

# Le misure fisiche

## Materiali occorrenti:

Riga millimetrata - Calibro a nonio - Calibro di Palmer - Bilancia analitica - Bilancia tecnica - Pesiera -Burette da 50 mL - Palloni tarati - Cilindri graduati - Sferetta in acciaio Ø 0.5 cm circa - Cilindretti di zinco o di altro metallo - Sale da cucina.

## Richiami teorici:

### 1 - Le misure:

Misurare una grandezza significa attribuire ad essa un valore numerico. Le misurazioni sono di due tipi:

#### 1.1 - Misurazioni dirette:

Quelle nelle quali si confronta la grandezza di un oggetto con una appropriata unità di misura. Sono di questo tipo, ad esempio, le misure di *lunghezza* effettuate con un metro e le misure di *massa* effettuate su una bilancia tecnica a due piatti e bracci eguali, utilizzando delle masse campioni.

La *precisione* dipende dalla rappresentatività del campione e dall'accuratezza delle esecuzioni.

#### 1.2 - Misurazioni indirette:

Quelle nelle quali la misura di una grandezza si ricava da misure di altre grandezze. E' di questo tipo, ad esempio, la misura della *densità* che si ricava dal rapporto tra la misura della massa e la misura del volume ( $d = m / V$ ).

## 2 - Gli strumenti:

Le misurazioni possono essere effettuate utilizzando due tipi di strumenti: gli strumenti tarati e gli strumenti graduati.

### 2.1 - Strumenti tarati:

Sono, per lo più, vasi in vetro per misure di capacità dei liquidi ; riportano una o due tacche rappresentanti i limiti di riempimento del liquido per avere ad una data temperatura, di solito 20 °C, una quantità precisa dello stesso, pari a quella riportata sullo strumento stesso. A causa della dilatazione del vetro questi strumenti, come tutti gli altri dello stesso materiale ( vedere oltre ) garantiscono precisione elevata solo alla temperatura indicata. Sono strumenti tarati le *pipette* e i *palloni* tarati.

### 2.2 - Strumenti graduati:

Vasi, per lo più in vetro o materiale plastico, a forma regolare riportanti una scala graduata suddivisa in sottomultipli dell'unità di misura. Questa scala permette letture intermedie molto precise. Si utilizzano per le misure dei volumi dei liquidi *pipette*, *cilindri* o *bicchieri* graduati, nei quali sono riportati come unità di misura il **cm<sup>3</sup>** ( o il **mL** ) ed i suoi sottomultipli ( o multipli ).

Anche il *termometro*, utilizzato per misurare la temperatura di un corpo, o le *aste graduate* ed i *metri* per le misure di lunghezza sono strumenti graduati.

### 3 - Gli errori:

Effettuando misurazioni fisiche è praticamente impossibile non commettere errori. Questi debbono essere considerati da chi esegue la misura. Gli errori sono di due tipi:

#### 3.1 - Errori accidentali:

Errori variabili, attribuibili all'esecutore, quali le errate letture di uno strumento. Si tratta di errori eliminabili con una maggiore attenzione.

#### 3.2 - Errori sistematici:

Errori non eliminabili anche dal più attento esecutore, in quanto sono dovuti alla imprecisione delle scale degli strumenti o al modo di usarli. Questi errori devono essere, tuttavia, considerati e valutati. Per questo è necessario ripetere più volte la misura, annotando i valori trovati e considerando come misura attendibile la media dei valori trovati.

Si debba, ad esempio, trovare la massa (  $m$  ) di un campione utilizzando una bilancia tecnica a due piatte e masse campione. Si effettuano  $n$  pesate trovando  $n$  valori chiamati  $m_1$  ,  $m_2$  ,  $m_3$  , .... ,  $m_n$  . Si ha:

$$m = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}{n}$$

Per **errore assoluto** (  $e_a$  ) si indica la semi differenza tra il valore massimo (  $M$  ) ed il valore minimo (  $m$  ) ottenuti:

$$e_a = \frac{M - m}{2}$$

Per **errore relativo** si intende il rapporto percentuale esistente tra l'errore assoluto e la grandezza misurata.

Nel caso di misurazioni indirette bisogna tener conto degli errori di ogni singola misurazione.

#### 4 - L'approssimazione:

Nei calcoli delle misure è necessario avere un corretto criterio di approssimazione specie se si utilizza una calcolatrice. Tale criterio può essere, ad esempio, quello che impone la riduzione del numero delle cifre a quelle dette " *cifre significative* ".

Ad esempio, dovendo misurare la *densità* di un corpo avente  $m = 6.6 \text{ g.}$  e  $v = 0.9 \text{ cm}^3$  si ottiene un valore di  $7.3333333$ . E' evidente che il quoziente non può essere più preciso di dividendo e divisore, per cui è sufficiente indicare la prima cifra decimale con le regole di approssimazione. Il risultato sarà pertanto  $=7.3$  e sarà detto " *a 2 cifre significative* ".

Con il Sistema Internazionale ( S.I. ) sono stati introdotti dei prefissi corrispondenti a multipli e sottomultipli, applicabili a tutte le unità di misura;

## Esecuzione dell'esperienza:

### Parte prima: le misure di lunghezza:

La lunghezza è una grandezza fisica fondamentale del Sistema Internazionale ( S.I. ), la cui unità di misura è il **metro** ( **m** ). E' una *proprietà estensiva* della materia, dipendente, cioè, dalla quantità di quest'ultima e, correntemente, è intesa come la dimensione orizzontale più estesa di un corpo.

Si procede alla misura della lunghezza di alcuni oggetti d'uso comune, utilizzando prima la **riga millimetrata** ed annotando i risultati; con tale metodo l'accuratezza delle misure è di circa  $\pm 1$  mm.

Disponendo di **calibri** è possibile effettuare letture più accurate di oggetti piccoli.

Il **calibro a nonio** o **ventesimale** è costituito da un'asta graduata con un'estremità piegata a becco e da un corsoio, recante anch'esso un becco. Il *corsoio* può essere bloccato nella sua corsa da un sistema a pressione. L'asta presenta una scala millimetrata lunga, di solito 20 cm; il corsoio porta un *nonio ventesimale*, ovvero con 20 divisioni per un totale di 19 mm . L'oggetto da misurare si pone tra i due becchi che vengono stretti senza sforzo; la dimensione si legge sulla scala millimetrata dell'asta, in corrispondenza del riferimento posto sulla parte superiore del corsoio. Se la divisione dell'asta non corrisponde perfettamente al riferimento, si osserva sul nonio quale divisione ventesimale sia perfettamente collimata con una divisione dell'asta e tale valore, in *ventesimi di mm*, si aggiunge alla misura principale.

Supponiamo, ad esempio, di voler misurare il diametro di una sferetta di acciaio e di leggere sull'asta una dimensione di 22 mm; tale valore non è, però, perfettamente coincidente con il riferimento. Sul nonio si osserva perfetta coincidenza tra la quarta divisione ed uno dei valori segnati sull'asta: per questo si aggiungono ai 22 mm  $\frac{4}{20}$  di mm ( ovvero 0.2 mm ). La dimensione esatta dell'oggetto è, quindi di 22.2 mm.

Il **micrometro di Palmer** ( detto anche **palmer** ) può effettuare misure di lunghezza con precisione del centesimo di millimetro. Lo strumento è formato da una parte fissa a forma di U, detta *arco* e da una

mobile cilindrica con una filettatura che si avvita all'arco. La parte mobile presenta una *vite micrometrica* ed un tamburo graduato ad essa solidale. La vite micrometrica riporta incisa una scala di 50 divisioni; sulla parte mobile è riportata la scala principale di riferimento con suddivisioni di 0.5 mm ed una linea detta " *linea di fede* ".

Si misura, ad esempio, il diametro della sferetta in acciaio ponendola all'interno dell'arco e la si comprende con la parte mobile, senza schiacciarla, agendo sull'apposita frizione; si rileva la misura in millimetri sulla scala di riferimento, 22 mm; si procede, quindi, alla lettura micrometrica osservando quale divisione della vite micrometrica collima con la linea di fede.

Se, ad esempio, il valore è di 24, questo va addizionato al valore di 22, per un totale di 37.24 mm.

## Parte seconda: Misure di volumi:

Il **volume** è una grandezza fisica derivata ed indica lo spazio occupato da un corpo. E' anch'essa una *proprietà estensiva* e la sua unità di misura nel S.I. è il **metro cubo** ( $\text{m}^3$ ).

Per i fluidi è possibile utilizzare una unità non S.I., il **litro** (**L**) che corrisponde ad 1 decimetro cubo ( $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$ ) ed i suoi sottomultipli, il **centilitro** (**cL**,  $1 \text{ cL} = 10 \text{ cm}^3$ ) e, soprattutto, il **millilitro** (**mL**,  $1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$ ).

Per oggetti rappresentanti dei *solidi geometricamente regolari* è possibile la misura del volume utilizzando le relative **formule**, partendo dalla misurazione di uno dei parametri ( es. lato, diametro, etc. ).

Per i *liquidi* si utilizzano **recipienti tarati** ( *cilindri, palloni, pipette, burette*, etc. ) tenendo conto delle norme per un corretto rilevamento dei valori ( collimazione, temperatura d'uso, tolleranza ).

Per *solidi geometricamente irregolari* si può procedere all'immersione degli stessi, se la loro costituzione lo permette, in idonei **cilindri graduati**, nei quali sia stata versata acqua fino ad un livello intermedio, di solito una tacca indicante una decina di mL osservando l'incremento del livello del liquido e sottraendo a questo la quantità iniziale dell'acqua.

Si prende un cilindro graduato da 100 mL e lo si riempie di acqua fino alla tacca di 50 mL; si immerge con cura l'oggetto da misurare, una piccola pietra, e si osserva che il livello è salito fino a 75 mL: questo significa che il volume della pietra è di  $25 \text{ cm}^3$  (  $75 - 50 = 25$  ;  $1 \text{ mL di acqua} = 1 \text{ cm}^3$  !! ).

### Parte terza: Misure di masse:

Giova ricordare i concetti di massa e peso.

Per **massa** si intende la quantità di materia; è per questo da considerarsi una *proprietà estensiva* della materia. L'unità di misura SI è il **kilogrammo** ( **kg** ). La massa è misurata con **bilance** attraverso il riferimento a masse campioni.

Per **peso** si intende la forza con la quale un corpo è attratto dalla terra; l'unità di misura del sistema SI è il **newton** ( **N** ), ovvero la forza che imprime ad un corpo avente la massa di 1kg l'accelerazione di  $1\text{m} / \text{s}^2$  . La forza peso ha la direzione dell'*accelerazione di caduta* ( o di *gravità g* ) ed è diretta verso il centro della terra. Essa è direttamente proporzionale alla massa del corpo e la costante di proporzionalità è l'*accelerazione di gravità* ( *g* ) che, in un dato luogo, è la stessa per tutti i corpi.

L'espressione della forza peso è, pertanto,  $\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{g}$  ed il valore dell'accelerazione è  $g = 9.8 \text{ m} / \text{s}^2$ .

La misura delle masse può essere effettuata con un **dinamometro**. Gli allungamenti della molla, considerando costante **g**, risultano proporzionali alle masse.

La massa si ottiene, per via analitica, con l'espressione  $\mathbf{m} = \mathbf{F} / \mathbf{g}$  .

La massatura di un oggetto può essere più semplicemente effettuata utilizzando **bilance tecniche** a due piatti, ponendolo in un piatto, solitamente il sinistro, e ponendo nell'altro masse campioni fino al raggiungimento dell'equilibrio. La sensibilità di tali misure può arrivare ad 1 mg.

Attualmente nella pratica di laboratorio chimico si utilizzano **bilance analitiche** monopiatto con metodo a sostituzione ed indicatore ottico o digitale. La sensibilità di tali bilance arriva a 0.01 mg.

Si procede alla massatura, utilizzando la bilancia tecnica o la bilancia analitica della pietra di cui sopra di cui sopra, si riportano sul quaderno di esercitazione i valori ottenuti nelle due modalità confrontandoli in modo da evidenziare le diverse sensibilità degli strumenti.

## Parte quarta: Misure di densità:

Per **densità** si intende il rapporto tra la *massa* (  $m$  ) ed il *volume* (  $V$  ) ; si tratta di una *proprietà intensiva*, non dipendente cioè dalla quantità di materia, ed è caratteristica di ogni sostanza.

La misurazione della densità di un corpo solido può essere facilmente effettuata, come già accennato, per via indiretta; si misura il volume per via geometrica o per immersione in un recipiente graduato contenente un liquido e la massa con una adeguata bilancia. Unità di misura della densità nel S.I. è il  $\text{kg} / \text{m}^3$ .

### 4.1 - Misura della densità di campioni di un metallo:

Si vuole misurare la densità di tre cilindretti di metallo. Si riempie di acqua una buretta da 50 mL fino ad una tacca intermedia ( ad es. 30 mL ) e si immerge, con cautela, il cilindretto di metallo più piccolo; si annota l'incremento del livello del liquido, incremento che, espresso in  $\text{cm}^3$  e decimi , corrisponde al volume del cilindretto.

Si procede allo stesso modo per gli altri due cilindretti annotando i rispettivi valori.

Si asciugano i tre cilindretti e si passa alla loro massatura su bilancia analitica o tecnica, mantenendo l'accuratezza non inferiore al milligrammo.

Con i valori rilevati si ricavano le densità dei singoli cilindretti metallici, secondo la formula

$$d = m / V .$$

I valori trovati devono essere quasi identici, nei limiti dell'errore sperimentale, a dimostrazione che si trattava di un unico metallo, lo *zinco*, e che la densità è una proprietà costante per ogni tipo di materia.

### 4.2 - Misura della densità di un liquido:

La densità dei *liquidi* può essere misurata con i **densimetri** o **areometri** , apparecchi in vetro formati da un galleggiante zavorrato da pallini di piombo, da un asta graduata per la densità e da un termometro. I densimetri si basano sul *principio di Archimede*, poiché immersi in un liquido ricevono una spinta dal basso all'alto proporzionale al volume della parte immersa e alla densità del liquido, ovvero alla massa del liquido spostato. Questi apparecchi sono tarati per operare a temperature che devono essere rispettate, a meno di non operare le relative correzioni.

La scala delle densità può essere espressa in  $\text{g} / \text{cm}^3$  oppure in altre unità come, ad esempio, i **gradi Baumè** ( **Bè** ). La scala Baumè parte dal valore = 0 corrispondente alla densità dell'acqua distillata.

Si riempie un cilindro di vetro da 1000 mL fino a 5 cm dal bordo con dell'acqua distillata; si immerge il densimetro e si osserva a che valore della sua scala graduata corrisponde il livello dell'acqua;

Si ritira lo strumento e si versano nell'acqua 200 g circa di *sale da cucina* ( *cloruro di sodio* ) agitando con una bacchetta fino a completa soluzione. Si immerge il densimetro e si osserva la variazione di densità del liquido.

Misure più accurate di densità possono essere effettuate con strumenti specifici molto precisi, ma di uso senza dubbio più complicato. Sono di questo tipo, ad esempio, i **picnometri** e la **bilancia idrostatica di Mohr-Westphal**.