

Grandezze e Misure

Grandezze e Misure

- Introduzione
- Il Metodo Sperimentale
- Unità di Misura
- Grandezze Fondamentali e Derivate
- Massa e Densità
- Misure dirette e indirette
- Strumenti di misura
- Errori nelle Operazioni di Misura
- Misure ed Errori (Incertezze)

Introduzione

Cosa è la Fisica? Grandezze Fisiche. Leggi Fisiche.

Lo **scopo della Fisica** (dal greco *physis* = *natura*) è spiegare i fenomeni naturali che avvengono intorno a noi: movimento dei corpi, calore e temperatura, elettricità e magnetismo ...

Una **Grandezza Fisica** è una qualunque caratteristica di un oggetto o di un fenomeno che può **essere misurata**, che può cioè essere espressa mediante un **numero** ed una opportuna **unità di misura**.

Si definiscono **Leggi Fisiche** le relazioni matematiche (formule ed equazioni) fra le grandezze fisiche che descrivono i fenomeni in esame.

Il Metodo Sperimentale

Per l'osservazione e lo studio di un fenomeno in fisica si usa il Metodo Sperimentale, introdotto da Galileo Galilei nel XVI secolo.

Tale metodo consente di conciliare l'aspetto sperimentale e la formalizzazione teorica delle leggi.

Il Metodo Sperimentale può essere sintetizzato nei seguenti punti:

1. Osservazione del fenomeno, cioè raccolta di informazioni e dati sul sistema in esame ed individuazione delle grandezze fisiche in esso coinvolte;
2. Ricerca di regolarità e formulazione di ipotesi, cioè di una possibile spiegazione dei fenomeni osservati;
3. Verifica sperimentale dell'ipotesi, ottenuta effettuando esperimenti controllati e ripetibili;
4. Formulazione di una legge, cioè di un'espressione formale che generalizzi i risultati ottenuti.

Unità di Misura

Se vogliamo misurare una grandezza fisica dobbiamo innanzitutto scegliere l'unità di misura, cioè il campione di riferimento con cui confrontare quantitativamente la grandezza in esame.

L'**Unità di Misura** è una quantità, dello stesso tipo di ciò che vogliamo misurare, il cui valore viene stabilito uguale a 1.

La **Misura** di una grandezza è il rapporto numerico tra la grandezza e la sua unità di misura.

Nel corso dei secoli ogni Paese ha adottato proprie unità di misura (ad es. inch, metro, libbre, chilogrammo...).

In seguito, affinché i valori misurati fossero universalmente validi, si è deciso di unificare le unità di misura in uso nei vari Paesi, giungendo, nel 1978, alla definizione del **Sistema Internazionale delle Unità di Misura (SI)**.

Grandezze Fondamentali e Derivate

Nel **Sistema Internazionale delle Unità di Misura (SI)** sono state adottate sette grandezze, definite **FONDAMENTALI**, che sono alla base di tutte le unità di misura.

Grandezza Fondamentale	Unità di misura (Simbolo)
Lunghezza	metro (m)
Massa	chilogrammo (kg)
Tempo	secondo (s)
Temperatura	kelvin (K)
Quantità di sostanza	mole (mol)
Intensità di corrente	ampere (A)
Intensità luminosa	candela (cd)

In base a queste unità di misura si possono definire tutte le altre, dette **DERIVATE**, che si possono ottenere da queste sette componendole con relazioni matematiche.

Sono ad esempio grandezze derivate la superficie, il volume, la velocità, la densità, il peso...

Massa e Densità

1/2

La **Massa** è una grandezza fondamentale ed è una *caratteristica propria* di tutti i corpi, legata alla quantità di materia che compone i corpi stessi.

Per la massa valgono le due seguenti proprietà:

- ❑ **Additività**: La massa è **additiva**, cioè la massa di un corpo è la somma delle masse dei suoi componenti;
- ❑ **Invarianza**: La massa è **invariante** per trasformazioni fisiche e/o chimiche, cioè le masse dei corpi rimangono costanti qualsiasi sia la trasformazione a cui vengono sottoposti (ad es. passaggio di stato, reazione chimica...);

La massa è legata all'**INERZIA**, cioè alla tendenza di ogni corpo a restare nel suo stato di quiete o di moto, corpi con massa maggiore hanno inerzia maggiore e viceversa.

Massa e Densità

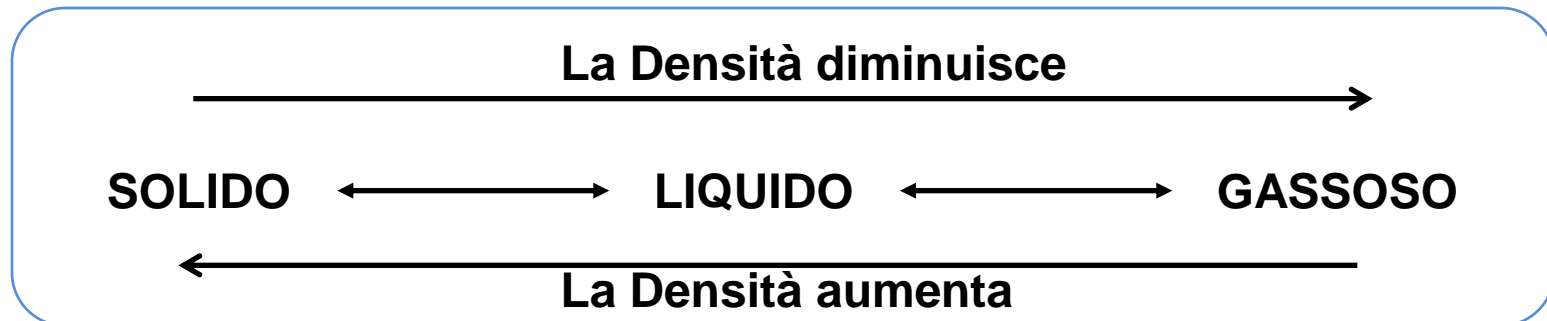
2/2

La **Densità** di un corpo è data dal rapporto fra la sua massa ed il suo volume:

$$d = \frac{M}{V} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}}$$

La densità è quindi una grandezza derivata, nel SI si misura in kg/m^3 , ed è **una caratteristica tipica delle sostanze omogenee**.

In generale la densità di una sostanza varia con gli stati di aggregazione della materia nel seguente modo:



Fa eccezione l'acqua, per la quale lo stato solido (ghiaccio) ha una densità minore dello stato liquido. Per questo motivo il ghiaccio galleggia sull'acqua!



Misure Dirette ed Indirette

Una misura si dice **DIRETTA** se si ottiene confrontando direttamente l'oggetto da misurare e la relativa unità di misura.

Ad esempio effettuiamo una misura diretta se misuriamo con il metro (facendo una operazione di confronto) le dimensioni lineari di un banco.

Una misura si dice **INDIRETTA** se si ottiene attraverso elaborazioni matematiche dei dati relativi ad altre grandezze misurabili direttamente.

Ad esempio effettuiamo una misura indiretta se, partendo dalle misure dirette delle dimensioni lineari di un banco, ne otteniamo il perimetro (facendo la somma dei lati) o l'area (facendo il prodotto dei lati) cioè applicando le relative formule matematiche.

Strumenti di Misura

Classificazione

Le Grandezze Fisiche si **MISURANO** con gli strumenti di misura.

Gli strumenti di misura si classificano in:

Analogici

il risultato della misura si legge su una scala graduata.



Digitali

il risultato della misura si legge su un display direttamente come valore numerico.



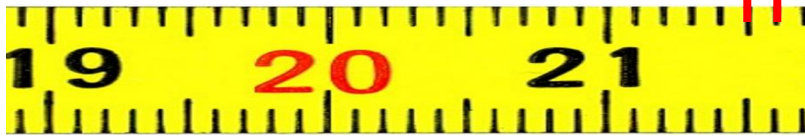
Strumenti di Misura

Caratteristiche

Le principali **caratteristiche** di uno strumento di misura sono:

Sensibilità

La minima variazione della grandezza che lo strumento può rilevare.



Portata

Il valore massimo che lo strumento può misurare.



Precisione

Il rapporto tra la sensibilità dello strumento e la portata:

$$\text{Precisione} = \frac{\text{Sensibilità}}{\text{Portata}}$$

Prontezza

Il tempo che uno strumento impiega per fornire una misura.



Errori nelle Operazioni di Misura

Errori nelle Misure

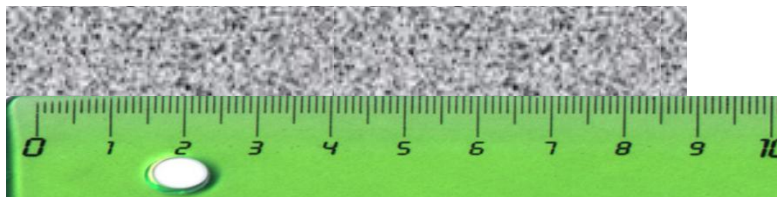
Gli errori che possiamo commettere quando effettuiamo una misura si classificano essenzialmente in:

Sistematici

Sono dovuti a imprecisioni nelle procedure di misura o ad imperfezioni degli strumenti.

Le misure sono tutte ottenute o per difetto o per eccesso, cioè i valori misurati sono sempre **tutti più grandi** o **tutti più piccoli** del valore vero.

Una volta individuati possono essere rimossi facilmente.

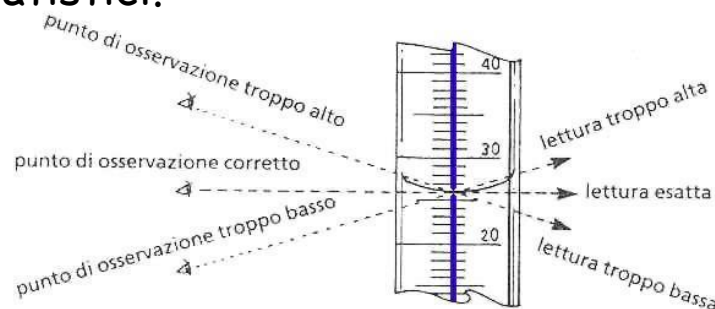


Accidentali o Casuali

Si verificano in modo casuale, sono legati ad imprecisioni nella misura, a variazioni della grandezza in esame, alla limitatezza degli strumenti... .

Danno luogo a valori della misura a volte **più grandi** e a volte **più piccoli** del valore vero.

Sono difficili da eliminare, ma possono essere minimizzati con metodi statistici.



Misure ed Errori (Incertezze)

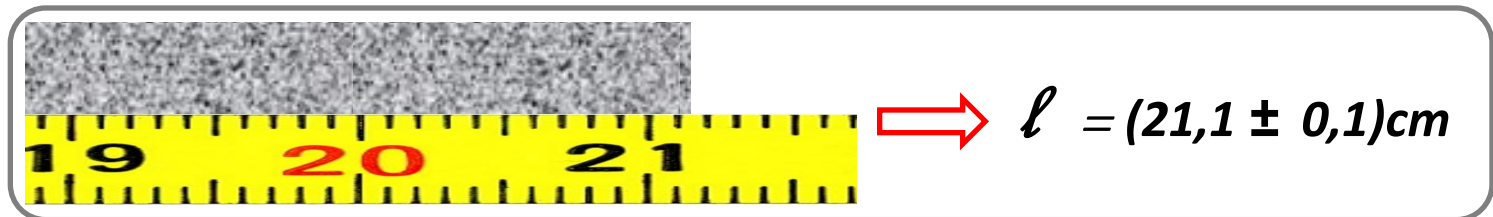
Valore Misurato e Valore Vero

Quando effettuiamo una misura di una grandezza fisica otteniamo quello che si definisce **VALORE MISURATO**.

Tale valore differisce dal **VALORE VERO** in quanto l'operazione di misura in sé comporta degli errori da cui non possiamo **MAI** prescindere (possiamo minimizzarli ma non eliminarli).

Per tale motivo il risultato di una misura si riporta **SEMPRE** con una indicazione dell'errore.

Nel caso di misura singola tale errore è dato dalla **SENSIBILITA'** dello strumento e si definisce **ERRORE DI SENSIBILITA'**.



Ciò significa che il valore della grandezza misurata è compreso nell'intervallo:

$$l \in [21,0, 21,2] \text{cm} \quad \longleftrightarrow \quad 21,0 \text{cm} \leq l \leq 21,2 \text{cm}$$

Misure ed Errori (Incertezze)

Stima del Valore e dell'Errore (1/2)

Per minimizzare gli effetti degli errori casuali risulta conveniente ripetere tante volte la misura (ottenendo così un *set di misure*).

In questo modo, poiché statisticamente alcune saranno maggiori del valore vero ed altre minori, è possibile ottenere una migliore **STIMA** del valore da misurare considerando la **media aritmetica** di tutte le misure effettuate:

$$\text{Misura Attendibile: } \bar{x} = \langle x \rangle = \frac{\text{somma delle misure}}{\text{numero di misure}} = \frac{\sum_i x_i}{n}$$

L'errore associato a tale valore è dato dalla semi-dispersione, cioè dalla metà della differenza fra il valore massimo ed il minimo ottenuto nelle operazioni di misura.

$$\text{Errore Assoluto: } e_A = \frac{\text{dispersione}}{2} = \frac{x_{MAX} - x_{MIN}}{2}$$

Tale errore si definisce **ERRORE ASSOLUTO**, deve essere espresso con una sola cifra significativa e deve essere **sempre** approssimato per **eccesso**.

Se l'errore così ottenuto è minore dell'errore di sensibilità si assume come errore quello di sensibilità. Quindi il risultato della misura è dato da:

$$\mathbf{M} = \bar{x} \pm e \quad \text{dove} \quad e = \mathbf{MAX}(e_A, e_S)$$

Misure ed Errori (Incertezze)

Stima del Valore e dell'Errore (2/2)

Per avere una stima di quanto l'errore influenzi la misura si usa anche l'**ERRORE RELATIVO**, ottenuto facendo il rapporto tra l'errore assoluto e la misura attendibile (stima del valore).

$$\text{Errore Relativo: } e_R = \frac{e_A}{\bar{x}}$$

Tale errore è **ADIMENSIONALE** e da' una stima della precisione con cui sono state fatte le misure. Errori relativi **piccoli** indicano misure **precise**.

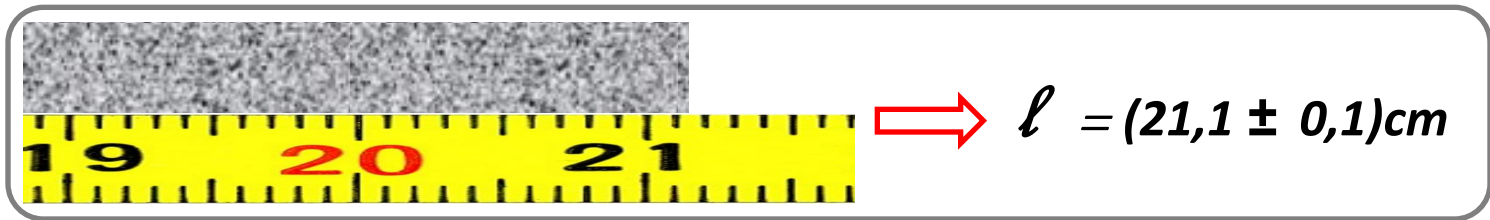
L'errore relativo è, a volte, espresso in percentuale:

$$\text{Errore Relativo Percentuale: } e_{\%} = e_R \cdot 100$$

Misure ed Errori (Incertezze)

Approfondimento: Cifre Significative (1/2)

Nel determinare il numero di cifre con cui esprimere la misura e l'errore associato, è necessario considerare il numero di **CIFRE SIGNIFICATIVE**, dove per **CIFRE SIGNIFICATIVE** del risultato di una misura si intendono **le cifre certe e la prima cifra incerta della misura stessa.**



Per determinare il numero di Cifre Significative valgono le seguenti regole:

- ❑ Le cifre diverse da zero **sono sempre** significative;

$$1,37 \text{ g} \Rightarrow 3 \text{ c.s.}$$

- ❑ Gli zeri iniziali **non sono** mai significativi;

$$0,037 \text{ g} \Rightarrow 2 \text{ c.s.}$$

- ❑ Gli zeri compresi fra cifre diverse da zero **sono sempre** significativi;

$$10,037 \text{ g} \Rightarrow 5 \text{ c.s.}$$

- ❑ Gli zeri terminali di un numero decimale **sono sempre** significativi;

$$11,30 \text{ g} \Rightarrow 4 \text{ c.s.}$$

Misure ed Errori (Incertezze)

Approfondimento: Cifre Significative (2/2)

Il risultato di operazioni effettuate su risultati sperimentali non può mai essere più preciso delle singole misure, quindi deve essere scritto con un numero di cifre significative minore o uguale a quello della misura meno precisa. Se necessario per soddisfare tale regola si deve usare la notazione esponenziale.

$$v = 36,58 \text{ m} / 20,4 \text{ s} = 1,793137 \text{ m/s} = 1,79 \text{ m/s};$$

$$A = 1,20 \text{ m} \cdot 0,50 \text{ m} = 0,6 \text{ m}^2 = 0,60 \text{ m}^2;$$

$$V = 25,1 \text{ m} \cdot 12 \text{ m} \cdot 3,0 \text{ m} = 903,6 \text{ m}^3 = 9,0 \cdot 10^2 \text{ m}^3;$$

Nel caso di addizioni o sottrazioni di dati sperimentali occorre anche fare in modo che il numero di cifre decimali sia uguale a quello del dato che ne ha meno.

$$M = 25,1 \text{ g} + 12 \text{ g} = 37,1 \text{ g} = 37 \text{ g};$$

$$M = 25,4 \text{ g} + 38,6 \text{ g} = 64 \text{ g} = 64,0 \text{ g}$$

Inoltre vale la regola che, per scrivere il risultato finale di una misura, si approssima prima l'errore (portandolo ad una sola cifra significativa) e poi si approssima la misura in modo che abbia lo stesso numero di cifre decimali dell'errore.

$$A = 18,24 \text{ cm}^2; e = 1,4592 \text{ cm}^2 \Rightarrow A = (18 \pm 2) \text{ cm}^2$$

Misure ed Errori (Incertezze)

Approfondimento: Propagazione degli errori (1/2)

Quando dobbiamo valutare una **grandezza derivata**, cioè ottenuta con equazioni matematiche a partire da **grandezze fondamentali**, possiamo ottenere una stima dell'errore usando la teoria della **PROPAGAZIONE DEGLI ERRORI**.

In base a tale teoria la stima degli errori si ricava nei seguenti modi:

SOMMA O DIFFERENZA DI GRANDEZZE

Data una grandezza C , ottenuta come somma o differenze delle grandezze A e B , l'errore assoluto ad essa associata è data dalla **SOMMA** degli errori assoluti delle singole grandezze:

$$\text{Errore Assoluto } C = \text{Errore Assoluto } A + \text{Errore Assoluto } B$$

PRODOTTO O QUOZIENTE DI GRANDEZZE

Data una grandezza C , ottenuta come prodotto o quoziente delle grandezze A e B , l'errore relativo percentuale ad essa associata è data dalla **SOMMA** degli errori relativi percentuali delle singole grandezze:

$$\text{Errore Relativo } \% C = \text{Errore Relativo } \% A + \text{Errore Relativo } \% B$$

Misure ed Errori (Incertezze)

Approfondimento: Propagazione degli errori (2/2)

Vediamo qualche esempio di propagazione degli errori:

SOMMA: PERIMETRO DI UN RETTANGOLO

$$l_1 = (3,2 \pm 0,1) \text{ cm}; l_2 = (5,7 \pm 0,3) \text{ cm}$$

$$p = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 = 17,8 \text{ cm}; \quad e = e_1 + e_2 + e_3 + e_4 = 0,8 \text{ cm}$$

$$p = (17,8 \pm 0,8) \text{ cm}$$

PRODOTTO: AREA DI UN RETTANGOLO

$$l_1 = (3,2 \pm 0,1) \text{ cm}; l_2 = (5,7 \pm 0,3) \text{ cm}$$

$$A = l_1 \cdot l_2 = 18,24 \text{ cm}^2; \quad e_R = e_{1R} + e_{2R} = (0,1/3,2 + 0,3/5,7) = 0,08$$

$$e_A = e_R \cdot A = (0,08 \cdot 18,24) \text{ cm}^2 = 1,4592 \text{ cm}^2$$

$$A = (18 \pm 2) \text{ cm}^2$$