

Grandezze e Unità di misura: il SI

Per studiare la composizione e la struttura della materia e le sue trasformazioni, la chimica e le altre scienze sperimentali si basano sulle grandezze fisiche, cioè su proprietà che si possono misurare con opportuni strumenti

DEFINIZIONI

grandezza (misurabile)

“un attributo di un fenomeno, di un corpo o di una sostanza che può essere distinto qualitativamente e determinato quantitativamente” (misurato)

Le grandezze della stessa natura, sono omogenee se è possibile classificarle l'una rispetto all'altra in ordine crescente o decrescente.

Grandezze della stessa natura possono essere raggruppate in categorie di grandezze, ad esempio: lavoro, calore, energia; diametro, spessore, lunghezza d'onda.

Le grandezze estensive

dipendono dalle dimensioni del corpo.

Esempio: il **volume** e la **massa**.

I valori delle grandezze estensive possono essere sommati e sottratti tra loro.

Per esempio, volendo conoscere la massa di un campione formato da due parti si sommano le singole masse.

Le grandezze intensive

non dipendono dalle dimensioni del corpo, ma solo dalla sua natura.

esempio, la **temperatura** alla quale un cubetto d'oro fonde è esattamente la stessa alla quale si verifica la fusione di un grosso lingotto dello stesso elemento; o ancora, l'acqua bolle a 100 °C, indipendentemente dalla quantità di questa sostanza che viene riscaldata.

Le unità di misura e il Sistema Internazionale

Per misurare una grandezza è necessario confrontarla con una grandezza campione, che è utilizzata come riferimento. A questa grandezza di riferimento viene assegnato il valore 1 ed essa è chiamata unità di misura.

Quando effettuiamo la misura di una grandezza otteniamo un valore numerico, cioè un valore che indica di quante volte la grandezza è più grande o più piccola dell'unità di misura che è stata scelta.

Per esprimere correttamente le grandezze è necessario:

- indicare la grandezza per mezzo del suo simbolo;
- scrivere il dato numerico;
- scrivere il simbolo dell'unità di misura.

Sistema Internazionale

Nel 1960, per mettere ordine tra tutte le unità di misura utilizzate nel mondo è stato istituito il Sistema Internazionale delle Unità di misura (SI), valido per quasi tutti i Paesi.

La comunità scientifica ha anche individuato sette grandezze, dette grandezze fondamentali.

Le grandezze fondamentali sono:

- la lunghezza,
- **la massa,**
- il tempo,
- l'intensità di corrente elettrica,
- la temperatura,
- **la quantità di sostanza,**
- l'intensità luminosa.

Tabella delle grandezze fisiche fondamentali del Sistema Internazionale

nome	Unità di misura			Simbolo
Lunghezza	Tabella delle grandezze fisiche fondamentali del Sistema Internazionale			m
Tempo	nome	Unità di misura	Simbolo	s
Massa	Lunghezza	metro	m	kg
Temperatura	Tempo	Secondo	s	K
Intensità di corrente elettrica	Massa	Kilogrammo	kg	A
Intensità luminosa	Temperatura	Kelvin	K	cd
Quantità di sostanza	Intensità di corrente elettrica	Ampere	A	mol
	Intensità luminosa	Candela	cd	
	Quantità di sostanza	mole	mol	

LA MOLE

La mole (simbolo mol) è l'unità di misura della quantità di sostanza.

La mole è definita come la quantità di sostanza di un sistema che contiene un numero di entità pari al numero degli atomi presenti in 12 grammi di carbonio-12.

Numero di Avogadro è pari a $6,02214179 \times 10^{23}$

La massa in grammi di una mole di qualunque sostanza elementare o composto è espressa dallo stesso numero che ne esprime la massa atomica o la massa molecolare.

Il Sistema internazionale è un sistema: omogeneo, coerente, assoluto e decimale.

Omogeneo significa che, scelte alcune grandezze fisiche fondamentali e le loro unità di misura, da esse si possono derivare tutte le altre grandezze e le corrispondenti unità di misura. Per esempio lunghezza e tempo sono grandezze fisiche fondamentali cui corrispondono le unità di misura fondamentali metro (m) e secondo (s). Da tali grandezze e dalle loro unità di misura sono ottenibili le grandezze fisiche e le corrispondenti unità di misura derivate che implicano una qualsiasi relazione tra lunghezza e tempo: per esempio la velocità (che si misura in m/s), l'accelerazione (che si misura in m/s²), la viscosità cinematica (che si misura in m²/s) etc.

Coerente significa che il prodotto o il rapporto delle unità di misura di una o più grandezze costituisce l'unità di misura di una grandezza il cui significato fisico corrisponde al prodotto o al rapporto delle prime, senza l'intervento di coefficienti numerici. Ad esempio il prodotto di una massa unitaria (1 kg) per un'accelerazione unitaria (1 m/s²) corrisponde ad una forza unitaria: così l'espressione (kg m/s²) corrisponde all'unità di misura delle forze detta Newton (N).

Assoluto significa che le unità di misura scelte sono invariabili in ogni luogo e in ogni tempo. Non è assoluta, per esempio, l'unità di misura "campo" che nella zona di Padova corrisponde a 3862 m² e nella zona di Treviso corrisponde a 5204 m².

Decimale significa che multipli e sottomultipli delle varie unità di misura corrispondono alle potenze di dieci. Tali multipli e sottomultipli vengono spesso indicati mediante opportuni *prefissi*

Multipli e sottomultipli nel Sistema Internazionale

fattore di moltiplicazione	prefisso	simbolo	valore
10^{24}	yotta	Y	1 000 000 000 000 000 000 000 000 000
10^{21}	zetta	Z	1 000 000 000 000 000 000 000 000
10^{18}	exa	E	1 000 000 000 000 000 000 000
10^{15}	peta	P	1 000 000 000 000 000
10^{12}	tera	T	1 000 000 000 000
10^9	giga	G	1 000 000 000
10^6	mega	M	1 000 000
10^3	chilo	k	1 000
10^2	etto	h	100
10^1	deca	da	10
10^{-1}	deci	d	0.1
10^{-2}	centi	c	0.01
10^{-3}	milli	m	0.001
10^{-6}	micro	μ	0.000 001
10^{-9}	nano	n	0.000 000 001
10^{-12}	pico	p	0.000 000 000 001
10^{-15}	femto	f	0.000 000 000 000 001
10^{-18}	atto	a	0.000 000 000 000 000 001
10^{-21}	zepto	z	0.000 000 000 000 000 000 001
10^{-24}	yocto	y	0.000 000 000 000 000 000 000 001

Unità

Dalla moltiplicazione e dalla divisione delle grandezze fondamentali si ottengono le grandezze derivate.

Grandezza fisica	Nome dell'unità di misura	Simbolo dell'unità di misura	Definizione dell'unità di misura SI
area	metro quadrato	m ²	
volume	metro cubo	m ³	
densità o massa volumica	kilogrammo al metro cubo	kg/m ³	
forza	newton	N	$N = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
pressione	pascal	Pa	$\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$
energia, calore, lavoro	joule	J	$J = \text{N} \cdot \text{m}$
velocità	metri al secondo	m/s	
accelerazione	metri al secondo quadrato	m/s ²	
potenza	watt	W	$W = \text{J}/\text{s}$
carica elettrica	coulomb	C	$C = \text{A} \cdot \text{s}$
differenza di potenziale elettrico, forza elettromotrice	volt	V	$V = \text{J}/\text{C}$
resistenza	ohm	Ω	$\Omega = \text{V}/\text{A}$
frequenza	hertz	Hz	$\text{Hz} = 1/\text{s}$

Molarità (M) = mol/L

La concentrazione

PREPARARE UNA SOLUZIONE 50 g/L di NaCl

PREPARARE UNA SOLUZIONE 50 mM di NaCl



<https://www.youtube.com/watch?v=YW23HhZs320>

<https://www.youtube.com/watch?v=Lcwq2KRFUY8>

Gli strumenti di misura

Per misurare una grandezza è necessario utilizzare un adeguato strumento di misura; per esempio, se vogliamo misurare la temperatura di un corpo dobbiamo utilizzare un termometro, mentre per misurarne la lunghezza dovremmo impiegare un righello. Inoltre, strumenti dello stesso tipo possono avere una precisione diversa: per esempio, una bilancia da cucina è meno precisa di una bilancia da orafa, che serve a misurare quantità molto piccole.

Come possono essere classificati?

- **STRUMENTI ANALOGICI:** in cui il valore della misura si legge su una scala graduata



- **STRUMENTI DIGITALI:** in cui il valore della misura appare come una sequenza di cifre



Quali sono le caratteristiche di uno strumento?

- **PORTATA:** è il più grande valore della grandezza che lo strumento può misurare
- **SENSIBILITA':** è il più piccolo valore della grandezza che lo strumento riesce ad apprezzare
- **PRONTEZZA:** indica la rapidità con cui esso risponde ad una variazione della quantità da misurare

GLI STRUMENTI DI MISURA: la portata

definizione di PORTATA:
è il più grande valore della grandezza che lo strumento può misurare

Negli strumenti analogici: la portata è uguale al numero più grande scritto sulla scala
Negli strumenti digitali: il massimo valore che potremmo leggere sullo strumento prima che si azzeri

Facciamo degli esempi:

- il righello in figura ha portata 30cm
- il calibro ventesimale in figura ha portata 19 cm
- il tachimetro d'auto in figura ha portata 200km/h
il tachimetro da bici in figura ha portata di 99km/h



GLI STRUMENTI DI MISURA: la sensibilità

definizione di SENSIBILITA':
è il più piccolo valore della grandezza che lo strumento riesce ad apprezzare

Negli strumenti analogici: la sensibilità è uguale alla differenza tra i valori rappresentati da due tacche consecutive

Facciamo degli esempi:

- il righello in figura ha sensibilità di 1 mm
- il calibro ventesimale in figura ha sensibilità di 0,05 mm
- il tachimetro d'auto in figura ha sensibilità di 2km/h
il tachimetro da bici in figura ha sensibilità di 1km/h



GLI STRUMENTI DI MISURA: la prontezza

definizione di PRONTEZZA:

indica la rapidità con cui esso risponde ad una variazione della quantità da misurare

Facciamo degli esempi:

▪ **La bilancia pesa persone è uno strumento molto pronto: risponde subito ad una variazione della massa da misurare**



▪ **il termometro a mercurio è uno strumento con una prontezza bassa: per misurare la temperatura corporea occorrono alcuni minuti**



L'INCERTEZZA DELLE MISURE

E' possibile effettuare una misura in modo esatto?

No, non è possibile. Ad ogni misura è associata un'INCERTEZZA, che può essere più o meno grande.

Perché NON è POSSIBILE misurare in modo esatto?

1. perché gli strumenti hanno una sensibilità limitata, per cui non sono in grado di distinguere grandezze che differiscono di meno di una certa quantità. Pensa al righello: non riesce a misurare un oggetto di lunghezza inferiore a mezzo millimetro.
1. Perché nel fare una misura si compiono imprevedibili errori umani nell'uso degli strumenti o nella procedura sperimentale

L'incertezza della misura può essere causata da due tipi di errori:

1. **ERRORI SISTEMATICI:** sono dovuti a imperfezioni degli strumenti utilizzati o a imprecisioni della procedura di misura. Avvengono sempre nello stesso senso: o sempre per eccesso o sempre per difetto.

Esempio: un cronometro che ritarda di 1 secondo

1. **ERRORI CASUALI:** variano in modo imprevedibile da una misura all'altra e influenzano il risultato a volte per eccesso e a volte per difetto. Possono essere causati sia da imprecisioni dello sperimentatore sia dallo strumento

Esempio: scarso allineamento in una misura di lunghezza

IL RISULTATO E LA SCRITTURA DI UNA MISURA

Come si supera il problema degli errori di misura e qual è, tra tutte le misure che facciamo, la PIU' ATTENDIBILE ?

La MISURA più attendibile è LA MEDIA ARITMETICA delle misure effettuate e cioè:

$$\bar{v} = \text{valore medio delle misure} = \frac{\text{somma di tutte le misure}}{\text{numero totale delle misure}}$$

N.B. Il valore medio esprime il risultato di una misura ripetuta più volte



Come determino l'errore commesso su una serie di misure?

Calcolo l'ERRORE ASSOLUTO cioè :

$$e_a = \text{errore assoluto} = \frac{\text{valore massimo} - \text{valore minimo}}{2}$$

N.B. esprime l'incertezza sul risultato di una misura ripetuta più volte

IL RISULTATO E LA SCRITTURA DI UNA MISURA

Una volta determinato valore medio e l' errore assoluto di una serie di misure, come scrivo il **RISULTATO DELLA MISURA**?

$$\text{Misura della grandezza} = \bar{v} \pm \text{incertezza}$$

Valore medio della grandezza

Il più grande valore tra l'errore assoluto e la sensibilità dello strumento

N.B. Se l'errore assoluto risulta zero , si prende come incertezza la sensibilità dello strumento

Esempio: se si misura la lunghezza di un foglio di carta (28,2 cm) con un righello che ha la sensibilità di 1mm, è molto probabile che le misure vengano tutte uguali: quindi l'errore assoluto sarà zero. **Questo non significa che la sua misura sia esatta.** Si assume che l'incertezza sulla misura sia uguale a 1mm = 0,1cm e quindi il risultato della misura si scriverà: **(28,2± 0,1)cm**

LA PRECISIONE DI UNA MISURA: incertezza relativa

Se dobbiamo dire quale tra due misure è la più precisa, su che cosa dobbiamo basarci?

Esempio:

I risultati ottenuti da due tiratori al piattello sono i seguenti:

TIRATORE 1 :	100 tiri	10 errori
TIRATORE 2:	200 tiri	16 errori

Chi pensi sia stato più bravo?

Apparentemente il tiratore 1 ha fatto meno errori!

Tuttavia il tiratore 2, pur avendo eseguito il doppio dei tiri, ha commesso meno del doppio di errori:

10 errori su 100 tiri	cioè	5 errori su 50 tiri
16 errori su 200 tiri	cioè	4 errori su 50 tiri

Essendoci ricondotti allo stesso numero di tiri appare più bravo il tiratore 2!

In quale operazione matematica possiamo tradurre questo risultato?

Tiratore1: $10/100=0,1$ Tiratore2: $16/200=0,08$

Nota che nel caso 2, quello più preciso, il risultato della divisione ha dato un risultato minore!



ERRORE RELATIVO:

Ci dà informazioni sulla precisione di una misura

DEFINIZIONE:

è definito come il rapporto tra l'incertezza della misura e il valore medio della misura

$$e_r = \frac{\text{incertezza}}{\text{valore medio della misura}} = \frac{e_a}{\bar{v}}$$



ERRORE RELATIVO PERCENTUALE:

Ci dà informazioni sulla percentuale d'errore

$$e_{r\%} = e_r \cdot 100\%$$

L'INCERTEZZA DELLE MISURE INDIRETTE

Che cosa succede se devo misurare il perimetro di una stanza, o il suo volume , o ancora la sua area?

Area, volume, perimetro sono grandezze derivate

La misura più attendibile di una grandezza derivata è determinata a partire dalla misura diretta di altre grandezze (i lati di una stanza) e si ottiene facendo le operazioni necessarie sui dati sperimentali ottenuti.

Come calcolo l'incertezza di una grandezza derivata?

1. INCERTEZZA SULLA SOMMA E/O DIFFERENZA

è uguale alla somma delle corrispondenti incertezze

2. INCERTEZZA SUL PRODOTTO E/O QUOZIENTE

è uguale alla somma delle corrispondenti incertezze relative

VALORI DELLE GRANDEZZE DERIVATE E CORRISPONDENTI INCERTEZZE

GRANDEZZA	MISURA PIU' ATTENDIBILE	INCERTEZZA
$a + b$	$\bar{a} + \bar{b}$	$e_a(a) + e_a(b)$
$a - b$	$\bar{a} - \bar{b}$	$e_a(a) + e_a(b)$
$a \cdot b$	$\bar{a} \cdot \bar{b}$	$e_r(a) + e_r(b) = \frac{e_a(a)}{\bar{a}} + \frac{e_a(b)}{\bar{b}}$
$\frac{a}{b}$	$\frac{\bar{a}}{\bar{b}}$	$e_r(a) + e_r(b) = \frac{e_a(a)}{\bar{a}} + \frac{e_a(b)}{\bar{b}}$

Le cifre significative e gli errori nelle misure

Le cifre rilevate dallo strumento con cui si effettua una misurazione si chiamano cifre significative.

Il numero di cifre significative dipende dalla sensibilità dello strumento; più uno strumento è sensibile, maggiore è il numero di cifre significative che costituiscono la misura.

Quante cifre devono essere considerate significative in un numero?

– Tutti i numeri diversi da zero sono cifre significative.

4,55 ha 3 cifre significative.

– Gli zeri terminali, a destra di una cifra diversa da zero, sono cifre significative

3,0 ha 2 cifre significative.

– Gli zeri che precedono la prima cifra diversa da zero non sono cifre significative.

0,0003 ha 1 cifra significativa.

ESEMPI

numero cifre significative

0,00 3

0,0405 3

0,405 3

40,5 3

4,05 3

4,050 4

405,0 4

405,00 5

L'uso delle cifre significative consente anche di indicare l'**incertezza** di una misura.

Infatti l'ultima cifra significativa è sempre incerta, dal momento che viene soltanto stimata dalla persona che effettua la misura (se lo fa con uno strumento analogico) oppure viene direttamente arrotondata (se la misura è effettuata invece per mezzo di uno strumento digitale).

Quando si eseguono operazioni con i dati ottenuti dalle misurazioni si ottengono risultati con molte cifre, ma non tutte sono significative.

Come ci dobbiamo comportare in questi casi?

È necessario arrotondare il risultato, in modo che esso possieda lo stesso numero di cifre significative della misura che ne ha di meno.

regole per l'arrotondamento

1. Se la prima cifra da eliminare è minore di 5, la cifra precedente resta uguale.
2. Se la prima cifra da eliminare è maggiore di 5, la cifra precedente è aumentata di 1 unità.
3. Se la prima cifra da eliminare è 5 si può utilizzare indifferentemente sia la prima che la seconda regola.

Misure precise e misure accurate

La qualità di una misura migliora se l'operazione si ripete più volte e se ne calcola il valore medio.

Una singola misura è **precisa** se non si discosta dal valore medio. D'altro canto, se la media è vicina al risultato ritenuto vero, la misura è **accurata**.

La precisione stabilisce quanto le misure di una grandezza sono vicine fra loro.

L'accuratezza indica, invece, quanto la misura si avvicina al valore corretto.

