrito

---

Nei casi precedentemente discussi si trattava essenzialmente di **ATTRITO RADENTE**, legato cioè allo “strisciare” di un corpo su un altro.

Diverso è il caso di “rotolamento”, e cioè dall'**ATTRITO VOLVENTE**, che è quella che si manifesta alla interfaccia (superficie di contatto) fra un corpo solido rotondo che rotola su un altro solido, cambiando ad ogni istante la superficie di contatto.



$$F_{Av} = \mu_v \frac{F_{P\perp}}{r}$$

La forza di attrito volvente è minore dell'attrito radente, e questo è il motivo per cui, ad esempio, si usano dei carrelli per spostare oggetti pesanti oppure i cuscinetti a sfera.

# La Forza d'Attrito

---

Infine c'è da sottolineare che la forza d'attrito NON è necessariamente una forza “cattiva”, ad esempio ...

- ❑ È proprio grazie all'attrito che possiamo camminare.
- ❑ Le automobili possono muoversi sulla strada solo quando c'è attrito. Infatti, quando la strada è molto bagnata o coperta di nevischio, e l'attrito è quindi molto ridotto, le ruote slittano, o girano su sé stesse, non facendo procedere il veicolo .
- ❑ Tutti i veicoli possono rallentare e fermarsi grazie alle forze di attrito esercitate tramite i loro freni.
- ❑ I chiodi e le viti tengono unite le parti di un oggetto grazie al grande attrito che si sviluppa contro le fibre dei materiali.

# Attrito nel mezzo

---

Quando un corpo si muove in un liquido o in un gas (cioè in un fluido) subisce effetti di **resistenza da parte del mezzo**, causata dagli urti che il corpo subisce dalle molecole che compongono il fluido.

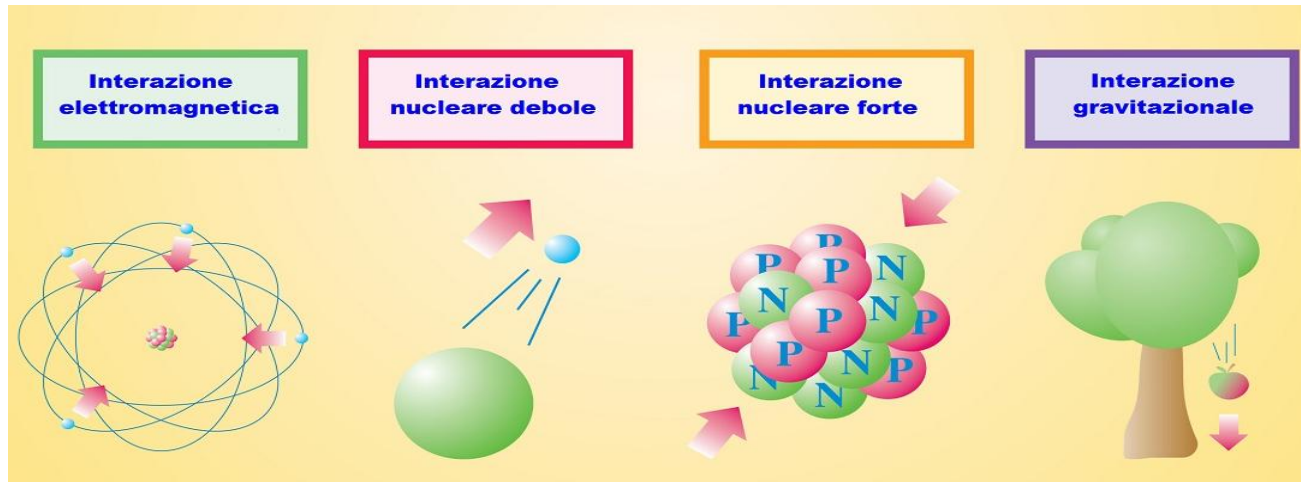
Tale resistenza dipende da:

- ❑ **velocità relativa tra corpo e fluido**, in generale corpi che si muovono più velocemente incontrano una maggiore resistenza del mezzo;
- ❑ **proprietà del fluido**, fluidi più densi e viscosi oppongono maggiore resistenza;
- ❑ **forma e dimensioni del corpo**, i corpi con maggiore estensione subiscono una maggiore resistenza.



# Le 4 Interazioni Fondamentali

La grande varietà delle forze naturali, tra cui quelle che abbiamo visto in precedenza, si riduce a poche forze fondamentali:



- ❑ le forze **gravitazionali** che tengono insieme l'universo, pur essendo le più deboli;
- ❑ le forze **elettriche** e **magnetiche** di cui fanno parte anche tutte le forze di contatto;
- ❑ le forze **nucleari deboli** responsabili della radioattività, processi in cui i nuclei di alcuni atomi emettono particelle e radiazione;
- ❑ le forze **nucleari forti** che tengono insieme i nuclei degli atomi, consentendo la stabilità degli atomi e quindi della materia.