

Lo studio del moto e la velocità

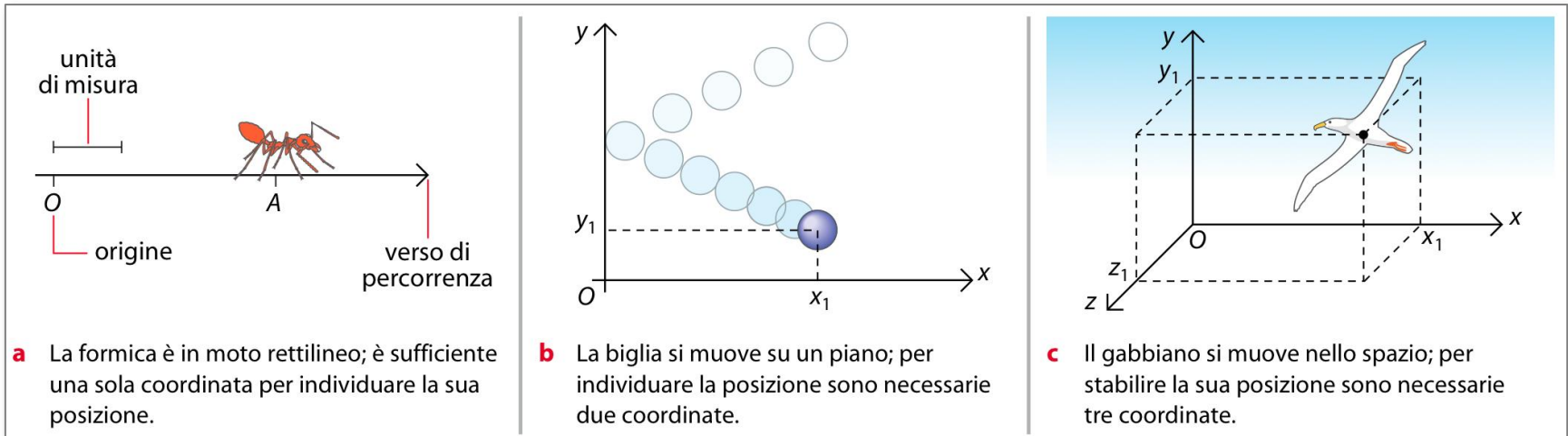
La velocità è una grandezza fisica che indica quanto rapidamente cambia la posizione di un corpo nel tempo

Lo studio del moto e la velocità

Studiare il moto di un corpo significa stabilire come varia la sua **posizione, in relazione al tempo** rispetto a un **sistema di riferimento**.

Il numero di coordinate necessarie varia in base al moto studiato

Il moto è il cambiamento di posizione di un corpo, in relazione al tempo, misurato da un osservatore rispetto ad un determinato sistema di riferimento.



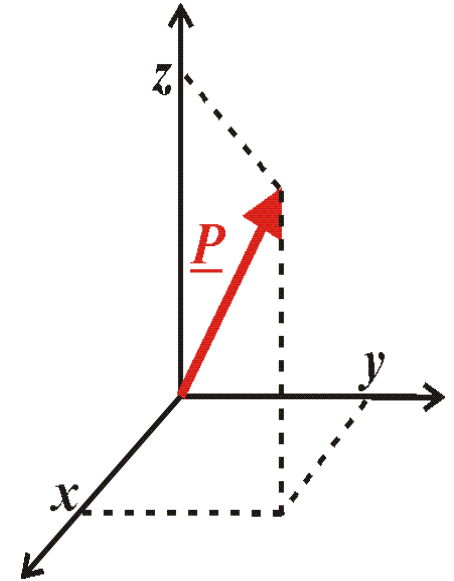
Lo studio del moto dei corpi, in fisica, è chiamato **CINEMATICA**.

La descrizione del moto è sempre **relativa**, cioè dipende dal **sistema di riferimento** da cui lo si osserva.

Lo studio del moto e la velocità

Il Sistema di Riferimento

Poiché i corpi si muovono nello spazio, per poterne descrivere il moto, è necessario disporre di un sistema di riferimento in cui siano riportate le 3 direzioni, ciò può essere fatto utilizzando un sistema cartesiano 3D.



Per facilitare lo studio del moto si semplifica il problema considerando il corpo come se fosse un **PUNTO MATERIALE**, cioè un punto dotato di massa ma senza dimensioni.

Lo studio del moto e la velocità

Il Sistema di Riferimento

È da sottolineare che ciò che è in moto o in quiete in un sistema di riferimento potrebbe non esserlo considerando un altro sistema di riferimento.

Osservato dall'interno del treno, il passeggero si sposta verso Milano.



Osservato da un viadotto, il passeggero si muove verso Bologna.



Moto e quiete non sono mai assoluti, ma relativi al sistema di riferimento adottato!

Lo studio del moto e la velocità

Il punto materiale

Un oggetto può essere studiato mediante il **modello** del **punto materiale** quando è molto piccolo rispetto alla distanza che percorre.

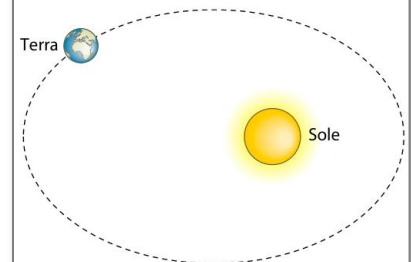
La traiettoria

Si chiama **traiettoria** la linea che unisce le **posizioni successive** occupate da un punto materiale in movimento.

L'insieme dei punti dello spazio occupati da un corpo (punto materiale) al variare del tempo si definisce **TRAIETTORIA**.



a La punta del gesso traccia sulla lavagna una traiettoria curvilinea.



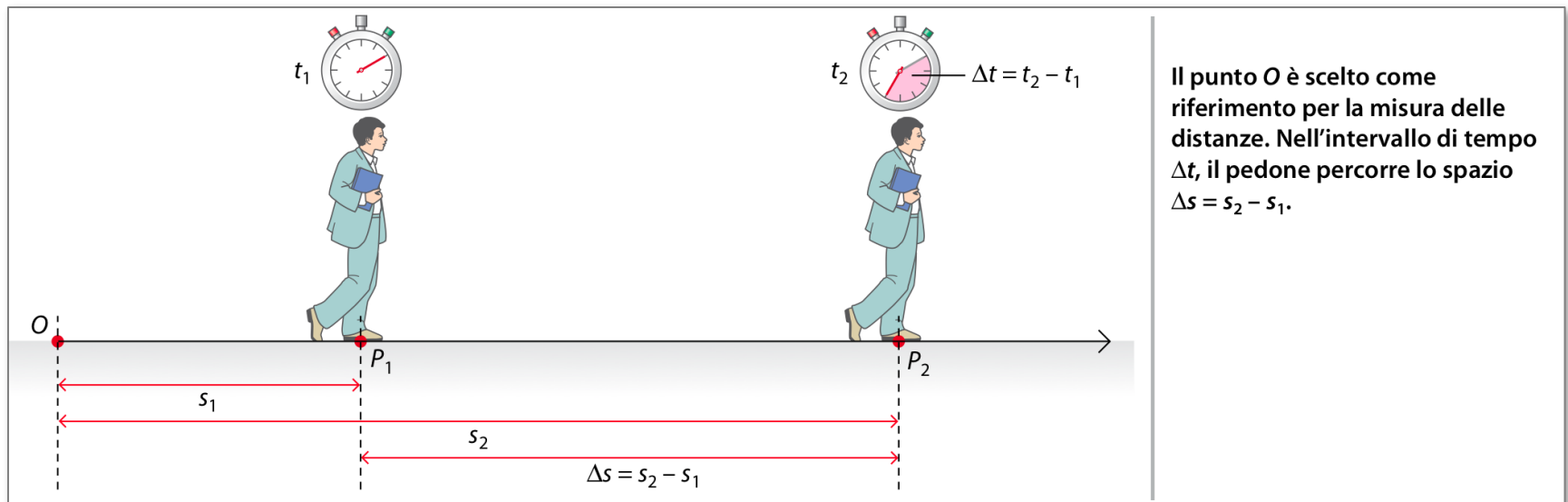
b La traiettoria della Terra attorno al Sole è una curva, si chiama *ellisse* (figura non in scala).

Lo studio del moto e la velocità

- Il simbolo Δ indica una **variazione** di una grandezza

$\Delta t = t_2 - t_1$: intervallo di tempo tra gli istanti t_1 e t_2

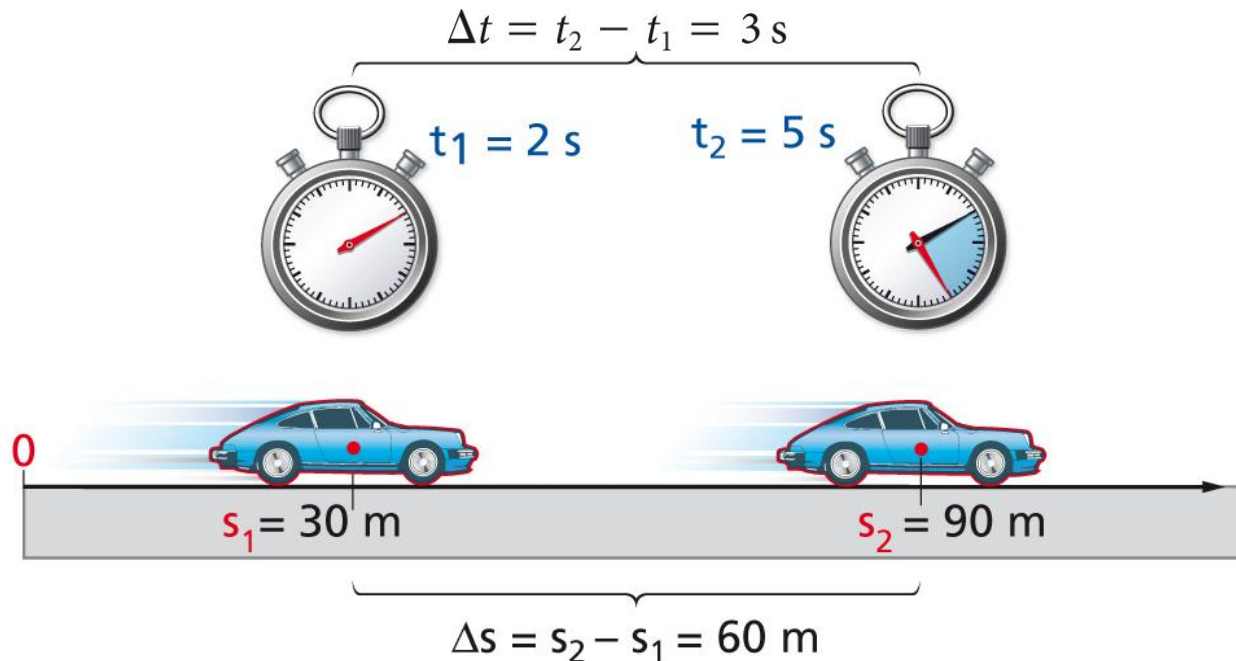
$\Delta s = s_2 - s_1$: spazio percorso spostandosi tra le posizioni s_1 e s_2



Lo studio del moto e la velocità

Il moto rettilineo

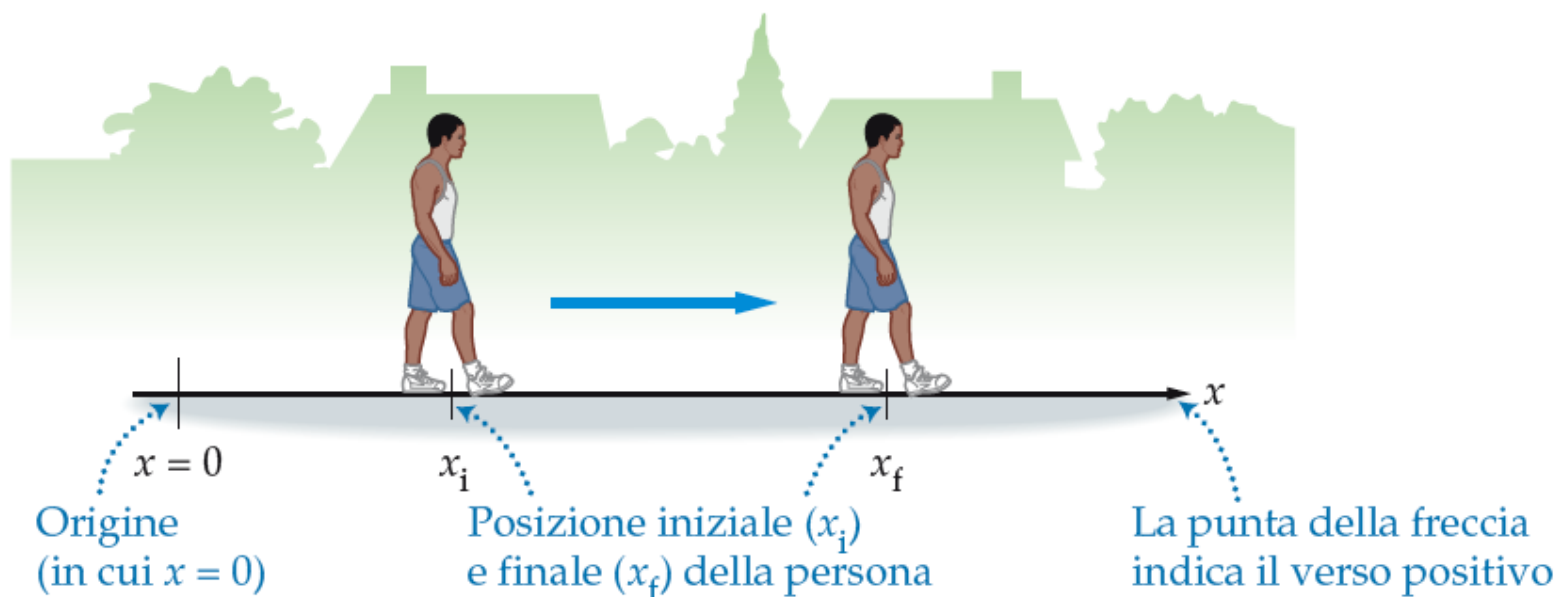
Si chiama **rettilineo** il moto di un punto materiale la cui traiettoria è un segmento di retta.



Nel moto rettilineo il sistema di riferimento è costituito da *un solo* asse cartesiano, che coincide con la traiettoria. Su tale asse scegliamo un punto origine, un'unità di misura e un verso positivo. A ogni punto della traiettoria corrisponde una coordinata, che si chiama **ascissa** del punto.

Posizione, distanza e spostamento

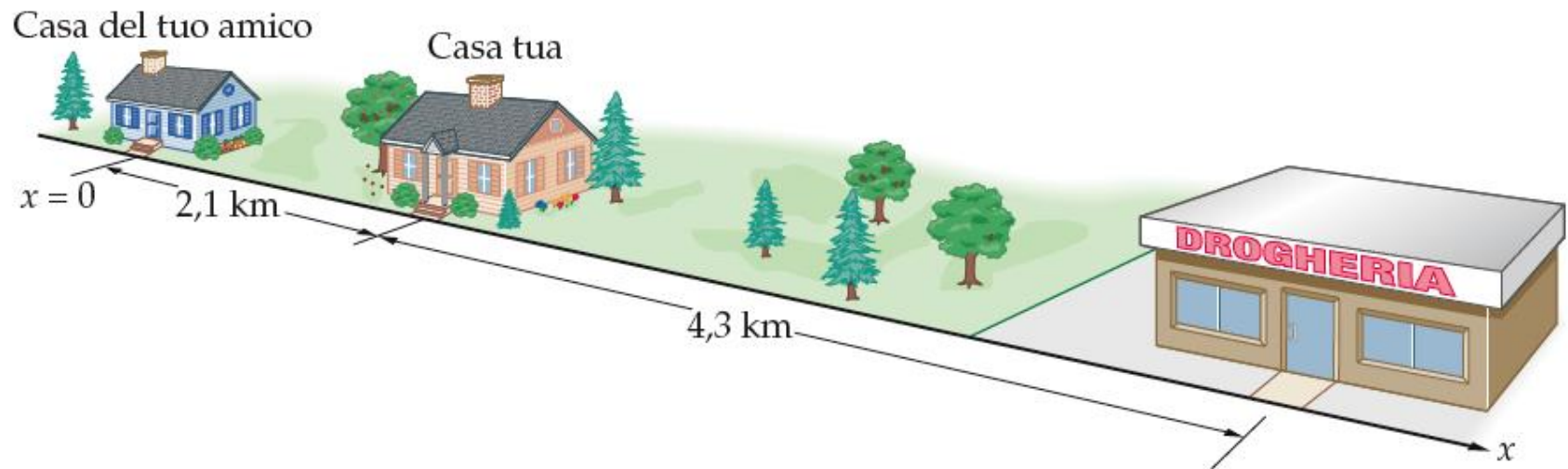
Il primo passo nella descrizione del moto di una particella consiste nello stabilire un sistema di coordinate che definiscono la sua posizione



Quando stabilisci un sistema di coordinate in una dimensione puoi scegliere l'origine e il verso positivo che preferisci, ma, una volta fatta la scelta, devi attenerli a essa.

Posizione, distanza e spostamento

La distanza è la lunghezza complessiva del tragitto; per andare da casa tua alla drogheria e tornare a casa hai percorso una distanza di 8,6 km.



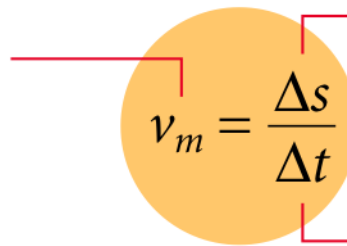
Lo spostamento è il cambiamento di posizione. Se vai da casa tua alla drogheria e poi vai a casa del tuo amico, il tuo spostamento è di 2,1 km ma la distanza percorsa è di 10,7 km

La velocità **media**

Si definisce la **velocità media** di un punto materiale come il rapporto tra lo spostamento e l'intervallo di tempo impiegato:

$$v_m = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

velocità media $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$


$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

spazio percorso (m)

intervallo di tempo (s)

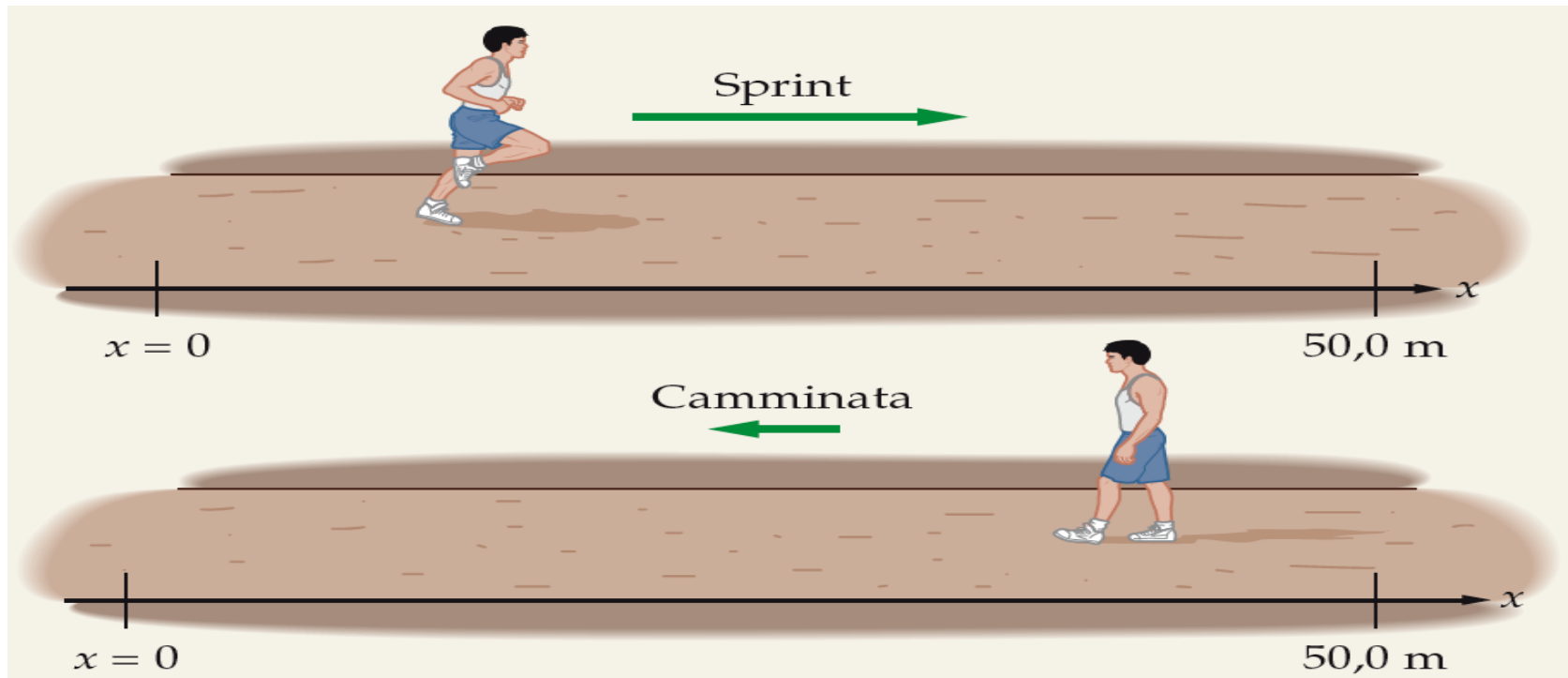
Si definisce la **velocità scalare media** di un punto materiale come il rapporto tra lo spazio percorso e l'intervallo di tempo impiegato:

Velocità scalare media e velocità media

velocità scalare media = distanza / tempo impiegato

velocità media = spostamento / tempo impiegato

Se torni al punto di partenza la tua velocità media è uguale a zero



Nel **Sistema Internazionale** l'unità di misura della velocità è **il metro al secondo (m/s)**

ESEMPIO 1 La velocità media di un ciclista che percorre un circuito lungo 660 m in 60 s vale:

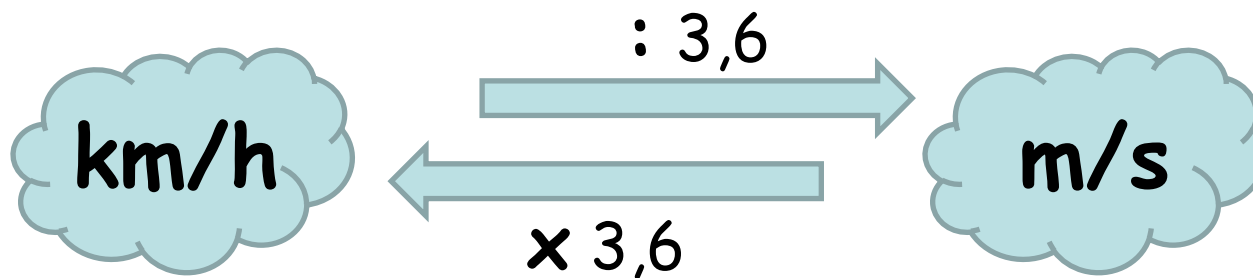
$$\frac{660 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 11 \text{ m/s}$$

Una velocità espressa in km/h può essere convertita in m/s e viceversa

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{1}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 3,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$



Calcolo della **distanza**

Che distanza percorre in mezz'ora una ragazza che corre alla velocità media di 3,0 m/s?

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \qquad v_m \cdot \Delta t = \frac{\Delta s}{\cancel{\Delta t}} \cdot \cancel{\Delta t}$$

$$\Delta s = v_m \Delta t$$

$$\Delta s = 3,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1800 \text{ s} = 5400 \text{ m} = 5,4 \text{ km}$$

Calcolo del tempo

A una velocità media di 100 km/h, quanto tempo si impiega per andare da Milano a Bologna, che distano 210 km?

$$\Delta s = v_m \Delta t \qquad \frac{\Delta s}{v_m} = \frac{\cancel{v_m} \Delta t}{\cancel{v_m}}$$

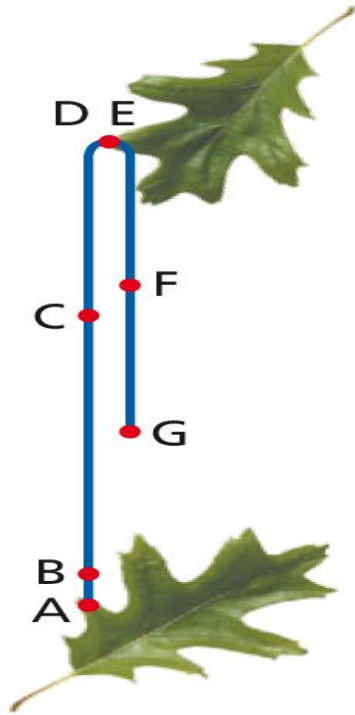
$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v_m}$$

$$\Delta t = \frac{210 \text{ km}}{100 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 2,10 \text{ h} = 2 \text{ h } 6 \text{ min}$$

Il grafico **spazio-tempo**

La posizione della libellula

TRAIETTORIA



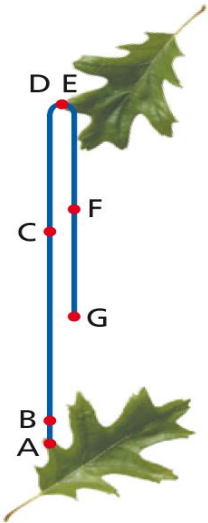
•Come è fatta la traiettoria della libellula?

t (s)	s (m)	
0	0	A
1	0,5	B
3	5,0	C
5	8,0	D
6	8,0	E
8	5,5	F
10	3,0	G

- Che cosa accade nell'intervallo di tempo compreso tra gli istanti 5 e 6 secondi?
- Guardiamo la tabella: qual è la posizione che può essere considerata come origine del sistema di riferimento rispetto al quale viene descritto il moto della libellula?
- Quanto vale il modulo dello spostamento della libellula? E lo spazio percorso?

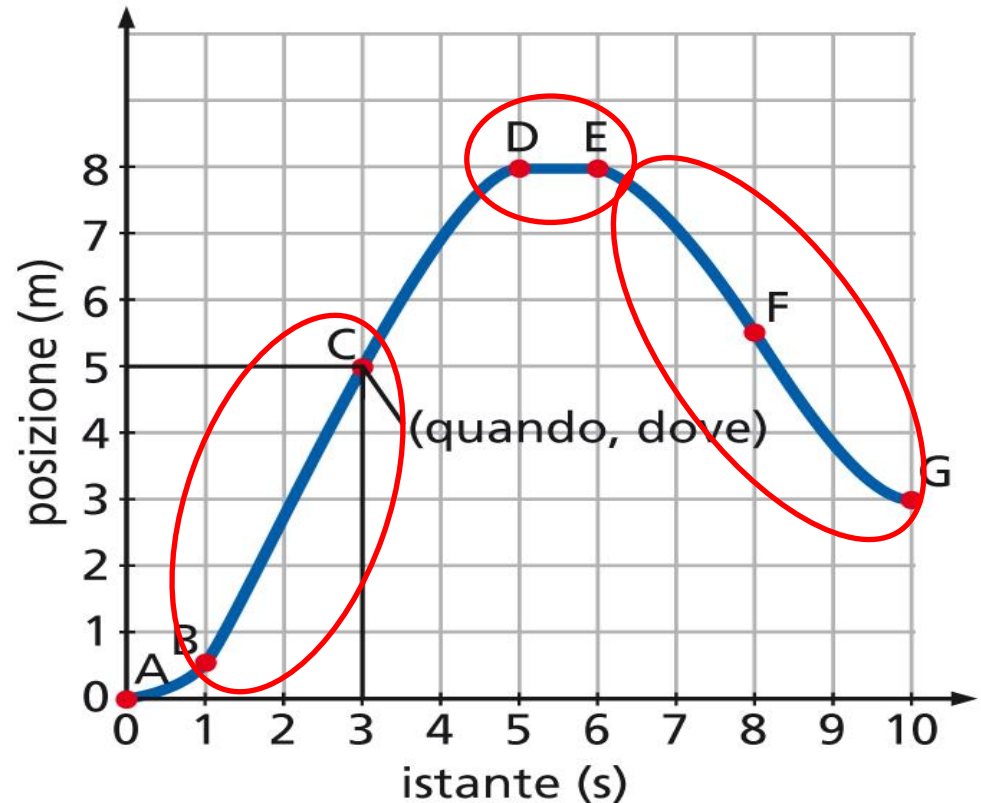
Il grafico spazio-tempo

TRAIETTORIA



t (s)	s (m)	
0	0	A
1	0,5	B
3	5,0	C
5	8,0	D
6	8,0	E
8	5,5	F
10	3,0	G

GRAFICO SPAZIO-TEMPO

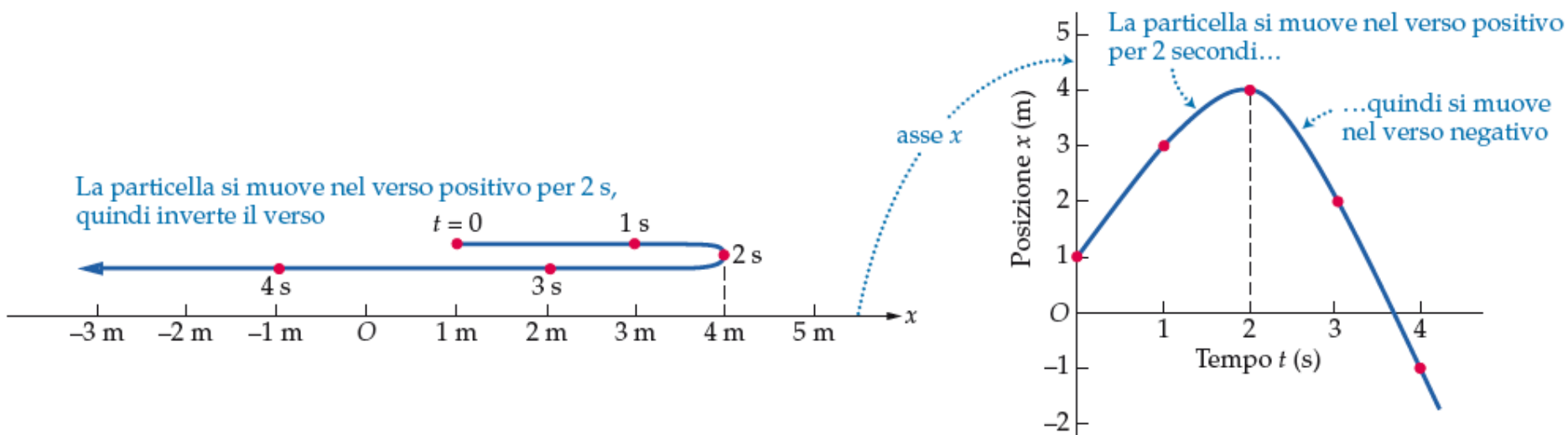


- Un punto del **grafico spazio-tempo** dà informazione sulla *posizione* di un corpo che si muove su una retta (*dove* si trova?) a un determinato *istante* (*quando*?).
- Il grafico spazio-tempo *non* è la traiettoria, che per il moto rettilineo, è un segmento.
- I tratti più ripidi sono quelli in cui la velocità media è maggiore; nei tratti orizzontali la libellula è ferma; nei tratti inclinati verso il basso la libellula torna indietro.

Velocità scalare media e velocità media

Interpretazione grafica della velocità media

Lo stesso moto, rappresentato su un asse coordinato e come grafico $x-t$:



- a) Il cammino della particella mostrato su un asse coordinato
- b) Lo stesso cammino visualizzato in un grafico che riporta la posizione x in funzione del tempo t

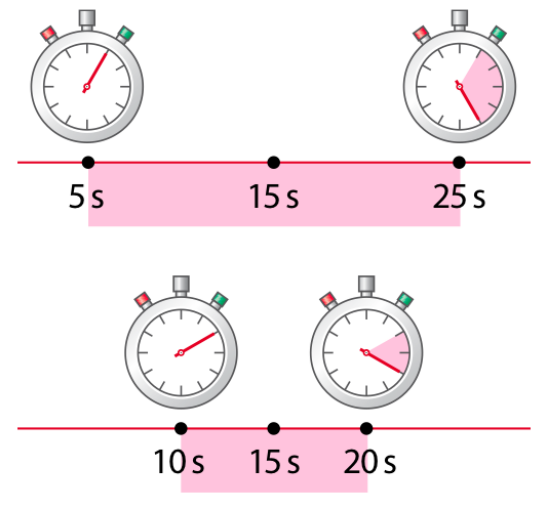
Lo studio del moto e la velocità

Se nella formula precedente consideriamo intervalli di tempo sempre più piccoli, e quindi spazi sempre più ridotti, la velocità che individueremo sarà sempre più vicina a quella che il corpo ha in un determinato istante, abbiamo così definito la **VELOCITÀ ISTANTANEA**.

La **velocità istantanea** è la velocità del corpo in un **determinato istante t** .

Velocità istantanea al tempo t : velocità media calcolata in un intervallo di tempo Δt **molto piccolo** che comprende il punto t .

Per calcolare la velocità istantanea all'istante $t = 15$ s, si calcola la velocità media in un intervallo sempre più piccolo.



Se la velocità si mantiene costante in tutto lo spazio considerato, allora velocità istantanea e velocità media coincidono.

Velocità istantanea

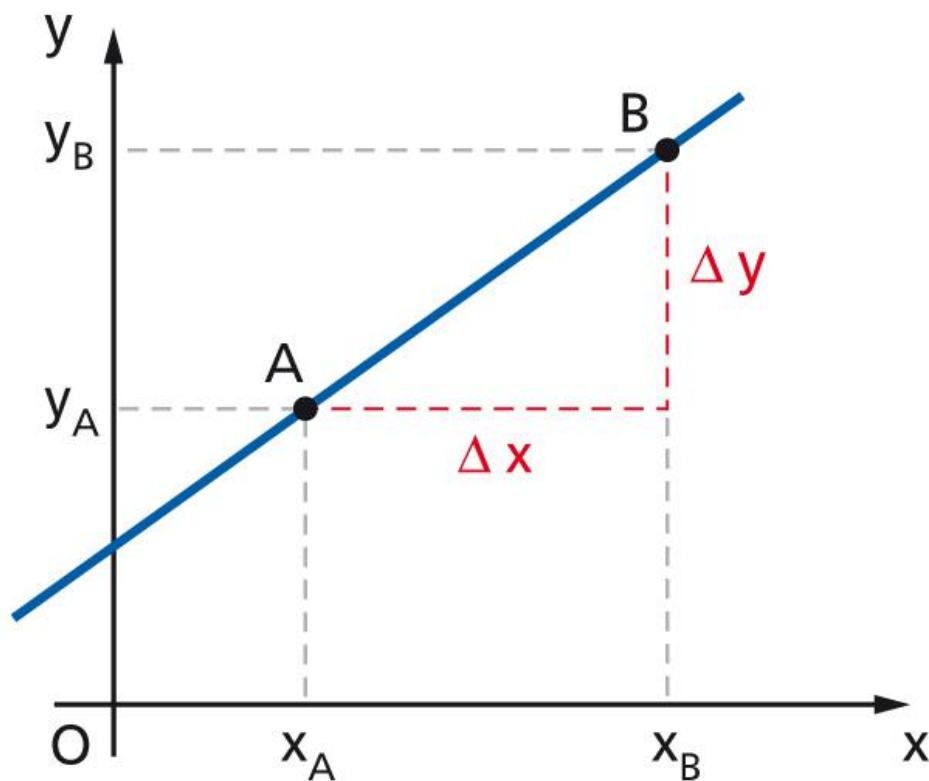
Definizione:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

La velocità istantanea, quindi, è la velocità media calcolata su intervalli di tempo sempre più piccoli, al limite tendenti a zero

La **pendenza** di una retta

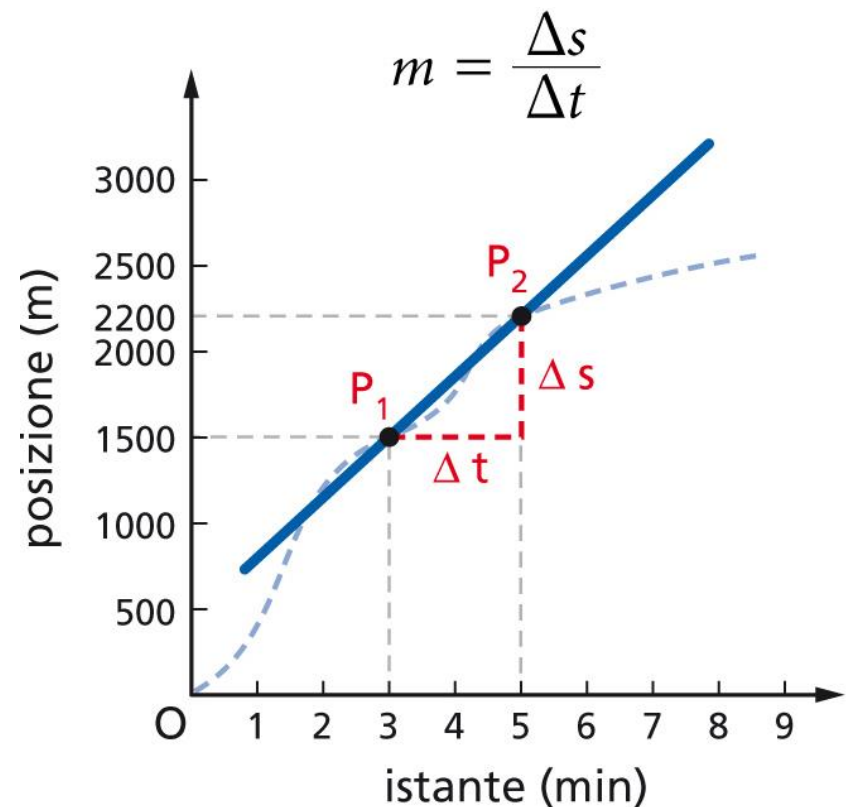
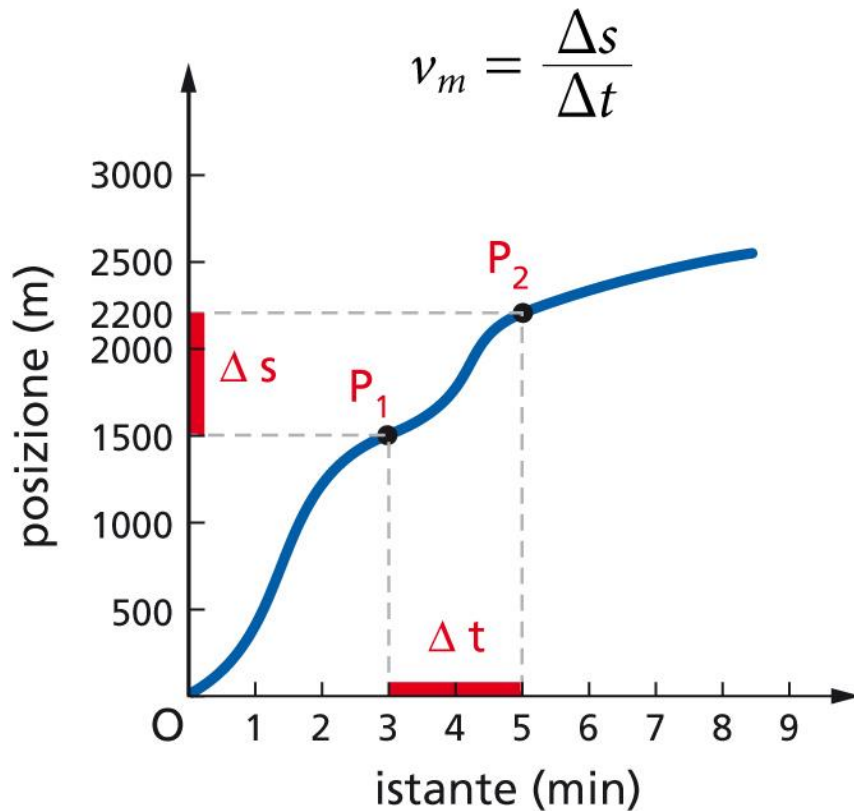
$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$



La pendenza m è un numero tanto più grande quanto più la retta è ripida.

Pendenza e velocità media

La **velocità media** tra due punti P_1 e P_2 nel grafico spazio-tempo è uguale alla **pendenza** della retta **secante** che passa per i due punti.

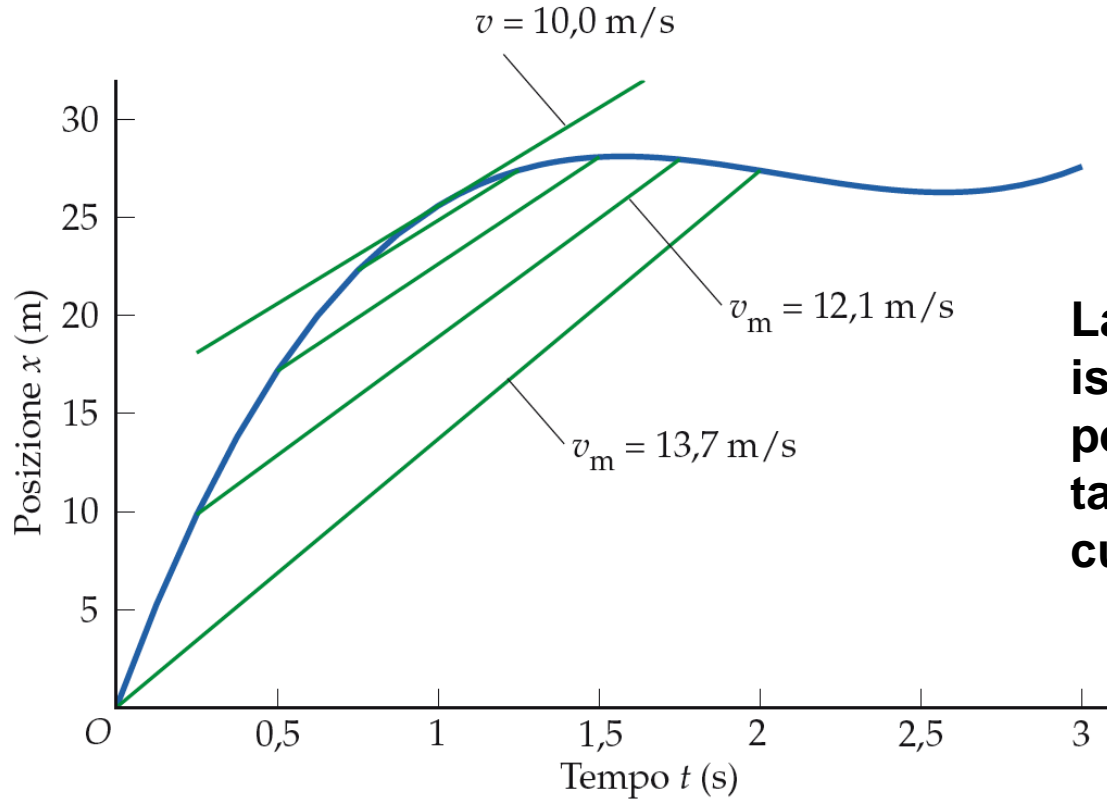


Per calcolare la velocità media dal grafico spazio-tempo:

- si scelgono due punti;
- si traccia la retta secante;
- si calcola la pendenza della retta secante.

Velocità istantanea

Il grafico mostra la velocità media misurata su intervalli di tempo sempre più piccoli



La velocità istantanea è la pendenza della tangente alla curva

Grafico x - t relativo a un moto con velocità variabile.

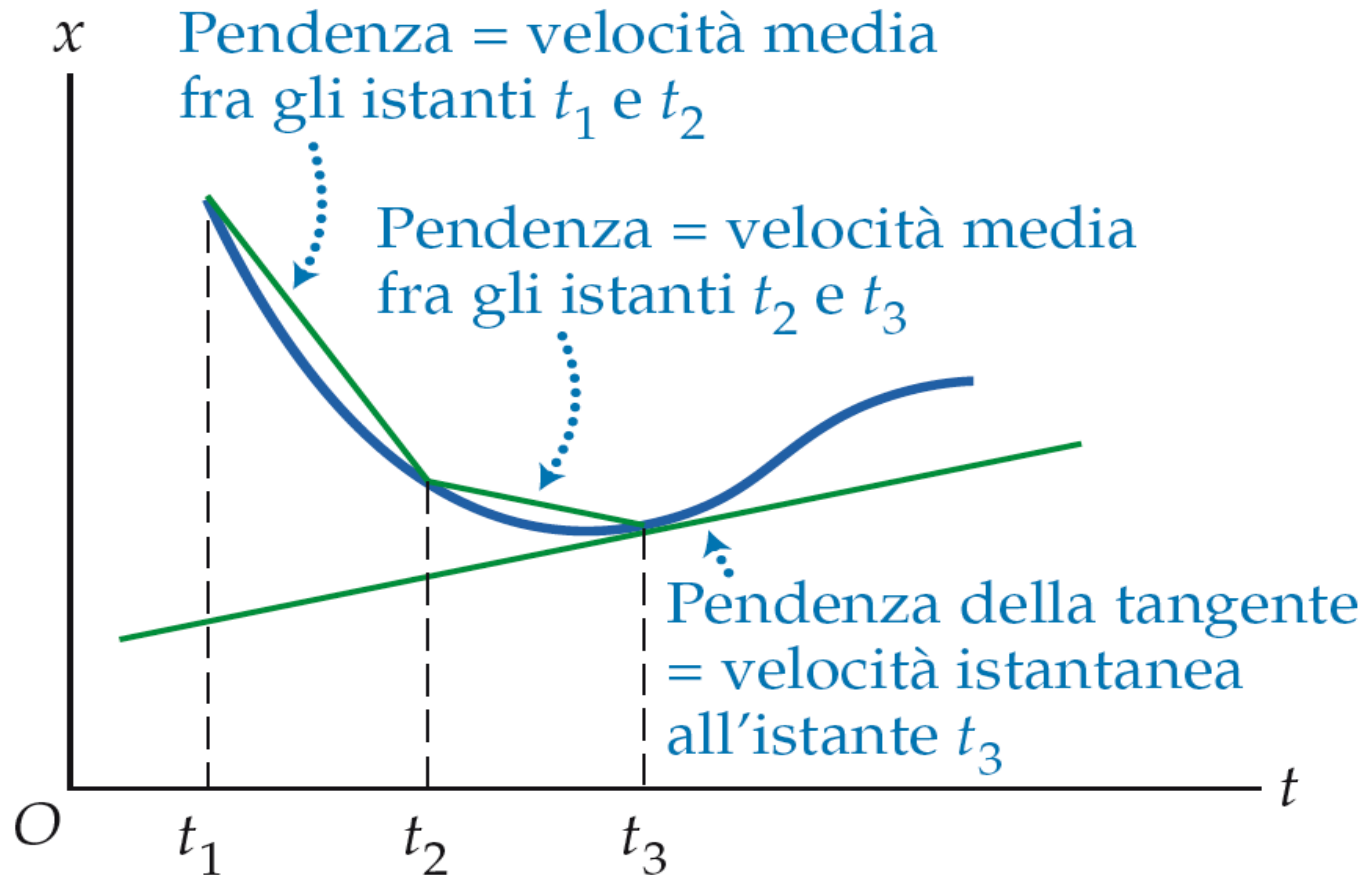
La velocità istantanea per $t=1$ s è uguale alla pendenza della tangente in quell'istante.

La velocità media in un piccolo intervallo di tempo centrato su $t=1$ s è un'approssimazione della velocità istantanea nell'istante $t=1$ s;

questa approssimazione è tanto migliore quanto più l'intervallo di tempo è piccolo.

Velocità istantanea

Interpretazione grafica della velocità media e istantanea



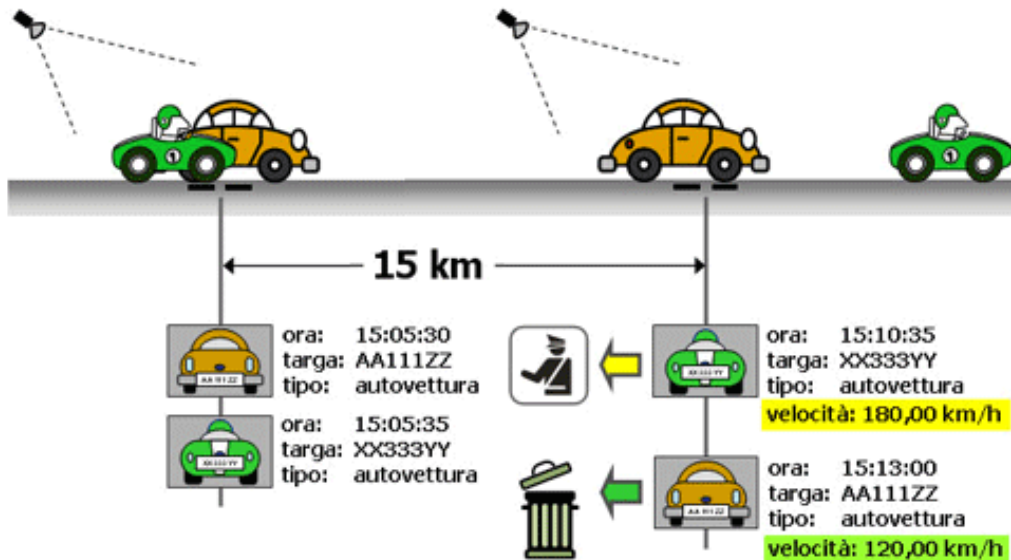
La velocità media corrisponde alla pendenza del segmento di retta che congiunge due diversi punti del grafico x - t .

La velocità istantanea è data dalla pendenza della retta tangente alla curva in un determinato istante.

Velocità

Vediamo due strumenti per la verifica delle velocità che si basano sui concetti di **VELOCITÀ MEDIA** e **VELOCITÀ ISTANTANEA**:

TUTOR



VELOCITÀ MEDIA

AUTOVELOX



VELOCITÀ ISTANTANEA

Il moto rettilineo uniforme

Il moto è uniforme quando
la velocità è costante;
la legge oraria permette
di conoscere la posizione di un
corpo nel tempo

Lo studio del moto e la velocità

Un **moto uniforme** è un moto con **velocità istantanea costante**.

- Un punto che si muove con una velocità costante di 20 m/s percorre una distanza di 20 m durante ogni intervallo di durata 1 s

Tabella 1					
Tempo (s)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Spazio percorso (m)	20	40	60	80	100

In un moto uniforme, la **velocità media** in un intervallo di tempo qualunque **coincide con la velocità istantanea**.

Il moto rettilineo uniforme

All'istante $t = 0$, la motocicletta è nell'origine ($s = 0$).

A $t = 0$ s il motociclista passa davanti al semaforo, che viene considerato l'origine O del riferimento per la misura della posizione.

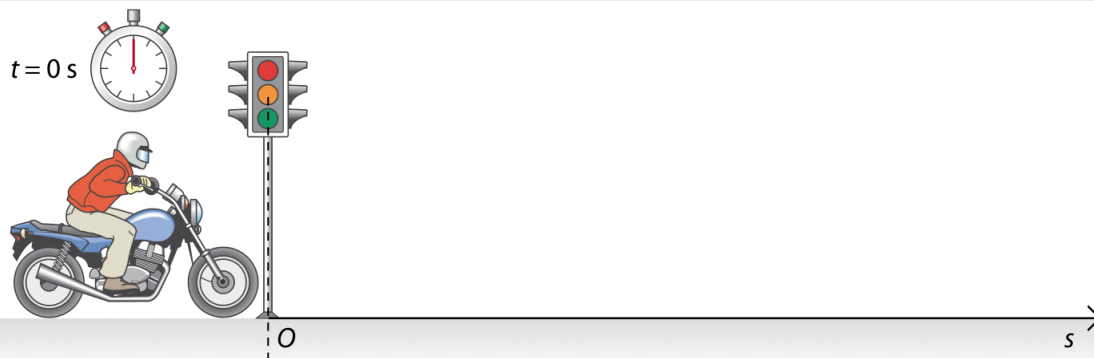


Tabella 1

Tempo (s)	0	1,0	2,0	3,0	4,0	...	10,0	...	t
Spazio (m)	0	10	20	30	40	...	100	...	s

$$s = 10 \cdot t$$

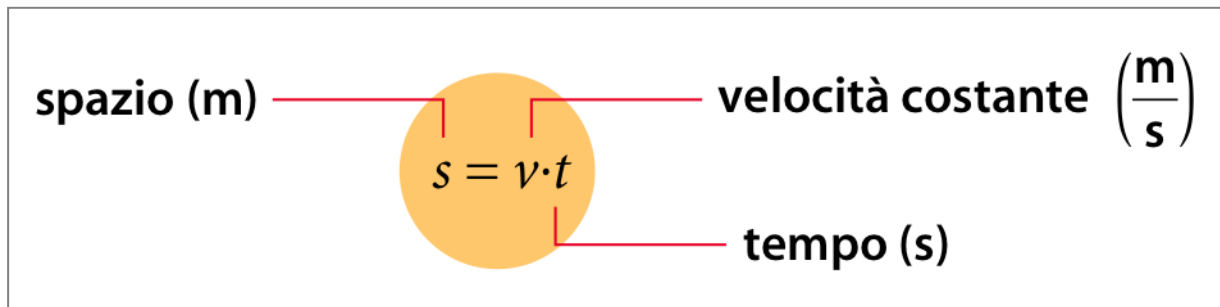
Spazio s e tempo t sono **direttamente proporzionali**.

Il moto rettilineo uniforme

La **legge oraria** di un moto è la **relazione** che lega lo **spazio percorso s** e il **tempo t** .

- Conoscendo la legge oraria è possibile calcolare lo spazio (la posizione) s in corrispondenza di qualunque valore del tempo t .

La **legge oraria del moto rettilineo uniforme** è:



The diagram illustrates the equation for uniform rectilinear motion, $s = v \cdot t$, enclosed in a yellow circle. Three red lines connect the variables to their respective units: 'spazio (m)' connects to s , 'velocità costante $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$ ' connects to v , and 'tempo (s)' connects to t .

$$s = v \cdot t$$

Il moto rettilineo uniforme

- **Velocità costante:** $v = 10 \text{ m/s}$. All'istante $t = 0$, la motocicletta **non** è nell'origine ($s = 30$). Spazio s e tempo t sono **correlati linearmente**.

Quando $t = 0 \text{ s}$, la motocicletta si trova a 30 m dal semaforo.

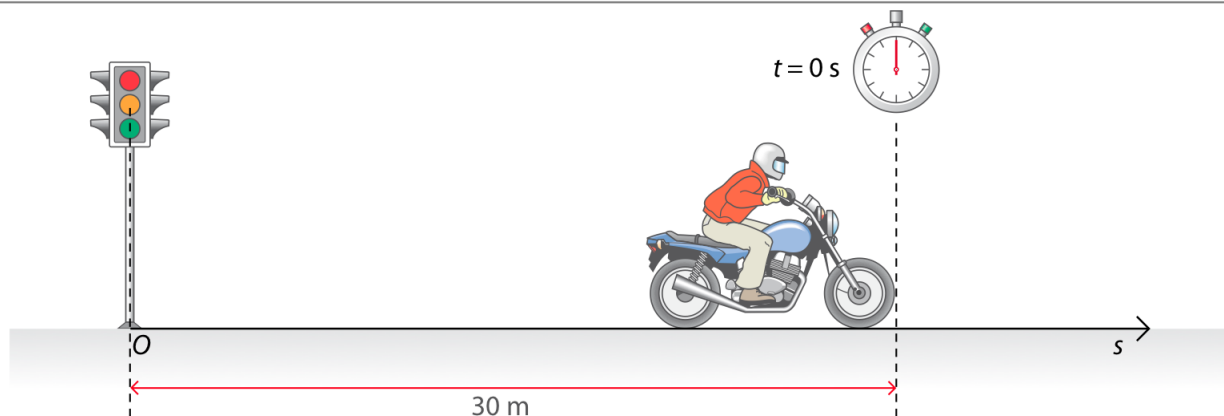


Tabella 2

Tempo (s)	0	1,0	2,0	3,0	...	10,0	...	t
Spazio percorso (m)	30	40	50	60	...	130	...	s

$$s = 10 \cdot t + 30$$

Il moto rettilineo uniforme

Nel caso più generale, la **legge oraria del moto rettilineo uniforme** è:

distanza (m)
dall'origine degli assi
al tempo t

tempo (s)

$s = v \cdot t + s_0$

velocità costante $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

distanza iniziale
dall'origine degli assi (m)

ESEMPIO 2 Al tempo $t = 4,5 \text{ s}$ la motocicletta ha percorso lo spazio:

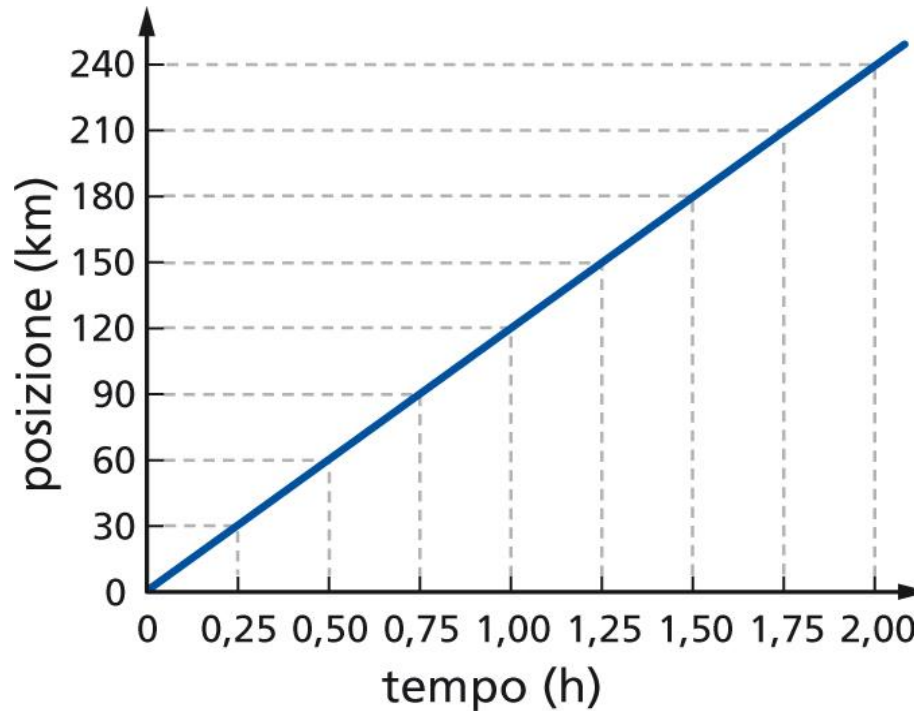
$$s = (10 \text{ m/s}) \times (4,5 \text{ s}) + 30 \text{ m} = 75 \text{ m}$$

A un tempo doppio, $t = 9,0 \text{ s}$, lo spazio percorso non è doppio:

$$s = (10 \text{ m/s}) \times (9,0 \text{ s}) + 30 \text{ m} = 120 \text{ m}$$

Il moto rettilineo **uniforme**

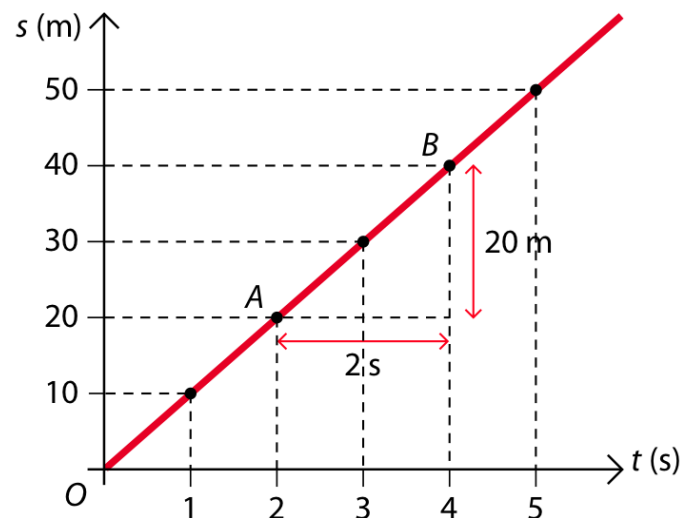
Il movimento di un punto materiale che si sposta lungo una retta con velocità costante è detto **moto rettilineo uniforme**.



- Dato che una retta ha sempre la stessa pendenza, un grafico spazio-tempo a forma di retta rappresenta un moto che ha sempre la stessa velocità media.
- Guardiamo il grafico spazio-tempo di un moto rettilineo uniforme: che relazione c'è tra le distanze e gli intervalli di tempo impiegati a percorrerle?

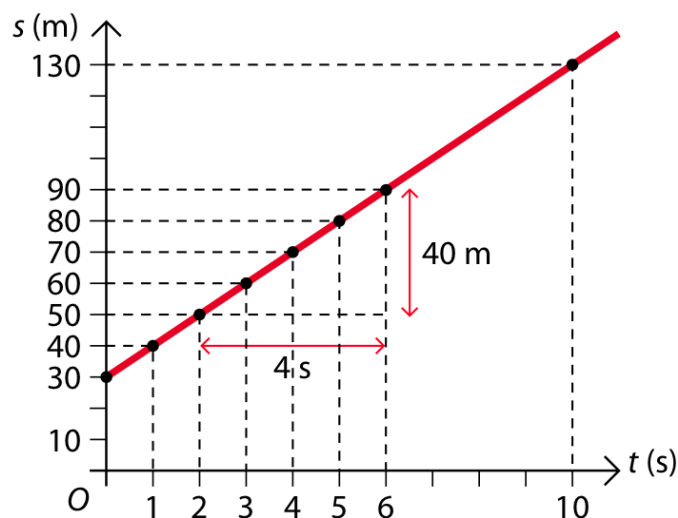
Il moto rettilineo uniforme

Il grafico spazio-tempo del moto uniforme è una semiretta



a Le due variabili tempo e spazio sono direttamente proporzionali, il grafico è una semiretta uscente dall'origine degli assi.

Per calcolare la pendenza abbiamo scelto $t_1 = 2\text{ s}$ e $t_2 = 4\text{ s}$, che corrisponde a un intervallo $\Delta t = 2\text{ s}$; l'incremento dello spazio è 20 m .



b Le due variabili sono correlate linearmente, la semiretta non esce dall'origine degli assi cartesiani.

Calcoliamo la pendenza con $t_1 = 2\text{ s}$ e $t_2 = 6\text{ s}$, che corrisponde a un intervallo $\Delta t = 4\text{ s}$; il corrispondente incremento dello spazio è 40 m .

La pendenza della semiretta coincide con la velocità

Moto Rettilineo Uniforme

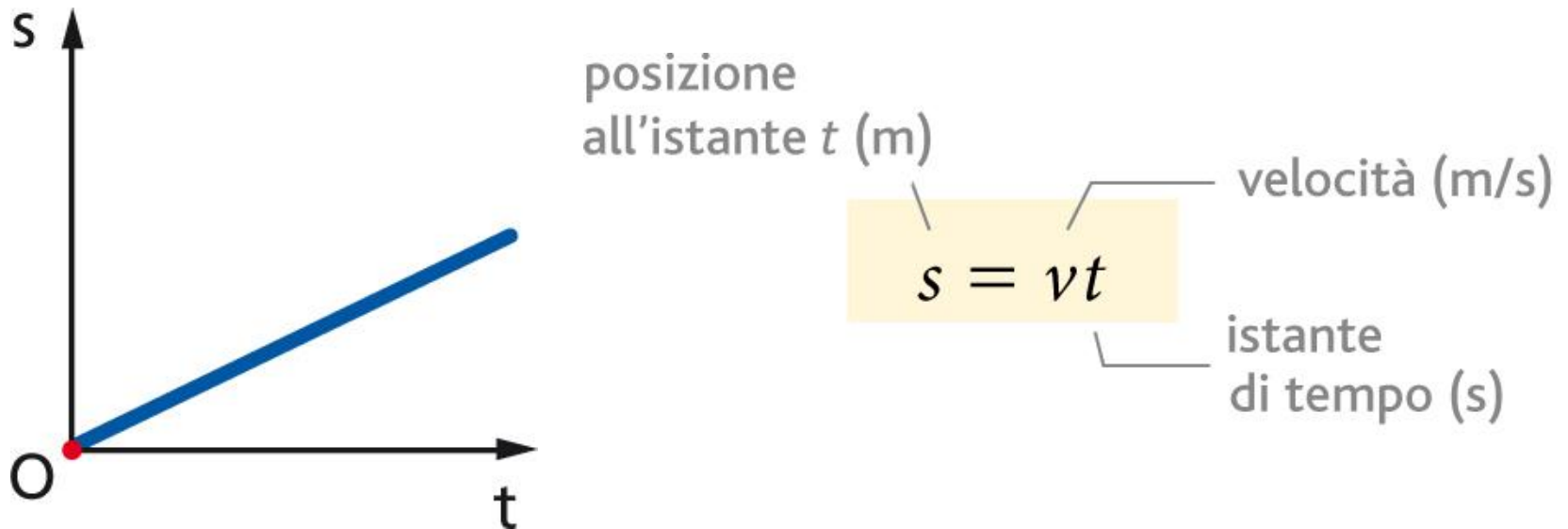
Un moto si definisce **RETTILINEO UNIFORME** se sono verificate le seguenti condizioni:

- ❑ La traiettoria è una retta
- ❑ La velocità è costante (e quindi l'accelerazione è nulla).

La legge oraria, cioè l'equazione matematica che lega spazio e tempo, del moto rettilineo uniforme è:

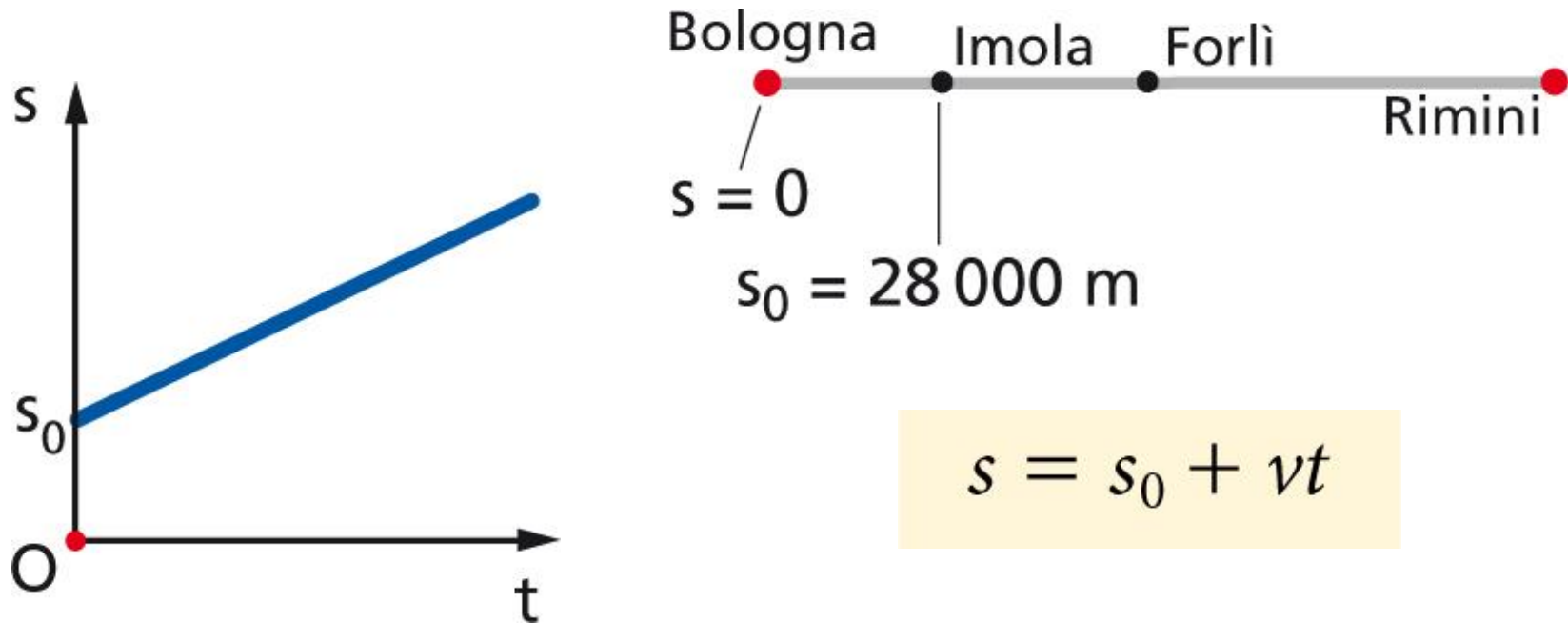
$$s = s_0 + v \cdot t$$

Calcolo della posizione (1)



- Un motociclista percorre l'autostrada da Bologna a Rimini, che è rettilinea. Dato che l'autostrada è libera, mantiene una velocità costante.

Calcolo della posizione (2)



$$s = s_0 + vt$$

- Se il motociclista imbocca l'autostrada da Imola, che dista 28 km da Bologna, non parte dal kilometro zero ($s = 0$), ma dalla posizione iniziale $s_0 = 28\,000\text{ m}$.
- La posizione all'istante t è sempre calcolata rispetto a Bologna, la città che coincide con lo zero del nostro sistema di riferimento.

Calcolo dell'istante di tempo

$$s = vt$$

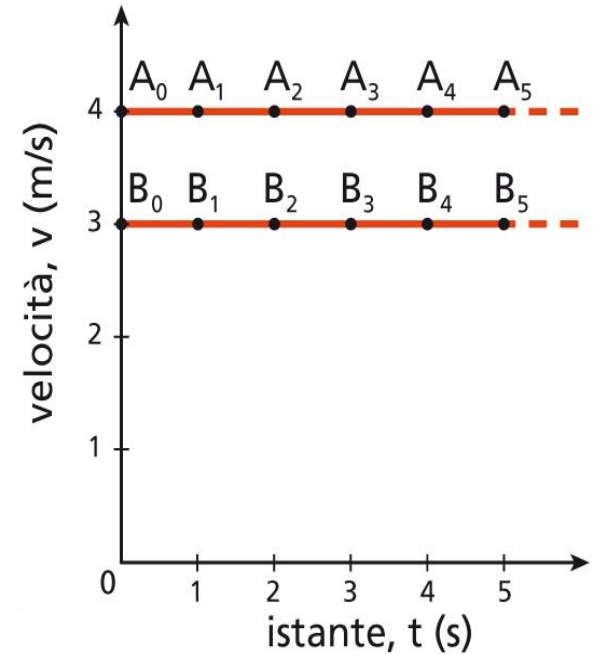
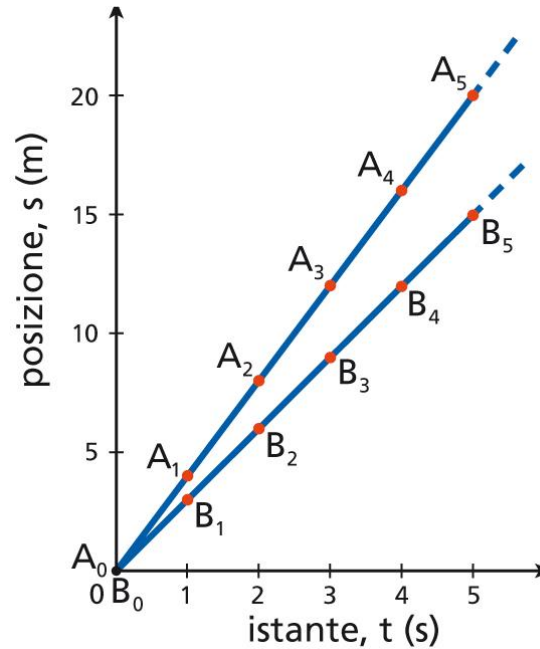
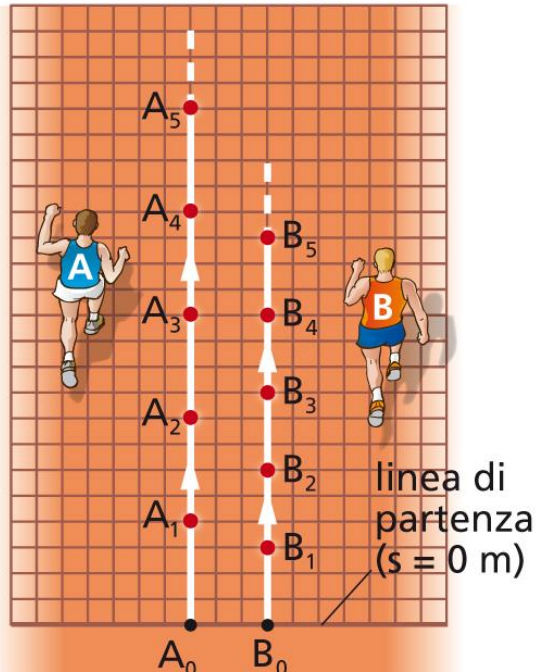


$$\frac{s}{v} = \frac{\cancel{v}t}{\cancel{v}}$$



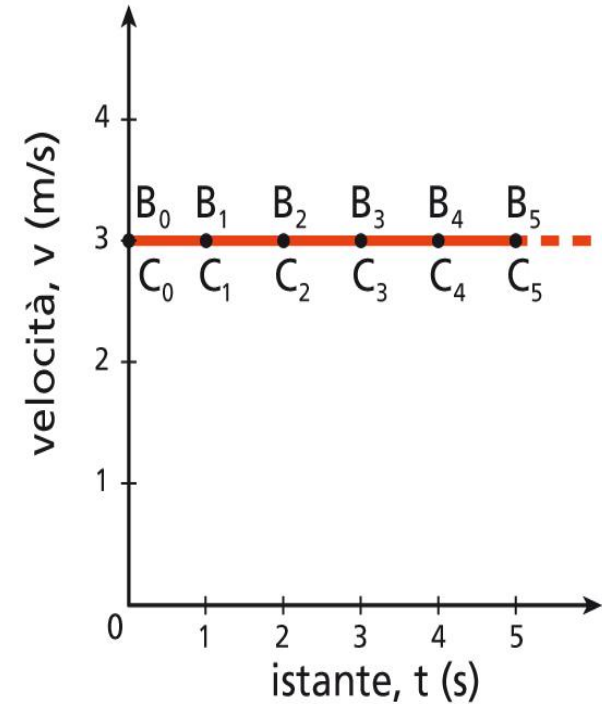
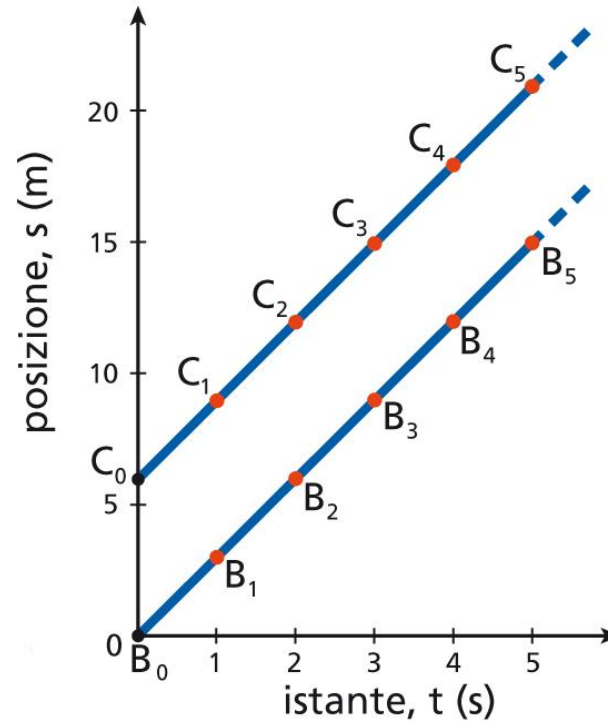
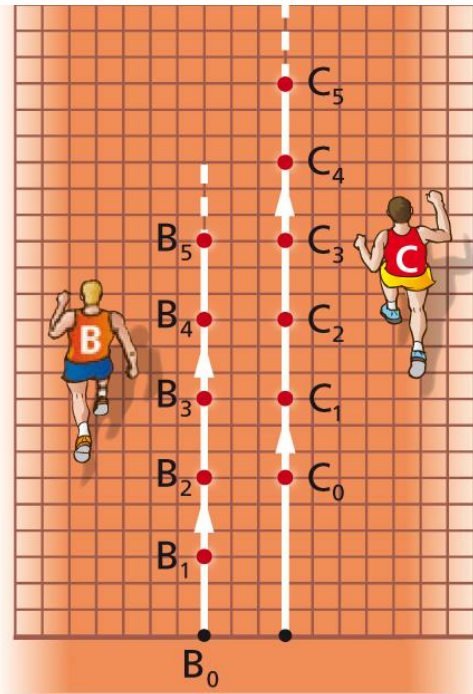
$$t = \frac{s}{v}$$

Chi è il più veloce?



- Disegnano il grafico spazio-tempo dei due atleti: qual è il più ripido?
- Qual è la velocità dell'atleta A? E quella dell'atleta B?

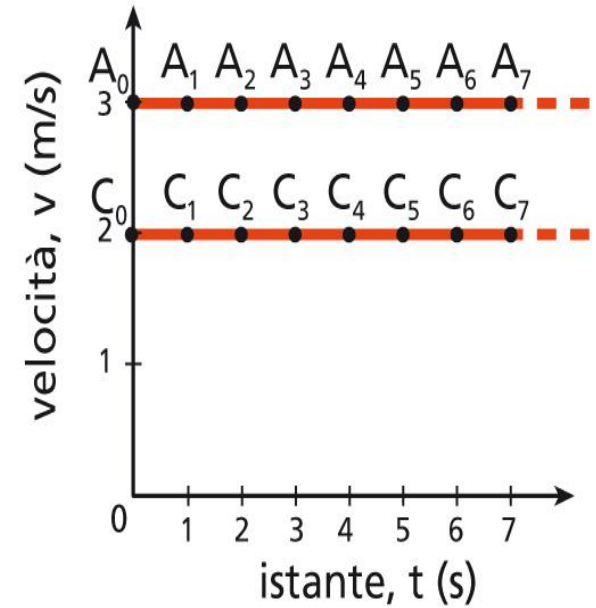
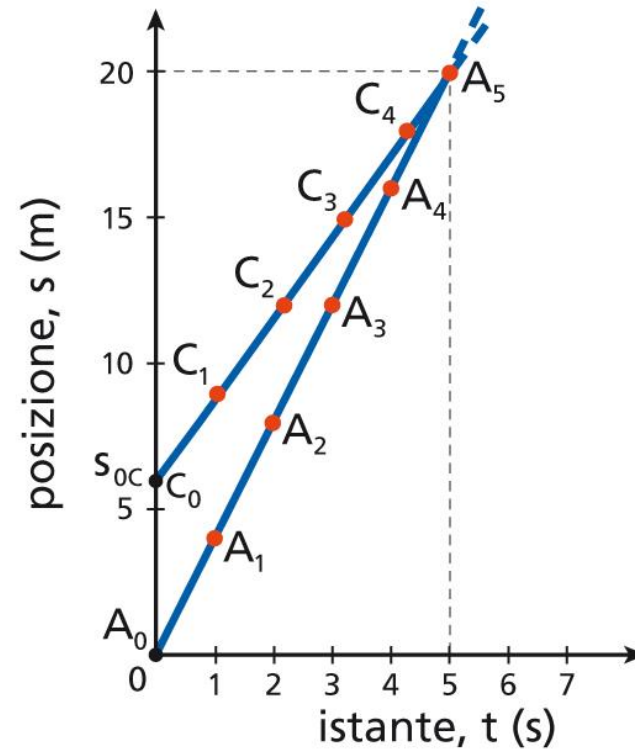
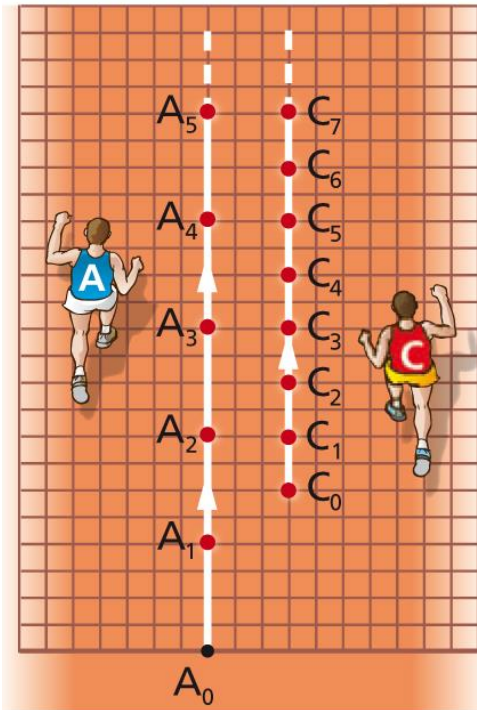
Chi arriverà primo?



•Qual è l'atleta più veloce?

•Se i due atleti procedono con la stessa velocità, per quale ragione è l'atleta C a tagliare per primo il traguardo?

Sorpasso!



- Qual è l'atleta più veloce?
- In quale posizione avviene il sorpasso?