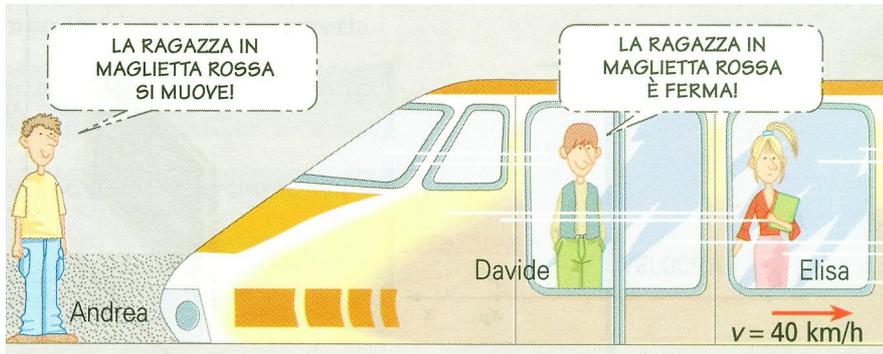


## IL MOTO.

### 1 - Il moto dipende dal riferimento.



Quando un corpo è in movimento?

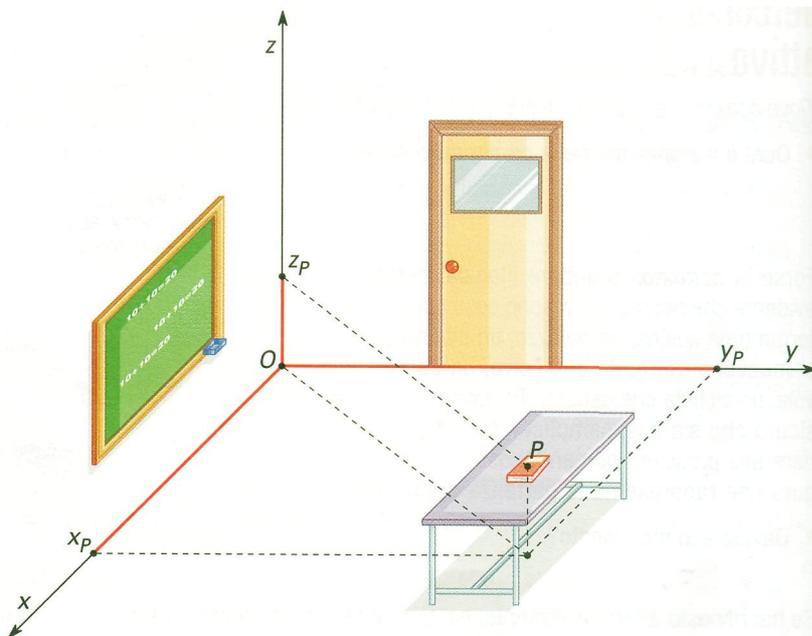
Osservando la figura precedente appare chiaro che *ELISA* è ferma rispetto a *DAVIDE*, che è insieme a lei sul treno; mentre *ELISA* è in movimento rispetto ad *ANDREA* che è alla stazione.

Questo vuol dire che il moto è un concetto relativo al riferimento scelto.

**Un corpo è in movimento se cambia la sua posizione nello spazio al trascorrere del tempo, rispetto ad un corpo rigido supposto arbitrariamente in quiete.**

Occorre quindi decidere prima di ogni altra cosa che un corpo rigido a nostra scelta sia per noi fermo. Occorre cioè specificare il **sistema di riferimento**.

Usualmente si assume come sistema di riferimento la Terra, e la si considera ferma. Si descrive poi lo spazio attraverso tre assi cartesiani, fra loro perpendicolari, che si intersecano in un punto comune *O* detto origine.



In questo sistema *tridimensionale* la posizione di un punto materiale *P* è individuata dalle tre coordinate  $P \equiv (x_p, y_p, z_p)$ .

Se per il nostro studio è sufficiente considerare il corpo che si muove solo in linea retta, cioè *monodimensionale*, basterà allora considerare un solo asse cartesiano.



In questo caso la posizione del punto materiale  $P$  è individuata da una sola coordinata:  
 $P \equiv (x_p)$

## 2 - Traiettorie e spostamento.



Volendo effettuare un viaggio da Milano a Parigi, le strade che possiamo percorrere sono diverse, ed ognuna di esse individua una **traiettoria**.

**La traiettoria è l'insieme delle posizioni che il corpo assume nello spazio al trascorrere del tempo.**

In pratica la traiettoria è la strada effettivamente percorsa dal corpo, la linea descritta da un punto in movimento.

Il movimento di un punto è caratterizzato dalla *traiettoria* e dalla specie di movimento su di essa.

La traiettoria può essere *rettilenea o curvilinea*.

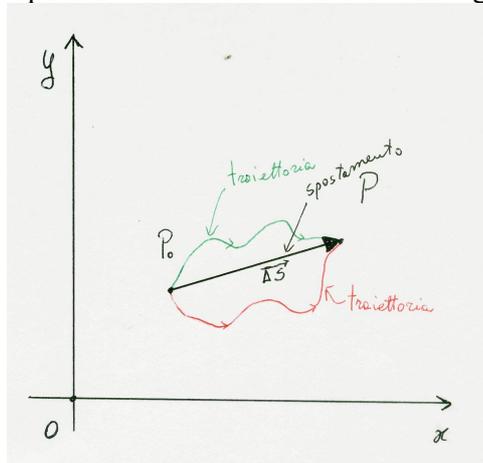
In quest'ultimo caso può avere infinite forme; può, per es., essere *circolare*, come quella descritta dai punti di un corpo che ruota intorno a un *asse*; *ellittica*, come quella descritta dai pianeti intorno al sole; *parabolica*, come quella descritta da un sasso lanciato non verticalmente.

Fra tutte le possibili traiettorie, ve ne è una 'privilegiata'. E' quella che unisce la posizione iniziale alla posizione finale attraverso la strada più corta, cioè il percorso più breve (che si chiama distanza).

Inoltre tale distanza è da considerarsi come una grandezza vettoriale, poiché per definirla senza equivoci non basta dare il numero che ne è la misura rispetto ad una data unità, ma occorre inoltre darne la direzione mediante una retta, ed il verso (dato che sopra una retta esistono due versi). Ovviamente il modulo dello spostamento nel S.I. si misura in metri.

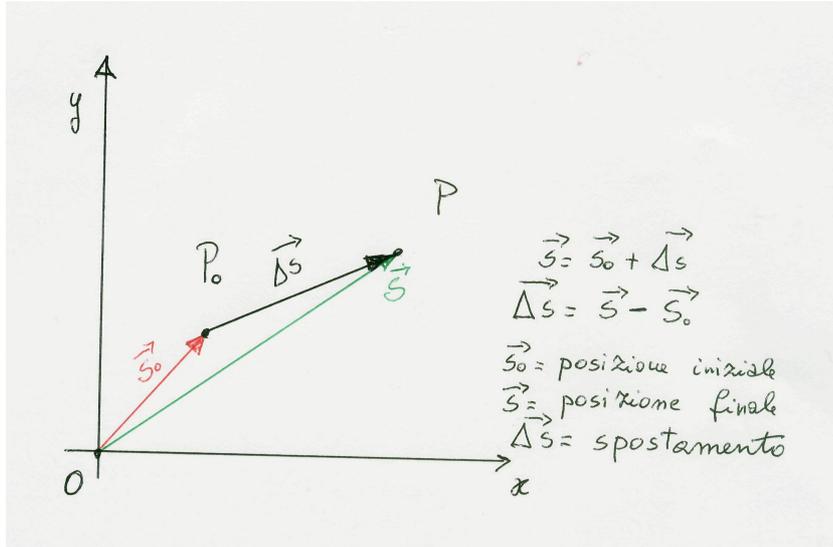
**La distanza vettoriale fra la posizione iniziale e la posizione finale di un corpo si chiama spostamento  $\Delta s$ .**

Nel caso di un moto che si svolge su un piano, cioè in due dimensioni, lo spostamento e possibili traiettorie sono mostrati in figura.



Anche la posizione del corpo nel sistema di riferimento scelto si può descrivere in modo vettoriale col **vettore posizione**, che parte dall'origine del riferimento e giunge alla posizione desiderata.

In questo caso, indicando con  $s_0$  la posizione iniziale; con  $s$  la posizione finale, lo spostamento sarà:  $\Delta s = s - s_0$ , come illustrato in figura.



### 3 - La velocità.

La grandezza fisica che ci dice quanto spazio un corpo percorre in un certo intervallo di tempo si chiama velocità.

#### Velocità media.

Desideriamo conoscere la *velocità media* tenuta da un pilota di F1 durante un giro sul **circuito di Imola**.



CIRCUITO DI IMOLA : LUNGHEZZA 4,933 Km

#### TEMPI DI PERCORRENZA DI 1 GIRO

Miglior giro	M. Schumacher - 1'20"411 (2004, Ferrari)
Record Pole	J. Button - 1'19"753 (2004, BAR)
2005 Pole	K. Raikkonen - 1'22"994 (McLaren)
2005 Podio	1. F. Alonso 2. M. Schumacher 3. A. Wurz

**La velocità media è il rapporto fra lo spazio percorso ed il tempo impiegato a percorrerlo :**

$$v_m = \frac{\text{spazio - percorso}}{\text{tempo - impiegato - a - percorrerlo}}$$

spazio percorso 4,9333 Km

Tempo miglior giro: 1min 20sec 411 millesimi di sec

Occorre convertire la grandezza tempo in ore.

$$T = 1\text{min } 20\text{sec } 411\text{millesimi di sec} = (60 + 20 + 0,411)\text{ sec} = 80,411\text{ sec}$$

$$1\text{ h} : 3600\text{ sec} = x\text{ h} : 80,411\text{ sec}$$

$$1\text{ h} \times 80,411\text{ sec} = x\text{ h} \times 3600\text{ sec}$$

$$x\text{ h} = 80,411/3600\text{ h} = 0,0223\text{ h}$$

$$v = \frac{s}{t} = \frac{4,9333\text{Km}}{0,0223\text{h}} = 221,22 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

**Nel S.I.** lo spazio si misura in metri e il tempo in secondi, **la velocità è misurata in metri al secondo**  $\frac{m}{\text{sec}}$ . Diciamo che un corpo ha la velocità di 1m/sec quando in 1 sec percorre uno spazio pari ad 1m.

Un'altra unità usata in pratica è il **chilometro all'ora (km/h)**. Se un corpo percorre un metro in ogni secondo, in un'ora percorrerà 3 600 m, cioè 3,6 km. Quindi:

**1 m/sec = 3,6 km/h**, e vice-versa **1 Km/h = 0,27 m/sec** (1 Km/h = 1000m/3600sec = 0,27 m/sec).

Se la velocità  $v$  di un ciclista è 10 m/sec, sarà quindi di:  $v = 10 \times 3,6 = 36$  km/h.

Se la velocità del miglior giro di Imola è  $v = 221,22$  Km/h, sarà

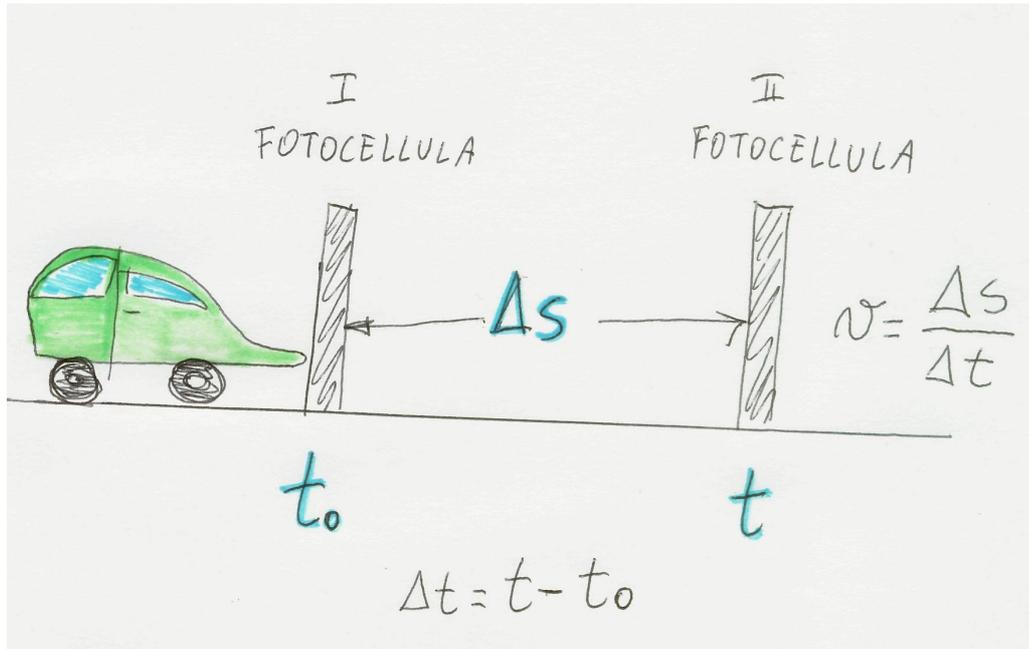
$$v = 221,22 \times 0,27\text{ m/sec} = 59,72\text{ m/sec}.$$

Un'unità di misura usata in navigazione è il **nodo**. Una nave ha la velocità di un nodo quando percorre un miglio marino (1852 m) in un'ora.

Guardando il circuito di Imola, è improbabile pensare che ad ogni istante di tempo, sia sui rettilinei che nelle curve, il pilota abbia tenuto una velocità costante di 221,22 Km/h. Sicuramente ha tenuto una velocità maggiore in alcuni tratti e minore in altri. Quindi la velocità media ci dà una informazione globale sul modo in cui è stato percorso il circuito, e nulla ci dice sulla velocità effettiva tenuta dal pilota in ogni tratto del circuito, ad ogni istante di tempo.

#### **4 - Velocità istantanea.**

Quando un'automobile supera i limiti di velocità, tramite l'autovelox è possibile stabilire la sua velocità in un intervallo di tempo sufficientemente piccolo da considerare la velocità costante.

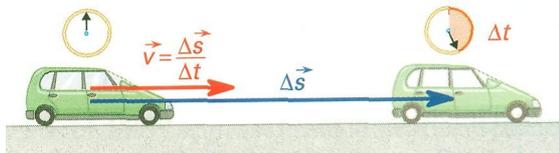


Infatti due fotocellule misurano l'intervallo di tempo  $\Delta t$  che l'automobile impiega a percorrere uno spazio noto  $\Delta s$ .

Se lo spazio  $\Delta s$  ed il tempo  $\Delta t$  sono molto piccoli, si ottiene la velocità che l'automobile ha nell'istante in cui passa davanti all'autovelox. Questa velocità viene detta **velocità istantanea**.

**Si considera come velocità istantanea di un corpo ad un istante  $t_0$  la velocità media del corpo durante un intervallo di tempo comprendente  $t_0$  e sufficientemente piccolo perché la velocità possa essere considerata costante.**

### 5 - Il vettore velocità.



Decidi di raccontare ai tuoi amici di essere partito in automobile da Bologna alla velocità costante di 60 km/h, che cosa possono capire realmente del tuo tragitto?



Prima di tutto non è chiaro quale strada hai scelto; inoltre, anche precisando di avere scelto la strada A, ciò non chiarisce se ti sei diretto verso Padova o verso Firenze. Per fornire un'informazione completa occorre, quindi, specificare la direzione, cioè la retta lungo la quale ti sei mosso, ma anche il verso (per esempio, da Bologna a Firenze): in altri termini, **la velocità è un vettore**. Il vettore velocità sarà pertanto definito come segue:

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

La sua direzione e il suo verso coincidono con quelli del vettore spostamento  $\Delta s$ .

La velocità  $v$  è una grandezza vettoriale perché occorrono tre elementi per poterla individuare in modo completo:

- *modulo o intensità* (indicato con  $v$ ): è il valore numerico espresso in una prestabilita unità di misura (m/s nel SI);
- *direzione*: la retta in cui giace il vettore;
- *verso*: uno dei due sensi possibili sulla retta orientata.



La velocità viene rappresentata graficamente con un segmento dotato di freccia da cui si possono ricavare le seguenti informazioni:

- il modulo (o intensità), individuato dalla lunghezza del segmento (nell'esempio in figura è 60 km/h perché il vettore ha una lunghezza pari a due volte l'unità di misura prescelta);
- la direzione, cioè la retta alla quale appartiene il segmento;
- il verso, individuato dalla freccia all'estremità del segmento.

### 6 – Il moto rettilineo uniforme

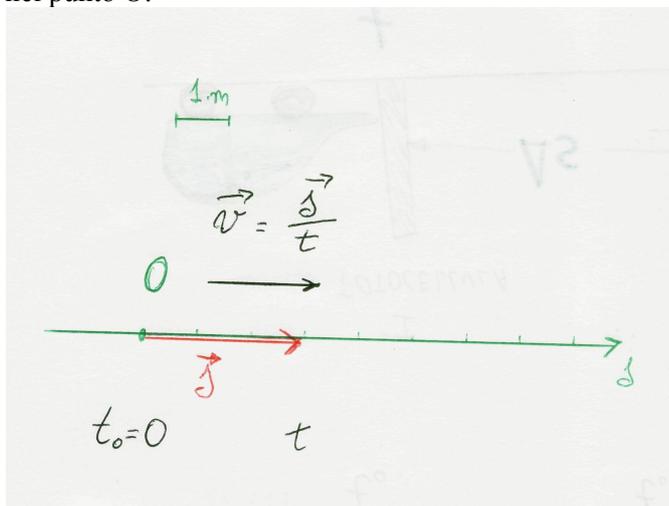
Nello studio di un moto occorre caratterizzare la traiettoria ed in che modo essa viene percorsa dal corpo.

Il più semplice moto è quello rettilineo uniforme.

**Un moto è rettilineo uniforme se il corpo percorre una traiettoria che giace su una retta (rettilineo) e la velocità è costante (uniforme).**

In tale moto la traiettoria è una retta, e la velocità è costante.

In questo caso si assume come sistema di riferimento un asse cartesiano, con origine nel punto O.



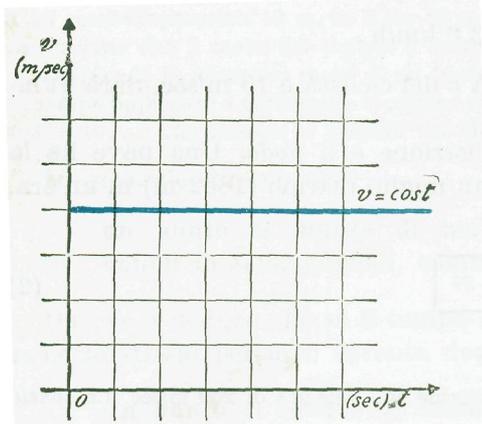
**Il moto ha una sola dimensione; la traiettoria e lo spostamento coincidono;** lo spostamento  $s$  e la velocità  $v$  hanno gli stessi direzione e verso. In questo caso possiamo tralasciare la notazione vettoriale e trattare solo dei moduli. Inoltre si adotta la convenzione che **le grandezze orientate come l'asse di riferimento sono positive; quelle orientate in verso opposto negative.**

Si può ulteriormente semplificare la situazione assumendo come posizione iniziale l'origine O ( $s_0 = 0$  **spostamento iniziale nullo**); ed assumendo che il corpo inizia a muoversi al tempo  $t_0 = 0$ , **tempo iniziale nullo** (cioè quando il corpo parte dall'origine si inizia a misurare il tempo).

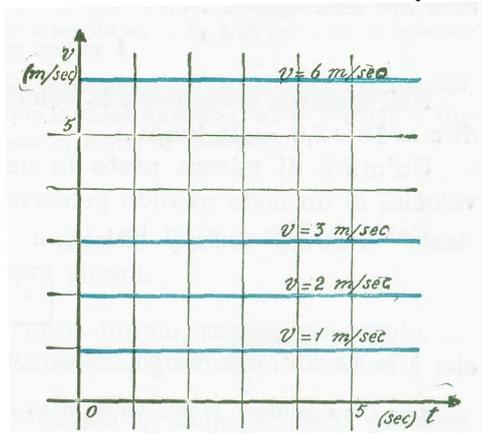
Poiché il moto si svolge a velocità costante, **la velocità media e quella istantanea coincidono**. Si ha quindi:

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

Il grafico che mostra l'andamento della velocità in funzione del tempo è il seguente:



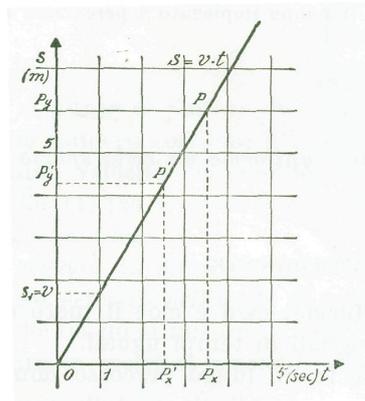
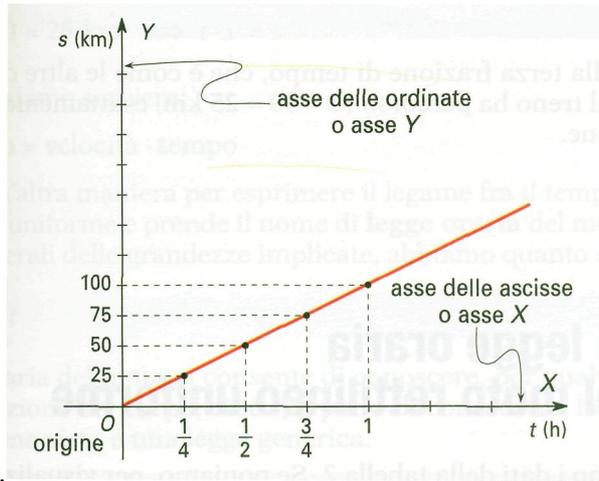
Qualunque sia l'istante di tempo, la velocità mantiene sempre lo stesso valore. Ovviamente diversi moti uniformi presentano diversi valori della velocità.



Dalla formula precedente possiamo ottenere come viene percorsa la traiettoria, cioè come cambia lo spazio (variabile dipendente), quando cambia il tempo (variabile indipendente):

$$s = vt$$

dove  $v = \text{costante}$ . Questa è l'**equazione oraria, o legge del moto rettilineo uniforme**. La rappresentazione grafica di tale legge è la seguente:

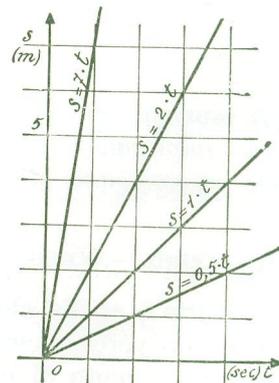
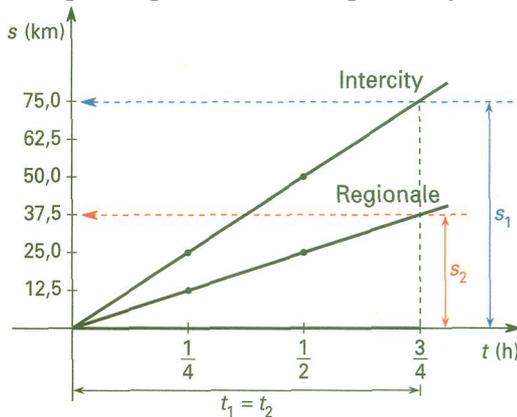


In questo moto si verificano le seguenti condizioni:

- 1) al crescere di  $t$  (*variabile indipendente*), cresce  $s$  (*variabile dipendente*);
- 2) il rapporto  $s/t$  (che è la velocità) è costante;
- 3) il grafico di  $s$  in funzione di  $t$  è una retta che passa per l'origine degli assi.

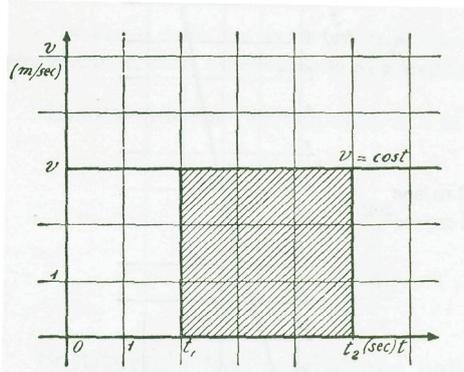
Si conclude quindi che **lo spazio  $s$  ed il tempo  $t$  sono direttamente proporzionali nel moto rettilineo uniforme.**

La figura seguente mostra il grafico spazio-tempo per diversi moti rettilinei uniformi .



Per queste rette una maggiore pendenza corrisponde ad una maggiore velocità, e viceversa.

Si può ottenere l'equazione oraria, cioè lo spazio percorso, anche dal diagramma della velocità in funzione del tempo.

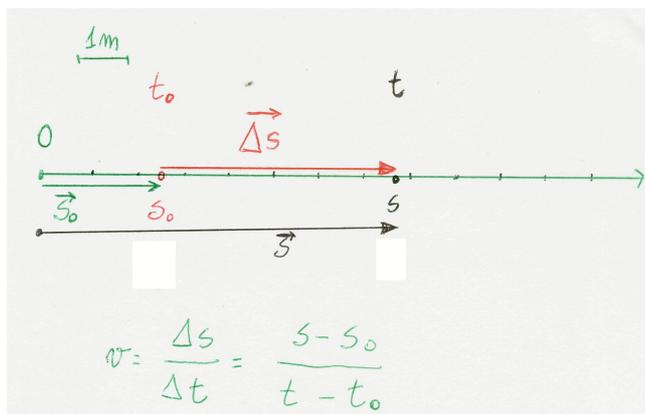


L'area del rettangolo tratteggiato dà lo spazio percorso nell'intervallo di tempo  $\Delta t = t_2 - t_1$ . Infatti la base del rettangolo è  $\Delta t$ , e l'altezza è  $v$ .

Quindi: (area del rettangolo) =  $\Delta t \times v = s$

$$S = (5-2) \text{ sec} \times 3 \text{ m/sec} = 9 \text{ m}$$

### 7 - Legge oraria del moto rettilineo uniforme nel caso generale.



Consideriamo il caso in cui il corpo non parte dall'origine, ma da una posizione iniziale  $s_0$ , dopo un intervallo di tempo iniziale  $t_0$ .

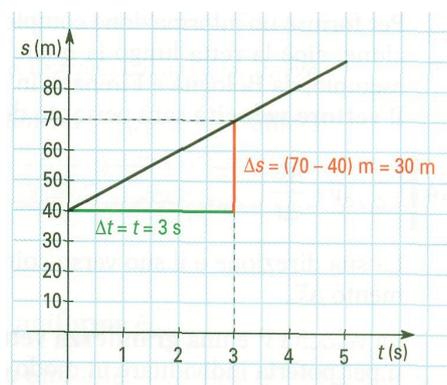
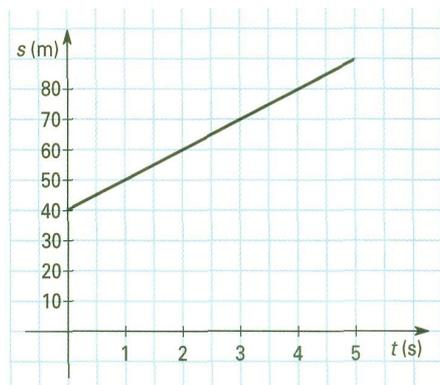
In questo caso la velocità, che è la variazione di spazio  $\Delta s$  in funzione della variazione di tempo  $\Delta t$ , è:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_0}{t - t_0},$$

e l'equazione oraria diventa:

$$s = s_0 + v(t - t_0)$$

il cui grafico ha l'andamento mostrato in figura:



Un ciclista percorre una strada ad andatura regolare. Supponiamo, per es., che esso in un secondo percorra 10 m, in 2 sec 20 m, in 3 sec 30 m, ... in 1/10 sec 1 m. In questo caso diremo che il moto del ciclista è *uniforme*.

Dividendo la misura in metri di un *qualsiasi* spazio percorso per la misura in secondi del tempo impiegato a percorrerlo si ottiene *sempre* lo stesso numero ( $10/1 = 10$ ;  $20/2 = 10$ ;  $30/3 = 10$ ; ...) che misura la velocità del ciclista in metri al secondo.

Da ciò si deduce che se il tempo diventa doppio, triplo, quadruplo, ... anche lo spazio percorso diventa doppio, triplo, quadruplo,...

Es.: Un aeroplano si muove di moto uniforme con velocità di 200 m/sec. Lo spazio percorso in 7 sec sarà dato da:

$$s = v \times t = 200 \text{ m/sec} \times 7 \text{ sec} = 1400 \text{ m.}$$

Es. Se un corpo ha la velocità di 80 m/sec. Il tempo impiegato a percorrere 100 m sarà dato da:

$$t=s/v=100/80 \text{ sec}= 1,25 \text{ sec}$$

Bibliografia del testo e delle figure:

Mario Michetti, Fisica, Ist. Tecn. Industriali (vol. 1), Libreria Editrice Canova, Treviso 1963

Sergio Fabbri, Mara Masini, Fisica, percorsi attivi (vol.1), SEI, Torino 2005

A cura di: Prof. Taccone Anna, ITIS 'G. Vallauri' di Reggio Calabria, a.s. 2005/06