

## Unità di misura

Si è precedentemente definito misura, il procedimento mediante cui si fa corrispondere un numero ad una grandezza fisica. Per misurare una grandezza, occorre anzitutto sceglierne un'altra della stessa specie da utilizzare come campione ed assegnare ad essa il valore numerico uno, definendo così *l'unità di misura*.

Si può comprendere che una simile procedura deve essere standardizzata per essere utile ai fini pratici e, in altre parole, per consentire una sola ed unica rappresentazione ed interpretazione della misura di una qualsiasi grandezza fisica.

Per questo motivo, sono state introdotte delle norme che stabiliscono quali sono i campioni di riferimento per le unità di misura, per esempio: il metro è definito come lo spazio percorso dalla luce nel vuoto nell'intervallo di tempo pari a  $1/299792458$  secondi.

In sede internazionale, le ricerche sulla possibilità di migliorare la precisione con cui sono realizzati i campioni metrici, i confronti tra i campioni nazionali e internazionali, il coordinamento delle tecniche di misura, relative anche alle costanti fisiche fondamentali, sono affidati al "Bureau International des Poids et Mesures" (BIPM) con sede a Sèvres (Parigi).

Tale organo è controllato dalla "Conférence Générale des Poids et Mesures" (CGPM), convocata a Sèvres di norma ogni quattro anni e della quale fanno parte 48 paesi contro i 17 firmatari della Convenzione del Metro nel 1875.

Esistono anche altri organi normativi come il "National Bureau of Standards" (NBS) che è l'equivalente del BIPM negli Stati Uniti, "International Organization for Standardization" (ISO) e "Ente Nazionale Italiano di Unificazione" (UNI) con sede a Milano; questi ultimi si occupano della compilazione di norme e raccomandazioni relative all'uso delle unità di misura nei vari campi applicativi.

L'insieme delle regole che determinano le caratteristiche dei campioni delle unità fondamentali, delle leggi fisiche e definizioni da applicare per ottenere le varie unità derivate costituisce un *sistema di unità di misura*.

Dei vari sistemi, attualmente in uso, si prende in esame quello più diffuso.

## Sistema Internazionale (SI)

E' il sistema di più recente costituzione (1960) ed incorpora quelli precedentemente noti come M.K.S e M.K.S.A.

In esso, utilizzando le relazioni che legano tra loro le diverse grandezze fisiche, si sono ridotte le grandezze fondamentali, e quindi i campioni da considerare, al numero minimo di sette.

Quantità	Unità		Definizione
Lunghezza (L)	metro	m	E' la distanza percorsa dalla luce nel vuoto nel tempo di $1/299792458$ secondi.
Massa (M)	kilogrammo	kg	Il kilogrammo è l'unità di massa ed è eguale alla

			massa del prototipo internazionale, cilindro di platino iridio, che è conservato presso il BIPM.
Tempo (t)	secondo	s	E' l'intervallo di tempo che contiene 9192631770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133.
Corrente elettrica (i)	ampere	A	E' l'intensità di corrente elettrica che, mantenuta costante in due conduttori paralleli, di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile e posti alla distanza di un metro l'uno dall'altro, nel vuoto, produrrebbe tra i due conduttori la forza di $2 \times 10^{-7}$ newton per ogni metro di lunghezza.
Temperatura (T)	kelvin	K	E' l'unità di temperatura termodinamica, è la frazione $1/273,16$ della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua.
Quantità di sostanza (m)	mole	mol	E' la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12.
Intensità luminosa (I)	candela	cd	E' l'intensità luminosa, in una data direzione, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica di frequenza $540 \times 10^{12}$ hertz e la cui intensità energetica in quella direzione è $1/683$ watt allo steradiante.

Partendo da queste *unità fondamentali* e dalle relazioni provenienti dalla fisica, è possibile ricavare tutte le necessarie unità di misura per le altre grandezze fisiche e le unità che si ottengono si chiamano *unità derivate*.

Per ragioni di chiarezza e di semplicità di impiego, ad un sistema di unità di misura, così come è per il Sistema Internazionale, si richiede la coerenza, nel senso che le relazioni formali che esprimono le unità derivate per mezzo di quelle di base, devono avere coefficiente numerico 1.

Per esempio ricaviamo l'unità di misura derivata della forza sfruttando ancora una volta la ben nota legge di Newton (2).

$$F = M a$$

Ora, per ottenere l'unità di misura desiderata è sufficiente sostituire ai simboli presenti le corrispondenti unità fondamentali stabilite dal SI. Poiché, come è noto,  $a = s/t^2$ :

$$1 N = 1 kg 1 m/s^2$$

Si può notare che il newton (simbolo N) è ricavato utilizzando coefficienti moltiplicativi unitari. Nel caso di altri sistemi di unità di misura, è necessario

impiegare coefficienti non unitari per ottenere una grandezza unitaria, questo è quello che accade per esempio nel “Sistema Tecnico degli Ingegneri” che è stato abbandonato.

$$1 \text{ kg}_f = 9,81 \text{ kg } 1 \text{ m/s}^2$$

Il kilogrammo forza è un'unità del sistema tecnico e legalmente ne è vietato l'impiego.

L'utilizzo delle unità del Sistema Internazionale è vincolato da alcune semplici regole che, a livello legale in Italia, sono riprese dalla normativa CNR-UNI 10003. Se ne elencano alcune.

- I nomi delle unità sono considerati nomi comuni e pertanto si scrivono con l'iniziale minuscola, anche se alcuni di essi derivano da nomi di scienziati (ampere, kelvin). In questo caso però sono invariabili al plurale ed hanno come simbolo una lettera maiuscola (per esempio A per l'ampere e K per il kelvin). Si noti che lo stesso vale per le unità derivate che hanno un nome proprio di persona.
- Il simbolo delle unità si deve usare solo quando l'unità è accompagnata dal valore numerico; esso deve essere scritto in carattere non corsivo (*A* e non *A*) dopo il valore numerico, e non deve essere seguito da un punto (a meno che si tratti del punto di fine periodo). Quando l'unità non è accompagnata dal valore numerico, deve essere scritta per esteso e non con il simbolo.
- Quando l'unità SI è troppo grande o troppo piccola per certe misurazioni, è consigliabile usare suoi multipli o sottomultipli. Per soddisfare le esigenze di tutti gli utilizzatori del sistema SI, il CGPM ha stabilito un certo numero di prefissi con nomi speciali, indicati nella sottostante tabella insieme ai rispettivi fattori.

Fattore	Prefisso	Simbolo
$10^{24}$	yotta	Y
$10^{21}$	zetta	Z
$10^{18}$	exa	E
$10^{15}$	peta	P
$10^{12}$	tera	T
$10^9$	giga	G
$10^6$	mega	M
$10^3$	kilo	k
$10^0$	-	-
$10^{-3}$	milli	m
$10^{-6}$	micro	$\mu$
$10^{-9}$	nano	n
$10^{-12}$	pico	p
$10^{-15}$	femto	f
$10^{-18}$	atto	a
$10^{-21}$	zepto	z
$10^{-24}$	yocto	y

Il prefisso precede l'unità di misura con la quale forma il multiplo o sottomultiplo; non può essere usato da solo, né si possono usare due prefissi consecutivi. Si scriverà 1 nm e non 1 mμm, 1pF e non 1μμF. Il simbolo del prefisso è scritto con carattere diritto come il simbolo delle unità, non si lasciano spazi, né s'interpone il punto tra i due simboli:

$$1000 \text{ V} = 10^3 \text{ V} = 1 \text{ kV}$$

$$0,000001 \text{ s} = 10^{-6} \text{ s} = 1 \text{ μs}$$

- Si raccomanda l'uso di multipli o sottomultipli che diano luogo a valori numerici compresi tra 0,1 e 1000, con il criterio di scrivere soltanto le cifre significative:

$$L = 10,7 \cdot 10^7 \text{ Mm}$$

- E' obbligatorio utilizzare le unità di misura derivate quando possibile, quindi non è corretto scrivere:

$$75 \text{ kg m/s}^2$$

ma bisogna scrivere

$$75 \text{ N}$$

- E' ammesso per la scrittura dei valori decimali sia l'uso della virgola che quello del punto, quest'ultimo molto diffuso per motivi tecnologici.

Per quando concerne l'utilizzo di unità non previste dal SI sono consentite delle particolari eccezioni, come nel caso dell'unità di misura della pressione. Al posto del pascal (simbolo Pa) è permesso l'impiego del BAR:

$$1\text{BAR} = 10^5 \text{ Pa} \quad (1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2)$$

Questa eccezione è ammessa perché il BAR è una unità di misura molto pratica, poiché 1BAR corrisponde alla pressione atmosferica.

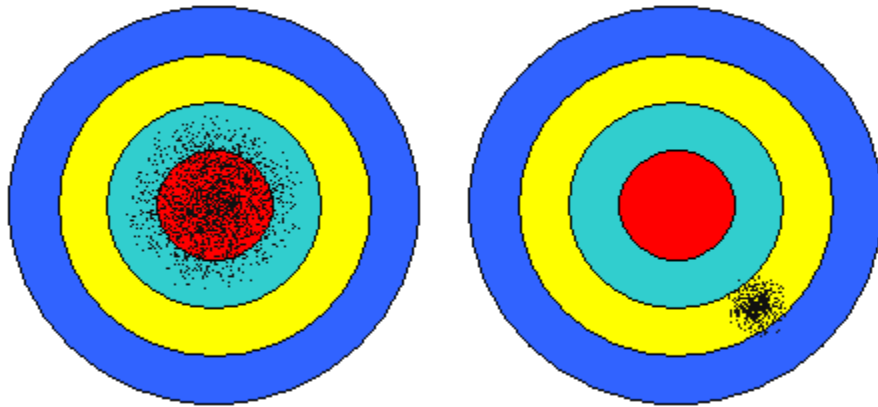
## **Errore – Precisione – Accuratezza**

Quando si effettua una misurazione, bisogna essere consapevoli del fatto che il risultato ottenuto non coincide con il "valore vero" del misurando. Questo significa che l'operazione di misura è sempre affetta da una certa incertezza o errore, che in ogni caso deve essere accettata e valutata per quanto possibile.

Gli organismi internazionali raccomandano di chiamare "incertezze di tipo A" quelle che si possono valutare ed eventualmente diminuire con metodi statistici, cioè quelle prodotte da effetti di tipo casuale, ed "incertezze di tipo B" quelle relative alla valutazione di effetti sistematici, che non si possono stimare con metodi statistici.

E' doveroso aggiungere che la distinzione tra errori sistematici ed errori casuali non è sempre facile né priva di ambiguità.

Prendiamo come esempio un fucile che spara un certo numero di colpi (sufficientemente elevato) su di un bersaglio.



Supponiamo che il centro esatto del bersaglio rappresenti il “valore vero” del nostro misurando.

Nel bersaglio a sinistra si nota una fondamentale accuratezza del tiro poiché i colpi sono distribuiti attorno al centro anche se sono piuttosto sparsi o distanti tra loro; in questo caso con un’operazione di media ci si può ricondurre ad un valore prossimo a quello cercato.

Nel bersaglio a destra notiamo invece una certa precisione del tiro, i colpi infatti sono concentrati in una rosa più piccola di quella del primo bersaglio, per contro si discostano dal centro e quindi dal “valore vero”; in questo caso è necessario poter valutare l’errore sistematico che affligge la misura.

Naturalmente, la migliore condizione è quella in cui si può eseguire una misura tanto accurata quanto precisa.

Quando si scrive il valore numerico di una misura, il modo in cui lo si scrive, e più precisamente le cifre significative che si usano, determina quantitativamente l’ordine di grandezza dell’errore che si è ammesso.

$$L = 10 \text{ km} \quad (\varepsilon = 1\text{km})$$

$$L = 10000 \text{ m} \quad (\varepsilon = 1\text{m})$$

Questo significa che anche degli zeri decimali dopo la virgola, ove presenti, sono importanti e non devono essere trascurati.