

FISICA

MECCANICA:

La Cinematica
unidimensionale

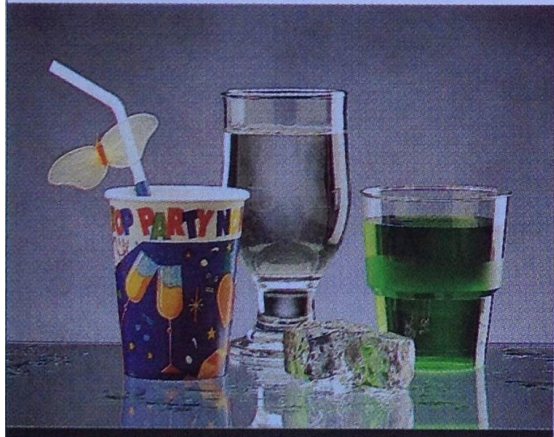
Autore: prof. Pappalardo Vincenzo
docente di Matematica e Fisica



La Meccanica è quella parte della fisica che studia il movimento e si compone di tre parti:

- ✓ CINEMATICA: studia il movimento senza interessarsi delle cause che lo hanno prodotto.
- ✓ DINAMICA: studia la relazione tra il moto e le cause (forze) che lo producono.
- ✓ STATICA: studia l'equilibrio dei corpi.

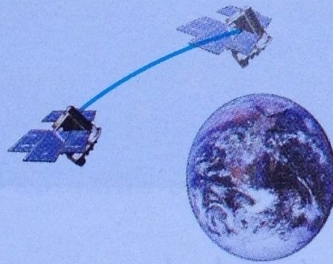
► Le condizioni che consentono ai bicchieri di rimanere *fermi* sul tavolo sono descritte dalla **statica**.



A

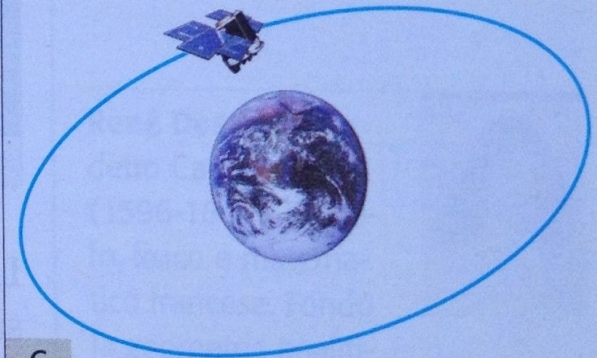
C. Gardini 1998

► Chiedersi *come* cambia nel tempo la posizione di un satellite terrestre in orbita è l'oggetto della **cinematica**.



B

► Stabilire *perché* un satellite rimane in orbita invece di cadere o allontanarsi nello spazio, è l'oggetto della **dinamica**.

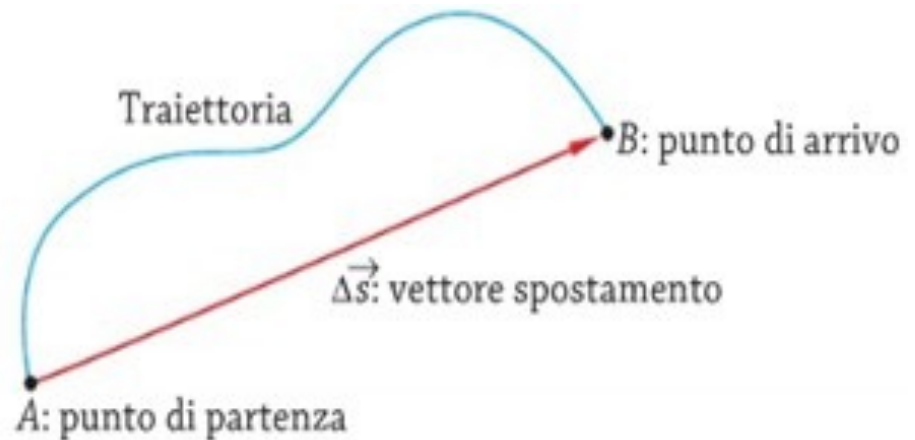


C

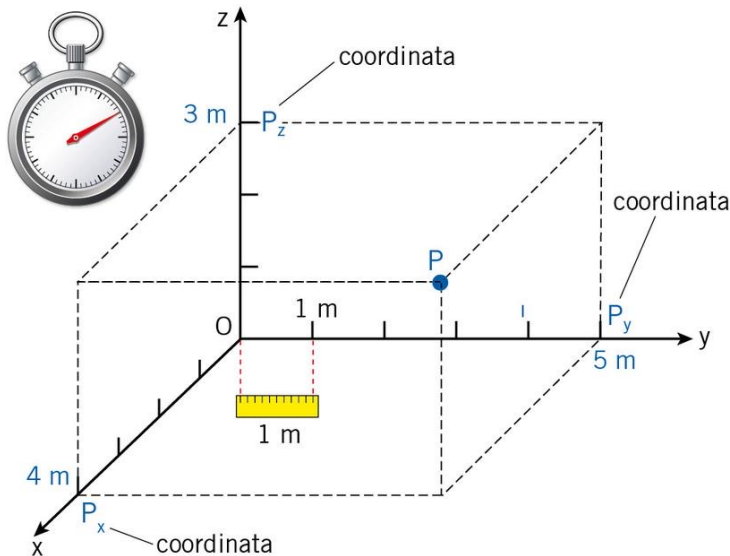
INIZIAMO LO STUDIO DELLA CINEMATICA

Gli elementi caratteristici del moto sono: *il punto materiale, la traiettoria, il sistema di riferimento, la legge oraria del moto.*

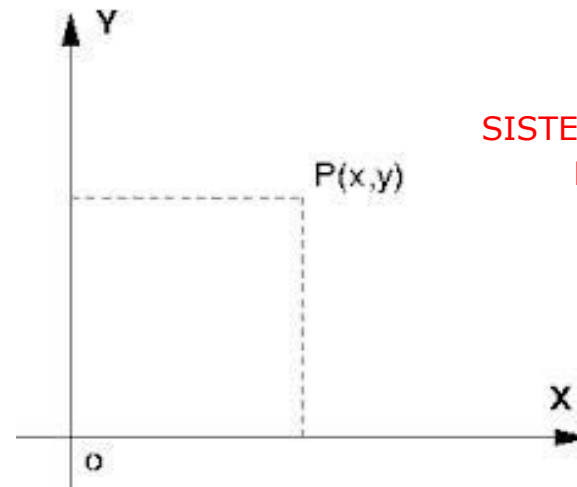
- **IL PUNTO MATERIALE:** un oggetto in moto è considerato un punto materiale (senza dimensione) quando le sue dimensioni sono piccole rispetto alla distanza che percorre. *Esempio: la Terra ed il Sole possono essere considerati punti materiali perché le loro dimensioni sono piccole rispetto alla distanza che li separa.*
- **LA TRAIETTORIA:** è la linea (o curva) che unisce le posizioni successive occupate da un punto materiale in movimento



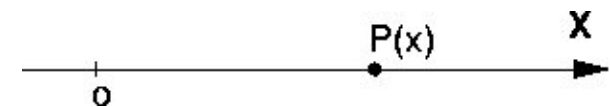
- **SISTEMA DI RIFERIMENTO:** Per studiare il moto di un punto materiale è necessario specificare rispetto a che cosa cambia la sua posizione al trascorrere del tempo. Abbiamo bisogno di un *sistema di riferimento cartesiano*.



**SISTEMA DI RIFERIMENTO
TRIDIMENSIONALE**

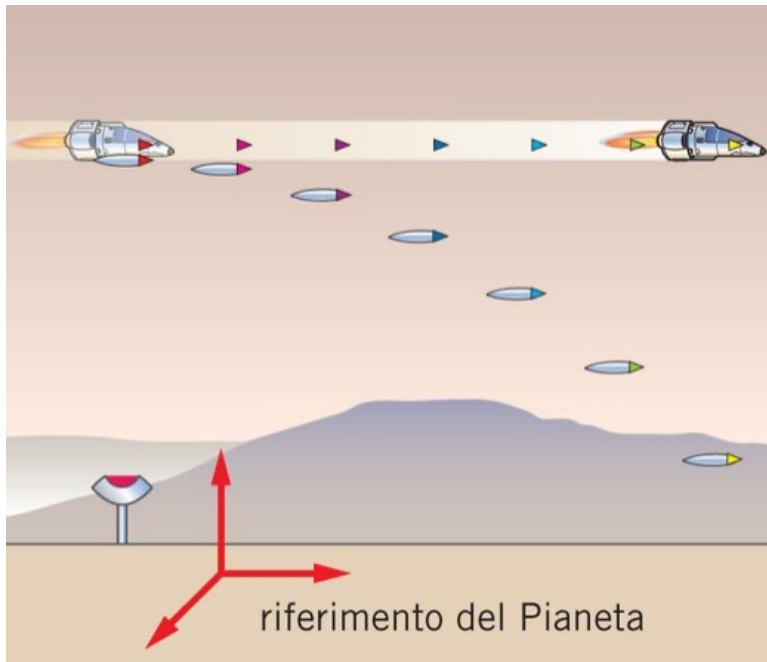


**SISTEMA DI RIFERIMENTO
BIDIMENSIONALE**

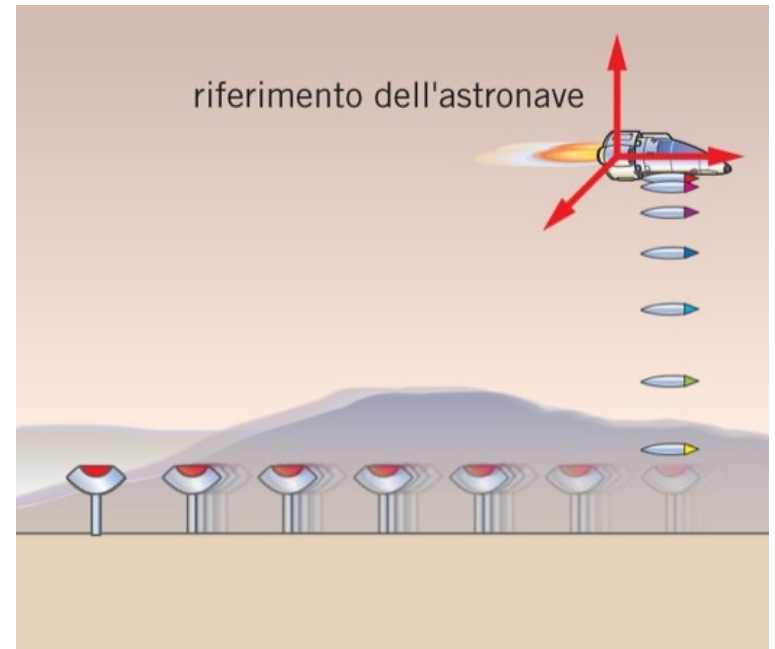


**SISTEMA DI RIFERIMENTO
UNIDIMENSIONALE**

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



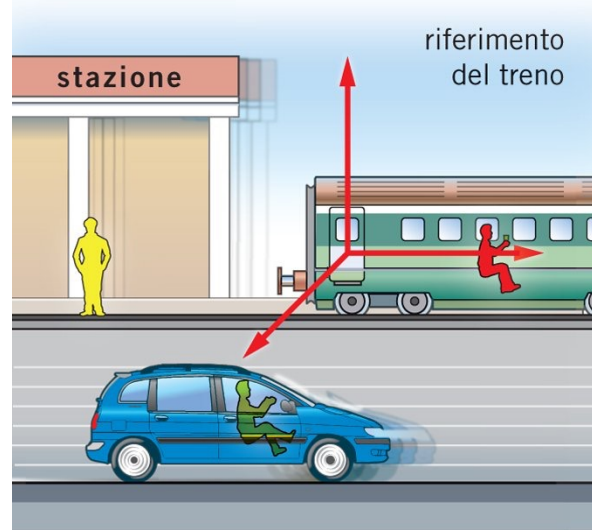
Per l'osservatore nel riferimento pianeta, l'astronave si muove verso destra in linea retta, mentre la traiettoria descritta dall'oggetto lanciato è una parabola.



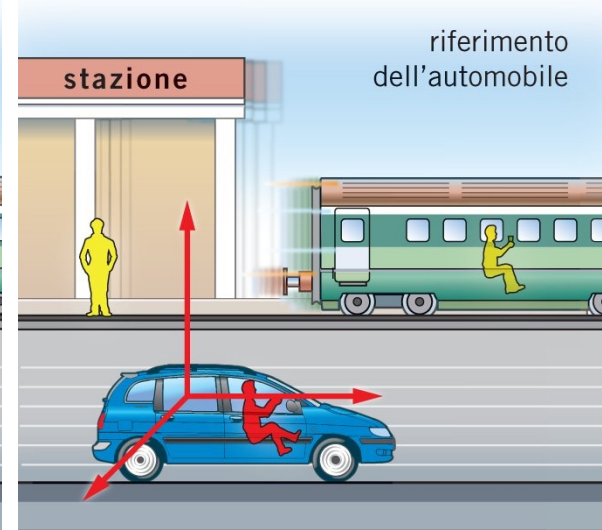
Per il pilota dell'astronave l'oggetto scende in linea retta verso il basso.



Per un osservatore fermo in stazione, il treno si muove nello stesso verso dell'automobile ma più rapidamente.



Per un passeggero sul treno, la stazione si muove all'indietro e l'automobile si sposta più lentamente, sempre all'indietro.



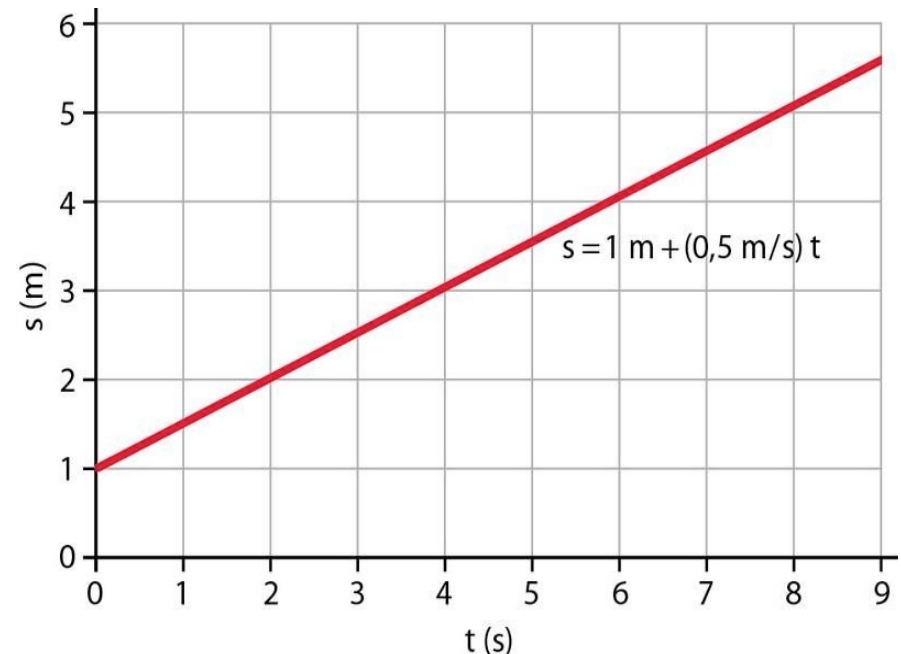
Per l'automobilista, l'osservatore nella stazione si muove all'indietro e il treno si sposta in avanti.

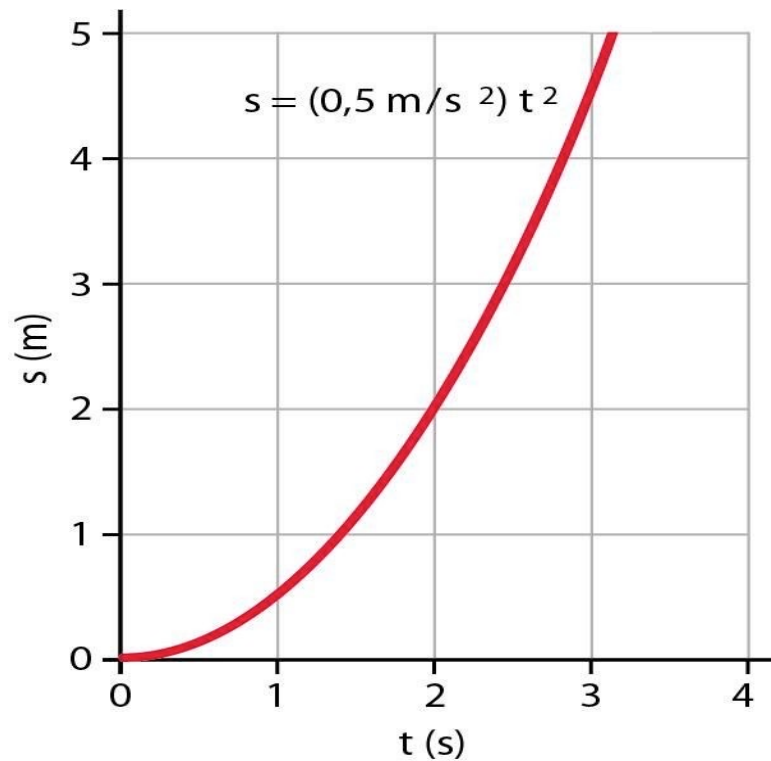
➤ **LEGGE ORARIA DEL MOTO:** è la funzione **$s = f(t)$** che esprime la relazione matematica tra la posizione s occupata dal punto materiale all'istante di tempo t .

Non si confonda il grafico della legge oraria del moto con la traiettoria del punto materiale.

Nella legge del moto ci sono tutte le informazioni sul moto, per cui ogni moto è caratterizzato da una particolare legge del moto.

Il moto rettilineo uniforme ($v = \text{cost}$) è descritto da una legge oraria di tipo lineare il cui grafico (diagramma orario) è una retta:





Il moto qualunque è descritto da una legge oraria il cui grafico dipenderà dalla funzione matematica che lo rappresenta.

Il moto rettilineo uniformemente accelerato ($a = \text{cost}$) è descritto da una legge oraria di tipo quadratico il cui grafico è una parabola.

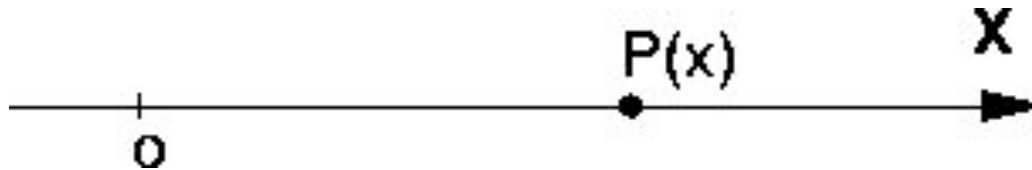


CINEMATICA UNIDIMENSIONALE

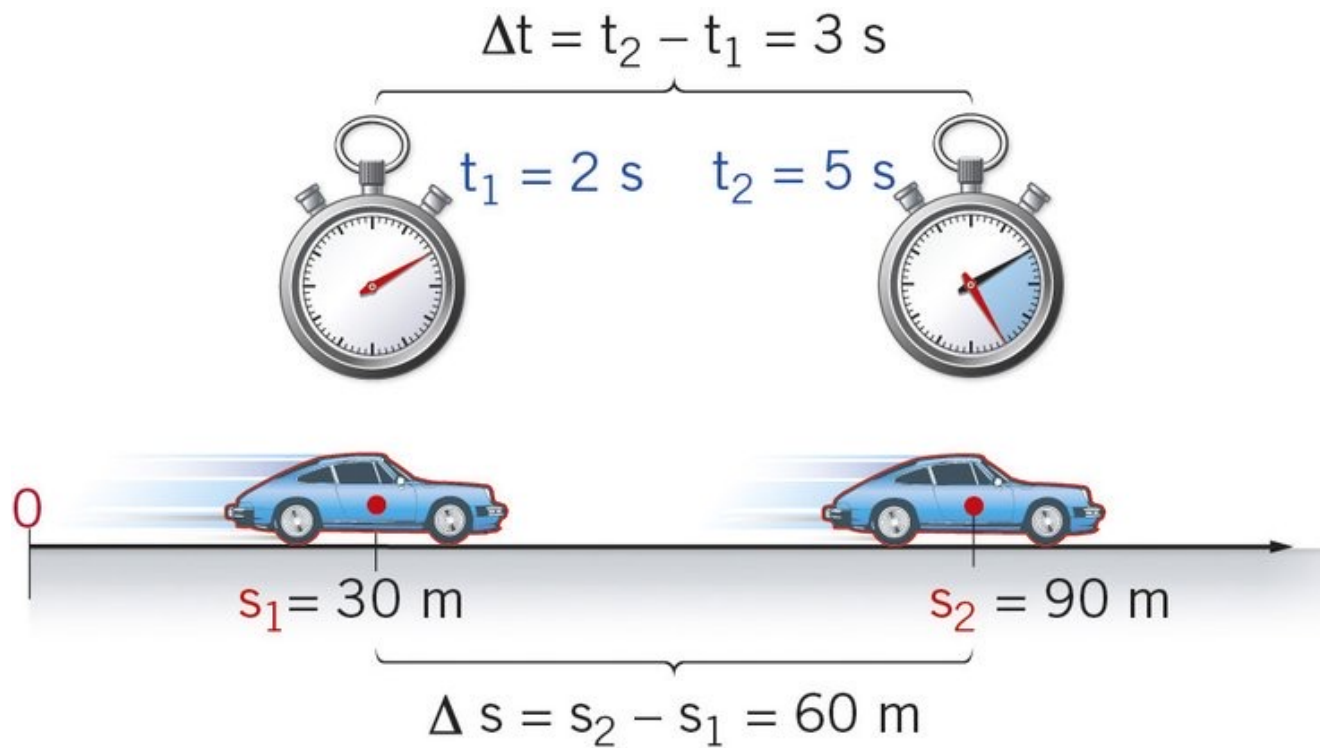
Il moto rettilineo

Si chiama moto rettilineo il moto di un punto materiale che descrive una traiettoria formata da punti appartenenti a una retta.

Per studiare il moto rettilineo di un punto materiale è sufficiente scegliere un sistema di riferimento cartesiano unidimensionale (fissare una posizione, l'origine $s=0$ come punto di partenza iniziale, cioè il punto da cui determinare tutte le posizioni successive, ed un tempo iniziale $t=0$ da cui misurare tutti gli istanti di tempo successivi).



SISTEMA DI RIFERIMENTO
UNIDIMENSIONALE



La scelta dell'istante e della posizione "zero" è del tutto arbitraria. Quello che conta è la distanza percorsa $\Delta s = s_2 - s_1$ e l'intervallo di tempo impiegato $\Delta t = t_2 - t_1$, ossia le variazioni di spazio e di tempo (questo significa che se lo spostamento avviene in senso contrario rispetto a quello della figura, il valore di Δs è negativo).

LA VELOCITA' MEDIA

Si definisce velocità media v_m di un punto materiale come il rapporto tra la distanza percorsa Δs e l'intervallo di tempo Δt impiegato.

velocità media (m/s) ————— distanza percorsa (m)

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

————— tempo impiegato

$$\Delta s = s_{finale} - s_{iniziale}$$

$$\Delta t = t_{finale} - t_{iniziale}$$

unità di misura: $[m / s]$

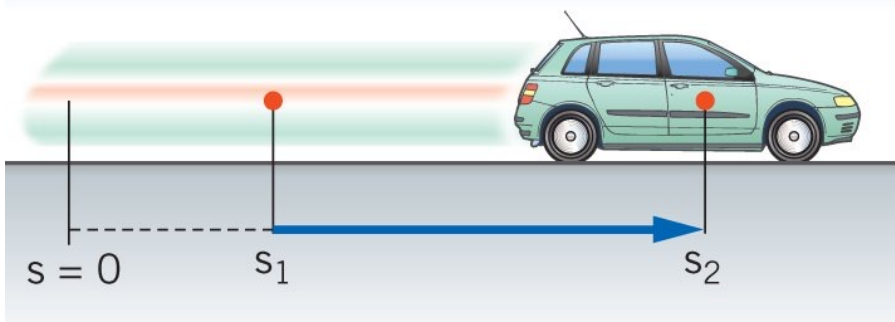
$$1 \frac{km}{h} = \frac{1}{3,6} \frac{m}{s} \qquad 1 \frac{m}{s} = 3,6 \frac{km}{h}$$

formule inverse

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

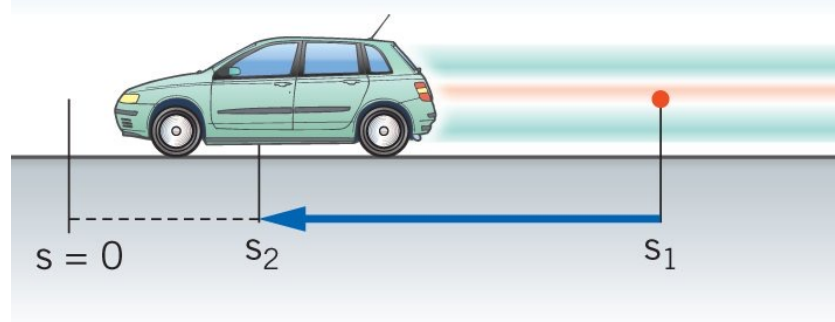
La velocità media non fornisce informazioni solo sulla rapidità del moto, ma anche sul verso in cui esso si sta muovendo su una traiettoria rettilinea.

moto nel verso positivo



Fissiamo un sistema di coordinate con verso positivo per il moto dell'auto verso destra: $s_2 > s_1$ ($\Delta s = s_2 - s_1 > 0$) e dunque $v_m > 0$.

moto nel verso negativo



Se il moto è nel verso negativo: $s_2 < s_1$ ($\Delta s = s_2 - s_1 < 0$) e dunque $v_m < 0$.

PROBLEMA

Carlo si sta allenando per i campionati provinciali di atletica ed esegue uno scatto di 30,0 m in 6,00 secondi, poi si ferma e torna indietro camminando fino alla partenza in 40,0 secondi. Prendiamo come verso positivo quello in cui avviene lo scatto.

- ▶ Qual è la velocità media dello scatto?
- ▶ Qual è la velocità media della camminata di ritorno?
- ▶ Qual è la velocità media dell'intero percorso di andata e ritorno?

■ Strategia e soluzione

- Per calcolare la velocità media dello scatto si ha che $s_1 = 0$ m, $s_2 = 30,0$ m e $\Delta t = 6,00$ s quindi:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{30,0 \text{ m} - 0 \text{ m}}{6,00 \text{ s}} = 5,00 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

- Per calcolare la velocità media della camminata a piedi si ha che $s_1 = 30,0$ m, $s_2 = 0$ m, $t_2 = 46,0$ s e $t_1 = 6,0$ s quindi:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{0 \text{ m} - 30 \text{ m}}{40,0 \text{ s}} = -0,75 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

- Per l'intero percorso si ha che $s_1 = s_2 = 0$ e $\Delta t = 46,0$ s, quindi:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{0 \text{ m}}{46,0 \text{ s}} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

■ Discussione

Il segno della velocità nelle prime due domande dà informazioni sul verso in cui Carlo si sta muovendo, positivo verso destra e negativo verso sinistra. Nella terza domanda lo spostamento complessivo è zero, quindi anche la velocità calcolata sull'intero percorso è zero.

La velocità media non è la media delle velocità

In una tappa a cronometro del Giro d'Italia, un corridore viaggia a una velocità media di 54,0 km/h per i primi 16,2 km e a una velocità media di 48,0 km/h per i successivi 33,6 km. Quanto dura la sua gara? Con quale velocità media compie l'intero percorso?

Dati e incognite

$$v_1 = 54,0 \text{ km/h}$$

$$\Delta s_1 = 16,2 \text{ km}$$

$$v_2 = 48,0 \text{ km/h}$$

$$\Delta s_2 = 33,6 \text{ km}$$

$$\Delta t = ?$$

$$v_m = ?$$



Soluzione

La durata della prima parte della corsa, in cui il corridore percorre la distanza Δs_1 alla velocità media v_1 , è:

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta s_1}{v_1} = \frac{16,2 \text{ km}}{54,0 \text{ km/h}} = 0,3 \text{ h}$$

La durata della seconda parte, lunga Δs_2 e percorsa alla velocità media v_2 , è invece:

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta s_2}{v_2} = \frac{33,6 \text{ km}}{48,0 \text{ km/h}} = 0,7 \text{ h}$$

La durata complessiva della corsa è dunque:

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 = 0,3 \text{ h} + 0,7 \text{ h} = 1,00 \text{ h}$$

D'altra parte, il percorso ha una lunghezza totale:

$$\Delta s = \Delta s_1 + \Delta s_2 = 16,2 \text{ km} + 33,6 \text{ km} = 49,8 \text{ km}$$

e la velocità media calcolata su tutta la gara è:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{49,8 \text{ km}}{1,00 \text{ h}} = 49,8 \text{ km/h}$$

Riflettiamo sul risultato

Calcolando la media aritmetica delle velocità medie relative ai due tratti del percorso, troviamo:

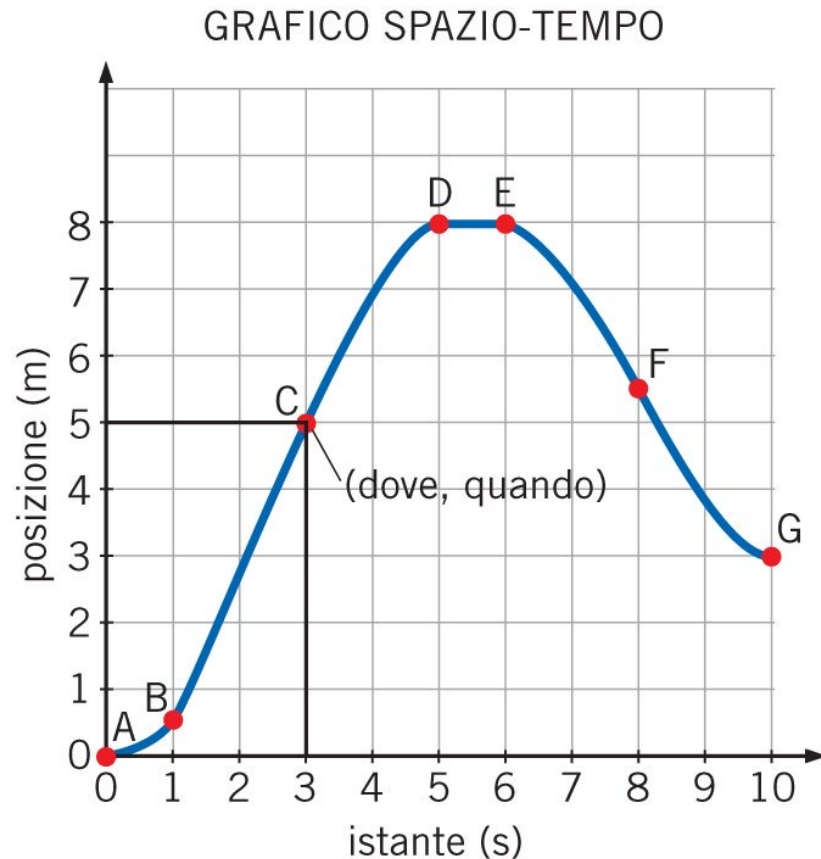
$$\frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{54,0 \text{ km/h} + 48,0 \text{ km/h}}{2} = 51,0 \text{ km/h}$$

Dunque la velocità media non deve essere confusa con la media delle velocità.

La velocità media è quella velocità costante (49,8 km/h) che il corridore dovrebbe tenere per percorrere il tratto $S = 49,8 \text{ km}$ nel tempo $t = 1 \text{ h}$

IL GRAFICO SPAZIO-TEMPO

Il grafico spazio-tempo è un modo molto utile per rappresentare graficamente i dati di un moto. Sull'asse orizzontale c'è la variabile tempo " t "; sull'asse verticale la variabile posizione " x ".



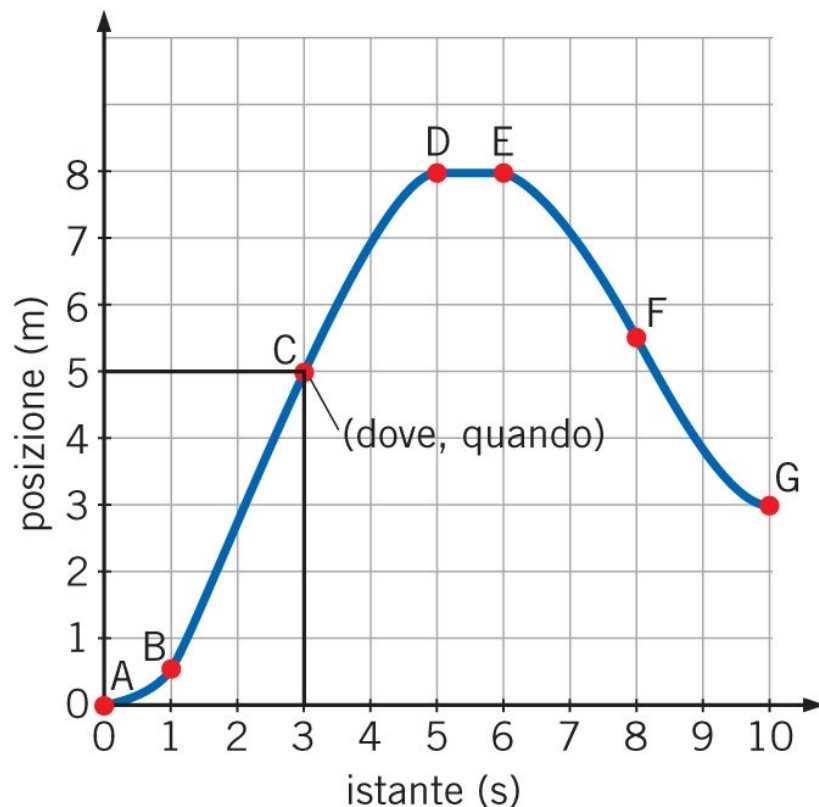
Nel grafico spazio-tempo abbiamo riportato i dati raccolti sul moto rettilineo di un insetto. Quindi:

Attenzione: il grafico spazio-tempo non rappresenta la traiettoria del punto materiale.

Cosa rappresenta?

Il grafico spazio-tempo è la rappresentazione grafica della legge del moto $s=f(t)$. Un punto del grafico spazio-tempo dà informazioni sulla posizione di un corpo che si muove su una retta (dove si trova?) a un determinato istante di tempo (quando?).

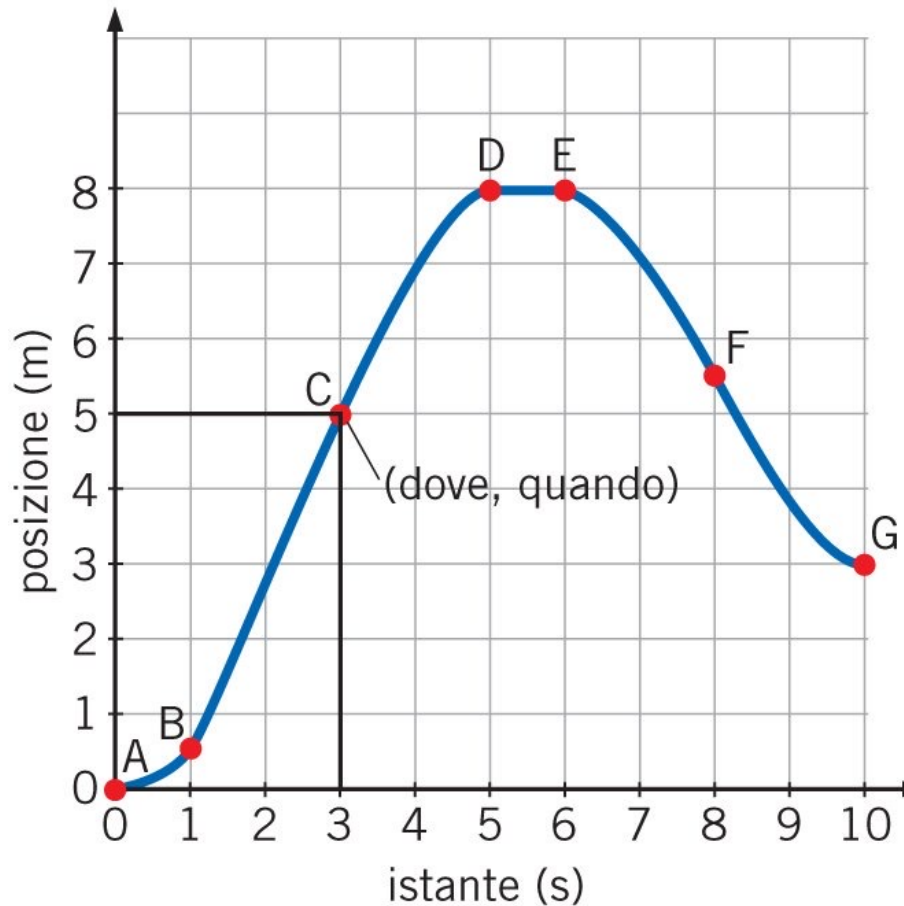
GRAFICO SPAZIO-TEMPO



Come si legge un grafico spazio-tempo?

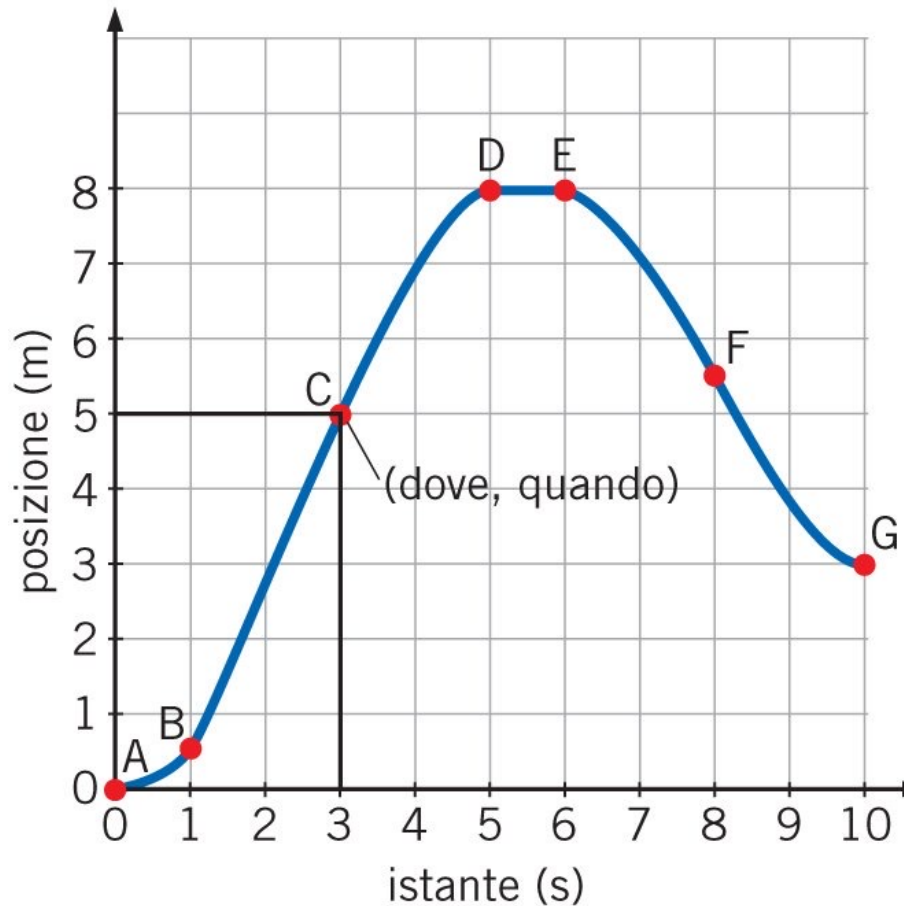
1. I tratti inclinati verso l'alto indicano che l'oggetto si muove in avanti (velocità positiva). Per esempio nell'intervallo tra 0 e 5 sec, l'oggetto si è spostato (tratto AD) dalla posizione 0 m alla posizione 8 m.

GRAFICO SPAZIO-TEMPO



2. I tratti più ripidi della curva sono quelli in cui la velocità media è maggiore. Nell'intervallo tra 1 e 3 sec, viene percorso un tratto di 4,5 m, ossia una distanza maggiore di quella (pari a 3 m) che viene percorsa in un intervallo di tempo uguale tra 3 e 5 secondi. Il tratto BC è meno ripido (velocità più bassa) rispetto al tratto CD (velocità più alta).

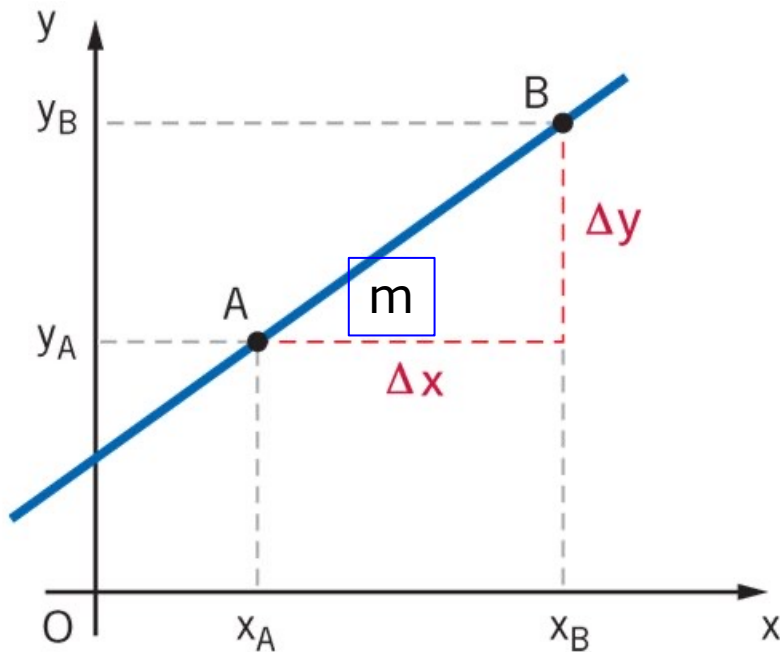
GRAFICO SPAZIO-TEMPO



3. Nei tratti orizzontali l'oggetto è fermo. Nell'intervallo tra 5 e 6 sec (tratto DE) la posizione (8 m rispetto al punto di partenza) dell'oggetto non cambia.

4. Nei tratti inclinati verso il basso l'oggetto torna indietro (velocità negativa). Nell'intervallo tra 6 e 10 sec l'oggetto passa dalla posizione 8 m alla posizione 3 m, ossia sta tornando indietro (tratto EG).

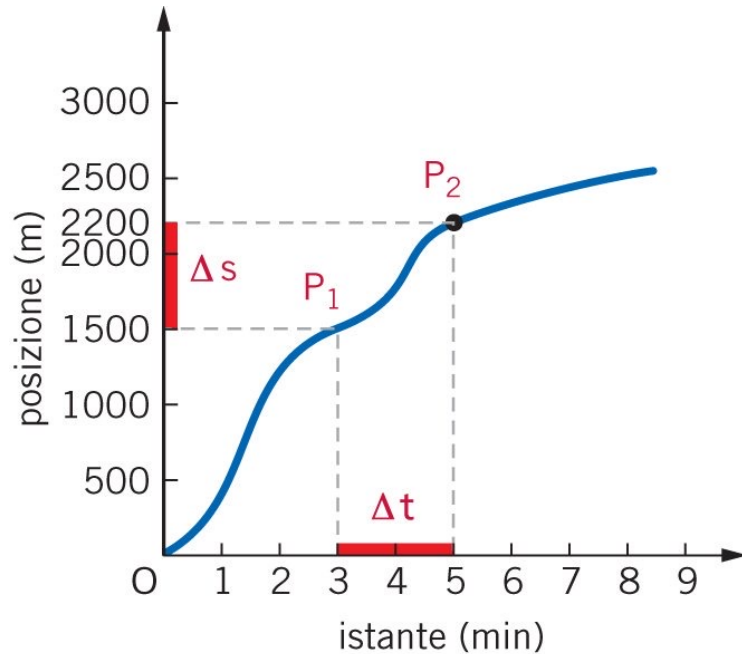
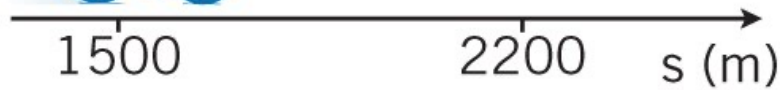
LA VELOCITA' MEDIA E LA PENDENZA DEL GRAFICO SPAZIO-TEMPO



pendenza di una retta

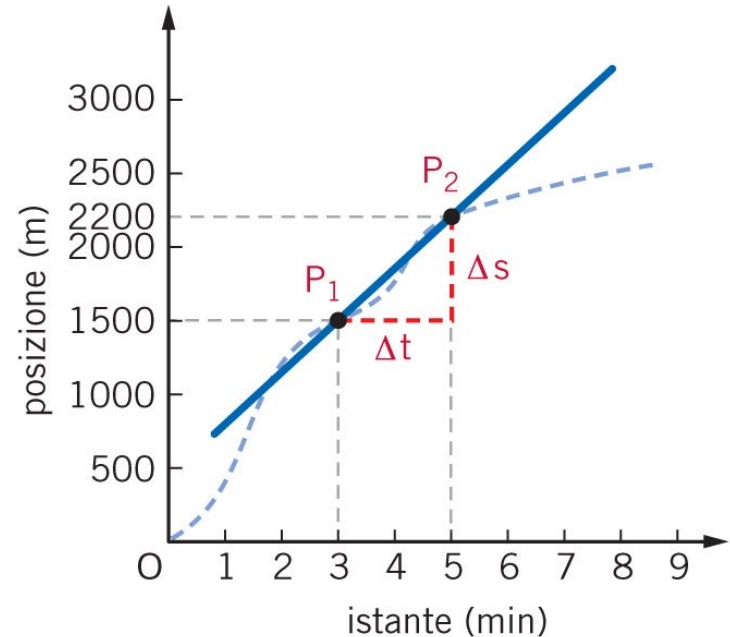
E' il rapporto tra l'incremento
della variabile y e l'incremento
della variabile x :

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$



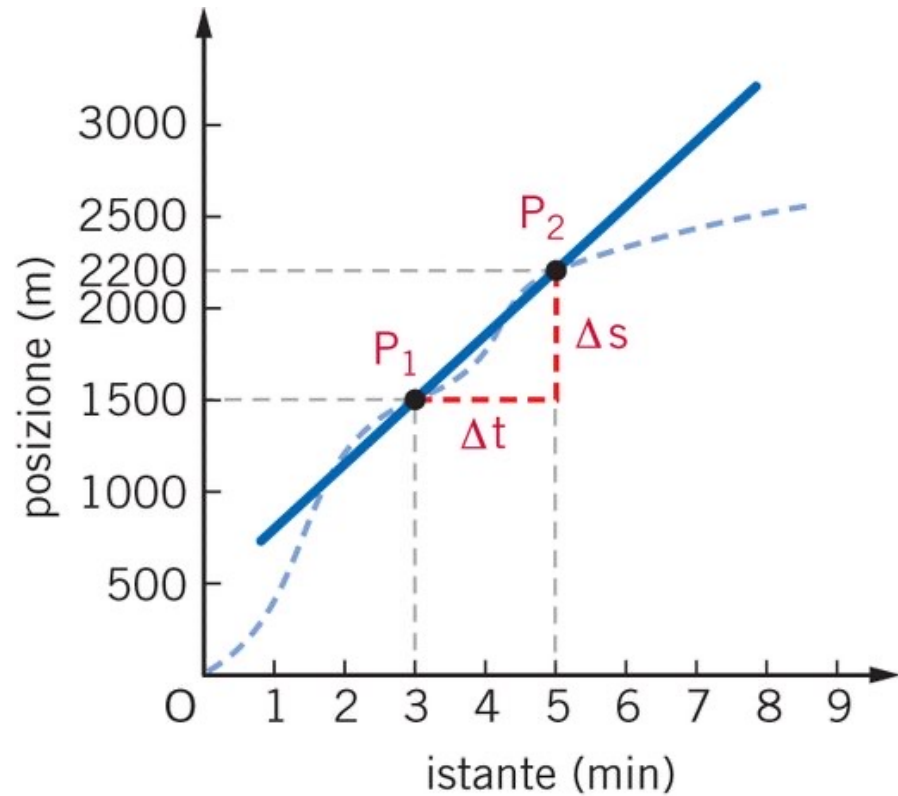
$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2200 - 1500}{5 - 3} = 350 \text{ m / min}$$

Tracciamo il grafico spazio-tempo di un ciclista che si muove di moto rettilineo, e calcoliamo la velocità media nel tratto 1500-2200 m durante il quale il tempo passa da 3 a 5 minuti.



$$m \text{ (pendenza retta } P_1P_2) = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2200 - 1500}{5 - 3} = 350 \text{ m / min}$$

conclusione



Come calcolare la velocità media dal grafico spazio-tempo:

1. Si scelgono due punti (per esempio P_1 e P_2);
2. Si traccia la retta che unisce i due punti;
3. Si calcola la pendenza m della retta

La pendenza m della retta rappresenta la velocità media v_m :

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

LA VELOCITA' ISTANTANEA

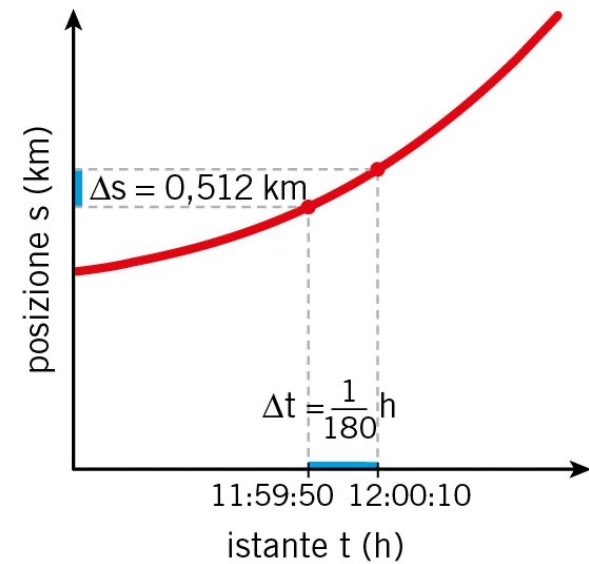
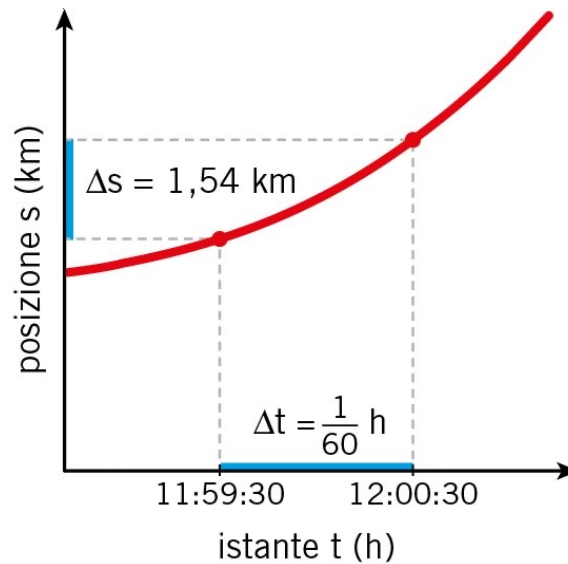
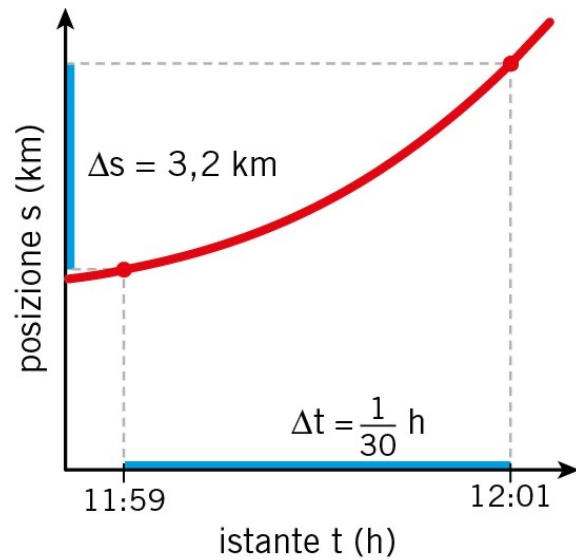
La velocità media di un punto materiale, calcolata sulla durata totale del suo percorso, non dà alcuna informazione sulla velocità istante per istante (velocità istantanea).

E, allora, come possiamo calcolare la velocità istantanea?

Consideriamo il grafico spazio-tempo di un'auto che si muove di moto vario (velocità non costante) e calcoliamo la velocità all'istante "mezzogiorno" (ossia al tempo $t=12:00$).

E facciamo il seguente ragionamento

Calcoliamo la velocità media in un intervallo di tempo, sempre più piccolo, intorno alle 12:00.



$$v_m = \frac{3,2 \text{ km}}{\frac{1}{30} \text{ h}} = 96,0 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$v_m = \frac{1,54 \text{ km}}{\frac{1}{60} \text{ h}} = 92,4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

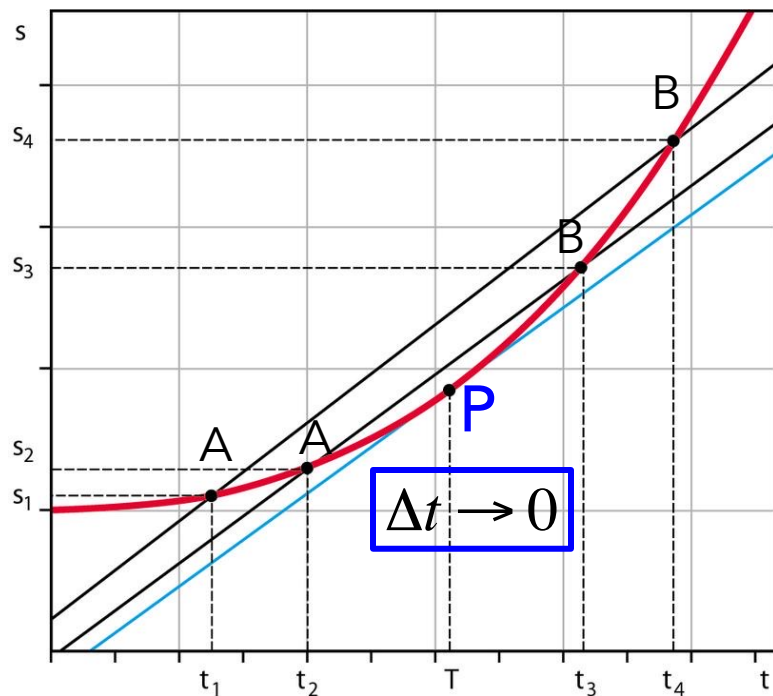
$$v_m = \frac{0,512 \text{ km}}{\frac{1}{180} \text{ h}} = 92,2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Cosa sta succedendo? Più restringiamo l'intervallo di tempo intorno a $t=12:00$, più il tratto di curva del grafico spazio-tempo si avvicina a un segmento e quindi la velocità media si avvicina a un determinato valore.

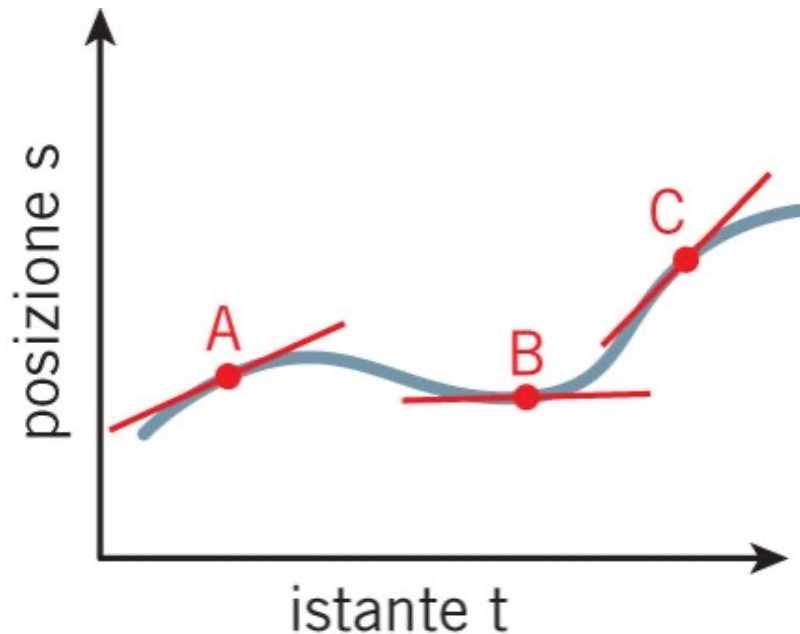
Questa osservazione ci consente di definire la velocità istantanea:

La velocità istantanea in un istante t è il valore a cui tende la velocità media quando questa è calcolata su intervalli di tempo sempre più piccoli.

Vediamo la situazione da un punto di vista grafico.



Più restringiamo l'intervallo di tempo più i due punti, A e B, tendono ad avvicinarsi. Quando l'intervallo di tempo tende a zero, i due punti coincidono nel punto P e la velocità media, rappresentata dalle rette nere passanti per i due punti A e B, tende a essere tangente al grafico (retta rossa) nel punto P di ascissa T.



La velocità istantanea è rappresentata dalla pendenza m della retta tangente al grafico spazio-tempo in un determinato istante.

- Più il grafico spazio-tempo è ripido (punto C), più la velocità istantanea è grande (retta più pendente)
- Dove il grafico è orizzontale (punto B), la velocità istantanea è nulla (retta orizzontale e pendenza zero).

Per moto rettilineo uniforme intendiamo il movimento di un punto materiale che si sposta lungo una traiettoria rettilinea con velocità costante.

Ossia, le distanze percorse sono direttamente proporzionali agli intervalli di tempo impiegati a percorrerle:

$$\frac{y}{x} = \cos t \xrightarrow{v=\cos t} \frac{s}{t} = v$$

Pertanto: il grafico spazio-tempo del moto rettilineo uniforme è una retta. La pendenza della retta rappresenta la velocità.

Vediamo come

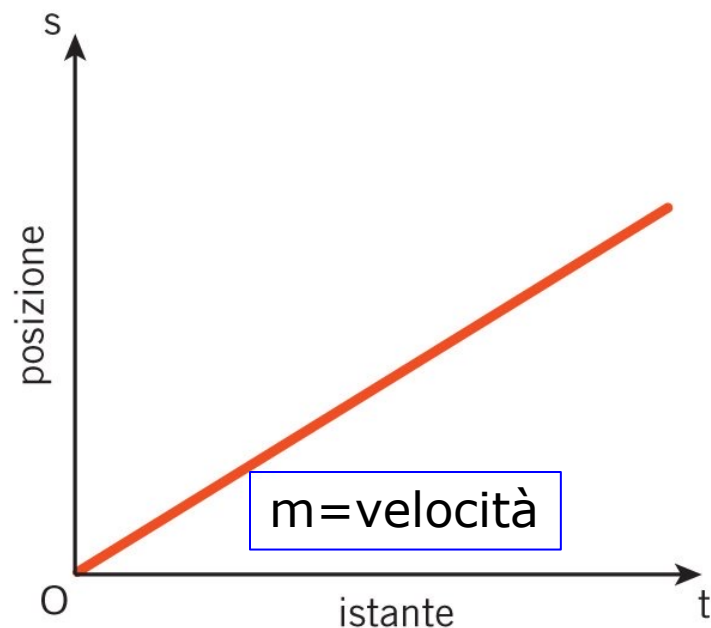
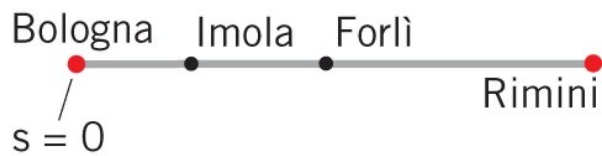


Grafico spazio-tempo per un punto materiale che parte dall'origine degli assi cartesiani ($s_0=0$).

legge del moto

$$s = f(t) \Rightarrow s = vt$$

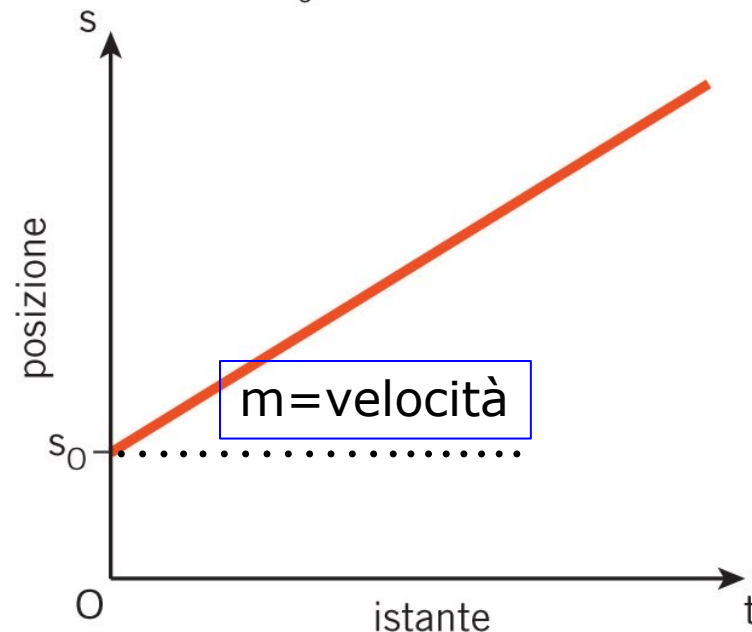
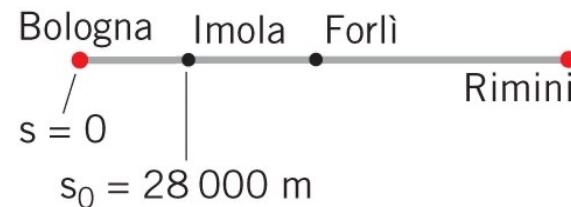


Grafico spazio-tempo per un punto materiale che parte da una posizione iniziale s_0 rispetto all'origine.

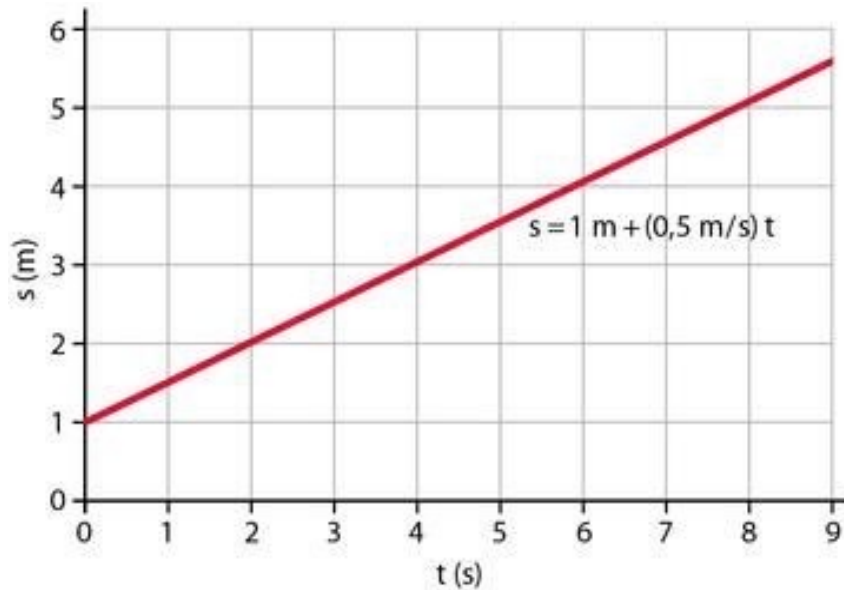
legge del moto

$$s = f(t) \Rightarrow s = s_0 + vt$$

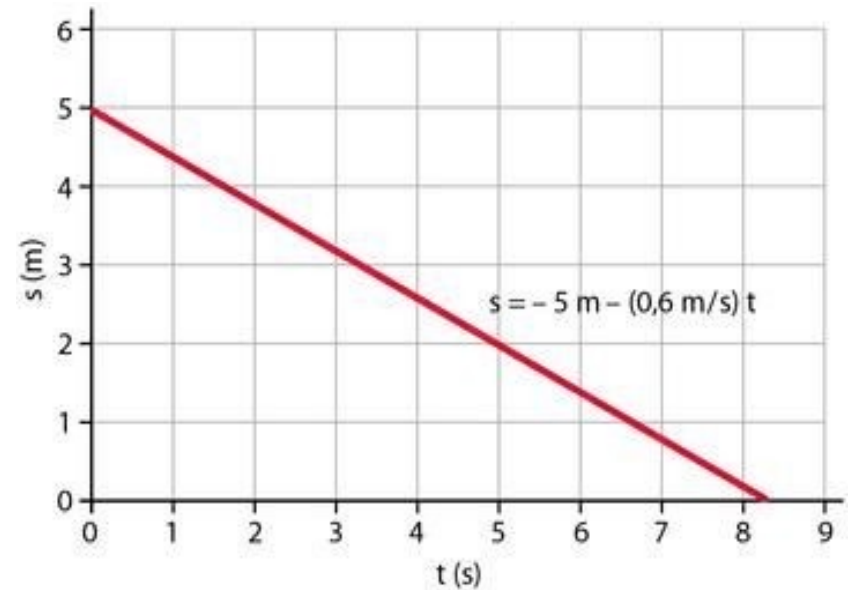
Descrivere e disegnare le seguenti leggi del moto:

$$s = 1 + 0,5t$$

$$s = -5 - 0,6t$$

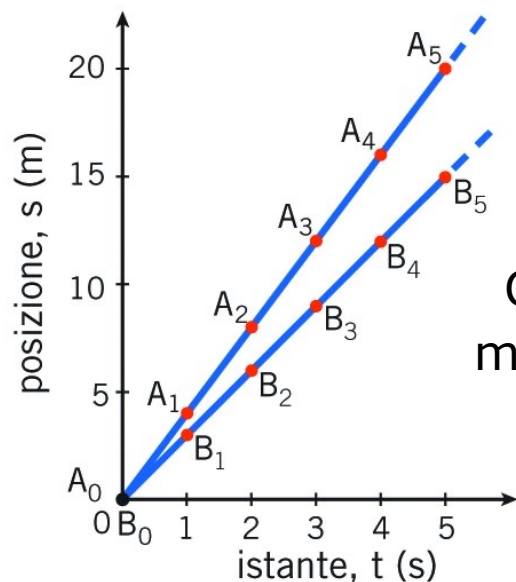


Il punto materiale parte dalla posizione iniziale $s_0 = 1 \text{ m}$ e si sposta in avanti con velocità costante $v = 0,5 \text{ m/s}$.

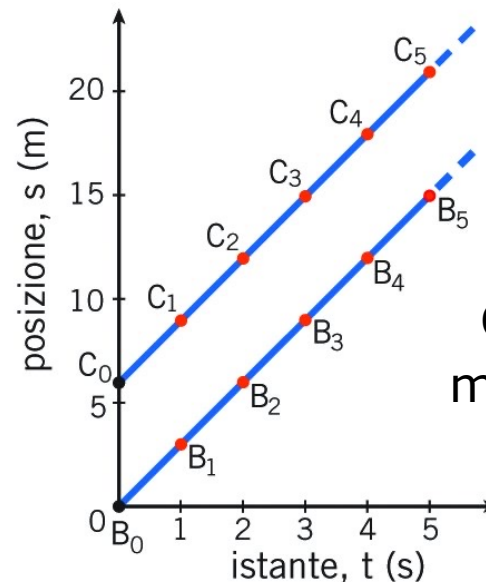


Il punto materiale parte dalla posizione iniziale $s_0 = -5 \text{ m}$ e si sposta all'indietro con velocità costante $v = 0,6 \text{ m/s}$.

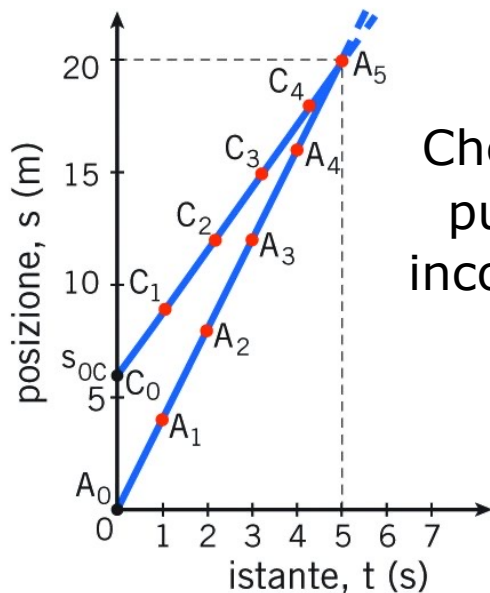
esempi di grafici spazio-tempo



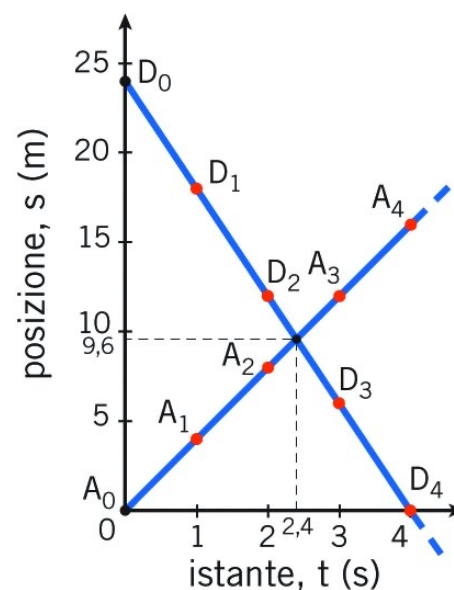
Chi ha velocità maggiore, A o B?



Chi ha velocità maggiore, C o B?

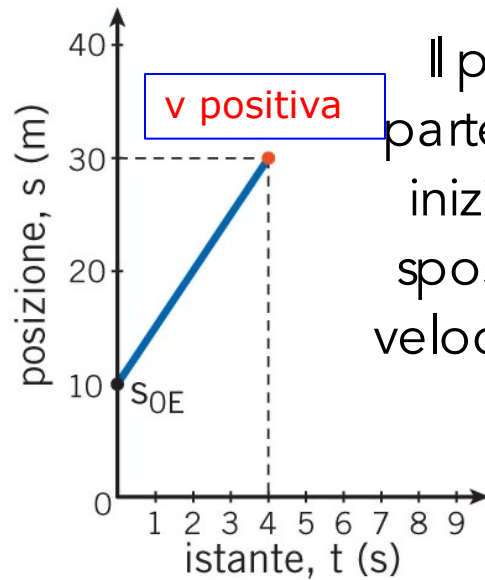


Che succede nel punto in cui si incontrano le due rette?

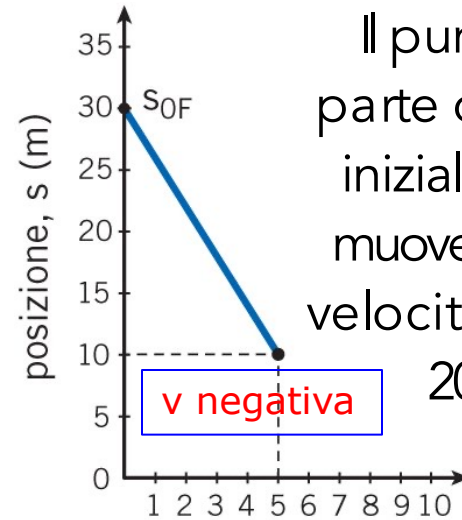


Che succede nel punto in cui si incontrano le due rette?

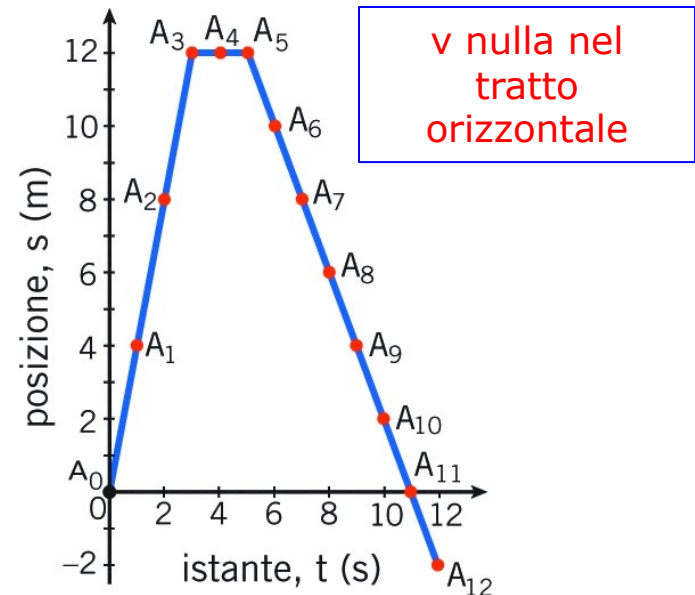
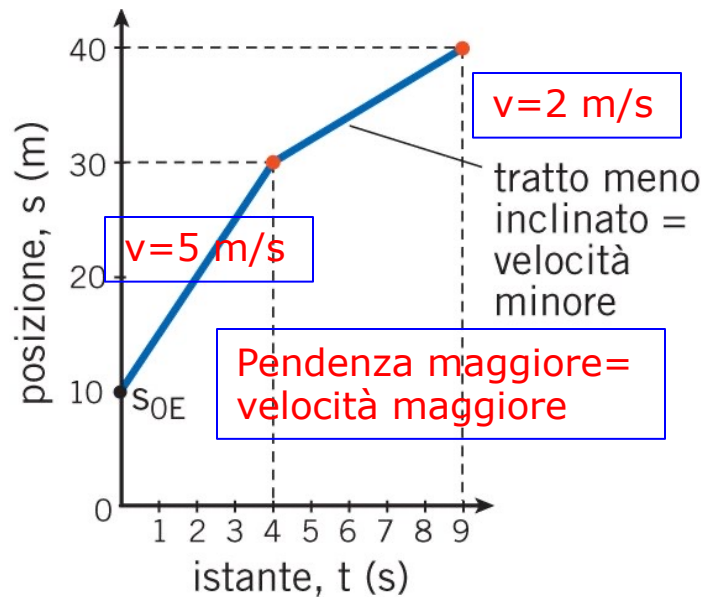
Informazioni sul moto dai grafici spazio-tempo



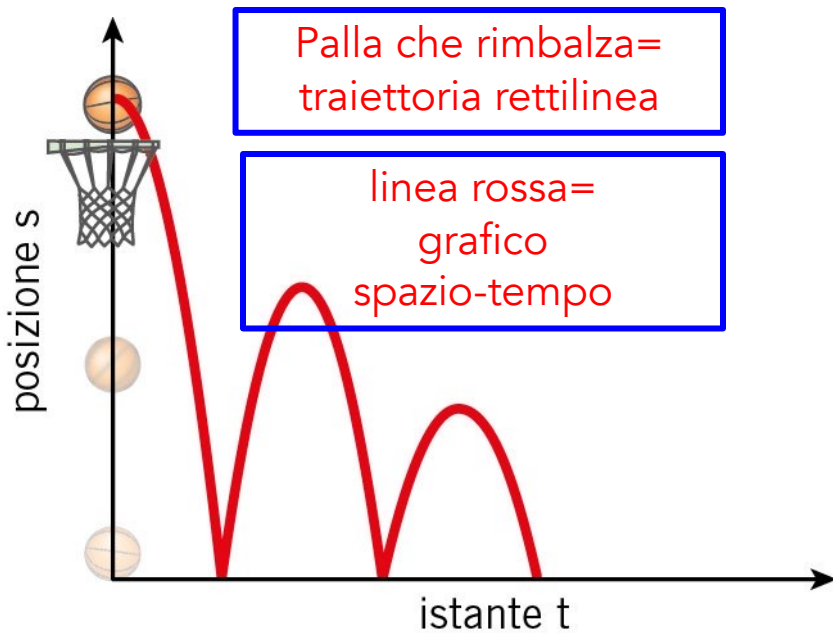
Il punto materiale parte dalla posizione iniziale $s_0 = 10$ m e si sposta in avanti con velocità costante $v = 20/4 = 5$ m/s.



Il punto materiale parte dalla posizione iniziale $s_0 = 30$ m e si muove all'indietro con velocità costante $v = 20/5 = 4$ m/s.

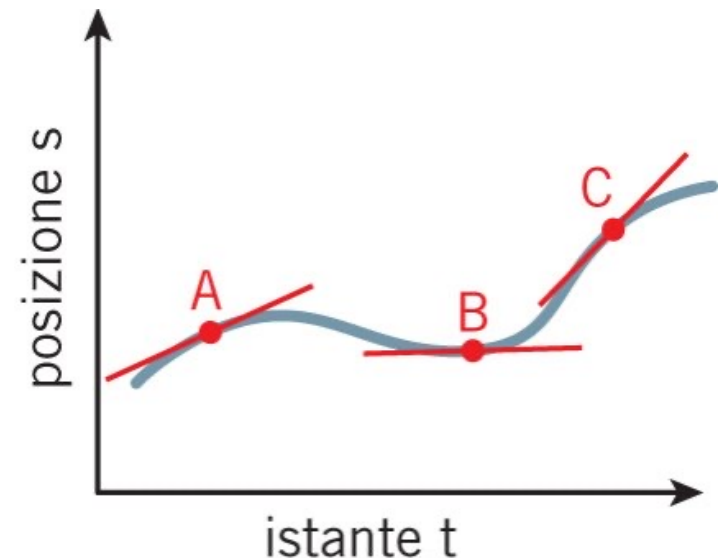


ACCELERAZIONE



Un oggetto in movimento su una traiettoria rettilinea può fermarsi, cambiare velocità, tornare indietro. In questi casi il moto non è uniforme, ma un **moto vario** (velocità non costante).

Infatti la velocità istantanea (pendenza della retta tangente al grafico spazio-tempo nel punto P), varia da punto a punto, quindi non è costante.



ACCELERAZIONE MEDIA

Si definisce accelerazione media a_m di un punto materiale come il rapporto tra la variazione di velocità Δv e l'intervallo di tempo Δt in cui essa avviene.

accelerazione media (m/s^2)

formule inverse

$$\Delta v = a_m \cdot \Delta t \quad \Delta t = \frac{\Delta v}{a_m}$$

variazione di velocità (m/s)

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

intervallo di tempo (s)

$$\Delta v = v_{\text{finale}} - v_{\text{iniziale}}$$
$$\Delta t = t_{\text{finale}} - t_{\text{iniziale}}$$

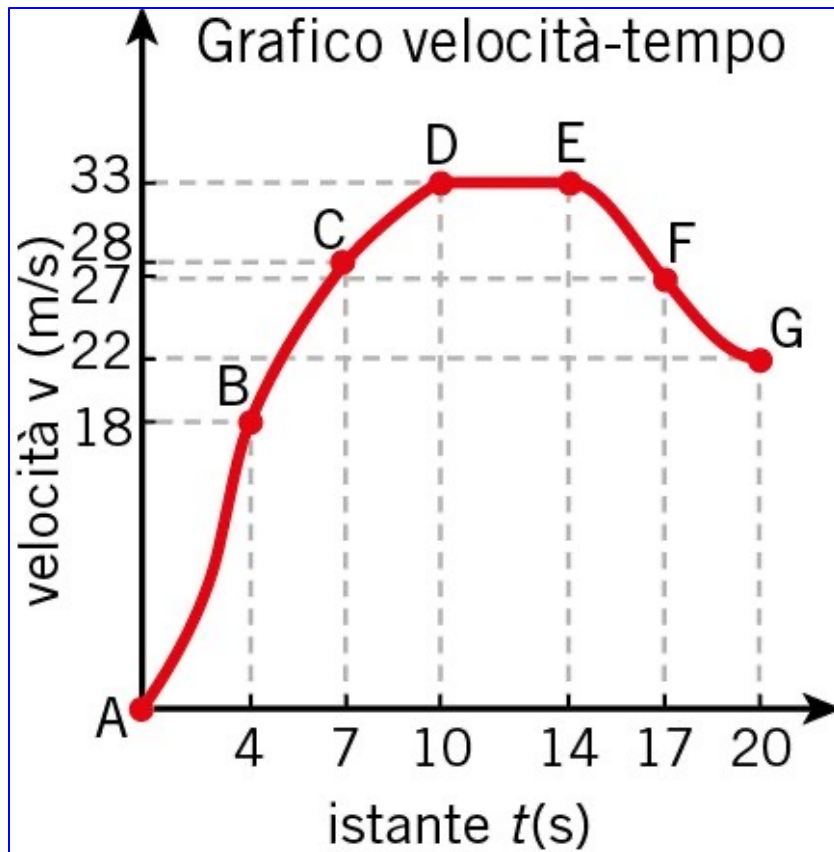
unità di misura: $\left[\text{m} / \text{s}^2 \right]$

L'accelerazione media misura la rapidità con cui varia la velocità.

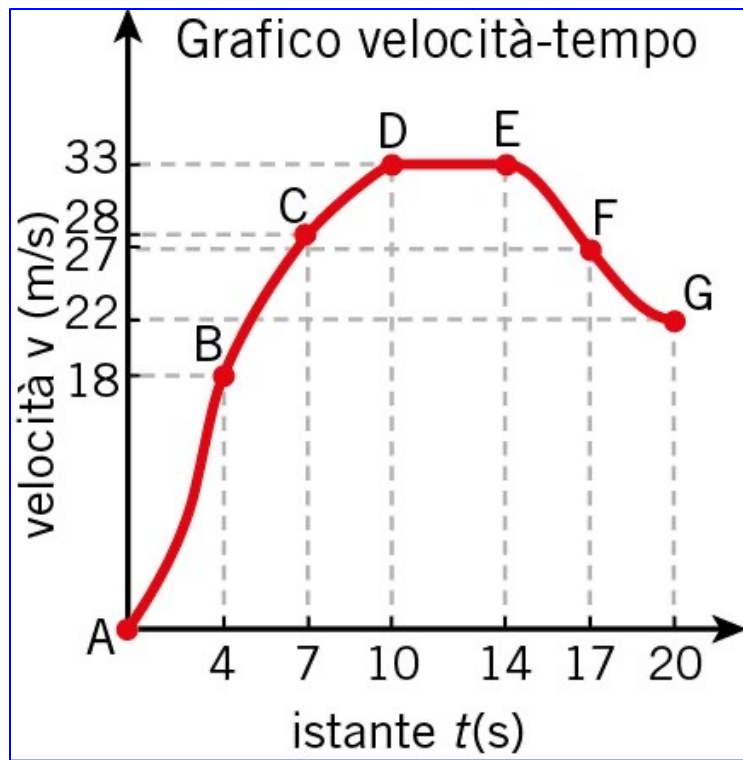
- $a_m = 5 \text{ m/s}^2$ (accelerazione positiva) significa che la velocità di un punto materiale aumenta di 5 m/s ogni secondo.
- $a_m = -5 \text{ m/s}^2$ (accelerazione negativa) significa che la velocità di un punto materiale diminuisce di 5 m/s ogni secondo.

GRAFICO VELOCITA'-TEMPO

Durante un Gran Premio di Formula 1, attraverso la telemetria, si analizza il moto di una macchina, ossia la sua velocità in funzione del tempo. I dati raccolti sono quelli rappresentati su un grafico velocità-tempo.



Un punto del grafico dà informazioni sulla velocità istantanea della macchina (all'istante $t=4$ s l'auto ha una velocità istantanea di 18 m/s).



Dal grafico velocità-tempo ricaviamo alcune caratteristiche qualitative de moto:

1. I tratti più ripidi sono quelli in cui l'accelerazione media è maggiore: nel tratto BC è maggiore di quella nel tratto CD.

$$a_m(BC) = \frac{28 - 18}{7 - 4} = 3,3 \text{ m/s}^2$$
$$a_m(CD) = \frac{33 - 28}{10 - 7} = 1,7 \text{ m/s}^2$$

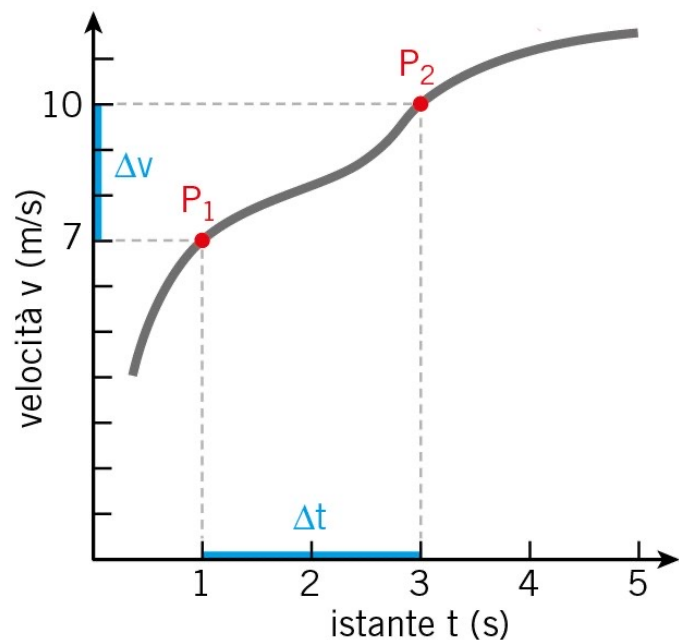
3. Nei tratti inclinati verso il basso la velocità diminuisce e quindi l'accelerazione è negativa:

$$a_m(FG) = \frac{22 - 27}{20 - 17} = -1,7 \text{ m/s}^2$$

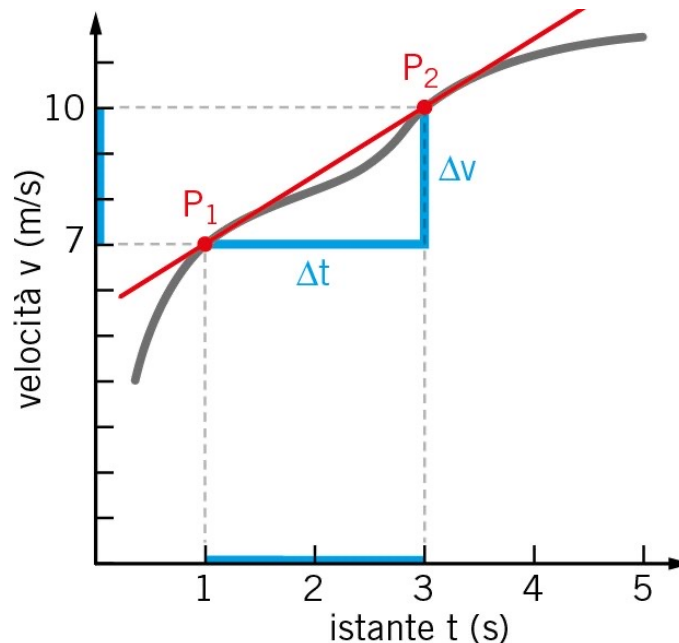
2. Nei tratti orizzontali (DE) la velocità è costante e quindi l'accelerazione nulla.

Se la velocità media è data dalla pendenza della retta nel grafico spazio-tempo, l'accelerazione media da cosa è data nel grafico velocità-tempo?

Tracciamo il grafico velocità-tempo di uno sciatore.

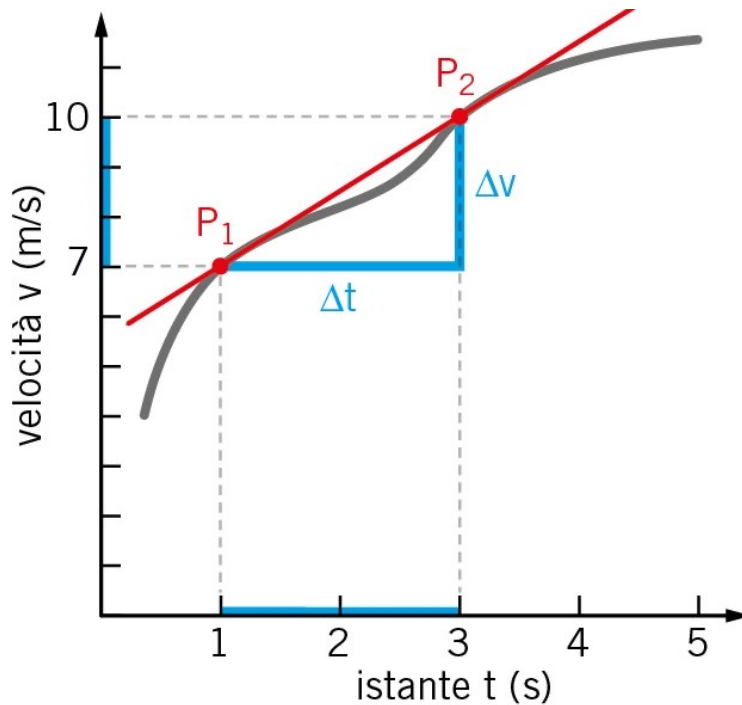


$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 - 7}{3 - 1} = 1,5 \text{ m/s}^2$$



$$m \text{ (pendenza retta } P_1P_2) = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 - 7}{3 - 1} = 1,5 \text{ m/s}^2$$

conclusione



Come calcolare
l'accelerazione media dal
grafico velocità-tempo:

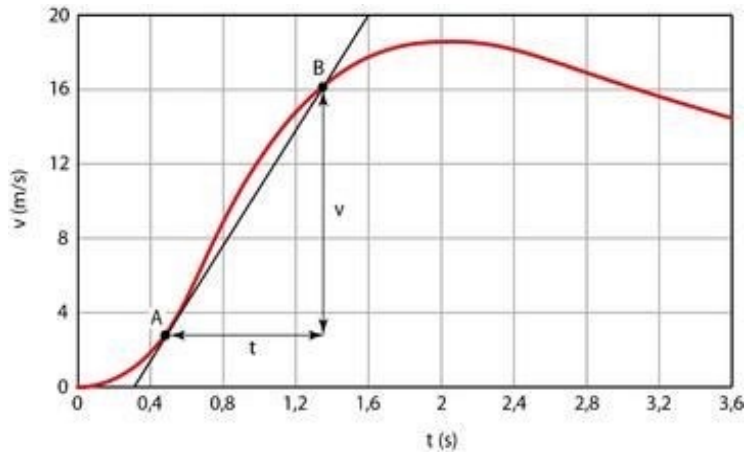
La pendenza m della retta
rappresenta
l'accelerazione media:

$$m = a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

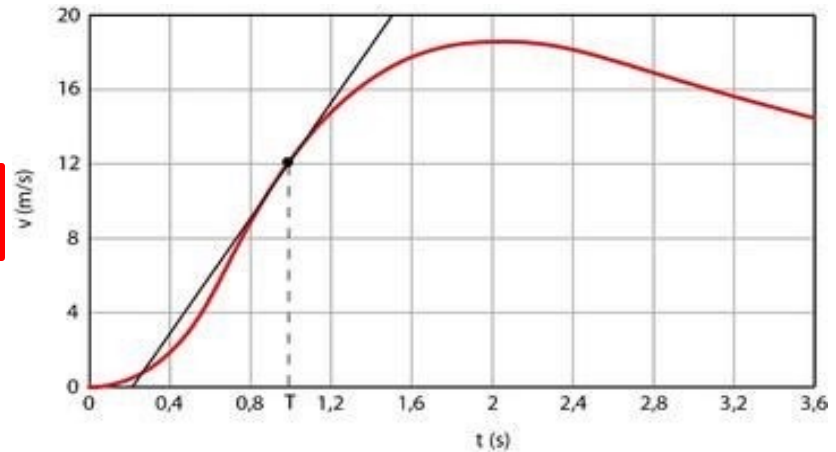
1. Si scelgono due punti (per esempio P_1 e P_2);
2. Si traccia la retta che unisce i due punti;
3. Si calcola la pendenza m della retta

L'ACCELERAZIONE ISTANTANEA

L'accelerazione media calcolata in intervalli di tempo sempre più piccoli, tende a diventare l'accelerazione nell'istante T . Nel grafico velocità-tempo, le secanti tendono a diventare la tangente al grafico nel punto di ascissa T .



$$\Delta t \rightarrow 0$$



L'accelerazione all'istante T è la pendenza della tangente al grafico velocità-tempo nel suo punto di ascissa T .

MOTO RETTILINEO UNIFORMEMENTE ACCELERATO

Un corpo si muove con moto rettilineo uniformemente accelerato quando si sposta lungo una retta con accelerazione costante.

Ossia, le variazioni di velocità sono direttamente proporzionali agli intervalli di tempo in cui hanno luogo:

$$\frac{y}{x} = \cos t \xrightarrow{a=\cos t} \frac{\Delta v}{\Delta t} = a$$

Pertanto: il grafico velocità-tempo del moto rettilineo uniformemente accelerato è una retta. La pendenza della retta rappresenta la velocità.

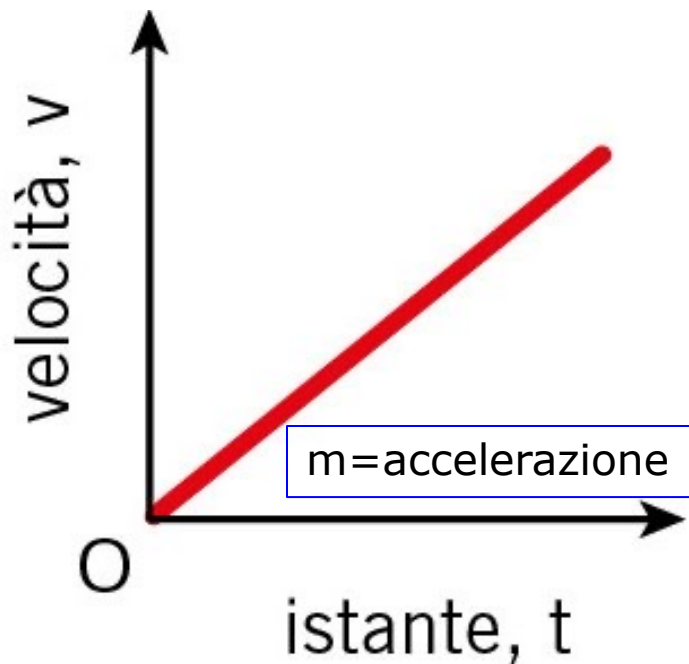


Grafico velocità-tempo per un punto materiale che parte con velocità iniziale nulla ($v_0=0$).

legge velocità-tempo

$$v = f(t) \Rightarrow v = at$$

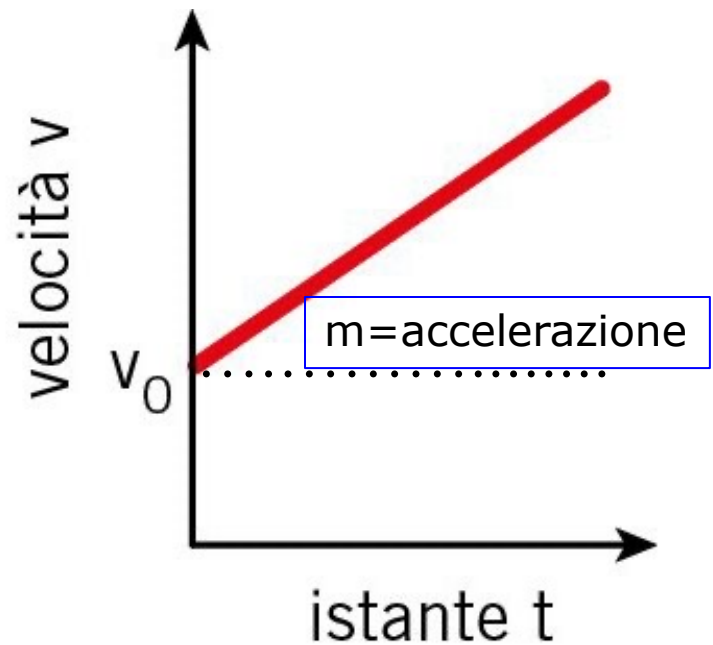
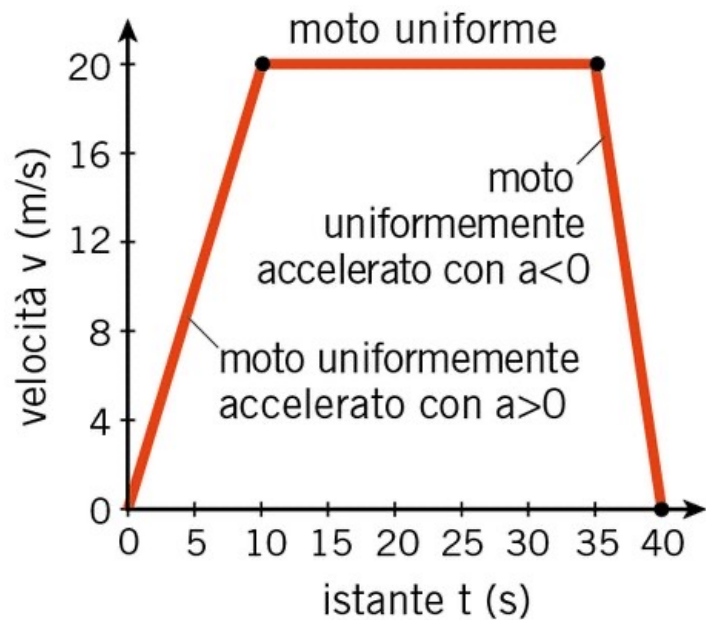


Grafico velocità-tempo per un punto materiale che parte con velocità iniziale v_0 diversa da zero.

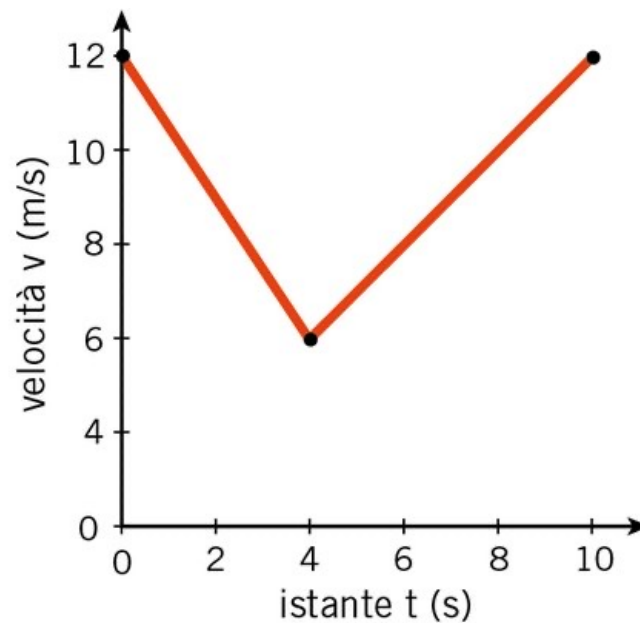
legge velocità-tempo

$$v = f(t) \Rightarrow v = v_0 + at$$

esempi di grafici velocità-tempo

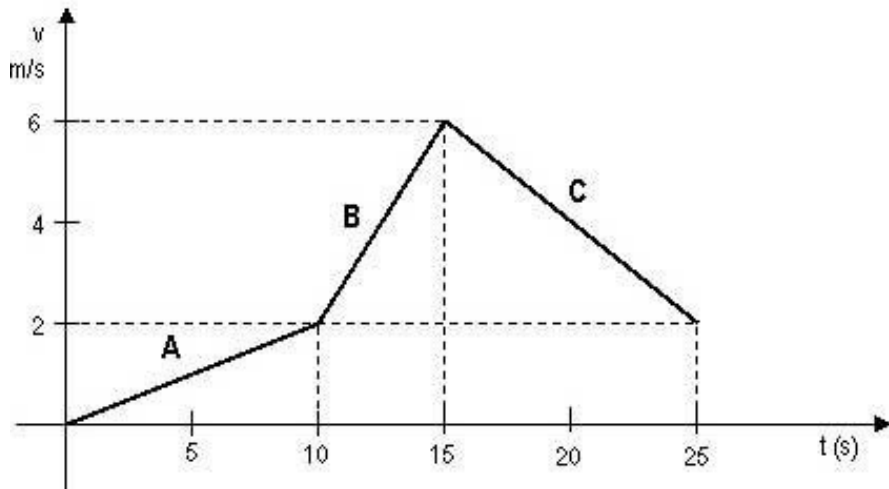


descrivere il grafico



descrivere il grafico

Leggere il seguente grafico velocità-tempo



TRATTO A - Il punto materiale in 10 s passa da 0 m/s a 2m/s e quindi accelera di:

$$a_A = \frac{2-0}{10-0} = 0,2 \text{ m/s}^2$$

TRATTO B - Il punto materiale in 5 s passa da 2 m/s a 6 m/s e quindi accelera di:

$$a_B = \frac{6-2}{15-10} = 0,8 \text{ m/s}^2$$

TRATTO C - Il punto materiale in 10 s passa da 6 m/s a 2 m/s e quindi decelera di:

$$a_C = \frac{2-6}{25-15} = -0,4 \text{ m/s}^2$$

LEGGE ORARIA DEL MOTO UNIFORMEMENTE ACCELERATO

Un corpo che all'istante $t=0$ si trova nella posizione iniziale s_0 con velocità iniziale v_0 e si muove con accelerazione costante a , all'istante t si troverà nella posizione s :

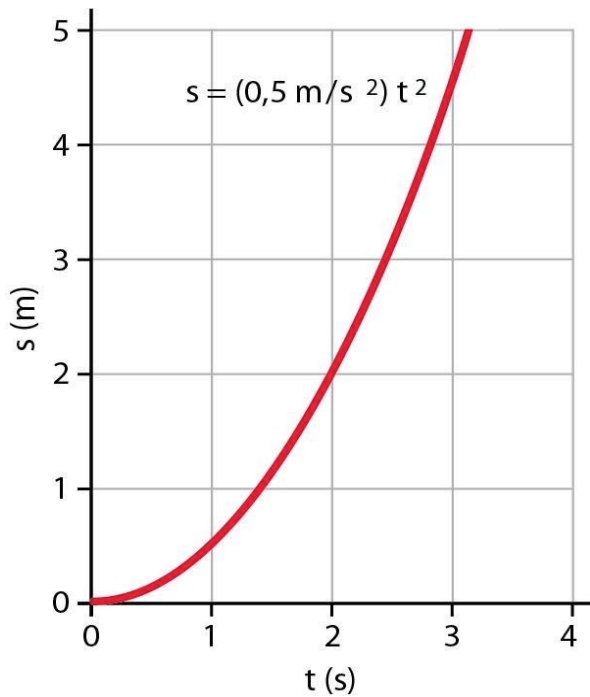
$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

Il grafico spazio-tempo del moto uniformemente accelerato è una parabola

equazione parabola

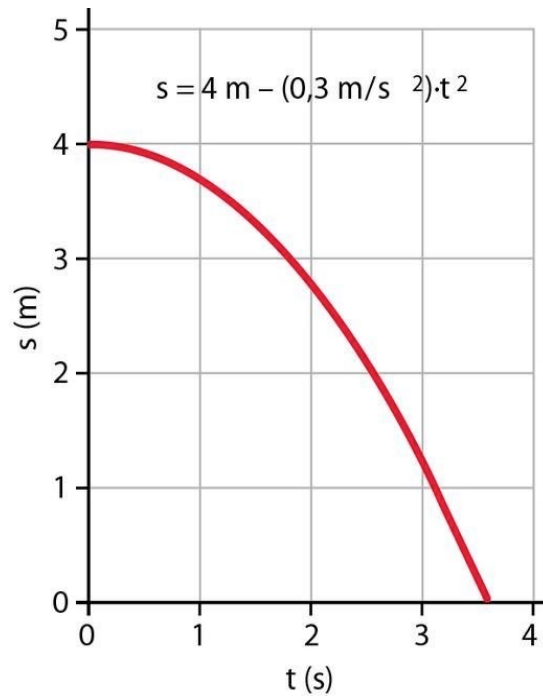
$$y = ax^2 + bx + c$$

$$x^2 \equiv t^2 \quad x \equiv t \quad c \equiv s_0$$



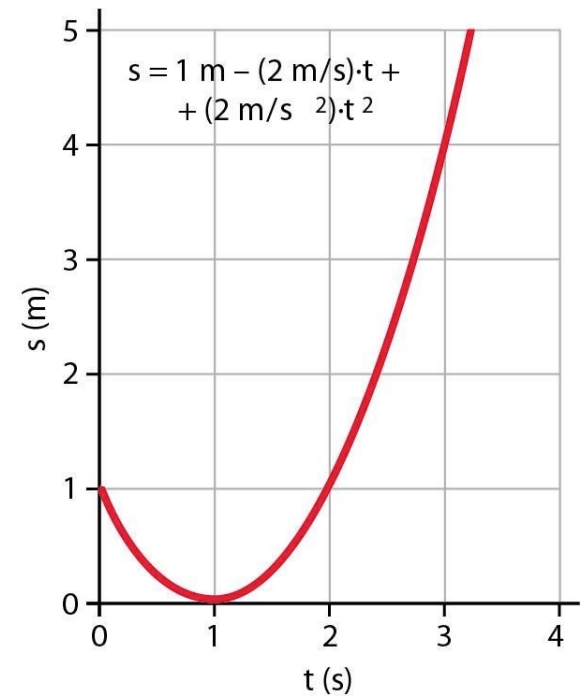
Il punto materiale
dall'origine ($s_0=0$) e
da fermo ($v_0=0$):

$$s = \frac{1}{2} at^2$$



Il punto materiale
parte da una certa
posizione iniziale da
fermo ($v_0=0$) e
decelera ($a<0$):

$$s = s_0 - \frac{1}{2} at^2$$



Il punto materiale parte
da una certa posizione
iniziale, viaggia
all'indietro ($v_0<0$) e
accelera ($a<0$)

$$s = s_0 - v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

Un sasso lasciato cadere da fermo, scende velocemente verso il basso e aumenta continuamente la propria velocità. Al contrario, una foglia o un palloncino pieno d'aria, lasciati cadere dalla stessa altezza, scendono molto più lentamente e spesso seguono un tragitto complicato.

Con una serie di esperimenti che segnano l'inizio della fisica moderna, *Galileo Galilei* (1564-1642) dimostrò che le differenze fra i moti di caduta del sasso e della foglia, dipendono solo dalla resistenza dell'aria.

Ossia, in assenza di aria, la legge che descrive la caduta del sasso, o della foglia, sotto l'azione della gravità, è la stessa.

LEGGE CADUTA DEI GRAVI

Quando la resistenza dell'aria è trascurabile, tutti i corpi cadono con la stessa accelerazione $g=9,8 \text{ m/s}^2$, detta accelerazione di gravità, quindi si tratta di un moto uniformemente accelerato:

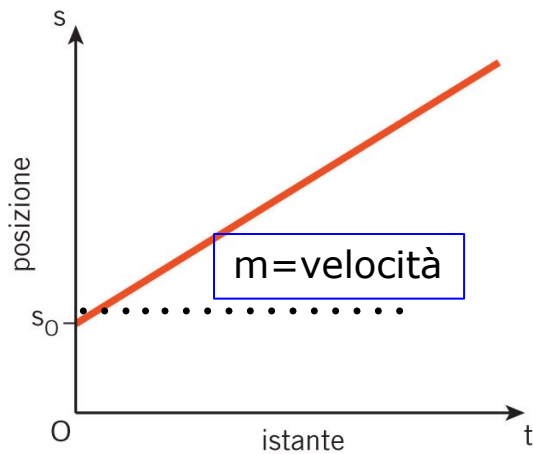
$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

NOTA BENE

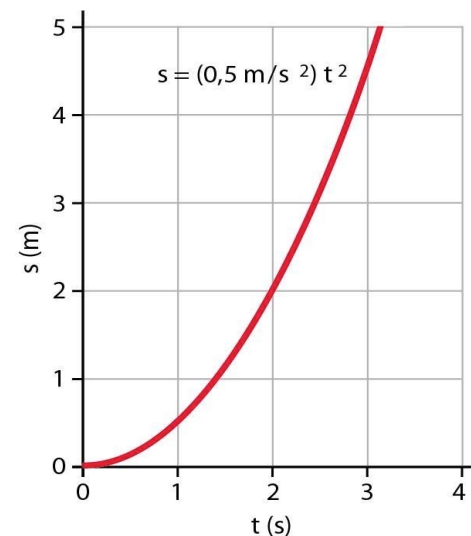
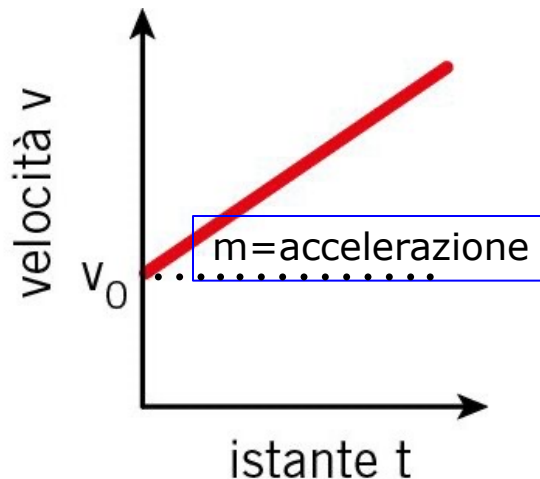
- g va preso positivo se il corpo cade (la velocità aumenta); g è negativo se il corpo è lanciato verso l'alto (la velocità diminuisce);
- il tempo di salita è uguale al tempo di discesa;
- in ogni punto della traiettoria la velocità del corpo ha lo stesso modulo in salita e in discesa.

- Sulla superficie terrestre l'accelerazione di gravità è $g=9,8 \text{ m/s}^2$. Cosa significa? Che un oggetto in caduta libera aumenta la sua velocità di circa 10 m/s ogni secondo.
- Sulla Luna $g=1,6 \text{ m/s}^2$ (circa $1/6$ di quelle terrestre).
- Su Giove $g=26 \text{ m/s}^2$.
- Sul Sole $g=274 \text{ m/s}^2$
- A ogni corpo celeste corrisponde un particolare valore di g .

moto rettilineo uniforme



moto rettilineo uniformemente accelerato



legge del moto

$$s = s_0 + vt$$

legge velocità-tempo

$$v = v_0 + at$$

legge del moto

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$