Fisica sperimentale I

Riccardo Rasori

A.A. 2024/2025

Indice

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Il metodo scientifico

La natura è complessa $\rightarrow$ per capirla si fanno esperimenti
Es. Tolta l'aria (nel vuoto) tutti i corpi cadono in maniera uguale
$\rightarrow$ Gli esperimenti formulano una teoria
$\rightarrow$ La fisica usa il linguaggio matematico per le teorie e le leggi

1.2 Grandezze fisiche

Definizione

Misurazione: si associa un numero (misura) a una grandezza fisica. Associa anche la sua attendibilità (errore).
Deve essere non ambigua e riproducibile.

Definizione

Grandezza fisica: è definita in relazione al procedimento/strumento utilizzato per misurare.
Non tutte le grandezze sono indipendenti (velocità $\frac{m}{s}$).

```
Sistema Internazionale
 ├─ Tempo (s)
 ├─ Lunghezza (m)
 ├─ Massa (kg)
 ├─ Quantità di materia (mol)
 ├─ Temperatura (K)
 ├─ Intensità di corrente elettrica (A)
 └─ Intensità luminosa (cd)
```

1.2.1 Tempo

Grandezza fisica misurata con l'orologio.
Si usa l'orologio atomico basato sulla frequenza di una transizione iperfine all'atomo di ^{133}Cs (Cesio)

Definizione

Secondo: tempo che ci mette la luce emessa da ^{133}Cs per fare 9.192.631.770 vibrazioni.

1.2.2 Lunghezza

Si usa il regolo per misurarla

Definizione

Metro: distanza percorsa dalla luce nel vuoto in $\frac{1}{299.792.458}$ di secondo.

1.2.3 Massa

Definizione

Massa: grandezza fisica misurata con bilancia a due bracci.

Campione di riferimento: kg → cilindro di platino-iridio per definire la massa

1.3 La notazione scientifica

```
Vantaggi
├─ È formalmente compatta
├─ È evidente l'ordine di grandezza → Potenza di 10 con cui è espresso
│  il numero
└─ È evidente la precisione con cui è noto il valore numerico →
   L'incertezza è espressa dal suo errore
   Es.
```
$l = (3,5 \pm 0,1)m$

L'errore ci dice quante cifre significative usare per rappresentare una grandezza
Es. $(4,5397 \pm 0,21) * 10^3 \leftarrow$ se già la prima cifra è incerta per l'errore, non ha senso precisare tutto quello che c'è dopo (397)
→ va scritto $(4,54 \pm 0,21) * 10^3$

1.3.1 Num cifre significative

3m → per l'errore può essere $3 \pm 0,1$ m (2, 3 o 4)
3,0m → per l'errore può essere $3,0 \pm 0,1$ m (2,9; 3,0; 3,1)

0,003m ← 1 cifra significativa
0,0030m ← 2 cifre significative

Addizione

$$\begin{array}{r} 18{,}0 \\ +\ 0{,}0039 \\ +\ 0{,}00002 \\ \hline 18{,}00392 \\ =18{,}0 \end{array}$$

[i]

Moltiplicazione

Il risultato di norma deve contenere tante cifre significative quante ne sono contenute nel fattore con meno cifre significative

$$\begin{array}{r} \text{Es:} \\ 2{,}21 \\ *0,3 \\ \hline 0{,}663 \\ =0{,}7 \end{array}$$

Es. $12,4 * 84 = 1041,6 = 1,04 * 10^3$

Divisione

Vale la stessa regola della moltiplicazione
Es. $14,28/0,714 = 20 = 20,0$ oppure $2,0 * 10^1$
Es. $0,032/0,004 = 8 = 0,8 * 10^1$
Es: $9,83/9,3$[ii]$= 1,05698924731 = 1,06$[iii]

1.4 Meccanica

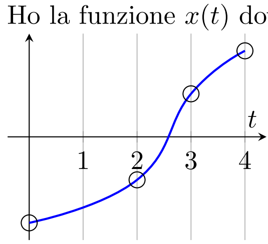
- **Cinematica**: studio del moto indipendente dalle cause
- **Dinamica**: studio del moto in relazione alle forze agenti
- **Statica**: studio del moto in assenza di forze

[i] deve contenere un numero di cifre significative uguale a quello del numero con incertezza maggiore
[ii] 2 cifre, ma l'incertezza è circa dell'1%
[iii] Se avessi scritto 1,1 l'incertezza era circa del 10%, quindi metto 1,06 e l'incertezza rimane circa 1%

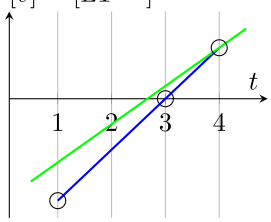
1.4.1 Cinematica

- Si studia un corpo puntiforme (particella) in cui è incentrata la massa
- Lo studiamo in modo unidimensionale (si muove solo in una direzione) (moto rettilineo)
  - Posizione
  - Spostamento
  - Velocità
  - Accelerazione
- In natura esistono corpi puntiformi (elettroni)
  - Hanno raggio $< 2 * 10^{-20}$ m

Moto

- Il suo concetto è relativo
  - Per un osservatore un oggetto potrebbe essere in movimento, per un altro potrebbe essere fermo
- Sistema di riferimento
  - Definisce la posizione di un corpo
  - Assi x y z
  - In cinematica il sistema di rif. è arbitrario (1,2,3 dimensioni)
  - La posizione p la coordinata lungo l'asse della particella
  - Lo spostamento è la differenza tra il valore della pos. finale e quella iniziale
    $\Delta x = x_2 - x_1$
  - Conviene descrivere il moto con il variare della posizione in funzione del tempo
    Ho la funzione $x(t)$ dove il tempo è la variabile indipendente
    

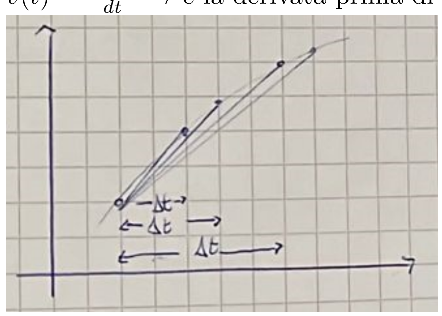
  - La velocità è quanto rapidamente si muove la particella

* Velocità vettoriale media
  È il rapporto tra lo spostamento Δx che si verifica in un certo intervallo Δt e l'intervallo stesso
  $\overline{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2(t_2)-x_1(t_1)}{t_2-t_1}[\frac{m}{s}]$
  $[\overline{v}] = [LT^{-1}]$
  

  Può succedere che la particella si muova e che torni nello stesso punto:
  · lo spostamento è 0 $\Rightarrow$ la velocità vettoriale media è 0
* Velocità scalare media
  $\overline{u} = \frac{l}{\Delta t}[m/s]$
  $[\overline{u}] = [LT^{-1}]$
* Velocità istantanea

  Definizione

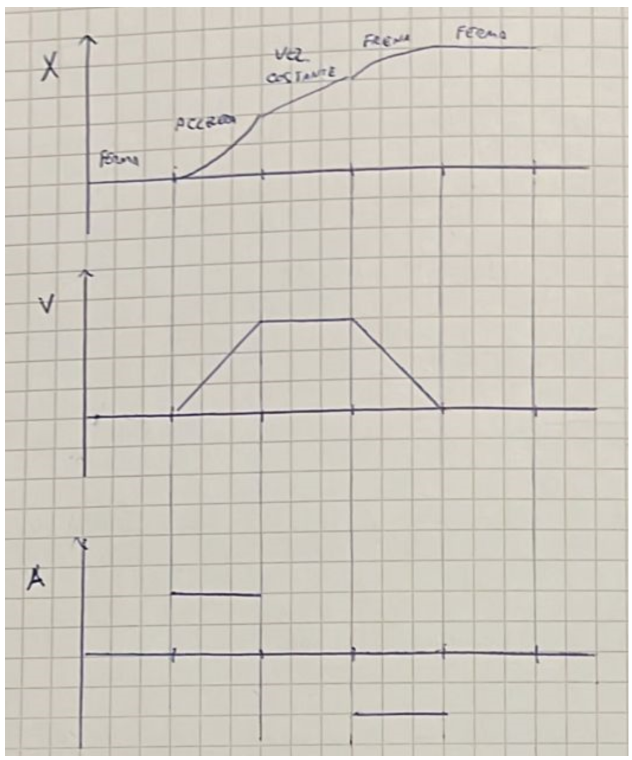
  Limite della velocità vettoriale media quando Δt tende a 0

  $v(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \lim_{t \to t_1} \frac{x(t)-x(t_1)}{t-t_1} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{x(t+\Delta t)-x(t)}{\Delta t} \Rightarrow$
  $v(t) = \frac{dx(t)}{dt} \rightarrow$ è la derivata prima di x(t) rispetto al tempo t
  

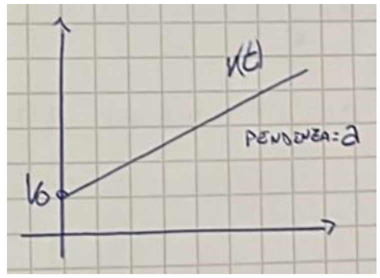
– Esempi di moti
  * Particella con velocità costante
    $x(t) = A + Bt$
    Velocità istantanea
    $v(t) = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(A + Bt) = 0 + B$
  * Particella accelerata uniformemente

– Accelerazione media o istantanea

* Media: rapporto tra la variazione della velocità della particella in un Δt e l'intervallo stesso
  $\overline{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2(t_2)-v_1(t_1)}{t_2-t_1}$
  $[\overline{a}] = [\frac{LT^{-1}}{T}] = [LT^{-2}] \rightarrow [\frac{m}{s^2}]$
* Istantanea:
  $a(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \lim_{t \to t_1} \frac{v(t)-v(t_1)}{t-t_1} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{v(t+\Delta t)-v(t)}{\Delta t} = \frac{dv(t)}{dt} = \frac{d^2xt}{dt^2} \rightarrow$ è la derivata seconda di x(t) rispetto al tempo t
* Accelerazione e velocità concordi
  · Parlo di accelerazione se la velocità aumenta
  · Parlo di decelerazione se la velocità diminuisce



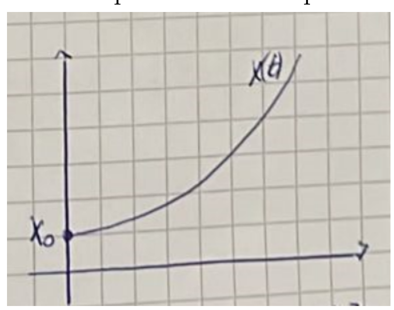
– Accelerazione costante
  * Trovo la velocità
    a(t)=costante e poniamo per semplicità $t_0 = 0$
    $a = \overline{a} = \frac{\delta v}{\delta t} = \frac{v-v_0}{t-0} \Rightarrow v(t) = v_0 + a * t(1)$



- $*$ Trovo la posizione

$$\begin{cases} \overline{v} = \frac{1}{2}(v_0 + v) = \frac{1}{2}(v_0 + v_0 + a * t) = v_0 + \frac{1}{2}a * t \\ \overline{v} = \frac{\delta x}{\delta t} = \frac{x - x_0}{t - 0} \end{cases} \quad (1.1)$$

$\Rightarrow x(t) = x_0 + v_0 * t + \frac{1}{2}a * t^2$ (2)
Posso conoscere dove si trova la particella a patto di sapere le condizioni iniziali di tempo e moto della particella



Posso ricavare altre equazioni

- $*$ eliminando t da (1) e (2)
$v^2(x) = v_0^2 + 2a(x - x_0)(3)$
- $*$ eliminando a da (1) e (2)
$x(t) = x_0 + \frac{v_0+v}{2}t(4)$
- $*$ eliminando v_0 da (1) e (2)
$x(t) = x_0 + v(t) - \frac{1}{2}a(t^2)(5)$

La (1) e la (2) sono le più importanti, da sapere a memoria
Mostriamo come a questi risultati si può arrivare anche con le derivate
$a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow dv = a*dt \Rightarrow \int_{x_0}^{x} dx = \int_0^t vdt = \int_0^t (v_0 + a*t)dt \Rightarrow x - x_0 = v_0 * t + \frac{1}{2}a * t^2 \Rightarrow x = x_0 + v_0 * t + \frac{1}{2}a * t^2$
Se al posto di t_0 avesso un t qualunque uso $t - t_0$

- Moto di caduta libera
In assenza della resistenza dell'aria tutti i corpi cadono ugualmente

  - $g = 9,81\frac{m}{s^2}$

– La direzione (detta vericale) è la stessa direzione dell'accelerazione di gravitò
Sostituendo alle equazioni precedenti $a = -gt$ $x_0 = 0$
$v = v_0 + at = -gt$
$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at = -\frac{1}{2}gt^2$