

Scienze Biomediche e della Prevenzione Sanitaria

FISICA – Lezione 2

Roberto Guerra

`roberto.guerra@unimi.it`

Dipartimento di Fisica
Università degli studi di Milano

Part II

Cinematica e dinamica: posizione,
velocità, accelerazione

Programma del corso

1. Concetti di base
2. Cinematica e dinamica
 - 2.1 Posizione, velocità, accelerazione
 - 2.2 Moto rettilineo uniforme
 - 2.3 Moto rettilineo uniformemente accelerato
 - 2.4 Le tre leggi di Newton
3. Lavoro ed Energia
4. Fisica dei fluidi
5. Termodinamica

Cos'è la cinematica

Iniziamo ora la cinematica, il primo degli argomenti di questo modulo di fisica.

La cinematica descrive matematicamente il modo in cui i corpi si muovono nello spazio, ossia il modo in cui la loro **posizione** cambia col passare del tempo.

La cinematica è pura **descrizione**: lo studio delle cause del moto è compito della dinamica (che vedremo in seguito).

Posizione

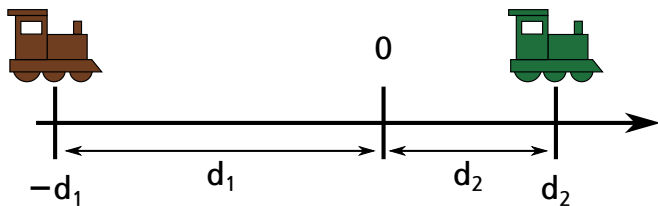
La **posizione** di un corpo è una misura quantitativa della sua collocazione nello spazio.

Vivendo in uno spazio tridimensionale, la posizione dovrebbe essere indicata usando tre coordinate (destra/sinistra, alto/basso, vicino/lontano). In molte situazioni si può però semplificare a una o due coordinate.

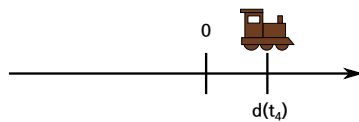
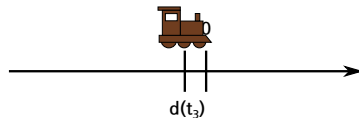
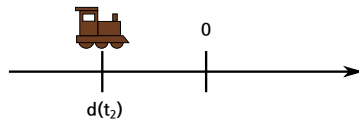
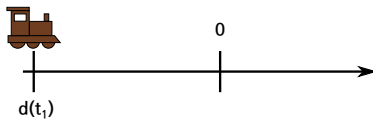
Noi tratteremo solo il moto lungo **una coordinata** (unidimensionale, il più semplice).

Posizione

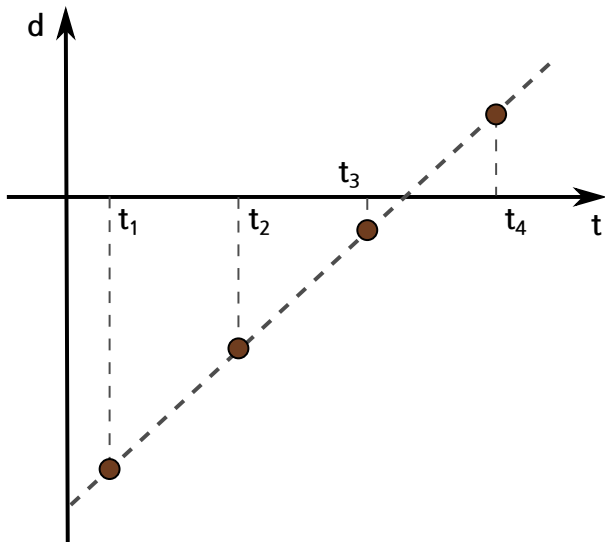
Un corpo che si muove lungo una coordinata si sposta lungo una linea retta. Per identificare la sua posizione basta dunque fissare una posizione di riferimento (il nostro “zero”) e misurare la distanza con segno del corpo dal riferimento.



Posizione

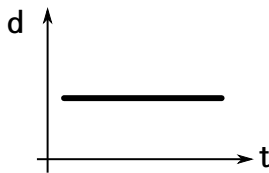
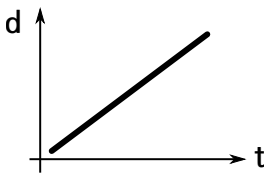
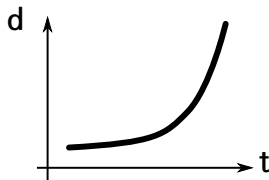
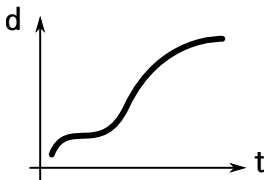


Posizione



Posizione

Si dice **legge oraria** l'equazione che lega la posizione d di un corpo al tempo t :



Unità di misura della posizione

La posizione d , essendo una misura di lunghezza, si misura col **metro** e i suoi multipli/sottomultipli.

Ciò significa che nella legge oraria $d(t)$ occorre che ci sia consistenza tra le unità di misura dei suoi termini.

Velocità

La velocità è una quantità che indica la rapidità con cui un corpo cambia la sua posizione nel tempo.

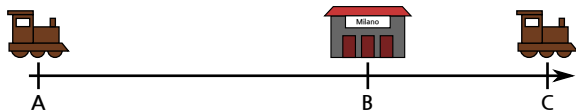
Pertanto, la velocità aumenta quando percorriamo distanze maggiori in un dato tempo. E diminuisce quando percorriamo una certa distanza in un tempo maggiore.

$$v \equiv \frac{\text{spazio percorso}}{\text{tempo impiegato}} = \frac{\Delta x}{\Delta t},$$

dove Δ indica la **variazione** di una quantità.

La velocità si misura solitamente in m/s, oppure in km/h. A seconda dei contesti, si possono trovare altre unità di misura (mm/anno, km/s, ...etc.).

Velocità media e velocità istantanea



Supponiamo che un treno compia un viaggio da A a C in questo modo:

1. Tra A e B percorre 200 km in 1 h;
2. Si ferma 30 min alla stazione B;
3. Percorre $B \rightarrow C$ (50 km) in 30 min.

Quale velocità descrive il suo moto? 200 km/h, 100 km/h, oppure 125 km/h?

Velocità media e velocità istantanea

La **velocità media** è il rapporto tra lo spazio totale percorso e il tempo totale impiegato per percorrerlo:

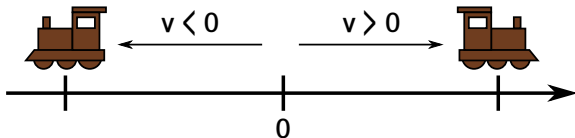
$$v_{\text{media}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t_{\text{fine}}) - x(t_{\text{inizio}})}{t_{\text{fine}} - t_{\text{inizio}}}.$$

La **velocità istantanea** è la velocità media quando viene calcolata su un tratto Δx il più breve possibile (nel caso del viaggio di un treno potrebbe corrispondere a pochi metri).

Segno della velocità

La velocità può essere una quantità positiva, nulla o negativa:

1. Se è positiva, il corpo si muove in **avanti** (rispetto allo zero);
2. Se è negativa, il corpo si muove all'**indietro**;
3. Se è nulla, la distanza del corpo rispetto allo zero resta sempre uguale.



Conversione di unità di misura

Chi guida l'automobile è abituato a misurare le velocità in km/h.

Ma l'unità di misura del Sistema Internazionale (SI) è il m/s.
Vediamo come convertire tra queste due unità.

Conversione di unità di misura

In generale, per convertire da un'unità di misura a un'altra analoga basta ricordare queste proprietà:

1. Una quantità è **sempre** uguale a se stessa, anche se espressa in unità di misura diverse:

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm}.$$

2. Di conseguenza, il rapporto tra una quantità e se stessa è sempre 1:

$$\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 1.$$

Conversione di unità di misura

Per convertire un'unità di misura in un'altra è quindi sufficiente moltiplicarla per 1, e poi scrivere 1 come rapporto tra quantità uguali con le “giuste” unità.

Ad esempio, per convertire 150 cm in metri:

$$\begin{aligned}150 \text{ cm} &= 150 \text{ cm} \cdot 1 = \\&= 150 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = \\&= 150 \cdot \frac{1 \text{ m}}{100} = \\&= 1.50 \text{ m}.\end{aligned}$$

Conversione di unità di misura

I passaggi per fare queste conversioni sono i seguenti:

1. Si moltiplica per una frazione “vuota”: $\frac{\quad}{\quad}$;
2. Si fa comparire al numeratore o denominatore l'unità che si vuole convertire, e viceversa l'unità in cui si vuole convertire;
3. Si inseriscono i numeri che rendono la frazione uguale a 1;
4. Si svolge il calcolo.

Conversione di unità di misura

Riprendiamo l'esempio di prima:

$$\begin{aligned}150 \text{ cm} &= 150 \text{ cm} \cdot \frac{\cdot}{\cdot} = \\&= 150 \text{ cm} \cdot \frac{\cdot}{\text{cm}} = \\&= 150 \text{ cm} \cdot \frac{\text{m}}{\text{cm}} = \\&= 150 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = \\&= 1.50 \text{ m}.\end{aligned}$$

Conversione di unità di misura

Per convertire una velocità da km/h a m/s, dobbiamo convertire
km→m e h→s:

$$\begin{aligned}72 \text{ km/h} &= 72 \text{ km/h} \cdot \frac{\cdot}{\cdot} \cdot \frac{\cdot}{\cdot} = \\&= 72 \text{ km/h} \cdot \frac{\text{h}}{\cdot} \cdot \frac{\cdot}{\text{km}} = \\&= 72 \text{ km/h} \cdot \frac{\text{h}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{km}} = \\&= 72 \text{ km/h} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = \\&= \frac{7.2 \cdot 10^4}{3.600 \cdot 10^3} \text{ m/s} = \\&= 20 \text{ m/s}.\end{aligned}$$

Conversione da km/h a m/s



Cercate di ricordare almeno la prima riga di questa tabella:

$$10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h},$$

$$20 \text{ m/s} = 72 \text{ km/h},$$

$$30 \text{ m/s} = 108 \text{ km/h},$$

$$40 \text{ m/s} = 144 \text{ km/h}.$$

È utile per stimare il risultato di una conversione (sono velocità tipiche alle quali viaggiano gli automezzi in diverse situazioni).

Accelerazione

Dopo la posizione e la velocità, definiamo ora l'**accelerazione**.

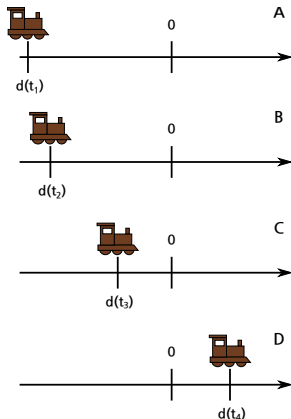
Dei tre concetti, questo è il più complicato. Ma è alla base della dinamica, che è l'argomento che affronteremo dopo la cinematica, quindi è importante capirlo bene.

Accelerazione

L'accelerazione quantifica la variazione di velocità di un corpo. Questo è analogo alla velocità, che quantifica la variazione nella posizione del corpo.

In quali contesti la velocità di un corpo può cambiare? Pensate a degli esempi.

Accelerazione



Consideriamo un treno che parte da fermo e via via prende velocità:

1. $A = 1 \text{ min}: v = 0 \text{ km/h};$
2. $B = 2 \text{ min}: v = 40 \text{ km/h};$
3. $C = 3 \text{ min}: v = 80 \text{ km/h};$
4. $D = 4 \text{ min}: v = 120 \text{ km/h}.$

Ogni minuto la sua velocità aumenta di 40 km/h .

Accelerazione

L'accelerazione è la variazione di velocità in rapporto all'intervallo di tempo:

$$a \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t}.$$

Nell'esempio del treno, dato che la sua velocità aumenta di 40 km/h ogni minuto, l'accelerazione è

$$a_{\text{treno}} = \frac{40 \text{ km/h}}{1 \text{ min}} = 40 \text{ km/h} \cdot \text{min} \simeq 0.18 \text{ m/s}^2$$

(verificate che la conversione sia corretta).

Significato dell'accelerazione

Se un corpo ha un'accelerazione $a = 1 \text{ m/s}^2$, vuol dire che ogni secondo che passa il corpo aumenta la sua velocità di 1 m/s .

Un'accelerazione nulla indica che la velocità è costante. Ad esempio, un'automobile che viaggia a 120 km/h in autostrada ha accelerazione nulla.

Accelerazione e decelerazione

Cosa significa quando $a < 0$?

Il corpo sta **decelerando**, ossia la sua velocità diminuisce man mano che il tempo passa. Esempi di decelerazione:

- ▶ Premo il pedale del freno mentre viaggio in automobile;
- ▶ Innesto la retromarcia e premo l'acceleratore.



In ciascuno dei seguenti casi, stabilire il segno della velocità e dell'accelerazione:

1. Si preme l'acceleratore quando l'automobile è ferma all'incrocio;
2. Si preme il freno in un'automobile che sta andando in retromarcia;
3. L'automobile sta ferma nel parcheggio;
4. L'automobile impatta frontalmente contro un oggetto fermo.

Il moto rettilineo uniforme

Il moto più semplice è il moto rettilineo uniforme:

1. È un **moto**: quindi è descritto da una legge oraria;
2. È **rettilineo**: quindi avviene lungo una coordinata (solitamente si usa x o d per moti orizzontali, e h o y per moti verticali).
3. È **uniforme**: la velocità con cui avviene il moto non cambia mai. Velocità media e velocità istantanea coincidono, e l'accelerazione è nulla.

Leggi del moto rettilineo uniforme

La posizione $x(t)$ nel moto rettilineo uniforme è

$$x(t) = x(0) + v \cdot t$$

dove $x(0)$ è la posizione iniziale al tempo zero e v la velocità.

Nel moto rettilineo uniforme la velocità è costante e l'accelerazione è nulla.

Esempio

Se un'automobile viaggia a 120 km/h, dopo 20 min di viaggio quanta strada ha percorso?

Esempio

Partiamo dalla formula

$$x(t) = x(0) + v \cdot t$$

Il valore della posizione iniziale $x(0)$ non è importante (non si dice da dove parta il viaggio): è intuitivo capire che una tale informazione sarebbe del tutto inutile.

In questi casi per semplicità si pone $x(0) = 0$ (vedremo che non è un errore scegliere altri valori):

$$x(t) = v \cdot t.$$

Esempio

Dal fatto che $v = 120 \text{ km/h}$ e $t = 20 \text{ min}$, si arriva al risultato:

$$\begin{aligned}x(20 \text{ min}) &= 120 \text{ km/h} \cdot 20 \text{ min} = \\&= 120 \text{ km/h} \cdot \frac{\text{h}}{.} \cdot 20 \text{ min} = \\&= 120 \text{ km/h} \cdot \frac{\text{h}}{\text{min}} \cdot 20 \text{ min} = \\&= 120 \text{ km/h} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \cdot 20 \text{ min} = \\&= 40 \text{ km}.\end{aligned}$$

Il termine $x(0)$

Cosa sarebbe cambiato se avessimo mantenuto il termine $x(0)$?

Supponiamo che $x(0) = 10$ km. Il tragitto percorso in 20 min **non** è $x(20 \text{ min})$: questa quantità dà la posizione al termine dei 20 minuti, che include i primi 10 km (mai percorsi). La distanza percorsa è

$$\begin{aligned}x(20 \text{ min}) - x(0) &= (v \cdot 20 \text{ min} + x(0)) - (0 + x(0)) = \\&= v \cdot 20 \text{ min},\end{aligned}$$

che è la formula che abbiamo usato prima.

In pratica dalla legge oraria si ottiene la definizione di velocità:

$$\begin{aligned}x(t) - x(0) &= v \cdot t \\ \Rightarrow v &= \frac{x(t) - x(0)}{t} = \frac{\text{spostamento}}{\text{tempo impiegato}}\end{aligned}$$

Inversione dell'equazione

Data l'equazione

$$x(t) = x(0) + v \cdot t,$$

è possibile invertirla e trasformarla mediante le regole dell'algebra.

Se un esercizio chiede il tempo di percorrenza, data la distanza percorsa e la velocità, la soluzione si trova risolvendo l'equazione rispetto a t :

$$t = \frac{x(t) - x(0)}{v}.$$

Algebra

L'algebra è indispensabile per la fisica!

Per verificare la vostra conoscenza di algebra, trovate l'errore in questa dimostrazione che $2 = 1$:

$$a = b$$

$$a^2 = ab$$

$$a^2 - b^2 = ab - b^2$$

$$(a + b)(a - b) = b(a - b)$$

$$a + b = b \quad (\text{siccome } a = b \dots)$$

$$a + a = a$$

$$2 = 1.$$

Algebra

In questo altro esempio:

$$x = 3 + 9 + 27 + 81 + \dots$$

$$x = 3(1 + 3 + 9 + 27 + 81 + \dots)$$

$$x = 3(1 + x)$$

$$x = 3 + 3x$$

$$x - 3x = 3$$

$$x(1 - 3) = 3$$

$$x = -3/2$$

Quindi la somma di numeri positivi dà un numero negativo?

Esercizi sul moto rettilineo uniforme



Calcolare la distanza tra la barca e il vulcano ($v_{\text{suono}} \simeq 340 \text{ m/s}$).
Quali sono le approssimazioni?



<https://www.youtube.com/watch?v=BUREX8aFbMs>

Esercizi sul moto rettilineo uniforme

$$d \simeq 340 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 12 \text{ s} = 4080 \text{ m} \simeq 4 \text{ km}.$$

Quali sono le approssimazioni?

Esercizi sul moto rettilineo uniforme



La luce si propaga con velocità costante $c \simeq 300\,000 \text{ km/s}$.

In quanto tempo percorre una distanza $d = 5 \text{ km}$? (Esperimento di Galileo).

In quanto tempo la luce del Sole raggiunge la Terra?
($d \simeq 150 \cdot 10^6 \text{ km}$)