

## Composizione delle velocità

Consideriamo due sistemi inerziali  $A$  e  $B$  aventi gli assi corrispondenti paralleli e supponiamo che  $B$  si sposti con velocità relativa  $v$  misurata da  $A$ . Per le coordinate  $x$  di un corpo vale la trasformazione

$$x_B = x_A - vt$$

Se il corpo si muove nell'intervallo  $\Delta t$ , le sue coordinate cambiano di  $\Delta x_A$  nel sistema  $A$  e di  $\Delta x_B$  nel sistema  $B$ . Nello stesso intervallo, la posizione del sistema  $B$  rispetto al sistema  $A$  cambia di  $v\Delta t$ . Dalla relazione precedente si ha

$$\Delta x_B = \Delta x_A - v\Delta t$$

Dividendo per  $\Delta t$  si ottiene

$$\frac{\Delta x_B}{\Delta t} = \frac{\Delta x_A}{\Delta t} - v$$

Quando  $\Delta t$  tende a zero, ovvero per intervalli di tempo molto piccoli, i rapporti  $\Delta x_B/\Delta t$  e  $\Delta x_A/\Delta t$  tendono rispettivamente alle velocità istantanee  $v_B$  e  $v_A$  del corpo, misurate in  $B$  e in  $A$ . La relazione precedente diviene

$$v_{Bx} = v_{Ax} - v$$

Poiché la velocità relativa dei due sistemi non ha componenti sull'asse  $y$ , durante l'intervallo di tempo  $\Delta t$  gli spostamenti lungo quest'asse sono tali che

$$\Delta y_B = \Delta y_A$$

Dividendo per  $\Delta t$  e facendo tendere  $\Delta t$  a zero, si ottiene l'uguaglianza delle componenti  $y$  delle velocità del corpo misurate nei sistemi  $A$  e  $B$ :

$$v_{By} = v_{Ay}$$

## Il diagramma di corpo libero

Quando si usa la seconda legge di Newton per calcolare l'accelerazione di un oggetto è necessario determinare la forza risultante che agisce su di esso. Per questo scopo è molto utile disegnare un **diagramma di corpo libero**, cioè un diagramma in cui sono rappresentati schematicamente solo l'oggetto e le forze *che agiscono su di esso*,

### ESEMPIO 3 Spingere un'automobile guasta

Due persone stanno spingendo un'automobile che si è fermata, come mostra la figura 12A. La massa dell'automobile è 1850 kg. Una persona esercita una forza di 275 N, mentre l'altra esercita una forza di 395 N. Le due forze hanno la stessa direzione e lo stesso verso.

A causa degli attriti, sull'automobile agisce anche una forza di 560 N in verso opposto a quello delle forze applicate dalle due persone.

► Calcola l'accelerazione dell'automobile.



### Il ragionamento e la soluzione

Tracciamo il diagramma di corpo libero come nella figura 12B, in cui l'auto è rappresentata da un pallino nero e il moto avviene nella direzione dell'asse  $x$ . Tutte le forze applicate all'auto hanno la stessa direzione. La forza risultante agisce quindi lungo quella direzione: il suo modulo è

$$\sum F = +275 \text{ N} + 395 \text{ N} - 560 \text{ N} = +110 \text{ N}$$

Il segno  $-$  dell'attrito è dovuto al fatto che agisce nel verso opposto a quello delle due spinte. Mediante l'equazione (1) calcoliamo il modulo dell'accelerazione:

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{+110 \text{ N}}{1850 \text{ kg}} = +0,059 \text{ m/s}^2$$

Il segno  $+$  indica che l'accelerazione è diretta nel verso positivo dell'asse  $x$ , cioè nello stesso verso della forza risultante.

## La natura vettoriale del secondo principio

La forza e l'accelerazione che compaiono nel secondo principio della dinamica sono grandezze vettoriali. Nei problemi di moto in due dimensioni  $x$  e  $y$  in genere conviene usare le loro componenti cartesiane. Mediante esse, il secondo principio della dinamica viene espresso dalle seguenti due equazioni:

$$\sum F_x = ma_x \quad (2a)$$

$$\sum F_y = ma_y \quad (2b)$$

In altri termini: il secondo principio deve essere applicato per ciascuna componente.

Per la stessa ragione anche sull'asse  $z$  si verifica che

$$v_{Bz} = v_{Az}$$

Le relazioni precedenti costituiscono la **legge di composizione delle velocità**, detta anche **trasformazione di Galileo delle velocità**.

### ■ LEGGE DI COMPOSIZIONE DELLE VELOCITÀ

Siano  $A$  e  $B$  due sistemi di riferimento inerziali, aventi gli assi corrispondenti paralleli. Il sistema  $B$  sia in moto lungo l'asse  $x$  con velocità costante  $v$  misurata da  $A$ . Le velocità di un corpo misurate in  $A$  e in  $B$  sono legate dalle relazioni seguenti:

$$v_{Bx} = v_{Ax} - v$$

$$v_{By} = v_{Ay}$$

$$v_{Bz} = v_{Az}$$

La legge di composizione delle velocità può essere generalizzata al caso di due sistemi inerziali  $A$  e  $B$  aventi assi corrispondenti paralleli che sono in moto relativo con velocità  $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$  misurata da  $A$  lungo una direzione generica. In questo caso le velocità  $\vec{v}_A$  e  $\vec{v}_B$  sono legate dalla relazione vettoriale

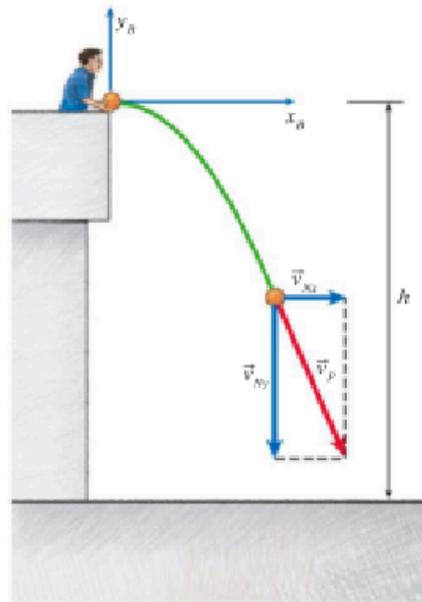
$$\vec{v}_B = \vec{v}_A - \vec{v}$$

In componenti cartesiane:

$$v_{Bx} = v_{Ax} - v_x$$

$$v_{By} = v_{Ay} - v_y$$

$$v_{Bz} = v_{Az} - v_z$$



**Figura 9**  
Velocità della pallina dal punto di vista del pescatore.

## Il terzo principio della dinamica

Ti sarà certamente capitato di scontrarti inavvertitamente con un compagno. I

Newton fu il primo a capire che tutte le forze si presentano sempre in coppia e che non può esistere una forza che agisca da sola. Il terzo principio della dinamica riguarda questa caratteristica fondamentale delle forze.

### ■ TERZO PRINCIPIO DELLA DINAMICA O PRINCIPIO DI AZIONE E REAZIONE

Ogni volta che un oggetto  $A$  esercita una forza su un oggetto  $B$ , anche l'oggetto  $B$  esercita una forza sull'oggetto  $A$ . Le due forze hanno lo stesso modulo e la stessa direzione ma verso opposto.

Il terzo principio è detto anche **principio di azione e reazione** perché si può enunciare anche nella forma seguente.

### ■ ALTRA FORMULAZIONE DEL TERZO PRINCIPIO DELLA DINAMICA

A ogni azione (intesa come forza) corrisponde una reazione uguale e opposta.