

U.D.

4

LA FORZA: UNA GRANDEZZA VETTORIALE



La forza: definizione e caratteristiche

1

Nel linguaggio comune quando si parla di forza si intende uno sforzo impiegato in una spinta, in una trazione o in un sollevamento capace di mettere in movimento un corpo, se questo è fermo, oppure di far cambiare direzione o rapidità, se il corpo è già in movimento.

Per esempio un ragazzo che tira un calcio di rigore mette in movimento il pallone fermo sul dischetto; un tennista che risponde a una battuta fa cambiare direzione e/o velocità alla pallina già in movimento.

Se si osserva un bambino che tira un sasso con una fionda si nota, invece, che la forza applicata all'elastico non lo fa muovere, ma lo deforma. In questo caso il corpo non si muove dalla sua posizione, ma si allunga.

Da ciò si definisce che cosa è una forza.

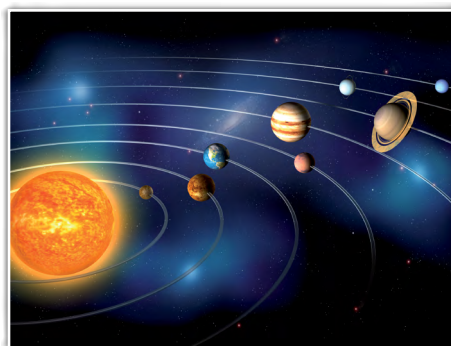
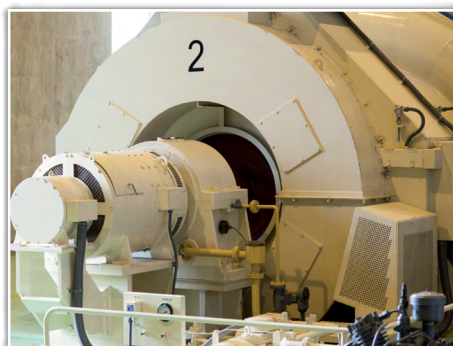
La **forza** è una qualunque causa capace di deformare un corpo o di alterarne lo stato di quiete o di moto.

In natura esistono vari tipi di forza. A seconda del modo in cui agiscono si possono classificare in: forze di contatto e forze a distanza.

- Le **forze a contatto** agiscono da un corpo a un altro per contatto diretto, come per esempio la spinta data a un'altalena, la turbina mossa da un getto d'acqua, ecc. Fanno parte di questa tipologia anche la **forza elastica** e la **forza di attrito**.
- Le **forze a distanza** agiscono senza che vi sia contatto tra i corpi, come per esempio la forza magnetica di una calamita o la forza gravitazionale (**forza-peso**) che attrae i pianeti e il Sole.

A sinistra, forza a contatto: il getto d'acqua attiva la turbina.

A destra, forza a distanza: i pianeti sono attratti dal Sole senza che vi sia fra essi alcun contatto.



2 L'unità di misura della forza

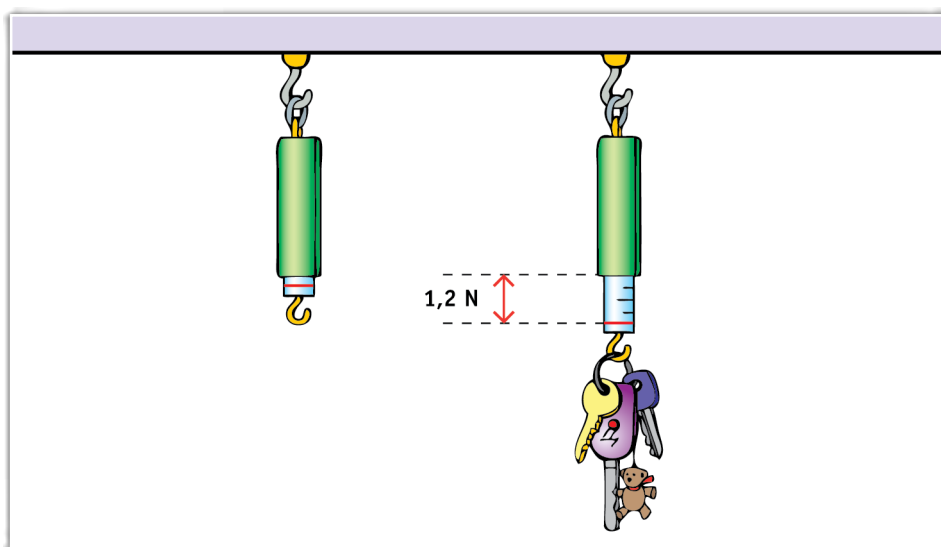
La forza è una **grandezza derivata**.

Nel SI, l'unità di misura della forza è il **newton**, che ha simbolo **N**. Il newton corrisponde all'intensità della forza-peso con cui la Terra attrae un corpo di massa uguale a 102 g.

Per misurare operativamente l'**intensità di una forza** si utilizza uno strumento apposito: il **dinamometro**. Esso è costituito da una molla a spirale contenuta all'interno di un piccolo cilindro graduato.

Il dinamometro, se è sollecitato da una forza di trazione (o meglio, se è sollecitata la molla al suo interno), si allunga di una certa ampiezza, valutabile grazie alla scala graduata. Si può dire che due forze hanno **uguale intensità** se determinano, una volta applicate all'estremità del dinamometro, **allungamenti uguali**.

Si considera ora una particolare forza, il **peso**, cioè la forza con cui la Terra attrae i corpi verso il suo centro. Se a un dinamometro disposto verticalmente si applica un peso campione noto, esso si allungherà verso il basso di un certo valore. Se si applica un altro corpo che determina il medesimo allungamento sul dinamometro, si potrà dire che il peso del corpo è uguale a quello del campione noto.



La molla all'interno del dinamometro si allunga se sollecitata da una forza.

Con i dinamometri si può risalire al valore della forza; in questo caso si parla di **misura statica** della forza.

Quando si deve misurare, invece, il movimento di un corpo (velocità, accelerazione, ecc.), si parla, in questo caso, di **misura dinamica** della forza, che si ottiene attraverso l'applicazione di formule fisiche.



Propagazione del sapere

La taratura del dinamometro

Ogni strumento, per poter essere utilizzato, deve essere **tarato**, cioè deve essere dotato di una scala graduata che permetta di leggere i valori delle misurazioni. Per tarare un dinamometro si può procedere come segue:

- si segna il valore 0 in corrispondenza della posizione in cui si trova la molla quando è scarica;
- si applica alla molla una massa di 102 g, determinando un certo allungamento, quindi si segna in corrispondenza della nuova posizione il valore di 1 N;

- si applica alla molla una nuova massa di 102 g (massa totale applicata 204 g), quindi si segna in corrispondenza della posizione raggiunta il valore 2 N;
- si ripete più volte il processo, per verificare l'attendibilità delle misurazioni.

In questo modo si ottiene una scala graduata, che permette di leggere la misura di una forza-peso incognita applicata alla molla del dinamometro. In altre parole, si dispone ora di uno strumento graduato.

Una grandezza vettoriale

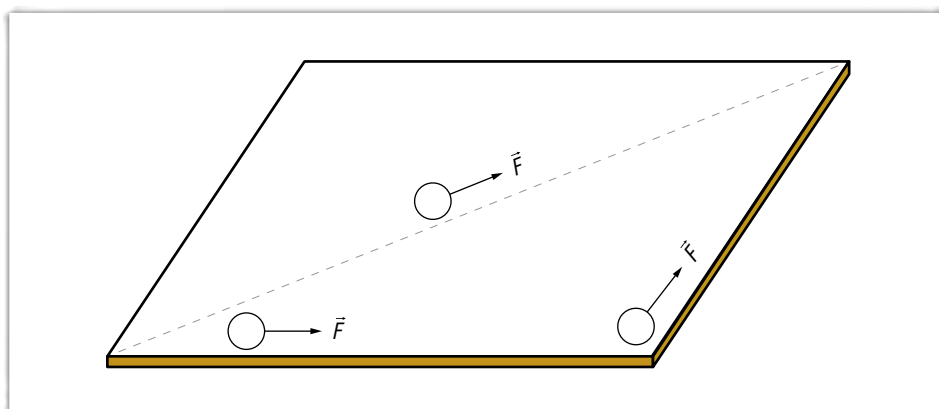
3

Esistono grandezze fisiche quali la massa, il tempo, la lunghezza, l'area, il volume, la temperatura, la densità, l'energia, il calore specifico, la pressione di un fluido, la portata di un tubo, ecc. che possono essere descritte completamente con un numero; queste **grandezze** si dicono **scalari**.

Se si calcola l'area di un rettangolo i cui lati misurano rispettivamente 2 cm e 6 cm, essa risulta di 12 cm² per cui si può dire che l'area è una grandezza scalare perché è pienamente rappresentata da un valore numerico.

Esistono altre grandezze fisiche quali la **forza**, lo spostamento, la velocità, l'accelerazione, ecc. che richiedono un numero per descrivere la loro "intensità", ma necessitano anche di altri elementi.

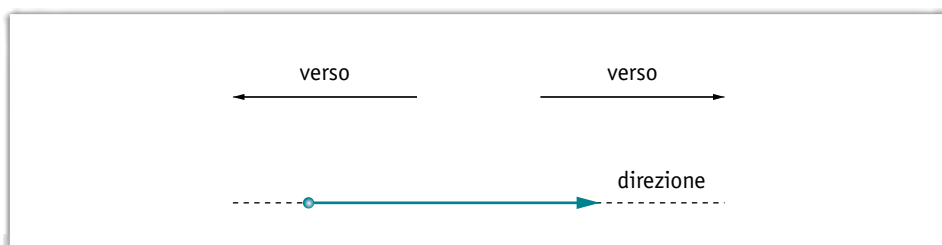
Se si applica una forza avente **intensità** (o modulo) di 3 N a un corpo posto su un tavolo, questa forza può essere applicata in più direzioni, per esempio nella direzione della lunghezza del tavolo, in quella della larghezza o in quella della diagonale.





Per cui non è sufficiente sapere l'intensità della forza, ma è fondamentale anche conoscere in quale **direzione** agisce la forza.

Poiché a una direzione si possono associare due versi, è importante conoscere in quale **verso** la forza è applicata. L'ente geometrico che ha una direzione, un verso e un'intensità si chiama **vettore**.



■ Rappresentazione delle forze

Un vettore è un segmento orientato, la sua lunghezza indica l'intensità, la retta su cui giace il segmento stabilisce la sua direzione, la freccia posta ad un estremo del vettore indica il suo verso.

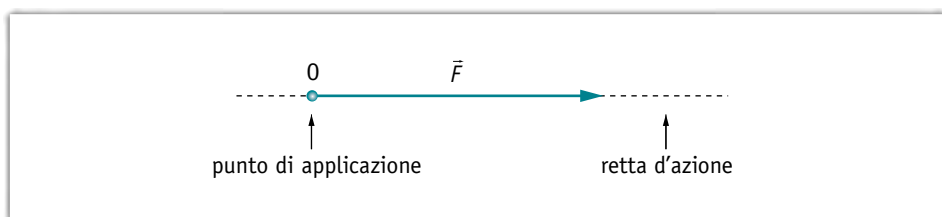
La forza è una **grandezza vettoriale** e viene rappresentata per mezzo di un vettore.



Per descrivere la forza è necessario conoscerne le caratteristiche:

- la **direzione**;
- il **verso**;
- il **punto di applicazione** (o **punto di partenza**);
- l'**intensità** (o **modulo**).

In modo schematico si può rappresentare una forza con una \vec{F} che giace lungo un segmento, il quale indica la sua **retta d'azione** (direzione), come si vede in figura.



Si osserva che:

- O è il punto di applicazione della forza;
- la lunghezza del vettore indica l'intensità;
- la retta d'azione indica la sua direzione;
- la punta della freccia stabilisce il verso in cui essa agisce.

La forza, in quanto grandezza vettoriale, si rappresenta con una freccia posta sopra la lettera che la indica, per esempio \vec{F} .

Se si scrive l'intensità della forza, cioè $F = 3 \text{ N}$, non si deve invece mettere la freccia sopra la lettera F.

■ **Forze uguali**

Basandoci su quanto osservato, si può stabilire quando due forze sono uguali.

Due **forze** sono **uguali** se hanno la **stessa intensità**, la **stessa direzione** e lo **stesso verso**, non è necessario che abbiano lo stesso punto d'applicazione.

La forza risultante

4

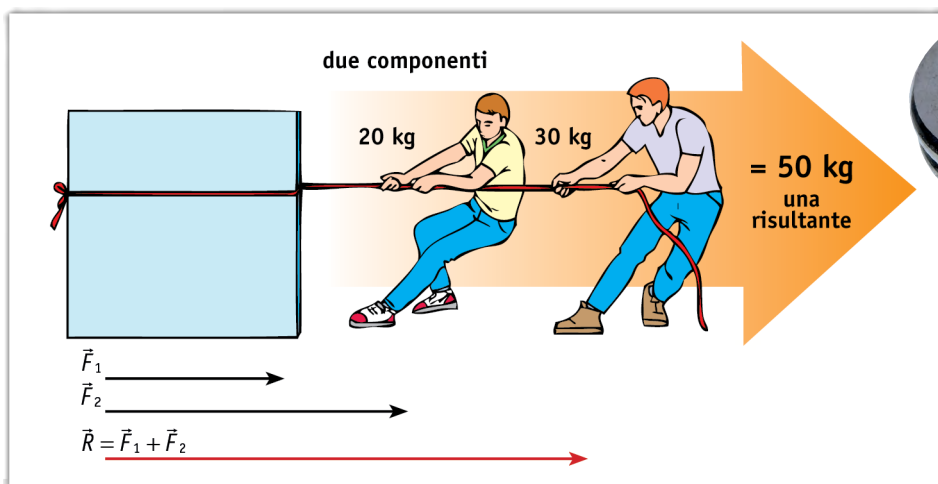
Le forze che agiscono su un corpo si possono sommare.

Si definisce **forza risultante** \vec{R} (o forza totale) di due forze, la loro **somma vettoriale**, cioè la somma degli effetti delle due forze; la risultante può essere sostituita alle due forze.

■ **Somma di due forze con la stessa direzione**

Per calcolare come si effettua questa somma, si prendono in considerazione due ragazzi che tirano una fune dalla stessa parte, cioè esercitano due forze, \vec{F}_1 ed \vec{F}_2 , nella stessa direzione e nello stesso verso.

Le forze esercitate dai due ragazzi e la loro forza risultante possono essere rappresentate graficamente come in figura.



Nel caso in cui si stabilisce, per esempio, che $F_1 = 20 \text{ N}$ e $F_2 = 30 \text{ N}$ la risultante \vec{R} avrà un'intensità di 50 N con la stessa direzione e lo stesso verso delle altre due forze.

Si può dire, quindi, che la risultante \vec{R} di due **forze parallele e concordi** è una forza che ha per intensità la somma delle intensità delle due forze, con la loro stessa direzione e il loro stesso verso, cioè:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

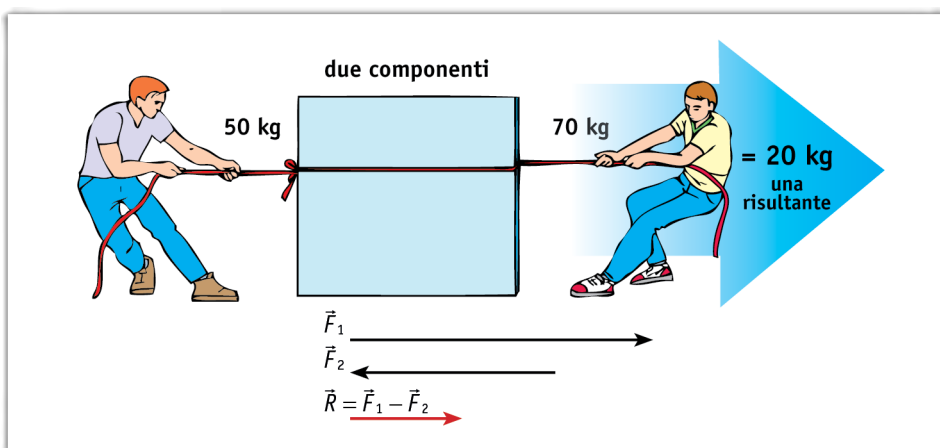
Mettersi alla prova



Calcola la risultante di due forze applicate nello stesso punto, aventi stessa direzione e stesso verso e un'intensità rispettivamente di 12 e 78 N.

Si considera ora che gli stessi ragazzi tirino una fune in senso contrario (**forze parallele e discordi**), ma nella stessa direzione. Se il primo dei ragazzi esercita una forza di 50 N verso sinistra e il secondo di 70 N verso destra essi producono lo stesso effetto che produrrebbe un ragazzo che esercitasse una forza di 20 N verso destra.

Le forze esercitate dai due ragazzi e la loro risultante possono essere rappresentate come in figura.



Pertanto, la risultante \vec{R} di due forze parallele e discordi, ma aventi la stessa direzione, è una forza che ha per intensità la differenza delle due intensità e per direzione e verso quelle della forza maggiore, cioè:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 - \vec{F}_2$$

Mettersi alla prova



Due forze con direzione uguale e verso opposto vengono applicate a un corpo; la prima ha intensità di 20 N, mentre la forza risultante ha intensità di 50 N. Calcola l'intensità della seconda forza.

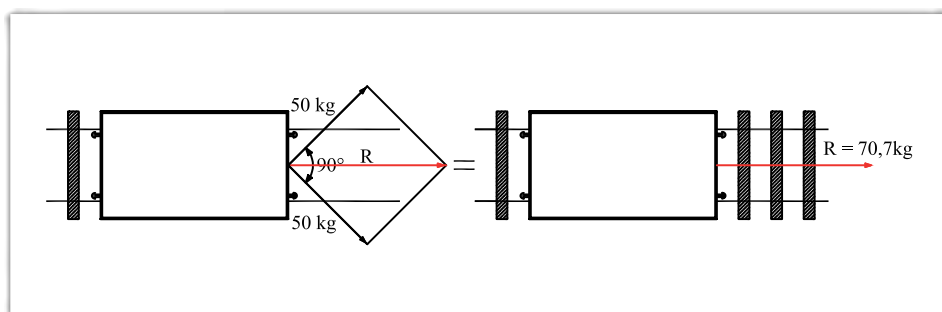
ONLINE
VIDEO LEZIONE



La regola del
parallelogramma

■ La somma di forze con retta d'azione diversa: la regola del parallelogramma

Si considerano due ragazzi che, mediante due funi, tirano un carrello (nello stesso verso e nella stessa direzione) posto su due binari e che nel frattempo camminano parallelamente ed esternamente ai binari stessi.

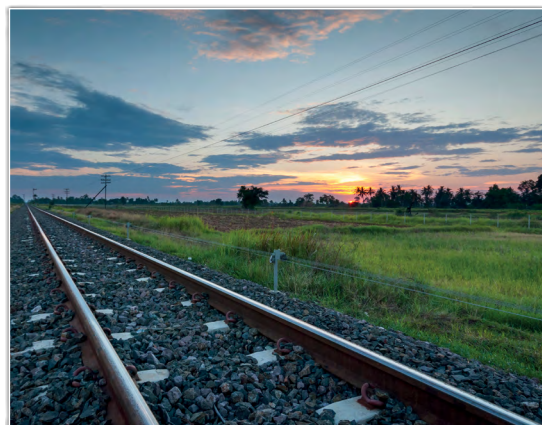


Se i due ragazzi esercitano una forza di 50 N, la risultante non sarà 100 N, ma risulterà sempre minore (tirando di lato si perde una componente della forza), e il suo valore cambierà in funzione dell'angolo formato dalle funi.

La forza risultante \vec{R} è uguale, in direzione e verso, alla diagonale del parallelogramma che ha per lati le due forze (nell'esempio, ciascuna di 50 N). Questa regola utilizzata per sommare i vettori è detta, appunto, **regola del parallelogramma**.

Qualora, come nel caso dell'esempio, l'angolo formato dalle due forze sia di 90° , applicando il teorema di Pitagora, si ha:

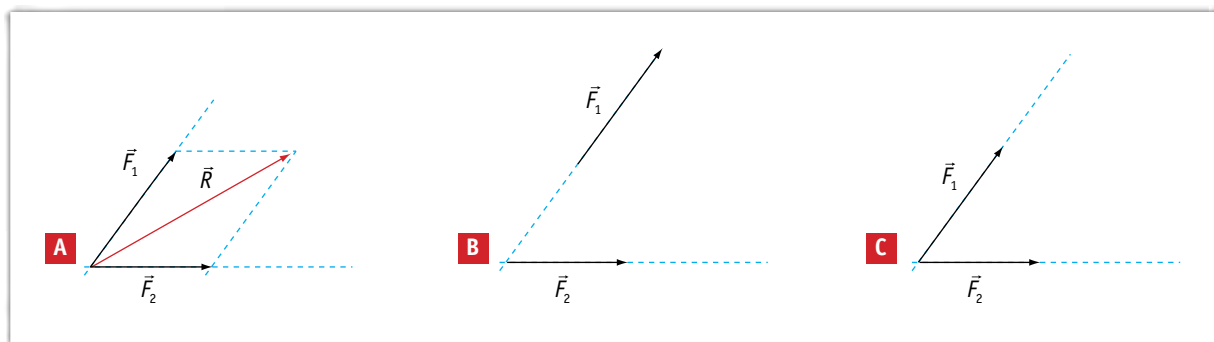
$$R = \sqrt{50^2 + 50^2} = \sqrt{2500 + 2500} = \sqrt{5000} = 70,7 \text{ kg}$$



■ La risultante di coppie di forze

Nel caso più generale in cui le due forze non siano uguali e l'angolo formato tra esse non sia retto, bensì un angolo qualsiasi, si ottiene la rappresentazione schematica che è riportata in **figura A**.

Nel caso, invece, in cui le due forze siano applicate in punti diversi, pur appartenendo allo stesso piano, bisognerà prima di tutto tracciare le rette d'azione riferite alle due forze (**figura B**) e poi trasportare le forze stesse lungo le rette d'azione, fino a farle incontrare (**figura C**).



Infine, si procederà alla ricerca della diagonale del parallelogramma, che ha per lati le due forze \vec{F}_1 e \vec{F}_2 .

Si può vedere, quindi, che l'effetto delle due forze \vec{F}_1 e \vec{F}_2 è assolutamente uguale a quello della forza risultante \vec{R} per quanto riguarda intensità, direzione e verso.

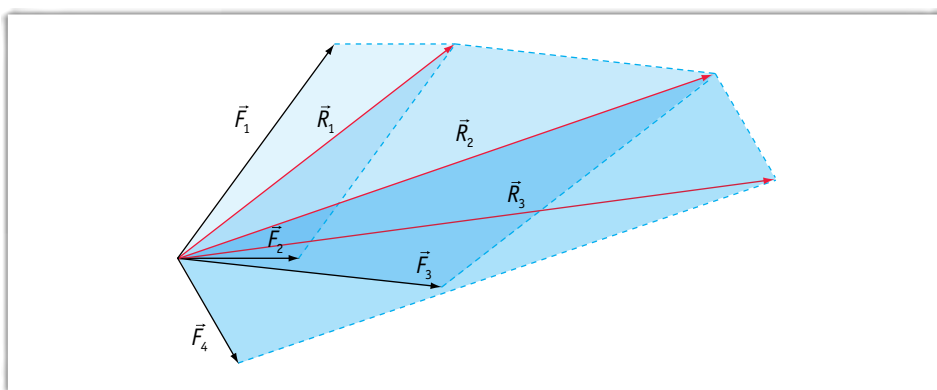
Mettersi alla prova



Calcola la risultante di due forze tra loro perpendicolari, aventi intensità rispettivamente di 3 N e 4 N.

■ La risultante di più di due forze

Se le forze concorrenti in un punto di un corpo, sono più di due, si trova anzitutto la risultante delle prime due forze; quindi si ripete la procedura sulla risultante trovata e la terza forza e così via, fino all'ultima. L'ultima risultante ottenuta sarà la risultante del sistema di forze date.



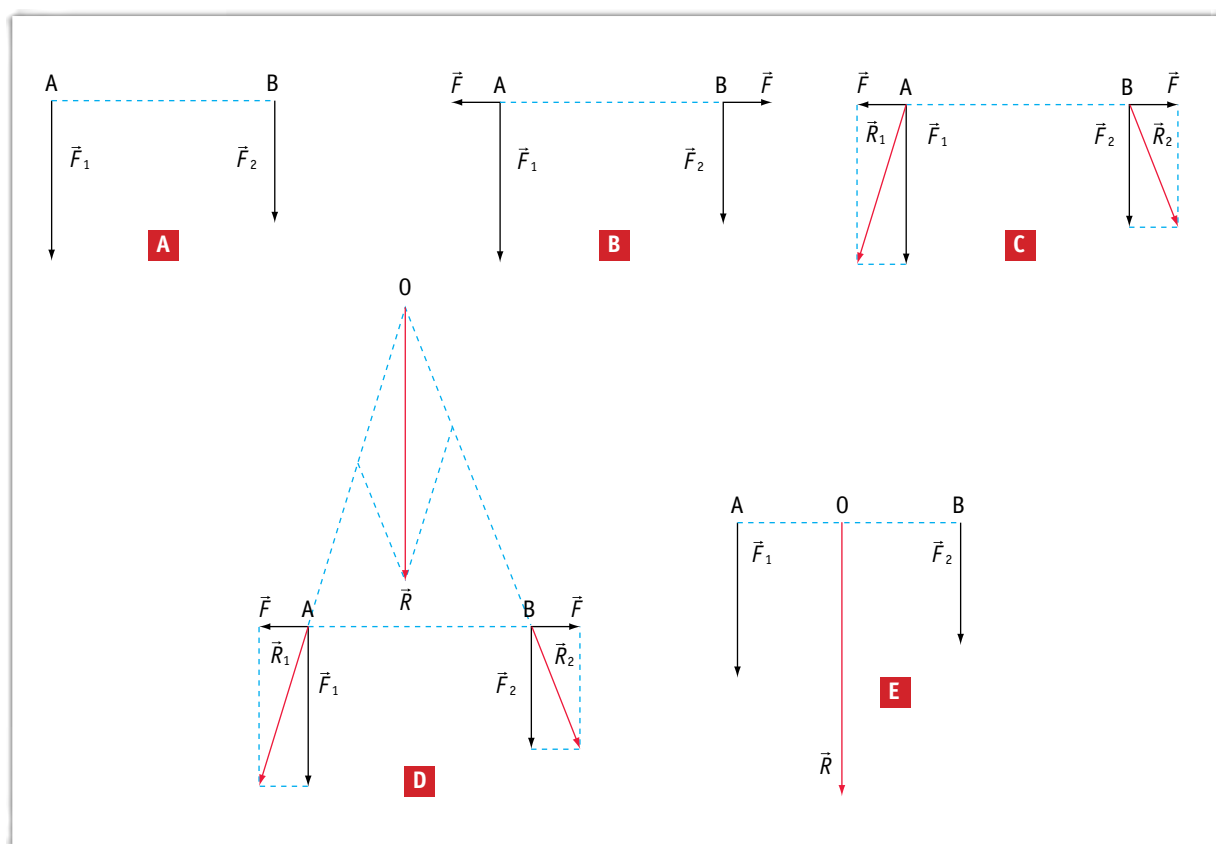
■ La risultante di due forze parallele, concordi e discordi, applicate in due punti distinti

Si considerano ora **due forze parallele e concordi** (cioè con lo stesso verso), applicate in due punti distinti A e B (**figura A**).

Per trovare la loro risultante con il metodo del parallelogramma è necessario che le due forze si incontrino in un punto. Ciò si realizza se si applicano due forze uguali e contrarie (quindi dall'effetto nullo) sulla stessa retta d'azione che passa per A e B (**figura B**). Questo processo permette di trasformare le due forze \vec{F}_1 e \vec{F}_2 in altre due forze \vec{R}_1 e \vec{R}_2 che non sono più parallele, ma che hanno lo stesso effetto delle forze \vec{F}_1 e \vec{F}_2 (**figura C**). Si trasportano \vec{R}_1 e \vec{R}_2 lungo le loro rette d'azione fino a incontrarsi e calcolando la risultante \vec{R} (**figura D**), si trasporta quest'ultima in modo tale che il suo punto di applicazione O sia allineato ad A e B (**figura E**).

Osservando quest'ultima figura si può constatare che la misura di \vec{R} è uguale alla somma di \vec{F}_1 e \vec{F}_2 . Inoltre si può notare che OB è il doppio di OA così come \vec{F}_1 è il doppio di \vec{F}_2 .

- OA è detto **braccio** della forza \vec{F}_1 ;
- OB è detto **braccio** della forza \vec{F}_2 .



La forza \vec{F}_1 ha, quindi, braccio minore OA, mentre la forza \vec{F}_2 , che è minore, ha braccio maggiore OB. Risulta, infine, che una forza per il suo braccio eguaglia l'altra forza per il braccio relativo.

Quindi:

- le forze sono **inversamente proporzionali** ai rispettivi bracci;
- la risultante di due forze parallele concordi è una forza che ha per intensità la somma delle intensità, per direzione e verso gli stessi delle due forze componenti;
- il punto di applicazione è interno alle due forze, in modo tale da soddisfare la seguente relazione:

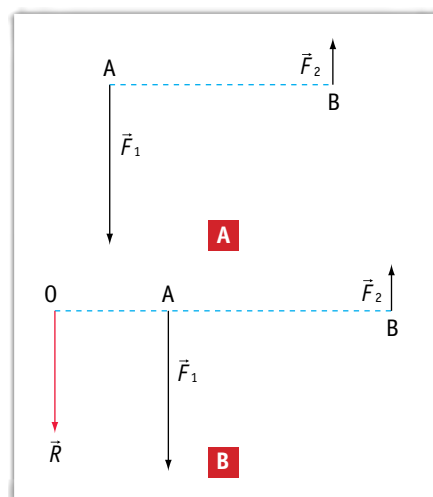
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{OB}{OA}$$

Si considerano, adesso, **due forze parallele discordi** (cioè con verso opposto) applicate in due distinti punti A e B (**figura A**).

Procedendo in modo analogo al precedente, quello utilizzato per due forze parallele concordi, si trova che:

- la risultante di due forze parallele discordi è una forza che ha per intensità la differenza delle intensità, per direzione e verso quelli della forza maggiore;
- il punto di applicazione è esterno ad AB dalla parte della forza maggiore, a una distanza da essa che è inversamente proporzionale alla loro intensità (**figura B**).

In questo caso il braccio di \vec{F}_1 è OA e quello della forza \vec{F}_2 è OB.





Propagazione del sapere

Un metodo pratico

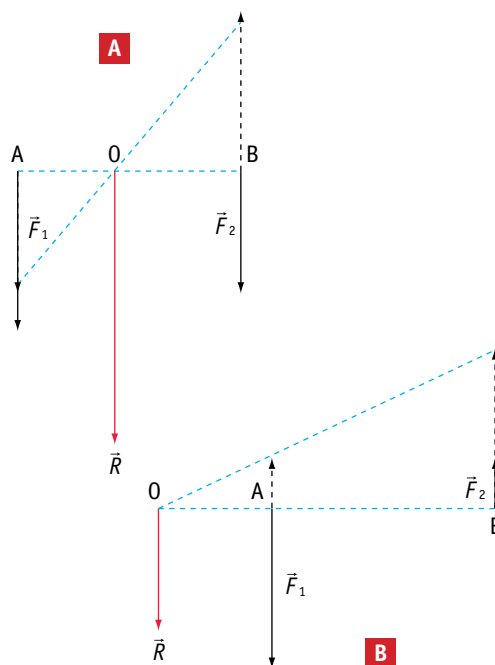
Dopo aver spiegato la costruzione per trovare la risultante di due forze parallele concordi o discordi, si vede ora un metodo pratico usato per trovare la risultante, per la sua semplicità.

Risultante di due forze parallele concordi:

- si riporta la forza \vec{F}_2 sulla \vec{F}_1 e la forza \vec{F}_1 sulla \vec{F}_2 da parti opposte;
- si uniscono le loro estremità ottenendo un segmento che incontra AB in un punto O, che rappresenta il punto di applicazione della risultante \vec{R} (figura A) la cui intensità è data dalla somma tra \vec{F}_1 e \vec{F}_2 .

Risultante di due forze parallele discordi:

- si riporta la forza \vec{F}_1 sulla \vec{F}_2 e viceversa, disegnandole dalla stessa parte;
- si uniscono le loro estremità prolungando il segmento fino a fargli incontrare il prolungamento

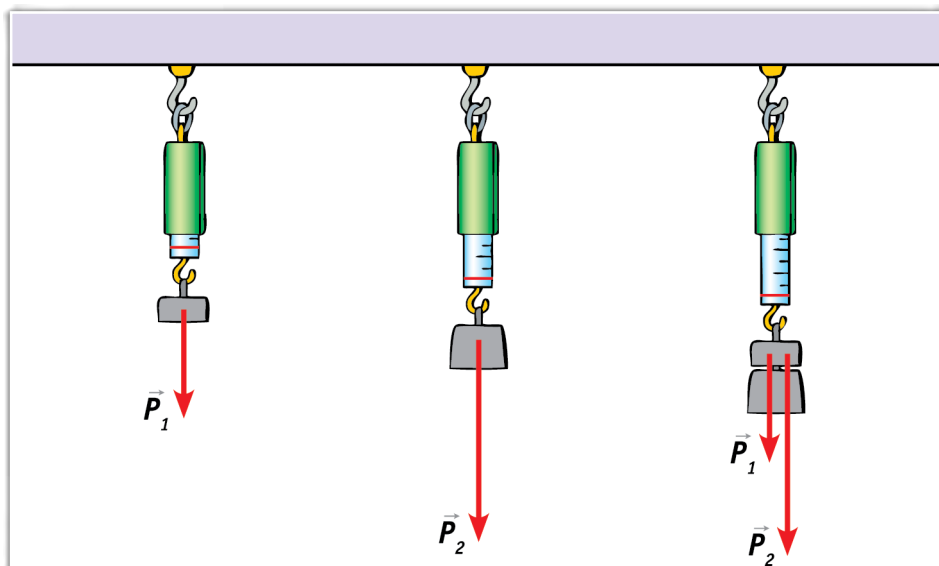


della congiungente dei punti A e B ottenendo il punto O, dove viene applicata la risultante \vec{R} la cui intensità è data dalla differenza tra \vec{F}_1 e \vec{F}_2 (figura B).

5 La forza-peso: una forza a distanza

Esiste sulla Terra una grandezza vettoriale non visibile che è la **forza di gravità** la cui direzione è la verticale che congiunge il baricentro del corpo con il centro della Terra. Questa viene definita **forza-peso** o peso e si misura in newton; non è da confondere con la massa.

La massa è una proprietà dei corpi che non varia, qualunque sia la loro posizione nell'universo e si misura con la bilancia.



La forza-peso risultante è la somma dei singoli effetti.

La **forza-peso** è una proprietà dei corpi che varia in funzione del luogo in cui il corpo si trova e si misura con il dinamometro. Se a un dinamometro si applica un dato peso, questo misurerà un dato allungamento. Se si applica un peso doppio, il dinamometro misurerà un allungamento doppio. Le due forze peso (i due pesi) producono, applicate nella stessa direzione e nello stesso verso, un effetto (allungamento) che è la somma dei singoli effetti (allungamenti).

■ La forza-peso e la massa sono proporzionali

Sebbene peso e massa siano due grandezze diverse, esse sono legate tra loro. Per tarare un dinamometro, quando si raddoppia la massa che grava sulla molla, anche il valore del peso sulla scala raddoppia. Così, se si applica a un dinamometro un oggetto di massa 102 g si ottiene la forza di 1 N, se si applica allo stesso dinamometro un oggetto di massa doppia si ottiene una forza doppia, pari a 2 N. In altre parole, nelle medesime condizioni di forza gravitazionale si può affermare che la massa e l'intensità della forza peso sono **direttamente proporzionali**.

L'**intensità** (modulo) **della forza-peso** che agisce su un corpo è direttamente proporzionale alla sua massa.

Se si indica la **costante di proporzionalità** con g , si può scrivere:

$$F_p = m \cdot g$$

Ovviamente g non è una costante universale e dipende dal luogo in cui ci si trova. Si può valutare quanto vale g sulla Terra, alla luce dei dati di cui si dispone. Infatti, se si sa che a una massa di 102 g corrisponde una forza-peso di 1 N, si può scrivere:

$$g = \frac{F_p}{m} = \frac{1,0 \text{ N}}{0,102 \text{ kg}} = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

In realtà, il valore di g non è propriamente costante su tutta la Terra, ma per questi scopi si può considerarlo come tale.

La forza elastica: una forza a contatto

6

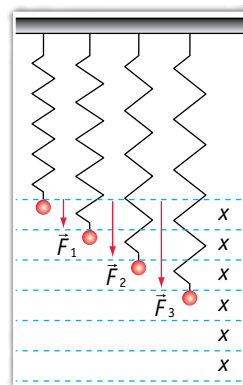
La forza elastica è presente nei corpi con proprietà elastiche che per **compressione** o **allungamento** vengono allontanati dalla posizione di equilibrio.

Si prende ora in considerazione una molla con una massa trascurabile, alla quale è appeso un corpo di massa m : questo apparato si chiama sistema **masa-molla** (qualcosa di molto simile al dinamometro).

Si applica alla molla una forza diretta verso il basso e si indica con x l'allungamento subito; in seguito si esercita una forza doppia e poi ancora una forza tripla; in conseguenza di ciò, la molla si allungherà del doppio o del triplo della sua lunghezza iniziale.

Si può pertanto notare che l'allungamento della molla è **direttamente proporzionale** alla forza applicata. Si può, di conseguenza, scrivere che:

$$F = k \cdot x$$



ONLINE
VIDEO LEZIONI

Verifica della
legge di Hooke

Misurazione del
coefficiente
d'attrito statico



dove k è la **costante di elasticità** della molla.

Più k è grande, più la molla offre resistenza.

Si osserva, inoltre, che la forza e l'allungamento della molla hanno lo stesso verso.

La molla, però, si oppone a tale forza tramite la sua elasticità, che è anch'essa una forza che agisce in senso contrario; infatti, se la forza F che ha provocato l'allungamento della molla cessa, quest'ultima viene richiamata da una forza di verso contrario.

Quindi, tale forza è contraria allo spostamento x .

Da un punto di vista matematico, tutto ciò si indica mettendo il segno meno davanti al termine contenente lo spostamento x , cioè:

$$F = -k \cdot x$$

Questa relazione è nota come **legge di Hooke**.

La **forza elastica** F della molla è direttamente proporzionale allo spostamento x dalla posizione di equilibrio (negativo in caso di compressione).

7

L'attrito: una forza a contatto

Un altro tipo di forza che s'incontra molto spesso nella realtà di tutti i giorni è la **forza di attrito**. Si tratta di una forza a contatto ed è caratterizzata dall'avere sempre **verso contrario** a quello del movimento di un corpo.

In altre parole, essa rappresenta la **resistenza** che un corpo incontra durante il suo moto.

Esistono differenti tipi di forze d'attrito, indicate come:

- **attrito radente**, che si esercita tra due superfici in contatto (per esempio, quando spostiamo una sedia sul pavimento);
- **attrito volvente**, che si esercita quando un corpo rotola su una superficie (per esempio, una ruota sull'asfalto);
- **attrito viscoso**, che si riscontra quando un corpo si muove in un fluido (per esempio, nuotando sott'acqua).



Vero o falso

- 1 La forza di gravità è una forza a contatto V F
- 2 Quando un corpo non ha peso anche la sua massa si annulla V F
- 3 In prossimità della superficie terrestre i corpi subiscono l'azione di una forza attrattiva verso il basso detta forza-peso V F
- 4 Quando un corpo è fermo, significa che non vi sono forze che agiscono sul corpo stesso V F
- 5 Se un corpo varia la velocità con cui si muove allora gli è stata applicata una forza V F
- 6 Quando si applica una o più forze a un corpo fermo, allora questo si mette in moto V F
- 7 Se due forze determinano allungamenti proporzionali tra loro della molla di un dinamometro allora sono uguali V F
- 8 La risultante è il vettore somma di due o più forze V F
- 9 Le forze sono grandezze scalari V F
- 10 L'intensità della risultante di due forze è sempre uguale alla somma delle intensità di ciascuna forza V F

Risposta multipla

- 1 La massa è una grandezza:
 - A vettoriale e la sua intensità si misura in kg
 - B vettoriale e la sua intensità si misura in N
 - C scalare e si misura in kg
 - D scalare e si misura in N
- 2 Il dinamometro permette di misurare:
 - A le scale graduate
 - B le forze
 - C l'allungamento
 - D la massa
- 3 Qual è la differenza tra massa e peso di un corpo?
 - A Il peso è maggiore, anche se di poco, rispetto alla massa, perché dipende dalla gravità
 - B Il peso si misura in chilogrammi, mentre la massa in grammi
 - C La massa è una caratteristica intrinseca dei corpi ed è uguale ovunque, mentre il peso varia a seconda dell'attrazione gravitazionale
 - D Nessuna, sono la stessa cosa
- 4 Sommando due forze, una d'intensità 1 N e l'altra di 2 N, applicate nello stesso punto, ma con linee d'azione perpendicolari tra loro, si otterrà una risultante di intensità:
 - A 3 N
 - B $\sqrt{3}$ N
 - C 5 N
 - D $\sqrt{5}$ N

- 5 Se si applica a una molla una forza di 3 N determinando un certo allungamento, si può dire che la forza di richiamo che la molla esercita per recuperare la posizione iniziale:
 - A è uguale a 3 N
 - B è maggiore di 3 N
 - C è minore di 3 N
 - D per poterla determinare devo misurare l'allungamento
- 6 Due molle hanno costante elastica rispettivamente k_1 e k_2 . Se alle loro estremità sono agganciate le stesse masse, la prima si allunga il doppio della seconda. Posso concludere che:
 - A $k_1 = -k_2$
 - B $k_1 = 2 \cdot k_2$
 - C $k_2 = 2 \cdot k_1$
 - D $k_1 = k_2$

Test di verifica

- 1 Completa le seguenti frasi.
 - A La forza è sempre una grandezza caratterizzata da un punto di , una , un e un'intensità la cui unità di misura è il .
 - B La massa è una grandezza e la sua unità di misura è il .
 - C Le forze possono essere classificate in due tipi: forze di e forze a .
- 2 Per spostare un carrello due operai si mettono rispettivamente in testa e in coda. Il primo spinge con una forza di 250 N, mentre il secondo tira con una forza della medesima intensità. Qual è la forza risultante? [500 N]
- 3 Una barchetta di carta che galleggia in un ruscello è sottoposta a due forze: quella del vento e quella della corrente. Sapendo che la prima è doppia rispetto alla seconda e che le rette d'azione formano un angolo di 30° rappresenta graficamente la forza risultante.

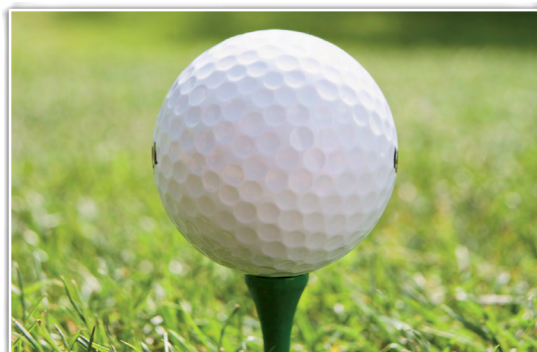


- 4 Calcola la risultante di due forze applicate nello stesso punto, aventi stessa direzione e verso contrario e un'intensità rispettivamente di 12 e 78 N. [66 N]
- 5 Disegna e calcola l'intensità della risultante di due forze tra loro perpendicolari, aventi intensità rispettivamente di 12 N e 16 N.
- 6 Piero, Francesco e Chiara sfidano Luigi, Fabrizio e Monica in una gara di tiro alla fune. Al momento del via i componenti della prima squadra esercitano rispettivamente forze di 320 N, 490 N e 240 N, verso destra, mentre quelli della seconda squadra forze di 410 N, 350 N, 280 N verso sinistra. Quale forza risultante agisce sulla fune? E in che direzione si sposta? [10 N; verso destra]
- 7 Due ragazzi spingono un'automobile ferma rispettivamente con una forza di 370 N e 430 N. Dopo aver disegnato schematicamente la situazione calcola la forza risultante, ipotizzando che l'angolo formato dalle 2 forze sia di 90° .



- 8 Calcola la risultante di due forze complanari, giacenti sullo stesso piano, applicate allo stesso punto e formanti tra loro un angolo di 90° sapendo che l'intensità delle due forze è rispettivamente 4 N e 3 N. [5 N]
- 9 Una pallina da golf è lanciata con una forza dall'al-

to verso il basso di 0,9 N mentre su essa agisce una forza parallela al terreno di 4,0 N. Qual è la forza risultante sulla pallina al momento del lancio, ipotizzando non ci sia la forza di gravità? [4,1 N]



- 10 Calcola la risultante di due forze complanari applicate allo stesso punto e formanti tra loro un angolo di 90° sapendo che l'intensità delle due forze è di 18 N e 24 N ciascuna. [30 N]
- 11 Se all'agenzia spaziale preparano un modulo per l'allunaggio che ha all'incirca una massa di 650 kg e quindi un peso di 6370 N, sapendo che l'attrazione gravitazionale della Luna è all'incirca $1/6$ di quella terrestre: quale sarà all'incirca il peso del modulo sulla Luna? E la sua massa? [1062 N; la massa non varia]
- 12 Di ritorno dal fruttivendolo Maria appende a un dinamometro le sporte della spesa e rileva un peso di 53,9 N. Quanta frutta ha comprato Maria? [5,5 kg]
- 13 Se il peso di un corpo misurato sulla Luna è circa $1/6$ di quello terrestre, quanto vale la costante g sulla Luna? [1,6 N/kg]