

Dinamica

Le Forze e il Movimento

Dinamica: Le Forze e il Movimento

- Le Forze
- I 3 Principi della Dinamica
- Forza Gravitazionale
- Forza Peso
- Forza Elastica
- Forza di Attrito
- Le 4 Interazioni Fondamentali

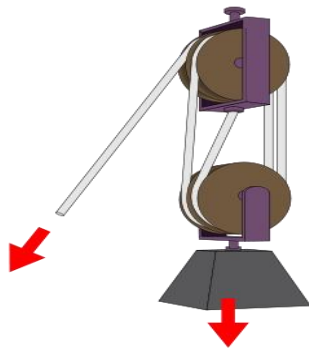
Le Forze

Cosa sono? Come agiscono? Che effetti hanno?

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

Le **FORZE** agiscono in 2 modi:

- ❑ **a contatto**: ad esempio la reazione vincolare, l'attrito;
- ❑ **a distanza**: ad esempio le forze magnetiche, elettriche, gravitazionali.



Le **FORZE** hanno 2 effetti:

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

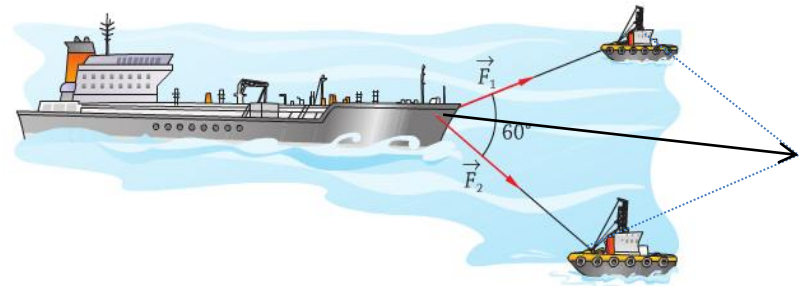


Le Forze

Scalari o vettori? Unità di misura. Strumento di Misura.

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

- ❑ intensità o modulo;
- ❑ 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** è una grandezza fisica **derivata**, la sua **unità di misura**, nel S.I., è il **NEWTON** (simbolo **N**), che si ottiene dal prodotto delle unità di misura della massa e dell'accelerazione (vedi 2° principio della dinamica):

$$\text{Newton} : N = \text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2 = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Lo strumento che ci consente di misurare le forze si chiama **Dinamometro**.



Dinamica

I 3 Principi della Dinamica

La Dinamica è la parte della fisica che studia le relazioni fra il moto dei corpi e le cause che lo determinano e/o lo modificano.

1° Principio: Principio di Inerzia

Ogni corpo, se sottoposto a forze con risultante nulla, continua nel suo stato di **quiete** o di **moto rettilineo uniforme**.

2° Principio: Legge Fondamentale della Dinamica

La forza risultante applicata a un corpo è uguale al prodotto della massa del corpo per la sua accelerazione:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

3° Principio: Principio di Azione e Reazione

A ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria.

1° Principio della Dinamica

1° Principio: Principio di Inerzia

Ogni corpo, se sottoposto a forze con risultante nulla, persevera nello stato di quiete o di moto rettilineo uniforme.

Il 1° principio è detto di **inerzia** in quanto l'**inerzia** è la **tendenza di un corpo a mantenere lo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme.**

È esperienza comune che mettere in moto o fermare un corpo è tanto più difficile quanto più grande è la sua massa. Da ciò si deduce che **l'inerzia di un corpo è proporzionale alla massa del corpo stesso.**

Il principio di inerzia rappresenta un punto di rottura rispetto alla fisica aristotelica in quanto l'assenza di forze è messa in relazione non solo con la quiete ma anche con il moto rettilineo uniforme.

Poiché la particolarità del moto rettilineo uniforme è che la velocità è vettorialmente costante (cioè in modulo, direzione e verso) possiamo desumere che **la presenza di forze sia collegata alle variazioni di velocità, quindi all'accelerazione.** Ciò porta al 2° principio della dinamica.

2° Principio della Dinamica

2° Principio: Legge Fondamentale della Dinamica

La forza risultante applicata a un corpo è uguale al prodotto della massa del corpo per la sua accelerazione:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Sperimentalmente si determina che **forza applicata e accelerazione prodotta sono direttamente proporzionali**: raddoppiando, triplicando, quadruplicando ... la forza si ha che raddoppia, triplica, quadruplica ... anche l'accelerazione.

Il fattore costante di proporzionalità risulta essere proprio la **massa**, che rappresenta, pertanto, una **misura dell'inerzia del corpo**, cioè della resistenza che il corpo oppone al variare del suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme.

Il 2° principio concorda perfettamente con il 1°, infatti l'unico moto per il quale l'accelerazione è nulla è il moto rettilineo uniforme, per il quale la velocità è costante come vettore, cioè in modulo, direzione e verso. **Pertanto l'unico moto compatibile con l'assenza di forze è il moto rettilineo uniforme, concordemente con quanto afferma il 1° principio.**

3° Principio della Dinamica

3° Principio: Principio di Azione e Reazione

A ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria.

In base a questo principio se un corpo A applica una forza F_{AB} su un corpo B, allora il corpo B applica sul corpo A una forza F_{BA} uguale in modulo e direzione, ma opposta in verso:

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

Il 3° principio attesta che **non esistono forze singole, ma solo coppie di forze**, agenti però su corpi diversi e pertanto catalogabili come interazioni reciproche.

Il 3° principio "spiega" come sia fisicamente possibile compiere molte delle azioni che quotidianamente facciamo, come ad esempio camminare!



Forza Gravitazionale

Newton, nel 1686, concluse che i pianeti fossero sottoposti ad una forza attrattiva che regolava il loro moto e chiamò tale forza **Gravitazionale** e la formalizzò nella:

LEGGE DI GRAVITAZIONE UNIVERSALE

Due punti materiali, di massa M_1 e M_2 , si attraggono con una forza F di intensità **direttamente proporzionale al prodotto delle masse dei singoli corpi e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza** R :

$$F = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{R^2} \quad \text{con} \quad G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$$

Newton si rese conto che la legge di gravitazione universale era responsabile non solo dei moti di rotazione dei pianeti intorno al Sole, ma anche della forza attrattiva con cui la Terra attrae a sé tutti i corpi (**Forza Peso** o, semplicemente, **Peso**), che è quindi un caso particolare della **Forza Gravitazionale**, in cui sono fissati G , M_T (Massa della Terra) e R (Raggio della Terra):

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}; \quad M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}; \quad R = 6373 \text{ km} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$$

Forza Peso

Rapporto fra Forza Gravitazionale e Forza Peso

Possiamo quindi ricavare la costante g (accelerazione di gravità):

$$F_P = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} \cdot m = m \cdot a = m \cdot g \quad \Rightarrow \quad g = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} = 9,81 \text{ m/s}^2 \cong 10 \text{ m/s}^2$$

Si definisce quindi:

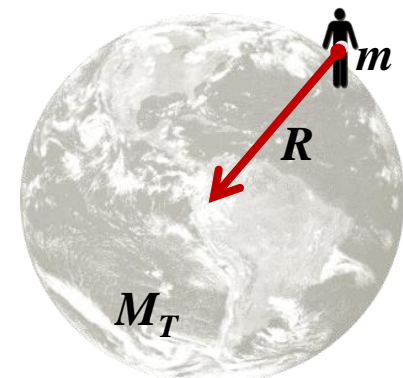
FORZA PESO (il peso) è la **forza** con cui la **Terra** attrae i **corpi** a sé.

La **Forza Peso** ha un **modulo** direttamente proporzionale alla massa del corpo (il prodotto della massa per l'accelerazione di gravità), 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.

$$\text{Forza Peso: } \vec{F}_P = m \cdot \vec{g}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ ms}^{-2} \approx 10 \text{ ms}^{-2}$$

g : Accelerazione di Gravità



Forza Peso e Massa

Da quanto detto appare chiaro che, mentre la **massa** è **invariante** ed è caratteristica di un corpo, il **peso** è una forza che può cambiare in quanto dipende anche dall'accelerazione di gravità (è il prodotto della massa per l'accelerazione di gravità).

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

$$\begin{cases} g_T = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2} \cong \left(6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6)^2} \right) ms^{-2} \cong \mathbf{9,81} ms^{-2} \\ g_L = G \cdot \frac{M_L}{R_L^2} \cong \left(6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{7,35 \cdot 10^{22}}{(1,74 \cdot 10^6)^2} \right) ms^{-2} \cong \mathbf{1,63} ms^{-2} \approx \frac{1}{6} g_T \end{cases}$$



$M=60kg$



$$\begin{cases} F_T = m \cdot g_T \cong 600N \\ F_L = m \cdot g_L \cong \frac{1}{6} F_T \cong 100N \end{cases}$$

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:

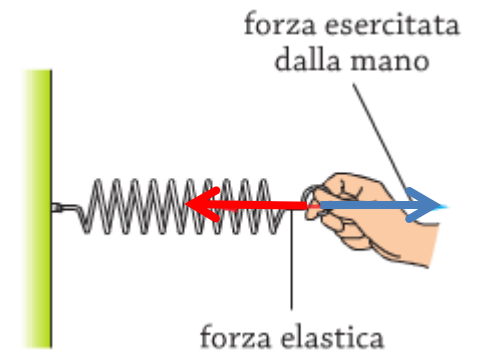
$$\frac{p_s}{d} = \frac{\frac{F_P}{V}}{\frac{M}{V}} = \frac{F_P}{M} = \frac{M \cdot g}{M} = g \Rightarrow p_s = d \cdot g$$

Forza Elastica

1/3

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.

Ciò è in totale accordo con il **PRINCIPIO DI AZIONE E REAZIONE**, secondo il quale ad ogni azione (forza) corrisponde una reazione (forza) uguale ed opposta, cioè avente punto di applicazione, modulo e direzione uguali a quelli della forza primaria, ma verso opposto.



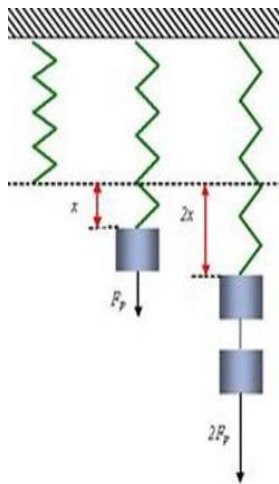
È inoltre evidente che quanto più grande è l'allungamento o la compressione tanto più grande è la forza che vi si oppone.

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

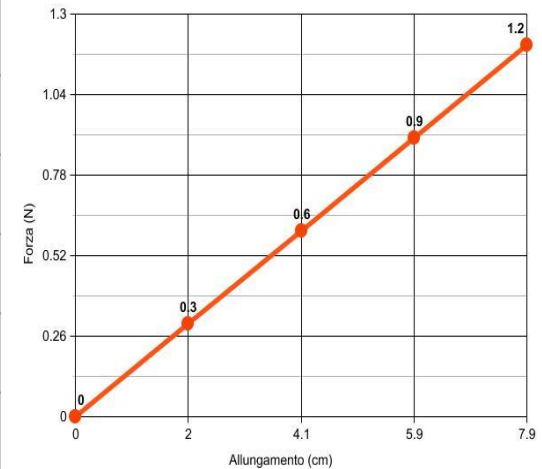
Forza Elastica

2/3

Se riportiamo in una tabella e/o in un grafico gli **allungamenti** (ΔL) e le relative **forze** (F) che li hanno provocati, otteniamo:



F_p [N]	ΔL [m]	$k=F/\Delta L$ [N/m]
1	0,8	1,25
2	1,6	1,25
3	2,4	1,25
4	3,2	1,25
5	4,0	1,25



Ciò attesta che tra forza e deformazione esiste una **diretta proporzionalità**, in quanto il **rapporto tra le due grandezze è una costante**, detta **costante elastica**, che dipende dalle caratteristiche intrinseche della molla stessa:

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

Forza Elastica

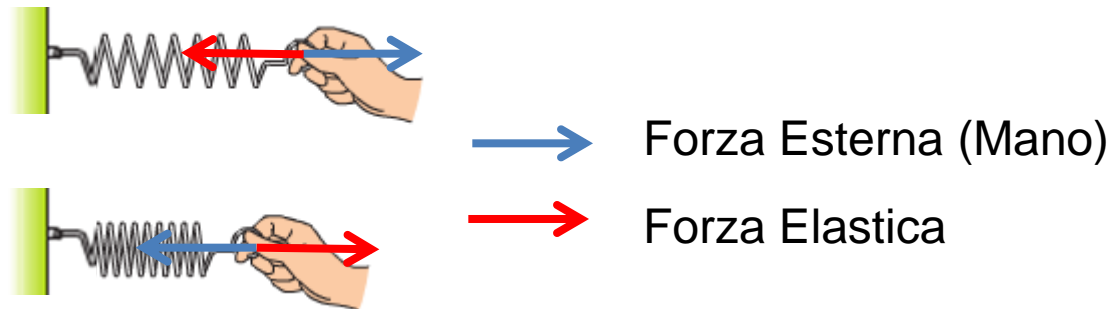
3/3

Pertanto possiamo affermare che 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 certi limiti: se la forza applicata alla molla supera un certo valore, detto **limite di elasticità**, la molla si deforma irreversibilmente e, se supera il **limite di rottura**, si spezza. Superato uno di questi valori limite, forza e allungamento non sono più direttamente proporzionali e la legge di Hooke non è più valida.

Forza d'Attrito

1/5

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

È evidente, inoltre, che questa "resistenza" al moto diminuisce se le superfici a contatto sono maggiormente levigate; ad esempio se la cassa di cui sopra si trovasse su un pavimento molto liscio basterebbe una spinta minore per metterlo in movimento e si fermerebbe dopo aver percorso uno spazio maggiore.



Forza d'Attrito

2/5

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

- ❑ è una forza che si esplica "a contatto";
- ❑ è direttamente proporzionale alla componente della forza peso ortogonale alla superficie di contatto;
- ❑ non dipende dalla dimensione della superficie di contatto;
- ❑ dipende dal grado di levigatezza dei materiali a contatto;
- ❑ è più difficile mettere in moto un corpo che non mantenerlo in movimento.

Forza d'Attrito

3/5

In base a quanto detto in precedenza, quindi, possiamo formalizzare le leggi che regolano la forza d'attrito distinguendo innanzitutto:

ATTRITO STATICO: interviene quando il corpo è in quiete (cioè è fermo) 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:

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

La forza di attrito statico, che una superficie esercita su un corpo che si trova appoggiato su di essa, è la minima forza che bisogna applicare al corpo perché esso si metta in moto.

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

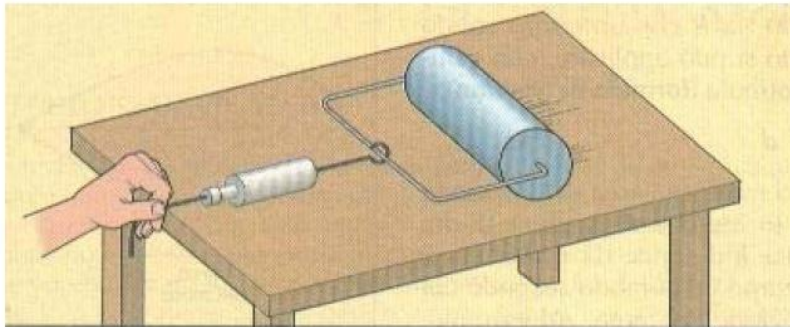
$$F_{A_D} = \mu_D F_{P_\perp} \quad \text{con } \mu_D < \mu_S$$

Forza d'Attrito

4/5

Nei casi precedentemente discussi si trattava essenzialmente di **ATTRITO RADENTE**, legato cioè allo "strisciare" o "scivolare" 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.

Forza d'Attrito

5/5

Infine c'è da sottolineare che la forza d'attrito **NON** è necessariamente una forza "cattiva", ad esempio è essenziale nei seguenti casi:

- ❑ Grazie all'attrito possiamo camminare, in quanto l'attrito impedisce al piede di scivolare e ci consente quindi di muoverci.
- ❑ 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 se 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.

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.

