

SISTEMA INTERNAZIONALE

Generalità

L'atto di nascita del Sistema Internazionale delle unità di misura (simbolo SI) è stato redatto nel 1960 dalla XI CGPM (Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure) e rappresenta una tappa importante del lavoro iniziato a livello internazionale nel 1948. Si tratta di una tappa, non di un traguardo, perché il Sistema Internazionale, anche se può essere considerato il miglior sistema esistente, è suscettibile di miglioramenti. Forse le unità di cui è costituito il sistema non subiranno cambiamenti a breve termine; tuttavia, certamente, nel momento in cui il progresso scientifico e tecnologico offrirà campioni più stabili e consentirà misure più precise, le definizioni delle unità verranno modificate.

Oltre alle unità fondamentali sulle quali il sistema è costruito, fanno parte del Sistema Internazionale le unità derivate che si ottengono combinando le precedenti secondo regole molto semplici.

Il Sistema Internazionale delle unità di misura è dunque costituito da due classi di unità:

- unità di base
- unità derivate.

Unità SI di base

Generalità

Un sistema di unità di misura è un insieme di definizioni e di regole: definizioni delle unità assunte come "fondamentali", regole per ottenere da queste le unità di tutte le altre grandezze in uso nella fisica, nella chimica, nella biologia, nelle varie attività tecnologiche e nella vita quotidiana.

La scelta delle grandezze fondamentali e delle corrispondenti unità, in teoria arbitraria, in realtà deve rispettare e conciliare esigenze diverse di carattere storico, scientifico e pratico.

Le unità di base dovrebbero essere definite mediante elementi di riferimento tendenzialmente e per quanto possibile non legati né al tempo né al luogo della misurazione.

Ancora, la scelta delle unità di base deve essere tale da garantire sia l'indipendenza tra di esse, nel senso che nessuna unità di base si deve poter esprimere mediante le altre, sia la completezza, nel senso che esse debbono essere in numero sufficiente da permettere di derivare, mediante le relazioni stabilite dalle leggi della fisica, le unità delle altre grandezze (unità derivate).

Per ragioni di chiarezza e di semplicità di impiego, ad un sistema di unità di misura 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. I multipli e i sottomultipli delle unità di misura, il cui uso può talvolta essere comodo, devono essere decimali.

I nomi delle unità di base

Nel sistema SI le unità di base sono sette e precisamente: **metro, kilogrammo, secondo, ampere, kelvin, mole e candela.**

Queste unità sono state scelte in modo tale ed in numero tale da poter rappresentare in modo non ambiguo qualunque grandezza fisica che si voglia misurare. Il loro numero tuttavia rappresenta un compromesso tra esigenza di semplicità, per cui il numero di unità fondamentali dovrebbe essere il minore possibile, ed esigenze di chiarezza e di praticità, per cui forse sarebbe utile un numero maggiore. La scelta è determinata principalmente da ragioni storiche e dal modello fisico matematico con il quale si rappresentano i fenomeni naturali.

Le unità di base sono dimensionalmente indipendenti, nel senso che nessuna di esse si può esprimere come funzione delle altre, anche se poi la definizione di una unità fa riferimento ad altre unità come nei casi del metro, dell'ampere, della candela e della mole. Inoltre sono scelte e definite in modo da poter essere realizzate con la miglior precisione possibile allo stato attuale della tecnologia; è questo il motivo per cui le definizioni sono soggette a modifiche anche sostanziali, senza peraltro che vari il nome dell'unità e, entro le incertezze sperimentali, il valore del campione che le realizza.

Le semplici regole di scrittura

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. Inoltre 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. Per esempio:

Il kelvin è l'unità di temperatura termodinamica.

La definizione della mole fa riferimento al numero di atomi contenuti in 0,012 kg di carbonio 12.

Il Monviso è alto 3841 m.

Tabella

Grandezza	Unità SI	
	nome	simbolo
Lunghezza	metro	m
Massa	kilogrammo	kg
Tempo	secondo	s
Intensità di corrente elettrica	ampere	A
Temperatura termodinamica	kelvin	K
Quantità di sostanza	mole	mol
Intensità luminosa	candela	cd

Definizioni

UNITA' DI LUNGHEZZA (metro, simbolo: m)

"il metro è la lunghezza del tragitto compiuto dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo di $1/299\,792\,458$ di secondo"; è così fissata, per definizione, la velocità della luce in $299\,792\,458$ m/s

UNITA' DI MASSA (kilogrammo, simbolo: kg)

"il kilogrammo è l'unità di massa ed è eguale alla massa del prototipo internazionale"

il prototipo internazionale, cilindro di platino iridio, è conservato presso il BIPM (Bureau International des Poids et mesures)"

UNITA' DI TEMPO (secondo, simbolo: s)

"il secondo è l'intervallo di tempo che contiene $9\,192\,631\,770$ periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133 "

UNITA' DI CORRENTE ELETTRICA (ampere, simbolo: A)

"l'ampere è 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 2×10^{-7} newton per ogni metro di lunghezza"

UNITA' DI TEMPERATURA TERMODINAMICA (kelvin, simbolo: K)

"il kelvin, unità di temperatura termodinamica, è la frazione $1/273,16$ della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua"

La temperatura termodinamica si indica con il simbolo T ; il valore numerico della temperatura Celsius (indicata con t) in gradi celsius è data da: $t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15$.

UNITA' DI QUANTITA' DI SOSTANZA (mole, simbolo: mol)

"la mole è la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in $0,012$ kg di carbonio 12 .

Le entità elementari devono essere specificate e possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, ecc, ovvero gruppi specificati di tali particelle"

In questa definizione va inteso che gli atomi di carbonio 12 sono non legati e nello stato fondamentale.

UNITA' DI INTENSITA' LUMINOSA (candela, simbolo: cd)

"la candela è l'intensità luminosa, in una data direzione, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica di frequenza 540×10^{12} hertz e la cui intensità energetica in quella direzione è $1/683$ watt allo steradiante"

Unità SI derivate

Definizione

Le unità SI derivate si ottengono combinando tra loro le unità di base in monomi del tipo seguente:

$$m^{\alpha} \cdot kg^{\beta} \cdot s^{\gamma} \cdot A^{\delta} \cdot K^{\epsilon} \cdot mol^{\xi} \cdot cd^{\eta}$$

con coefficiente numerico 1; gli esponenti α , β , γ , ecc sono numeri interi (compreso lo zero).

Ad esempio l'unità SI di volume è il metro cubo (simbolo m³); l'unità di accelerazione è il metro al secondo al quadrato (simbolo m·s⁻² o m/s²), l'unità di quantità di moto è il metro per kilogrammo al secondo (simbolo m·kg·s⁻¹ ovvero m·kg/s). Quando, nel rappresentare un'unità derivata, al denominatore compaiono più unità bisogna fare ricorso agli esponenti negativi o all'uso di parentesi per evitare equivoci. L'unità di viscosità dinamica è il kilogrammo al metro al secondo; essa si esprime quindi in kg·m⁻¹·s⁻¹ o, in modo sicuramente non ambiguo, in kg/(m·s).

Tra le unità SI di base l'unità di massa è la sola il cui nome contiene un prefisso, per ragioni storiche. I multipli e sottomultipli dell'unità di massa si formano aggiungendo i nomi del prefisso all'unità "grammo" ed il simbolo del prefisso al simbolo dell'unità "g".

Esempio: 10⁻⁶ kg = 1 mg (un milligrammo) e non 1 µkg (un microkilogrammo).

Unità SI derivate

Unità SI derivate

Unità derivate dotate di nomi propri

Grandezza	Unità SI		Espressione in funzione di altre	Espressione in funzione delle unità SI
	Nome	Simbolo		
			unità SI	Fondamentali
Frequenza	hertz	Hz		s^{-1}
Forza	newton	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Pressione	pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Energia, lavoro, quantità di calore	joule	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Potenza, flusso Energetico	watt	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Carica elettrica	coulomb	C		$s \cdot A$
Potenziale elettrico, tensione elettrica	volt	V	W/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Capacità elettrica	farad	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Resistenza elettrica	ohm	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Conduttanza elettrica	siemens	S	A/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
Flusso d'induzione magnetica	weber	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Induzione magnetica	tesla	T	Wb/m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Induttanza	henry	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Flusso luminoso	lumen	Lm		$cd \cdot sr$
Illuminamento	lux	Lx	lm/m^2	$m^{-2} \cdot cd \cdot sr$
Attività (di un radionuclide)	Becquerel	Bq		s^{-1}
Dose assorbita	gray	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
Equivalenti di dose	sievert	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
Attività catalitica	katal	Kat	mol/s	mol/s

Multipli e sottomultipli

Generalità

Quando l'unità SI è troppo grande o troppo piccola per certe misurazioni, si possono usare suoi multipli o sottomultipli decimali. Per soddisfare le esigenze di tutti gli utilizzatori del sistema SI. La Conferenza Generale dei pesi e delle Misure (CGPM) ha stabilito un certo numero di prefissi con nomi speciali.

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

$$1000 \text{ V} = 10^3 \text{ V} = 1 \text{ kV}$$
$$0,000\ 001 \text{ s} = 10^{-6} \text{ s} = 1 \text{ }\mu\text{s}$$

Multipli e sottomultipli

Tabella

fattore di moltiplicazione			prefisso	
			nome	simbolo
1 000 000 000 000 000 000 000 000	=	10^{24}	yotta	Y
1 000 000 000 000 000 000 000	=	10^{21}	zetta	Z
1 000 000 000 000 000 000	=	10^{18}	exa	E
1 000 000 000 000 000	=	10^{15}	peta	P
1 000 000 000 000	=	10^{12}	tera	T
1 000 000 000	=	10^9	giga	G
1 000 000	=	10^6	mega	M
1 000	=	10^3	kilo	k
100	=	10^2	etto	h
10	=	10^1	deca	da
0,1	=	10^{-1}	deci	d
0,01	=	10^{-2}	centi	c
0,001	=	10^{-3}	milli	m
0,000 001	=	10^{-6}	micro	μ
0,000 000 001	=	10^{-9}	nano	n
0,000 000 000 001	=	10^{-12}	pico	p
0,000 000 000 000 001	=	10^{-15}	femto	f
0,000 000 000 000 000 001	=	10^{-18}	atto	a

Unità non SI ammesse

Generalità

Alcune unità, pur essendo fuori dal Sistema Internazionale, sono entrate talmente nella vita di ogni giorno da non poter essere messe al bando. Si tratta di alcune unità di misura del tempo (giorno, ora, minuto), dell'angolo (grado, minuto, secondo di angolo) e di alcune altre indicate nella tabella. Tutte le altre unità non indicate nella tabella debbono essere abbandonate e sostituite con unità SI. Così si deve prendere l'abitudine di esprimere la potenza dei motori delle automobili in kilowatt e non in cavalli (si ricordi che 1 CV è eguale a 0,735499 kW) e la quantità di calore negli impianti termici in kilojoule anziché in grandi calorie (si ricordi che 1 Cal è eguale a 4186,8 kJ).

Tabella

Nome	Simbolo	Valore in unità SI
minuto	min	1 min = 60 s
ora	h	1 h = 60 min = 3 600 s
giorno	d	1 d = 24 h = 86 400 s
grado sessagesimale	°	1° = ($\pi/180$) rad
minuto di angolo	'	1' = (1/60)° = ($\pi/10\,800$) rad
secondo di angolo	"	1" = (1/60)' = ($\pi/648\,000$) rad
litro	l, L	1 l = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
tonnellata	t	1 t = 10 ³ kg
bar	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa

Decreti e leggi

- Decreto del Presidente della Repubblica n.789 del 12 agosto 1982, Attuazione della direttiva (CEE) n. 71/316 relativa alle disposizioni comuni agli strumenti di misura ed ai metodi di controllo metrologico
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 802 del 12 agosto 1982: Attuazione della direttiva (CEE) n. 80/181 relativa alle unità di misura
Legge 11 agosto 1991 n. 273: Istituzione del Sistema Nazionale di Taratura
- Decreto ministeriale 30 novembre 1993 n. 591: Regolamento concernente la determinazione dei campioni nazionali di talune unità di misura del Sistema Internazionale (SI) in attuazione dell' art. 3 della legge 11 agosto 1991, n. 273

SNT - Sistema Nazionale di Taratura

Con legge 11 agosto 1991 n. 273: Istituzione del Sistema Nazionale di Taratura, il legislatore ha affidato al SNT il compito di assicurare la riferibilità dei risultati delle misurazioni ai campioni nazionali. Questo Sistema è costituito dagli istituti metrologici primari e dai Centri di taratura. In virtù di tale legge, svolgono le funzioni di Istituti metrologici primari:

a. l'Istituto di Metrologia Gustavo Colonnetti del Consiglio Nazionale delle Ricerche, di Torino, per i campioni riguardanti le unità di misura impiegate nel campo della meccanica e della termologia (<http://www.imgc.to.cnr.it/>);

b. l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, di Torino, per i campioni riguardanti le unità di misura del tempo e delle frequenze e per le unità di misura impiegate nel campo dell'elettricità, della fotometria, dell'optometria e dell'acustica (<http://www.ien.it/>);

c. l'Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente (ENEA) di Roma, per i campioni nazionali delle unità di misura impiegate nel campo delle radiazioni ionizzanti (<http://www.enea.it/>).

Su proposta degli Istituti metrologici primari, nel febbraio 1994, è stato infine definito, con un apposito decreto legge, l'insieme dei campioni nazionali di alcune unità di misura del Sistema Internazionale per quanto riguarda sia le unità SI di base sia alcune unità derivate. Per ciascuna di esse viene indicato il campione (e la relativa incertezza), l'istituto che lo realizza, mantiene e dissemina. Gli Istituti metrologici primari, per svolgere la loro attività, si potranno avvalere anche delle risorse messe a disposizione da altri Istituti che svolgono attività metrologiche.