

# Lezione 1: Grandezze fisiche

## 1 Concetti discussi

Grandezze fisiche, dimensioni e unità di misura, notazione scientifica e prefissi, cifre significative ed arrotondamento.

## 2 Grandezze fisiche

I fenomeni fisici vengono descritti tramite relazioni matematiche che legano diverse grandezze dette **grandezze fisiche**. Definisco grandezza fisica quella per cui posso dare una definizione operativa. Cosa significa? Significa che ogni grandezza fisica deve poter essere misurata. Quindi, ogni grandezza fisica deve poter essere associata ad un valore numerico, espresso in una opportuna **unità di misura**.

Ci sono due tipi di grandezze fisiche: quelle **fondamentali** e **derivate**. Partiamo con quelle fondamentali. Sono sette e definisco il cosiddetto **sistema internazionale di unità di misura**. Le grandezze fisiche fondamentali sono indipendenti tra di loro ed hanno unità di misura che non saranno in relazione tra di loro. Possiamo quindi interpretarle come il set di elementi base che combinati in modo opportuno ci permettono di derivare tutte le altre grandezze fisiche, chiamate appunto grandezze derivate. Le grandezze fisiche fondamentali che formano il sistema internazionale (S.I.) sono concordate internazionalmente. Le loro unità di misura vengono fissate in modo arbitrario ma conveniente. Cosa significa? devono essere agevoli da misurare e soprattutto la misura deve essere riproducibile e non variare nel tempo.

Nella tabella sottostante sono elencati le sette grandezze fondamentali che definiscono il sistema internazionale di misura.

| Nome                  | Unità di misura | Strumento di misura                  |
|-----------------------|-----------------|--------------------------------------|
| Lunghezza             | metro - m       | Calibro, distanziometro laser ecc... |
| Temperatura           | Kelvin - K      | Termometro                           |
| Massa                 | kilogrammo - kg | Bilancia a bracci uguali             |
| Intervallo di tempo   | second - s      | Cronometro                           |
| Intensità di corrente | Ampère - A      | Amperometro                          |
| Intensità luminosa    | candela - cd    | Fotometro                            |
| Quantità di sostanza  | mole - mol      | ...                                  |

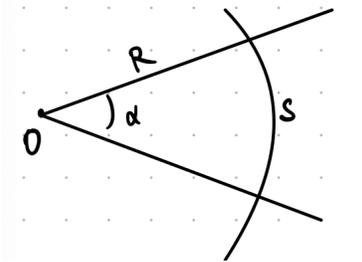
Nella più recente versione del sistema internazionale, le unità di misura sono definite sulla base dei valori di alcune costanti fondamentali, ovvero di quantità che non cambiano

il loro valore nel tempo. Sono costanti di cui conosciamo il valore con alta precisione. Ad esempio il metro fino a qualche decennio fa era basato su una barra di platino-iridio la cui lunghezza definiva un metro. Solo a partire dagli anni ottanta, il metro è stato ridefinito come la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo pari a  $1/299\,792\,458$  di secondo, assumendo che la velocità della luce nel vuoto, per definizione, è pari a  $299\,792\,458$  m/s. Quindi il metro è stato ridefinito in funzione della velocità della luce nel vuoto che, per quanto ne sappiamo al momento, è la velocità massima raggiungibile nell'universo.

Dunque ricapitoliamo. Le grandezze fondamentali sono tutte indipendenti l'una dall'altra e definiscono il sistema internazionale di misura. Tutte le altre grandezze derivano da quelle fondamentali. Come si derivano? grazie alle **leggi fisiche**. Le leggi fisiche sono l'unico strumento che ci permette di mettere in relazione grandezze fisiche diverse tra di loro e di derivare nuove grandezze fisiche. Queste leggi devono essere verificabili e ci permettono di misurare indirettamente delle grandezze tramite misure dirette di altre grandezze. Cosa significa? facciamo un esempio: la velocità. La velocità è definita come  $v = l/t$ , dove  $l$  è la lunghezza e  $t$  il tempo. Possiamo avere una misura indiretta della velocità, ad esempio di una macchina, misurando quanto tempo  $t$  occorre per percorrere una certa distanza  $l$ . La velocità è quindi una grandezza fisica derivata dalla lunghezza e dal tempo.

## 2.1 grandezze fisiche adimensionali

Fino ad ora abbiamo detto che una grandezza fisica deve essere misurabile e deve avere un'unità di misura. In fisica esistono una classe di grandezze fisiche adimensionali, il cui valore è esprimibile da un numero puro. Queste grandezze sono definite come rapporto tra grandezze dimensionali. Un esempio importante in fisica è **l'angolo in radianti**. L'angolo in radianti,  $\alpha$  dell'immagine sottostante è definito come  $\alpha = s/R$  dove  $s$  è la lunghezza dell'arco e  $R$  il raggio della circonferenza.



Facciamo qualche esempio. Immaginiamo una cerchio di raggio  $R$ , allora la sua circonferenza intera sarà  $2\pi R$ . Prendiamo il caso dell'angolo retto, quindi di  $90^\circ$ . L'arco che descrive un angolo retto è un quarto della circonferenza totale ovvero  $s = \frac{2\pi R}{4}$  e quindi

$$\alpha_{90} = \frac{s}{R} = \frac{2\pi R}{4R} = \frac{\pi}{2}$$

Quindi l'angolo retto in radianti vale  $\pi/2$ . Prendiamo ora il caso dell'angolo piatto, quindi di  $180^\circ$ . L'arco che descrive un angolo piatto è metà della circonferenza totale ovvero  $s = \frac{2\pi R}{2}$  e quindi

$$\alpha_{180} = \frac{s}{R} = \frac{2\pi R}{2R} = \pi$$

Quindi l'angolo piatto in radianti vale  $\pi$ .

Quindi come possiamo passare da angoli in gradi a radianti in modo generale? Possiamo usare le proporzioni!

$$\frac{\alpha_{gradi}}{180^\circ} = \frac{\alpha_{radianti}}{\pi}$$

quindi  $\alpha_{radianti} = \pi \frac{\alpha_{gradi}}{180^\circ}$ . Ad esempio se  $\alpha_{gradi} = 45^\circ$ , allora  $\alpha_{radianti} = \pi \frac{45}{180} = \frac{\pi}{4} = 0.785$

### 3 Notazione scientifica

La notazione scientifica ci permette di esprimere valori numerici usando le potenze di 10. Questa tecnica ci permette di rendere più compatti i numeri molto grandi o molto piccoli. Ad esempio la distanza tra la terra e il sole è di 149 500 000 000 m che possiamo scrivere come  $1.495 \cdot 10^{11}$  m. Oppure la dimensione del raggio di Bohr, raggio di un atomo di idrogeno,  $5.293 \cdot 10^{-11}$  m.

Inoltre, per alcuni casi specifici ci possiamo anche aiutare con dei prefissi. Ad esempio

| Valore    | Simbolo | prefisso | Esempio                      |
|-----------|---------|----------|------------------------------|
| $10^3$    | k       | kilo     | km                           |
| $10^6$    | M       | Mega     | MW                           |
| $10^9$    | G       | Giga     | GB, GW                       |
| $10^{12}$ | T       | Tera     | TB                           |
| $10^{15}$ | P       | Peta     | PW                           |
| ..        | ...     | ...      | ...                          |
| $10^{-1}$ | d       | deci     | $\text{dm}^3 = \text{litro}$ |
| $10^{-2}$ | c       | centi    | cm                           |
| $10^{-3}$ | m       | milli    | mm                           |
| $10^{-6}$ | $\mu$   | micro    | $\mu\text{s}$                |

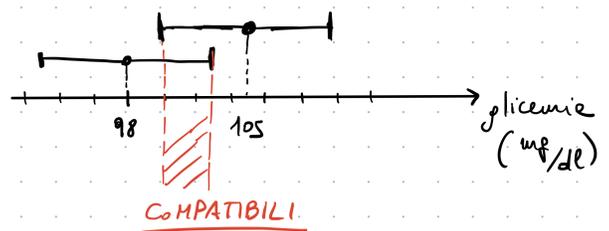
Quindi la distanza terra sole potrebbe essere scritta come 149.5 Gm. Oppure il volume di una vasca da bagno, che in media contiene 80 litri, può essere scritto  $80 \text{ dm}^3 = 80 \cdot (10^{-1}\text{m})^3 = 80 \cdot 10^{-3}\text{m}^3 = 8 \cdot 10^{-2}\text{m}^3$

### 4 Cifre significative

Abbiamo detto che le grandezze fisiche hanno un valore, un'unità di misura e devono essere misurabili. Gli strumenti che utilizziamo non hanno mai una precisione infinita. Ad ogni grandezza quindi dobbiamo associare anche un valore di **errore**. Trattare gli errori non è semplice e ci sono delle regole per la propagazione dell'errore di una grandezza misurata ad eventuali grandezze derivate. In questo corso non entreremo nel dettaglio di queste tecniche e ci accontenteremo di usare un numero adeguato di cifre significative. Cosa significa? Facciamo un esempio e supponiamo di misurare la glicemia nel sangue. Il livello di glicemia nel sangue è una grandezza derivata che spesso viene espressa in  $\frac{\text{mg}}{\text{dl}}$ , milligrammi di glucosio in un decilitro di sangue. Lo strumento di misura è il glucometro. A seconda della qualità

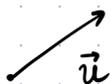
dello strumento la misura avrà un certo errore. Supponiamo, ad esempio, che l'errore sia di 5 mg/dl e che sul display del glucometro compaia la cifra 98.234. L'errore è di 5 mg/dl, quindi non ha senso misurare la glicemia al  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ! In questo caso tutti i numeri dopo la virgola non hanno nessun valore reale perchè lo strumento ha un errore troppo grande. Quindi la cifra che riporterò sarà  $98 \pm 5$  mg/dl. Le cifre significative sono quindi solo 2, il 9 e l'8. Si noti, che nel riportare il numero non ho semplicemente cancellato le cifre decimali ma ho fatto anche un **arrotondamento** alla valore intero più vicino. Se la lettura fosse stata di 98.834 allora avrei riportato  $99 \pm 5$  mg/dl.

**Misure compatibili** Due misure della stessa grandezza hanno risultati compatibili se si sovrappongono considerando i loro errori. Ad esempio, supponiamo di misurare due volte la glicemia nel sangue. Nel primo caso otteniamo una misura di  $98 \pm 5$  mg/dl mentre nel secondo caso  $106 \pm 5$  mg/dl. Queste due misure hanno valori hanno barre di errore sovrapposte e saranno quindi compatibili.



## 5 Grandezze scalari e vettoriali

Se è sufficiente avere un valore numerico e una unità di misura per definire una grandezza fisica, allora questa è definita grandezza scalare. Esempi di grandezza scalare sono la temperatura (es.  $5^\circ\text{C}$ ), la massa (es. 3 kg), il tempo (es. 7.3 s) ecc..



Le grandezze vettoriali invece sono caratterizzate da un modulo, una direzione e un verso. Il modulo  $|\vec{u}| = u$  indica la lunghezza del vettore, la direzione è la retta su cui giace il vettore, mentre il verso è l'orientamento sulla retta.

Per fare un esempio immaginiamo una persona che si sposta di 3 m da un punto A ad un punto B in una stanza. Sapendo solo di quanto si è spostata non siamo in grado di determinare con precisione il punto B. Dobbiamo infatti specificare la direzione e verso. Quindi lo spostamento è un vettore!

Ai fini pratici, quando si a che fare con grandezze vettoriali, è spesso conveniente definire un **sistema di riferimento** ovvero un sistema di coordinate in una o più dimensioni a seconda del problema. Nella figura qui accanto, utilizziamo un sistema di coordinate a due dimensioni per descrivere un vettore che va dal punto A al punto B. Riferendoci all'esempio precedente, l'origine del sistema di riferimento può essere un angolo della stanza. In questo caso, il vettore di spostamento  $\vec{s}$  sarà definito come  $\vec{s} = (x_B - x_A, y_B - y_A)$ .

