

Misure errori e cifre significative

08.10.19

Nei laboratori scientifici **si parla** di

misurare, calcolare, determinare, aggiungere, togliere,
mescolare, prelevare, pesare, sperimentare, provare, ...

si effettuano esperienze, si misurano grandezze,...



GRANDEZZA = è la proprietà misurabile di un fenomeno, corpo o sostanza, che può essere distinta qualitativamente e determinata quantitativamente.

MISURARE UNA GRANDEZZA = confrontare quella grandezza con un'altra di **riferimento**, ad essa omogenea, detta *unità di misura*.

Unità di misura fondamentali del sistema internazionale

Système International d'Unités SI

Lunghezza	metro (m)
Massa	kilogrammo (kg)
Tempo	secondo (s)
Temperatura	kelvin (K)
Quantità di sostanza	mole (mol)
Corrente elettrica	ampere (A)
Intensità luminosa	candela (cd)

IN UN LABORATORIO CHIMICO IN GENERE SI MISURANO

grandezza	unità di misura	strumento
massa	mg, g	bilancia analitica o tecnica
volume	mL (cm³ o cc), L (dm³)	buretta, pipetta siringa, cilindro graduato
temperatura	°C (K) K = °C + 273.15	termometro
pressione	atm, Pa, mmHg	manometro
pH	unità di pH	pHmetro

PER FARE I CALCOLI E' UTILE ADOPERARE LA NOTAZIONE DECIMALE E SCIENTIFICA

Notazione scientifica è la rappresentazione di un numero nella forma

$$\mathbf{a} \times 10^{\mathbf{n}}$$

a numero decimale con un'unica cifra diversa da zero a sinistra della virgola

n numero intero

sistema molto comodo perché permette di risparmiare gli zeri, **adoperare le regole sulle potenze** e quindi di **semplificare i calcoli e limitare gli errori di trascrizione**

Esempi di trasformazioni e di calcolo

Provare a effettuare i calcoli seguenti senza calcolatrice e adoperando la notazione esponenziale assieme alle regole delle potenze.

$$\begin{aligned} 0.0005 / 0.025 = ? & \quad \text{si puo' scrivere } 5 \times 10^{-4} / 2.5 \times 10^{-2} \\ & = 2 \times 10^{-2} = 0.02 \end{aligned}$$

altri esempi

$$0.03 / 0.2; \quad 1 / 0.1; \quad 300/0.15; \quad 1000000/100000$$

$$6.022 \times 10^{23} \times 1.67 \times 10^{-19}; \quad 0.07 \times 0.07^{-1}; \quad 0.15 \times 0.03^{-1}$$

$$(1.2 \times 10^2 \times 10^{12}) / (0.6 \times 10^{14})$$

Nel sistema **SI** per comodità si possono adoperare unità più grandi o più piccole delle unità base usando un prefisso

prefisso	multiplo	simbolo	
giga	10^9	G	
mega	10^6	M	1 kg = 1000 g
kilo	10^3	k	
deci	10^{-1}	d	1 L = 1000 mL
milli	10^{-3}	m	
micro	10^{-6}	μ	
nano	10^{-9}	n	
pico	10^{-12}	p	

CARATTERISTICHE DI UNO STRUMENTO O DI UNA TECNICA

portata: è la massima quantità misurabile da uno strumento.

sensibilità: è la minima variazione che uno strumento può misurare.

Di solito: all'aumentare della portata di uno strumento diminuisce la sua sensibilità:

Esempio di portata e sensibilità nelle **PESATE**



bilancia analitica

portata 100 - 200 g
sensibilità 0.00001 g



bilancia tecnica

portata 2000 - 3000 g
sensibilità 0.1 g



bilancia pesapersona

portata 120 - 150 kg

sensibilità 0.1 - 0.5 kg

bilancia pesacamion

portata 20 - 80 t

sensibilità 10 - 20 kg



altri esempi



Termometro a
resistenza

portata 200 °C,
sens. 0.1 °C



termometro a
termocoppia

portata oltre 1500 °C,
sens. 1 °C

Altre caratteristiche di strumenti o tecniche

prontezza: velocità con la quale uno strumento fornisce la misura

ad esempio

nelle operazioni di pesata, la prontezza è di qualche secondo

nelle misure di temperatura col termometro a Hg la prontezza è di qualche minuto

precisione: descrive la capacità di uno strumento o di una tecnica di riprodurre sempre lo stesso valore misurando lo stesso campione nelle stesse condizioni.

la precisione indica la riproducibilità dei risultati.

La **precisione** si può misurare come **deviazione assoluta** dalla media.

Es. si effettuano 3 misure della quantità di NaCl contenuta in una soluzione con volume 100 L.

- 1) 24.39 g
- 2) 24.20 g
- 3) 24.28 g

Qual è la deviazione assoluta della misura se consideriamo che il risultato da prendere in considerazione sia la media dei risultati ottenuti?

campione	% di cloruro	deviazione dalla media
1	24.39	0.10
2	24.20	0.09
3	24.28	0.01
media	24.29	0.07

La deviazione assoluta è la media delle deviazioni dalla media

Il risultato è 24.29 ± 0.07  deviazione assoluta

$$\text{deviazione relativa \%} = \frac{\text{deviazione assoluta}}{\text{media}} \times 100$$

$$= \frac{0.07}{24.29} \times 100 = 0.29 \%$$

accuratezza: descrive la capacità di uno strumento o di una tecnica di dare un valore il più vicino possibile a quello vero: rappresenta la concordanza tra il valore misurato e quello vero

L'accuratezza è espressa come **errore**

errore assoluto = valore osservato - valore vero

$$E = O - A$$

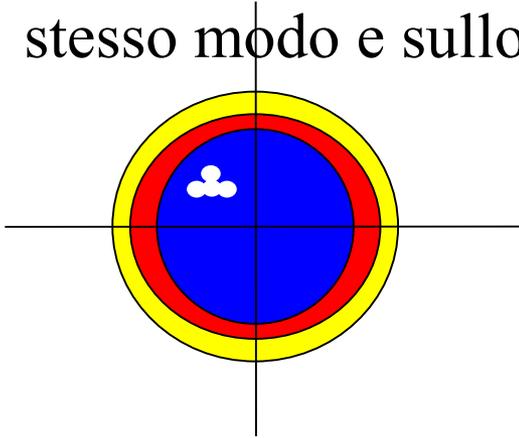
Qual è il valore di A????

Nel caso precedente si supponga sia $A = 24.34$ allora

$$E = 24.29 - 24.34 = -0.05$$

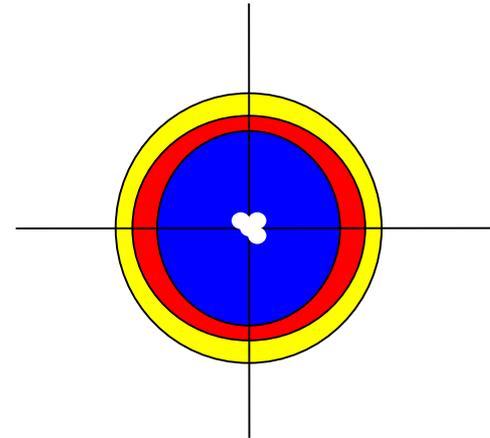
$$\text{errore relativo \%} = \frac{E}{A} \times 100 = -0.21 \%$$

La *precisione* misura l'accordo tra una serie di misure fatte allo stesso modo e sullo stesso campione.



tiro preciso ma
non accurato

L' *accuratezza* denota vicinanza della misura al suo valore vero o atteso.



tiro preciso e accurato

ERRORI

Il risultato che si ottiene quando si effettua una misura è *sempre affetto da incertezza*.

errore (**causa**) \longrightarrow incertezza (**effetto**)

L'**incertezza** è dovuta agli errori che inevitabilmente vengono commessi ed è rappresentata da un intervallo all'interno del quale cade la misura vera.

Sbagliare è possibile in molti modi, ma riuscire è possibile in un modo solo. (**Aristotele**)

Le fonti degli errori possono essere molteplici:

- a) modo scorretto di operare,
- b) cattivo funzionamento dello strumento,
- c) cattivo stato del campione di riferimento,
- d) difficoltà di effettuare la misura,
- e) interpretazione errata dei dati,
- f) loro inesatta trascrizione,
- g) inesatta correlazione dato-fenomeno

DUE TIPOLOGIE DI ERRORE

1) ERRORI DETERMINABILI O SISTEMATICI:

Solitamente non sono rilevabili attraverso la semplice ripetizione delle misure in un laboratorio.

Agiscono o solo per **eccesso** o solo per **difetto**.

Sono responsabili della scarsa accuratezza di una misura

tipo di errore

personale, strumentale, di metodo, di pregiudizio

Si può ovviare

a) considerazioni teoriche sul risultato della misura

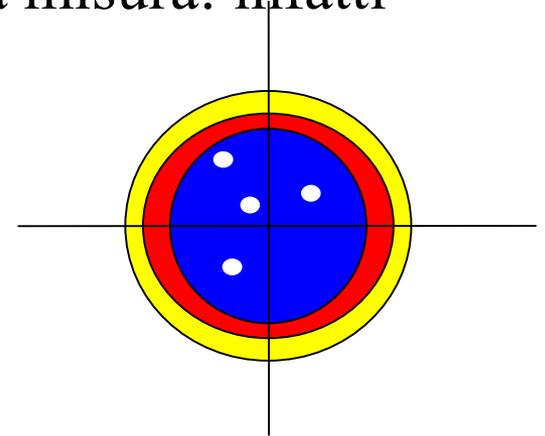
b) ripetendo le esperienze in modo indipendente, cambiando ad esempio reattivi, strumentazione, metodologia, laboratorio, operatore...

2) ERRORI INDETERMINABILI O ACCIDENTALI O CASUALI

Derivano da cause perturbatrici che agiscono sia per **eccesso** che per **difetto**:

sono tra di loro indipendenti per cui in certe prove si possono sommare in altre si possono sottrarre.

sono errori che riflettono la precisione di una misura: infatti sono la causa della dispersione dei dati.



Sono statisticamente trattabili ripetendo molte volte l'esperimento

CENNI SULLE CIFRE SIGNIFICATIVE

Il valore numerico derivante da una misura è quindi sempre affetto da un errore e pertanto non è mai esatto e **non può** essere espresso **da un numero indeterminato di cifre**.

Il numero di cifre deve essere indicativo dell'errore commesso nella valutazione.

Il risultato deve essere arrotondato in modo da contenere solo cifre certe **eccetto l'ultima che è incerta per ± 1** .

Affermare che un oggetto ha massa 1.0 g significa che a causa dell'incertezza la sua massa stimata sta tra 0.9 e 1.1 g.

Affermare che un oggetto ha massa 1.00 g significa che a causa dell'incertezza la sua massa stimata sta tra 0.99 e 1.01 g.

Affermare che un oggetto ha massa 1.000 g significa che a causa dell'incertezza la sua massa stimata sta tra 0.999 e 1.001 g.

Sono significative tutte le cifre presenti **meno gli 0 che precedono la prima cifra diversa da 0** e che possono essere eliminati usando la notazione esponenziale

esempi

305.6

4 cifre sign.

53044.607

8 cifre sign.

0.002562

4 cifre sign.

2.562×10^{-3}

0.0000000000000043

2 cifre sign.

4.3×10^{-14}

8.06×10^{-8}

3 cifre sign.

0.0300

3 cifre sign.

3.00×10^{-2}

Gli 0 finali a dx della virgola di un numero possono essere o no significativi, dipende dai casi.

verranno qui considerati sempre significativi.

305.60 5 cifre sign.

304.9000 7 cifre sign.

0.00200 3 cifre sign.

0.1020 4 cifre sign.

0.0100010 6 cifre sign.

Per avere il giusto numero di cifre significative un numero può essere arrotondato

Si usa arrotondare il vero valore per
eccesso se la prima cifra che si elimina ≥ 5
troncamento se la prima cifra che si elimina < 5 :

esempio

17.683 si arrotonda a:

con 4 cifre 17.68

con 3 cifre 17.7

con 2 cifre 18

1.234 si arrotonda a
1.23 con 3 cifre,
1.2 con 2 cifre

22.555 si arrotonda
22.56 con 4 cifre,
22.6 con 3 cifre
23 con 2 cifre

OPERAZIONI

determinazione del numero di cifre significative

somma e sottrazione:

Si deve considerare l'incolonnamento delle cifre degli addendi:

$$\begin{array}{r} 12.3 \text{ ??} + \\ 4.365 = \\ \hline 16.7 \end{array}$$

Il risultato ha lo stesso numero di cifre decimali del termine col minor numero di cifre decimali

$$\begin{array}{r} 159.26 + \\ 2.6 = \\ \hline 161.9 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 159.25 + \\ 2.60 = \\ \hline 161.85 \end{array}$$

prodotto e divisione;

Il risultato di una moltiplicazione o di una divisione ha n. cs = al termine che ne ha di meno.

$$142.7 \times 0.081 = 11.5587 = 12$$

$$\frac{11 \times 0.10}{0.120} = 9.2$$

$$\frac{11.0 \times 0.100}{0.120} = 9.17$$

Un campione di un metallo puro con volume 4.05 cm^3 ha massa 36.2 g . Da un'analisi iniziale potrebbe essere Fe, Ni o Pt.

Determinare la natura del campione conoscendo la densità dei tre metalli in g cm^{-3} . Fe 7.87 , Ni 8.90 , Pt 21.45

$$d \text{ del campione } m/V = \frac{4.05}{36.2} \text{ g / cm}^3 = 8.938271605 \text{ g cm}^{-3}$$

$$\text{arrotondamento a 3 cifre} \longrightarrow 8.94 \text{ g cm}^{-3}$$

La densità calcolata è molto vicina a quella Ni. La differenza è da imputare ad errori sperimentali nella determinazione della massa e del volume del campione.

Determinare il volume in mL e in L di 35.40 g di un liquido con densità 1480 kg m^{-3} .

$$V = m/d$$

$$d = 1480 \text{ kg m}^{-3} = 1.480 \text{ kg dm}^{-3} = 1.480 \text{ kg L}^{-1} = 1480 \text{ g L}^{-1}$$

$$V = 35.40 \text{ g} / 1480 \text{ g L}^{-1} = 0.023918918 \text{ L} = 23.918918 \text{ mL}$$

4 cifre significative !!! \longrightarrow $V = 0.02392 \text{ L} = 23.92 \text{ mL}$

Una serie di 5 misure della massa di un oggetto con una bilancia analitica ha fornito i seguenti dati in g:

a) 5.56781, b) 5.56783, c) 5.56784, d) 5.56783, e) 5.56785

Cosa si può dire sulla precisione, accuratezza e sensibilità della misura ?

Misura precisa: infatti i dati sono poco dispersi

Strumento **molto sensibile:** si apprezza il centesimo di mg.

Nulla si può dire sull'accuratezza della misura
infatti non si conosce il valore vero della misura

Si ripete la stessa esperienza in altri laboratori con altre bilance da parte di un altri sperimentatori. Le nuove misure della massa dell'oggetto con una bilancia analitica hanno fornito i seguenti dati:
laboratorio 1: a) 5.56783 g, b) 5.56785 g, c) 5.56788 g, d) 5.56783 g, e) 5.56782 g
laboratorio 2: a) 5.56780 g, b) 5.56782 g, c) 5.56785 g, d) 5.56783 g, e) 5.56784 g
Laboratorio 3:

Tutte le misure effettuate in ogni singolo laboratorio danno **misure precise con bilance molto sensibili.**

Dal confronto dei dati ottenuti nei vari laboratori si può affermare che **tutte le misure sono accurate.**

Logaritmi e antilogaritmi

Entrano in gioco quando si tratta il concetto di pH e di costante di equilibrio.

$$\begin{array}{ll} \text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]; & \text{pK} = -\log_{10} K \\ [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} & K = 10^{-\text{pk}} \end{array}$$

Nel fare il logaritmo di un numero, a destra del punto decimale si mantiene un numero di cifre pari a quelle contenute nel numero originale:

$$\log 9.57 = 0.981$$

$$\log 567.4 = 2.7539$$

Nel fare l'antilogaritmo, si mantengono tante cifre quante sono quelle a destra del punto decimale dell'esponente:

$$10^{-4.74} = 1.8 \times 10^{-5}$$

NOTA FINALE

Conviene fare tutte le operazioni con tutte le cifre fornite dalla calcolatrice e solo successivamente valutare il numero corretto di cifre significative con cui esprimere il risultato.

Nelle relazioni scrivere i risultati col giusto numero di cifre significative.

Es. Determinare la massa di una sfera di $r = 1.2 \text{ cm}$ e densità = 3.125 g cm^{-3}

$$m = d \times V$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$m = d \times \frac{4}{3}\pi r^3 = 3.125 \text{ g/cm}^3 \times 1.333 \times 3.14 \times 1.2^3 \text{ cm}^3$$

$$= 22.602348 \text{ g}$$

$$= 23 \text{ g}$$