

Fondamenti di chimica

CHIMICA —→ La **Chimica** è la scienza che studia la natura delle diverse sostanze, il modo in cui esse si trasformano e le relazioni quantitative che intervengono in tali trasformazioni cioè, la quantità di materia che reagisce e si trasforma in un'altra sostanza.

Quindi si occupa della **materia** in relazione alla sua composizione, struttura, proprietà ed alle sue trasformazioni.

La **stechiometria** è lo studio dei rapporti quantitativi tra sostanze che avvengono in una reazione chimica. In pratica si occupa della determinazione del rapporto quantitativo secondo il quale specie chimiche definite reagiscono.

- **ENERGIA:** grandezza fisica che misura la capacità di un corpo o di un sistema fisico di compiere lavoro, a prescindere dal fatto che tale lavoro sia o possa essere effettivamente svolto
- **MATERIA:** tutto ciò che ha una massa ed occupa dello spazio

Le porzioni di materia su cui i chimici effettuano le loro indagini sono detti sistemi.

Quindi un sistema è una porzione delimitata di materia.

La materia può esistere in tre stati fisici, detti **stati di aggregazione della materia**:

- 1) **stato solido**
- 2) **stato liquido**
- 3) **stato aeriforme**

Le proprietà caratteristiche dei tre stati di aggregazione della materia

- STATO SOLIDO: forma e volume propri; (le particelle sono vicine e ordinate)
- STATO LIQUIDO: volume proprio e forma del recipiente che li contiene; (le particelle sono vicine e disordinate)
- STATO AERIFORME: non hanno né volume né forma propria, (le particelle sono distanti e distribuite disordinatamente)



SISTEMI ETEROGENEI ED OMOGENEI (FASI)

Si dice **fase** una porzione di materia fisicamente distinguibile e delimitata che ha proprietà intensive uniformi.

- Un sistema costituito da una sola fase è detto **omogeneo**.
- Un sistema costituito da due o più fasi è detto **eterogeneo**.

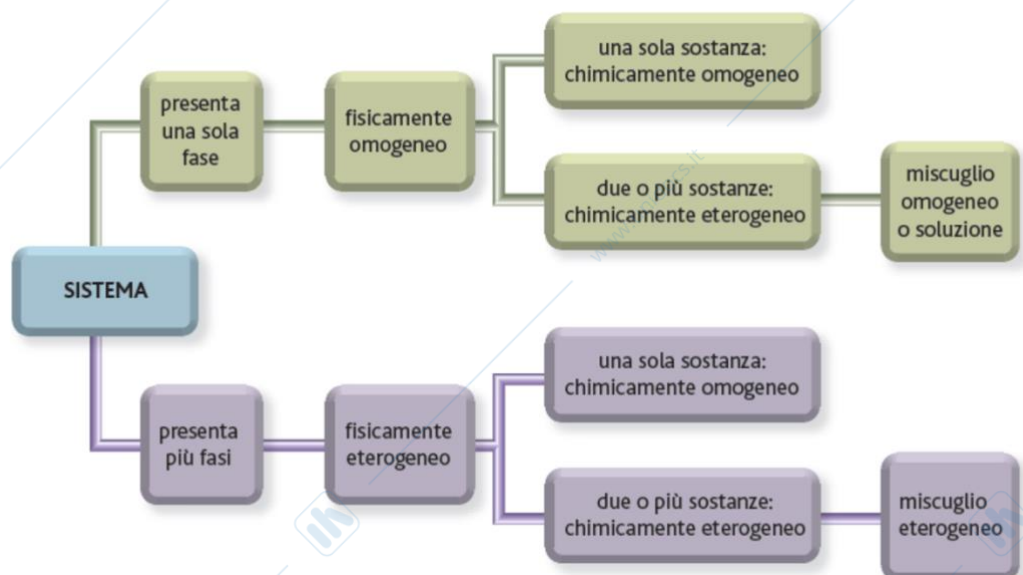
COMPOSIZIONE DELLA MATERIA

La materia è suddivisa in sostanze pure o in miscele di più sostanze.

- **SOSTANZA PURA:** campione di materia, costituito da una sola sostanza, che ha una composizione chimica ben definita e invariabile, cioè che non può essere modificata per ulteriore purificazione, e che ha proprietà chimiche e fisiche distinte.
Può essere un elemento o un composto:
 - 1) **elemento:** sostanza pura, costituita da un insieme di atomi di un unico tipo. Non può essere separato, con mezzi chimici, in sostanze più semplici. Attualmente ne sono noti 118, di cui 89 si trovano in natura, individuati da nome e simbolo. E' possibile distinguere tre classi fondamentali di elementi: metalli, non metalli e semimetalli. A queste classi si aggiunge quella dei gas nobili.
 - 2) **composto:** sostanza pura, costituita da atomi di almeno due elementi, può essere decomposta, mediante i mezzi fisici e chimici ordinari, in altre sostanze ancora più semplici. I composti hanno una composizione definita e costante. La composizione relativa di un composto contenente gli elementi A e B viene comunemente rappresentata da una formula del tipo $A_x B_y$. Es: H_2O , costituita dagli elementi idrogeno ed ossigeno.

- **MISCELA:** insieme, a composizione variabile di sostanze pure (elementi o composti) aventi stato fisico uguale o distinto, separabili mediante metodi fisici. Ogni sostanza mantiene la propria identità chimica.
- 1) **Miscela Omogenea o Soluzione:** miscela i cui componenti hanno lo stesso stato fisico e non sono distinguibili. Composizione ponderale e proprietà fisiche e chimiche di una miscela omogenea sono uguali in ogni suo punto. Sono miscele omogenee acqua e alcol etilico, acqua e cloruro di sodio, la benzina, l'aria, le leghe metalliche ...
 - 2) **Miscela Eterogenea:** costituita da componenti chimicamente definiti e da fasi fisicamente distinguibili. E' una miscela la cui composizione è diversa da punto a punto. Sono dunque diverse punto a punto le sue proprietà. Le miscele eterogenee solido-liquido si definiscono sospensioni, quelle liquido-liquido emulsioni. Sono sospensioni il sangue, miscele di acqua e sabbia ... Sono emulsioni il latte, acqua e olio, acqua e benzina ...

I gas formano solo miscele omogenee. I liquidi possono formare un'unica fase, se miscibili, o più fasi, se immiscibili. I solidi formano miscele omogenee solo nelle leghe metalliche.



I **colloidi** sono sistemi che hanno caratteristiche intermedie fra i miscugli omogenei e quelli eterogenei, dai quali si differenziano per le dimensioni delle particelle disperse, Se queste hanno dimensioni comprese tra 10^{-6} e 10^{-9} m, il

miscuglio è detto **colloide**, presenta la stessa stabilità delle soluzioni ed è caratterizzato da proprietà ottiche, **effetto Tyndall**: un raggio luminoso viene deviato dalle grandi particelle della se dispersa favorendo una luminosità diffusa. Se le particelle posso essere viste con un microscopio normale, il miscuglio viene chiamato **sospensione**. Una sospensione rimane tale fino a quando la si mantiene in agitazione perché le sue particelle tendono a sedimentare per effetto della forza di gravità.

In un colloide, invece, le particelle sospese tendono a rimanere stabili e non precipitano neppure in assenza di agitazione.

I colloidi assumono nomi diversi a seconda della fase disperdente e della fase dispersa:

- 1) **sol**: dispersione colloidale di un solido in un liquido e in grado di essere versato come un liquido.
- 2) **gel**: aumentando la concentrazione delle particelle solide disperse in un liquido, un sol può passare allo stato di gel, così chiamato perché presenta una consistenza gelatinosa.
- 3) **emulsione**: dispersione colloidale di un liquido in un altro liquido (per esempio: il latte e la maionese)
- 4) **aerosol**: dispersione colloidale di un solido in un gas (fumo) o di un liquido in un gas (nebbia)
- 5) **schiuma**: gas disperso in un liquido
- 6) **spugna**: gas disperso in un solido

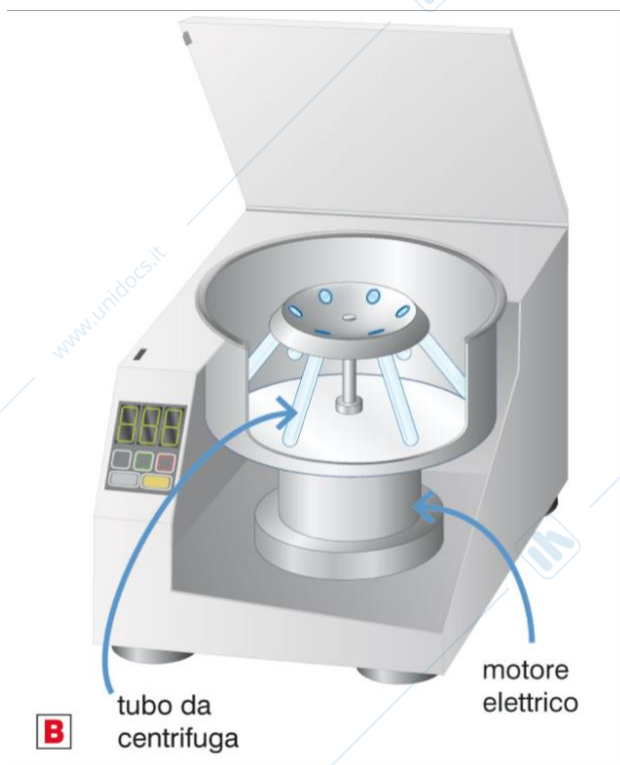
SEPARAZIONE DEI SISTEMI ETEROGENEI ED OMOGENEI

FILTRAZIONE: metodo per separare, per mezzo di filtri, i materiali solidi da un miscuglio liquido e gassoso. (Con questa tecnica è possibile, per esempio,

separare la sabbia da un miscuglio eterogeneo acqua-sabbia. Il liquido scende per gravità, lasciando sul filtro la parte solida. L'efficienza della separazione dipende dalle dimensioni dei pori del filtro. Se essi hanno un diametro di circa 1 nm, il filtro è in grado di trattenere anche i batteri; il filtrato in tal caso risulta *sterile*).



CENTRIFUGAZIONE: metodo per separare miscugli eterogenei di liquidi e/o solidi aventi densità diversa. (Per rendere più rapida la stratificazione si può ricorrere alla centrifugazione, operazione che consente di fornire accelerazioni superiori a quelle di gravità).



ESTRAZIONE: metodo per separare i componenti di un miscuglio per mezzo di un solvente.

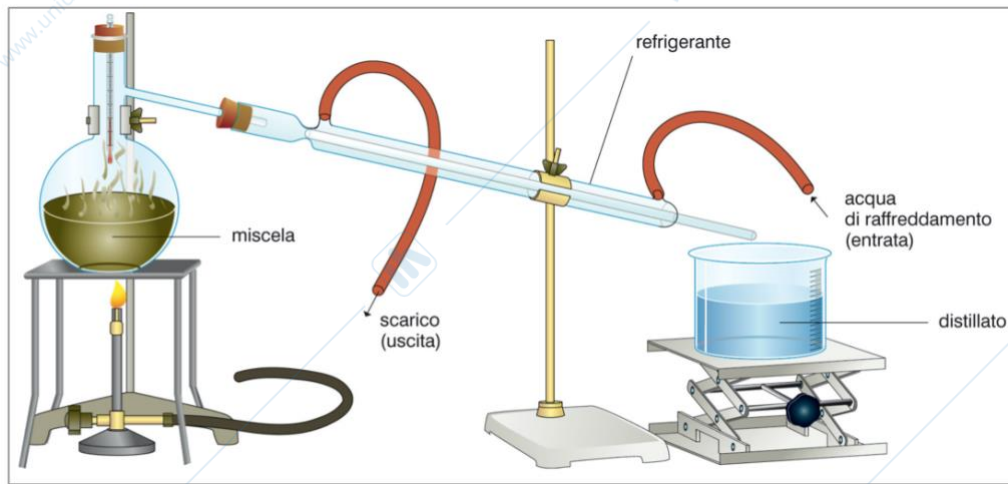
STRATIFICAZIONE (DECANTAZIONE): metodo per separare liquidi con densità diversa, come acqua e olio.

FLOTTAZIONE: metodo per l'estrazione del rame dai suoi minerali.

CROMATOGRAFIA: metodo per separare i componenti di un miscuglio che si spostano con velocità diverse su un supporto (fase fissa), trascinati da un solvente (fase mobile). Fu ideata nel 1906 dal botanico russo Micheal Tswett. Nella *cromatografia su strato sottile* la fase fissa, costituita da un sottile strato di materiale inerte, come silice e allumina, è fissata su una lamina di alluminio o su una lastrina di vetro. Anche la carta da filtro può essere utilizzata come fase fissa; si parla quindi di *cromatografia su carta*.

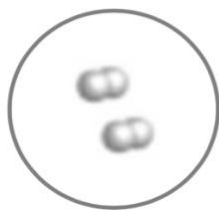


DISTILLAZIONE: metodo che si basa sulla diversa volatilità dei componenti di miscele liquide. Minore è la temperatura di evaporazione, maggiore è la volatilità. La volatilità rappresenta la tendenza di un liquido a evaporare o di un solido a sublimare; maggiore è la tensione di vapore maggiore è la volatilità. La distillazione riunisce in sé due passaggi: l'evaporazione e la condensazione. Il primo inizia nel recipiente in cui la miscela bolle; il secondo interessa i vapori, che vengono condensati all'interno dell'apparecchiatura con acqua fredda. Il dispositivo in cui avviene la condensazione si chiama refrigerante. Se si sottopone a distillazione una soluzione contenente Sali disciolti, che in genere non sono volatili, la separazione del solvente è completa. In tal caso la distillazione si dice *semplice*.

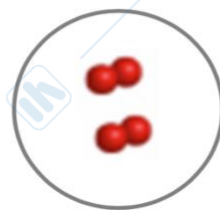


Se si sottopone a distillazione una soluzione i cui componenti hanno punti di ebollizione molto vicini, e li si vuole separare completamente i componenti, si deve ricorrere alla *distillazione frazionata*. Questa tecnica richiede l'utilizzo di un particolare dispositivo, chiamato colonna di frazionamento, al cui interno si ripete più volte il ciclo di evaporazione-condensazione. Colonne di frazionamento giganti, per esempio, vengono utilizzate in raffineria per separare le diverse frazioni del petrolio. Anche il silicio utilizzato per la produzione delle celle fotovoltaiche viene purificato, dopo essere stato convertito in un suo composto volatile, attraverso processi di distillazione frazionata.

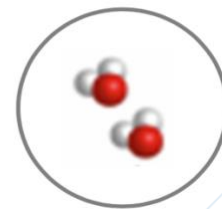
- **Atomo:** La più piccola particella di un elemento che ne conservi le caratteristiche chimiche (non già quelle fisiche).
- **Molecola:** Il più piccolo insieme di atomi tenuti insieme da legami chimici e che mantiene tutte le proprietà chimiche della sostanza considerata. Le distanze tra gli atomi in una molecola sono inferiori alle distanze tra atomi appartenenti a molecole diverse



H_2
Elemento idrogeno,
(composto elementare)
Gas a T e P ambiente



O_2
Elemento ossigeno,
(composto elementare)
Gas a T e P ambiente



H_2O
Composto acqua,
Liquido a T e P ambiente

La materia è sottoposta a due tipi di trasformazioni:

- 1) **FISICHE:** producono una modificazione fisica della materia e non producono nuove sostanze, quindi non avviene una variazione della composizione chimica della sostanza stessa. Sono esempi di proprietà fisiche colore, temperatura, pressione, volume, densità, solubilità, punto di fusione, punto di ebollizione, conducibilità elettrica, conducibilità termica, viscosità ... Sono esempi di cambiamenti fisici i *cambiamenti di stato fisico*.
- 2) **CHIMICHE:** sono modificazioni che comportano una variazione della composizione chimica delle sostanze con formazione di nuove sostanze. Nelle trasformazioni chimiche le sostanze originarie si dicono **reagenti**, le nuove sostanze prendono il nome di **prodotti**.

reagenti → prodotti

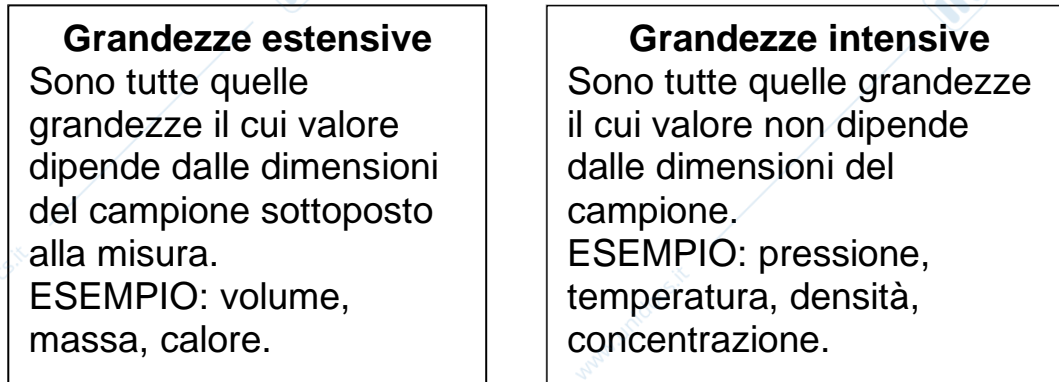
Sono esempi di proprietà chimiche acidità, reattività verso l'ossigeno verso l'acqua.

Le trasformazioni chimiche possono presentare alcuni cambiamenti caratteristici, quali:

- formazione di bollicine;
- variazione di colore;
- formazione o scomparsa di un solido;
- liberazione di prodotti gassosi profumati o maleodoranti;
- riscaldamento o raffreddamento del recipiente in cui avviene la reazione, senza che sia stato fornito o sottratto calore dall'esterno.

GRANDEZZE FISICHE E UNITA' DI MISURA

GRANDEZZE FISICHE: sono tutte le proprietà della materia suscettibili di una definizione quantitativa, ossia tutte quelle grandezze che possono essere misurate.



La **MISURA** di una grandezza fisica, ossia il suo valore numerico, è data dal rapporto tra la grandezza in esame ed un *campione della stessa* scelto come **unità di misura**.

UNITA' DI MISURA: sono quantità prestabilite di una grandezza fisica; vengono adottate come termini di paragone e riferimento per esprimere la misura di grandezze dello stesso tipo. (Viene attribuito convenzionalmente il valore unitario).

Ad esempio, la *lunghezza* di un segmento di retta è data dal rapporto tra la lunghezza di quel segmento (grandezza in esame) e la lunghezza di un segmento campione

Le grandezze necessarie per descrivere tutti i fenomeni sono più di un centinaio, ma esse possono essere ricavate attraverso opportune *equazioni definitorie* (vengono quindi chiamate **grandezze derivate**) dalle seguenti sette **grandezze fondamentali**:

Grandezza fisica	Simbolo della grandezza	Nome dell'unità di misura	Simbolo dell'unità di misura
lunghezza	l	metro	m
massa	m	kilogrammo	kg
tempo	t	secondo	s
corrente elettrica	I	ampere	A
temperatura	T	kelvin	K
quantità di sostanza	n	mole	mol
intensità luminosa	iv	candela	cd

Per poter effettuare una misura è indispensabile adottare delle opportune unità di misura delle grandezze in giuoco. Poiché per una determinata grandezza posso essere scelte diverse unità di misura, il valore numerico di una data misura dipende dal sistema adottato. Infatti la lunghezza di un segmento può essere indicata come 1 metro, 39,37 pollici o 3,281 piedi. Quindi è indispensabile indicare sempre, accanto al valore numerico, l'unità di misura utilizzata.

Principali sistemi di misura adottati in diversi tempi e paesi, e ora sostituiti dal Sistema Internazionale di misura (SI):

SISTEMA cgs: è basato sull'adozione delle tre grandezze meccaniche fondamentali (lunghezza, massa, tempo) alle quali sono associate, rispettivamente, come unità di misura, il centimetro, il grammo e il secondo. In esso l'unità di forza è la dina e quella di lavoro, o energia, è l'erg.

SISTEMA TECNICO (O DEGLI INGENIERI): è un sistema del tutto abbandonato in quanto non assoluto.

SISTEMI BRITANNICI: a lungo adottati in Inghilterra e negli Stati Uniti, sono stati abbandonati e sostituiti con il Sistema Internazionale.

SISTEMA INTERNAZIONALE DELLE UNITA' DI MISURA

Tutti i paesi partecipanti alla XI Conferenza Generale di Pesi e Misure, tenutasi a Parigi nell'ottobre 1960, hanno deciso di adottare, sia pure in tempi diversi, il **Sistema Internazionale di Unità di misura** (abbreviato nella sigla **SI**) basato sulle sette unità di misura delle grandezze fondamentali così definite:

METRO (m)	Pari a 1650763,73 volte la lunghezza d'onda della luce rosso-arancione emessa dal kripton-86 alla temperatura del punto triplo dell'azoto
CHIOGRAMMO (Kg)	Pari alla massa del prototipo di platino-iridio depositato nell'ufficio Internazionale dei Pesi e Misure di Sévres
SECONDO (s)	Pari alla durata di 9193631770 oscillazioni della radiazione emessa dal cesio-133 in una ben definita transizione di stato energetico
AMPERE (A)	Pari all'intensità della corrente elettrica, che fluendo tra due sottili conduttori rettilinei, posti parallelamente nel vuoto alla distanza di 1 metro e indefinitamente lunghi, genera tra essi una forza di $2 \cdot 10^{-7}$ N per metro di conduttore
KELVIN (K)	Pari all'intervallo di temperatura corrispondente a $1/273,16$ volte la temperatura del punto triplo dell'acqua
MOLE (mol)	Pari alla quantità di materia che contiene un numero di entità elementari (che devono essere sempre specificate) uguale al numero di atomi contenuti in 0,012 Kg di carbonio-12
CANDELA (cd)	Pari all'intensità luminosa emessa da un corpo nero alla temperatura di fusione del platino (2045 K) in direzione perpendicolare al foro di uscita dell'area di $1/600.000$ m ²

Accanto a tali unità, il SI definisce due unità supplementari:

RADIANTE (rad)	Pari all'angolo piano che sottende un arco di lunghezza uguale al raggio del cerchio
STERADIANTE (sr)	Pari all'angolo solido che sottende una calotta sferica di area pari al quadrato del raggio della sfera

Quando le unità di misura risultano scomode da usare perché troppo piccole o troppo grandi (come ad esempio il metro per esprimere la misura del raggio atomico o della distanza tra la Terra e la Luna), si utilizzano loro multipli e sottomultipli, ottenuti premettendo all'unità di misura i prefissi, o le loro abbreviazioni.

NOME	SIMBOLO MULTIPLICATIVO	FATTORE
esa	E	10^{18}
penta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
miria	ma	10^4
chilo	k	10^3
etto	h	10^2
deca	da	10
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

INCERTEZZE NELLE MISURE

Quando facciamo una misurazione, inevitabilmente compiamo degli errori, che possono dipendere dallo strumento che stiamo usando oppure da chi compie la misurazione.

Quindi l'incertezza di una misurazione dipende sia dallo strumento che si utilizza che dall'abilità dell'operatore.

Per questo gli errori si dividono in:

- **errori sistematici:** sono dovuti all'imperfezione dello strumento o a imprecisioni nella procedura di misura,
- **errori accidentali:** sono dovuti ad eventi casuali che accadono durante il processo di misurazione.

Quindi quando effettuiamo una misurazione possiamo dire che ogni strumento (bilancia, termometro, manometro, amperometro, voltmetro, ecc...) utilizzato per la misura di grandezze fisiche è caratterizzato da una propria **sensibilità, accuratezza e precisione.**

- **sensibilità:** è pari alla minima differenza tra due misure che lo strumento è capace di rivelare. (Ad esempio, una bilancia da cucina con la portata di circa 1Kg e con la sensibilità di 1g non rivela alcuna differenza di peso tra due campioni aventi masse che differiscono tra loro di qualche decimo di grammo; una normale bilancia analitica di laboratorio ha invece una sensibilità di almeno 10^{-5} g, ossia è sensibile al centomillesimo di grammo. Quando la lettura della misura viene effettuata sulla scala graduata dello strumento la sensibilità è pari alla differenza tra due valori contigui della scala. Così, se l'intervallo tra le divisioni contigue di un termometro è di $0,1$ °C, tale strumento è sensibile al decimo di grado.
- **accuratezza:** è tanto maggiore quanto maggiore è la sua capacità di fornire una misura della grandezza non falsata da errori strumentali. L'accuratezza di uno strumento deve essere controllata periodicamente con delle operazioni di taratura, che consistono nella misura di campioni aventi valori ben noti.
- **precisione:** è tanto maggiore quanto più vicini tra loro risultano i valori di una serie ripetuta di misure dello stesso campione. Tali misure sono in genere diverse tra loro a causa degli errori casuali che sempre accompagnano gli esperimenti (e quindi anche quelli di misura). Può succedere che una misura precisa, risultato di una serie di misure sperimentali quasi identiche tra loro, non presupponga necessariamente una misura accurata (essa infatti potrebbe essere

stata grossolanamente falsata da errori sistematici dello strumento, che possono essere rivelati soltanto con opportune tarature).

Quindi per ridurre al massimo gli errori è conveniente fare la media aritmetica di tutte le misurazioni fatte.

La **media aritmetica** corrisponde al quoziente tra la somma dei risultati riportati e il numero di volte che è stata effettuata la misurazione.

media aritmetica

$$\bar{x} = \frac{\text{somma delle misurazioni}}{\text{numero di misurazioni fatte}}$$

L'intervallo dei valori attendibili corrisponde alla media aritmetica più o meno il valore assoluto.

L'errore assoluto e_a è ottenuto calcolando la differenza tra il massimo valore misurato e il minimo e dividendo tutto per due.

Oltre all'errore assoluto esiste anche quello relativo e_r che è dato **dal rapporto tra l'errore assoluto e la media aritmetica**.

L'errore assoluto indica l'incertezza invece l'errore relativo indica la precisione.

CIFRE SIGNIFICATIVE

In generale per ogni misura sperimentale si deve indicare, insieme al suo valore numerico e all'unità di misura, il margine di errore, che dà un'indicazione della precisione della misura. Ad esempio, la massa di un campione, misurata con una bilancia sensibile al decimo di milligrammo, viene indicata come: **$m = (1,2546 \pm 0,0001) \text{ g}$**

Poiché la precisione di una misura è sempre limitata dalla sensibilità dello strumento, quando non è espressamente indicata, essa si assume uguale alla sensibilità stessa, ossia alla variazione in più o meno di una unità dell'ultima cifra del valore numerico.

Tutti i valori numerici delle grandezze, e quelli da essi ottenuti mediante elaborazioni aritmetiche, devono essere sempre scritti con un numero di cifre, dette **cifre significative**, compatibile con la precisione della misura.

Quindi le cifre significative sono tutte le cifre certe di una misurazione più la cifra incerta.

Le regole per effettuare la scelta delle cifre significative è la seguente:

- tutti i numeri diversi da zero si considerano cifre significative;
- gli zeri che precedono, a sinistra, la prima cifra diversa da zero non sono significativi;
- gli zeri terminali, a destra di una cifra decimale diversa da zero, sono cifre significative;
- il numero di cifre significative non cambia se si cambia l'unità di misura

Se per esempio si eseguono operazioni di misurazione e si ottengono numeri con cifre non tutte significative, il risultato deve essere arrotondato. **Arrotondare un numero significa sostituirlo con un altro che ha meno cifre significative.**

L'arrotondamento prevede delle regole:

- se la prima cifra da eliminare è minore di 5, la cifra precedente rimane uguale; per esempio 6,9936, arrotondarla a tre cifre significative, diventerà 6,99;
- se la prima cifra da eliminare è maggiore di 5, bisogna aumentare di uno la cifra precedente, per esempio 67,474, arrotondando a tre cifre significative avremo 67,5;
- se la prima cifra da eliminare è 5 si può usare indifferentemente la prima e la seconda regola

Per quanto riguarda i calcoli, le cifre significative sono:

- per l'addizione e la sottrazione, il risultato deve contenere lo stesso numero di cifre decimali del numero che ne contiene il minor numero;

è la cifra limitante

$$\begin{array}{r}
 3,25 + \\
 4,2367 + \\
 \hline
 2,638 = \\
 \hline
 10,1247
 \end{array}$$

Il risultato dovrà avere tre cifre significative, quindi verrà arrotondato a 10,12 perchè il 4 è più piccolo di 5 e quindi viene arrotondato per difetto.

- nel caso della moltiplicazione e della divisione, il risultato va arrotondato in modo da avere lo stesso numero di cifre significative del dato che ne possiede di meno.

$$2,3 \times 3,42 = 7,866$$

Si arrotonda a due cifre significative perchè il numero con minor numero di cifre è il primo fattore. Il risultato è 7,9 perchè abbiamo arrotondato per eccesso.

NOTAZIONE ESPONEZIALE

Un metodo conveniente per evitare false indicazioni sulla precisione di una misura e per sveltire i calcoli, è quello di scrivere i valori numerici in forma esponenziale, ossia come prodotto di un fattore compreso tra 1 e 10, contenente il numero necessario di cifre significative, e una potenza intera di 10, il cui esponente indica di quanti posti si deve spostare (verso destra se l'esponente è positivo, verso sinistra se è negativo) la virgola del fattore preesponenziale per ottenere il numero in forma decimale estesa.

ESEMPIO

Quante molecole ci sono in un grammo di acqua (H₂O)?

33 400 000 000 000 000 000 000

$$3,34 \times 10^{22} \text{ oppure } 33,4 \times 10^{21} \text{ oppure } 334 \times 10^{20}$$

ogni molecola occupa un volume di 0, 000 000 000 000 000 000 000 03

$$3,0 \times 10^{-20} \text{ oppure } 0,3 \times 10^{-19} \text{ oppure } 30 \times 10^{-21}$$

ANALISI DIMENSIONALE

L'analisi dimensionale è uno strumento "teorico" di controllo della correttezza "dimensionale" delle formule che mettono in relazioni varie grandezze fisiche **e di supporto** nell'individuazione delle dimensioni e delle unità di misura corrette dei termini che compaiono in una formula.

Poiché ogni grandezza derivata G è correlata alle grandezze fondamentali da ben precise equazioni che la definiscono, esiste per ognuna di esse una relazione del tipo:

$$[G] = [L]^\lambda [M]^\mu [T]^\tau [O]^\theta [I]^\iota [J]^\jmath [n]^\nu$$

dove gli esponenti si chiamano **dimensioni della grandezza**.

Grandezza	Equazione	Dimensioni	S.I.	Unità di misura di uso comune
Frequenza	numero fenomeni nell'intervallo di tempo	$[T^{-1}]$	hertz	
Superficie	$S = \ell^2$	$[L^2]$	m^2	
Volume	$V = \ell^3$	$[L^3]$	m^3	litro (= $10^{-3} m^3$)
Densità	$\rho = m/V$	$[ML^{-3}]$	kg/m^3	
Velocità	$v = \Delta l / \Delta t$	$[LT^{-1}]$	m/s	km/ora (= 0,2778m/s)
Accelerazione	$a = \Delta v / \Delta t$	$[LT^{-2}]$	m/s^2	
Forza	$f = m \cdot a$	$[MLT^{-2}]$	newton N	kg peso (= 9,8N)
Pressione	$p = f/S$	$[ML^{-1}T^{-2}]$	pascal Pa	atm (= 101.325Pa)
Lavoro o energia	$w = f \cdot \ell$	$[ML^2T^{-2}]$	joule J	caloria (= 4,184J)
Potenza	$W = w / \Delta t$	$[ML^2T^{-3}]$	watt W	litroatm (=101,27J)
Carica elettrica	$q = I \cdot t$	$[IT]$	coulomb C	
Potenziale el.	$V = W/I$	$[ML^2T^{-1}I^{-1}]$	volt V	
Capacità el.	$c = q/V$	$[M^{-1}L^{-2}T^4I^2]$	farad F	
Resistenza	$R = V/I$	$[ML^2T^{-1}I^{-2}]$	ohm Ω	
Conduttanza	$S = 1/R$	$[M^{-1}L^{-2}T^3I^2]$	siemens S	
Induttanza	$H = V \cdot t / A$	$[ML^2T^{-1}I^{-2}]$	henry H	
Flusso magn.	$Wb = V \cdot t$	$[ML^2T^{-1}I^{-1}]$	weber Wb	
Induzione magnetica	$T = Wb/m^2$	$[MT^{-1}I^{-1}]$	tesla T	
Viscosità dinamica	$\eta = f \cdot t / S$	$[ML^{-1}T^{-1}]$	decapois (daP)	(N·s/m ²)
Viscosità cinematica	$\nu = \eta / \rho$	$[L^2T^{-1}]$	miriastokes	maSt (m ² /s)

Ad esempio, essendo l'accelerazione a definita come la variazione della velocità v nel tempo t , ossia $a = \Delta v / \Delta t$, essa ha le dimensioni:

$$[a] = [L] [T]^{-1} [T]^{-1} = [L] [T]^{-2}$$

ed essendo la forza F definita come il prodotto di una massa per un'accelerazione, essa ha le dimensioni:

$$[F] = [M] [L] [T]^{-2}$$

Le dimensioni delle grandezze elettriche si ricavano facilmente dalle loro definizioni e dalle principali leggi fisiche che le correlano. Ricordando che:

intensità di corrente = carica che fluisce nell'unità di tempo

lavoro elettrico = carica x potenziale

resistenza = potenziale/intensità di corrente

si ottiene:

$$1 C = 1 A \times 1 s$$

$$1 J = 1 C \times 1 V = 1^\circ \times 1 s \times 1 V$$

$$1 \Omega = 1 J / 1 s = 1^\circ \times 1 V$$

$$1 W = 1 V / 1 A$$

È possibile definire delle **quantità adimensionali** (senza dimensioni), che si possono ottenere come rapporto tra due quantità fisiche che hanno la stessa dimensione.

Una quantità adimensionale non ha bisogno di unità di misura, e viene detta numero puro.

ESEMPIO

Il coefficiente di attrito dinamico μ_d per un corpo che striscia su una superficie scabra è dato dal rapporto tra la forza di attrito dinamico F_a subita dal corpo e la componente N della forza esercitata dal corpo sulla superficie, in direzione perpendicolare al corpo stesso:

$$\mu_d = \frac{F_a}{N} \quad [\mu_d] = \frac{[M][L][T]^{-2}}{[M][L][T]^{-2}} = [M]^0[L]^0[T]^0$$

Poichè numeratore e denominatore (entrambi forze) hanno la stessa dimensione, il coefficiente di attrito dinamico è adimensionale, cioè il valore è espresso soltanto da un numero.

Quando si devono introdurre le misure delle grandezze fisiche nelle espressioni matematiche che le correlano, ed eseguire i relativi calcoli numerici, occorre osservare tassativamente, se non si vogliono commettere grossolani errori, le seguenti regole:

- 1) Tutti i valori delle grandezze devono essere espressi nelle unità di misura dello *stesso sistema*
- 2) Si possono sommare o sottrarre tra loro solo le grandezze della stessa specie, espresse nell'*identica unità di misura* (o nell'identico multiplo o sottomultiplo)

- 3) Le operazioni di moltiplicazione, di divisione e di elevamento a potenza devono essere effettuate sia sui valori numerici delle grandezze, sia sulle *unità di misura* delle grandezze.
- 4) L'uguaglianza tra i due membri di un'equazione dev'essere soddisfatta sia per il valore numerico, sia per l'*unità di misura*.

CONVERSIONE DI UNITA'

La prima regola dell'analisi dimensionale, molte volte, impone la conversione del valore numerico di una grandezza, espresso in una certa unità di misura di un certo sistema, nel corrispondente valore numerico espresso nell'unità di misura del sistema prescelto per esprimere tutte le altre grandezze (di norma SI). Tale conversione viene effettuata attraverso opportuni **fattori di conversione**.

LUNGHEZZA					
	m	ft	in	mi.n	Å
1 metro (m)	1	3,281	39,37	$5,4 \cdot 10^{-4}$	10^{10}
1 piede (ft)	0,3048	1	12	$1,646 \cdot 10^{-4}$	
1 pollice (in)	0,0254	0,0833	1		
1 miglio nautico (mi.n)	1852	6076,12			
1 angstrom (Å)	10^{-10}				
1 nanometro	10^{-9}				

PRESSIONE					
	Pa	atm	torr	kgf/cm ²	dine/cm ²
1 pascal (Pa)	1	$9,87 \cdot 10^{-6}$	0,0075	$1,02 \cdot 10^{-5}$	10
1 atmosfera (atm)	101.325	1	760	1,033	$1,01325 \cdot 10^6$
1 torr	133,22	$1,316 \cdot 10^{-3}$	1	$1,359 \cdot 10^{-3}$	1333,2
1 kgf/cm ²	98088,1	0,9678	735,56	1	$9,809 \cdot 10^7$
1 dine/cm ²	0,10	$9,869 \cdot 10^{-7}$	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$1,0195 \cdot 10^{-6}$	1

ENERGIA						
	J	cal	Wh	erg	eV	Kgf · m
1 joule (J)	1	0,2388	$2,7778 \cdot 10^{-4}$	10^7	$6,2415 \cdot 10^{18}$	0,10197
1 caloria (cal)	4,187	1	$1,163 \cdot 10^{-3}$	$4,187 \cdot 10^7$	$2,613 \cdot 10^{19}$	0,427
1 wattora (Wh)	3600	859,8	1	$3,6 \cdot 10^{10}$	$2,247 \cdot 10^{22}$	367,1
1 erg	10^{-7}	$2,388 \cdot 10^{-8}$	$2,7778 \cdot 10^{-11}$	1	$6,2415 \cdot 10^{11}$	$1,02 \cdot 10^{-8}$
1 elettronvolt (eV)	$1,6022 \cdot 10^{-19}$	$3,827 \cdot 10^{-20}$	$4,45 \cdot 10^{-23}$	$1,6022 \cdot 10^{-12}$	1	$1,634 \cdot 10^{-20}$
1 chilogrammetro (kgf·m)	9,807	2,342	$2,724 \cdot 10^{-3}$	$9,807 \cdot 10^7$	$6,121 \cdot 10^{19}$	1
1 l · atm	101,3	24,19	$28,06 \cdot 10^{-3}$	$101,3 \cdot 10^{-7}$	$63,22 \cdot 10^{19}$	10,33

CARICA ELETTRICA					
	C	e	u.e.s.	F	Ah
1 coulomb (C)	1	$6,2415 \cdot 10^{18}$	$2,988 \cdot 10^9$	$1,0364 \cdot 10^{-5}$	$2,7778 \cdot 10^{-4}$
1 carica elementare (e)	$1,6022 \cdot 10^{-19}$	1	$4,803 \cdot 10^{-10}$	$1,661 \cdot 10^{-24}$	$4,45 \cdot 10^{-23}$
1 unità elettrostatica (u.e.s.)	$3,336 \cdot 10^{-10}$	$2,082 \cdot 10^9$	1	$3,457 \cdot 10^{-13}$	$9,266 \cdot 10^{-14}$
1 faraday (F)	96485,31	$6,022 \cdot 10^{23}$	$2,893 \cdot 10^{14}$	1	26,80
1 ampèrora (Ah)	3600	$2,247 \cdot 10^{22}$	$1,079 \cdot 10^{13}$	0,03731	1

