

## Sistema internazionale di unità di misura

Il **Sistema internazionale di unità di misura** (in francese **Système international d'unités**), abbreviato in **SI** e pronunciato "esse i", è il più diffuso tra i sistemi di unità di misura.

Assieme al Sistema CGS, viene spesso indicato come **sistema metrico decimale**, soprattutto nei paesi anglosassoni.



Solo i tre stati colorati in rosso (Stati Uniti d'America, Liberia e Birmania) non hanno stato adottato il Sistema internazionale come principale o unico sistema di misura.

Le unità di misura, la terminologia e le regole del Sistema internazionale vengono stabilite dalla "Conferenza generale dei pesi e delle misure" (*Conférence générale des poids et mesures* - CGPM), che è un organismo collegato con l'"Ufficio internazionale dei pesi e delle misure" (*Bureau international des poids et mesures* - BIPM) organismi creati durante la Convenzione del Metro del 1875.

Questo sistema di grandezze fisiche e unità di misura nacque nel 1889 con la 1ª CGPM: allora si chiamava "Sistema MKS" perché comprendeva solo le unità fondamentali di lunghezza (metro), massa (chilogrammo) e tempo (secondo).

Nel 1935, su proposta del fisico italiano Giovanni Giorgi, il sistema fu denominato "Sistema MKS $\Omega$ " ed adottato dalla Commissione Elettrotecnica Internazionale, perché fu introdotta la quarta unità fondamentale, l'ohm, per la misura della resistenza elettrica.

Nel 1946, su proposta di Giovanni Giorgi, la CGPM approvò l'entrata dell'ampere come unità di misura fondamentale della corrente elettrica, in sostituzione alla resistenza elettrica. Nasce così il "Sistema MKSA", anche chiamato "Sistema Giorgi" in onore del fisico.

Nel 1954, la 10ª CGPM, aggiunse il kelvin e la candela come unità di misura fondamentali.

Nel 1961 la 11ª CGPM sancisce la nascita del Sistema internazionale (SI).

Nel 1971 la 14ª CGPM aggiunse la mole fra le unità fondamentali di questo sistema.

Oggi, quindi, l'SI è basato su sette grandezze fisiche fondamentali (con le rispettive unità di misura), con le quali vengono definite le grandezze fisiche derivate (e rispettive unità di misura).

Il SI, inoltre, definisce una sequenza di prefissi da premettere alle unità di misura per identificare i loro multipli e sottomultipli.

### Regole di scrittura

Per uniformare la grafia ed evitare errori di interpretazione, l'SI prevede alcune norme per la scrittura delle unità di misura e dei relativi simboli.

## Scrittura delle unità di misura

Per quanto riguarda le unità di misura, esse dovrebbero **essere scritte per esteso**, e non indicate con il simbolo, **se inserite in un testo discorsivo**; la scrittura estesa deve essere in **carattere tondo minuscolo** e si devono **evitare segni grafici come accenti o segni diacritici**. Ad esempio si deve scrivere ampere, e non ampère o Ampere.

## Scrittura dei simboli

Quando si usano i simboli, questi devono essere indicati con l'iniziale minuscola, ad eccezione di quelli in cui l'unità di misura è eponima o deriva dal nome di una persona:

- per il kilogrammo si scrive kg e non Kg,
- il simbolo SI della pressione, dedicato a Blaise Pascal, è Pa, mentre l'unità di misura viene scritta per esteso in minuscolo pascal
- il secondo è s e non sec
- il grammo g e non gr.
- l'unica eccezione è permessa per il litro dove è accettabile sia la l che la L.

Al contrario delle abbreviazioni:

- **i simboli dell'SI non devono mai essere seguiti da un punto** (per il metro: m e non m.);
- essi **devono inoltre seguire il valore numerico e non precederlo** (si scrive 20 cm, e non cm 20) con uno spazio tra i numeri ed i simboli: 2,21 kg,  $7,3 \cdot 10^2 \text{ m}^2$
- nelle unità di misura composte (ad esempio il newton metro: N m) i simboli delle singole unità devono essere separati da uno spazio o da un punto a mezza altezza; non è ammesso l'uso di altri caratteri, come ad esempio il trattino: ad esempio si può scrivere N m oppure N·m, ma non N-m.
- in caso di divisione fra unità di misura, si può usare la frazione / (o la barra orizzontale) o un esponente negativo: ad esempio J/kg o  $\text{J kg}^{-1}$  o  $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ .
- qualora necessario, gruppi di unità di misura si possono mettere fra parentesi: J/K mol o  $\text{J}/\text{K}\cdot\text{mol}$  o  $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$  o  $\text{J}(\text{K}\cdot\text{mol})^{-1}$ .
- è preferibile non usare l'italico o il grassetto per i simboli, in modo da differenziarli dalle variabili matematiche e fisiche (ad esempio, *m* per la massa, *l* per la lunghezza).

## Scrittura delle cifre

L'SI usa gli **spazi per separare le cifre intere in gruppi di tre**. Ad esempio 1 000 000 o 342 142 (contrariamente alle virgole ed ai punti usati in altri sistemi: 1,000,000 o 1.000.000).

Inoltre, l'SI usa la virgola come separatore tra i numeri interi e quelli decimali come in 24,51.

Nel 2003 il CGPM ha concesso la possibilità di usare il punto nei testi in lingua inglese.

## Disposizioni di legge

L'SI viene usato in ogni nazione e, in alcune di esse, il suo uso è obbligatorio.

**In Italia**, l'uso dell'SI è stato adottato ufficialmente per legge ai sensi del DPR 802/1982 e della Direttiva del Consiglio CEE del 18 ottobre 1971 71/1354/CEE modificata il 27 luglio 1976 (76/770/CEE) e il suo utilizzo è obbligatorio nella stesura di atti e documenti con valore legale. **Pertanto il mancato rispetto delle norme di scrittura sopracitate potrebbe comportare l'invalidazione di tali atti.**

## Unità fondamentali del SI

Nel SI ci sono, come detto 7 grandezze fisiche fondamentali, mentre le altre (con la relativa unità di misura) sono una combinazione di due o più grandezze fisiche (unità) di base, od il reciproco di una di esse.

Ad eccezione del chilogrammo, tutte le unità di misura sono definibili misurando fenomeni naturali. Inoltre, è da notare che **il chilogrammo è l'unica unità di misura di base contenente un prefisso**: questo perché il grammo è troppo "piccolo" per la maggior parte delle applicazioni pratiche.

Ecco la tabella delle grandezze fondamentali del SI

Grandezza fisica	Simbolo della grandezza fisica	Nome dell'unità SI	Simbolo dell'unità SI
lunghezza	$l$	metro	m
massa	$m$	kilogrammo	kg
intervallo di tempo	$t$	secondo	s
Intensità di corrente	$I, i$	ampere	A
temperatura termodinamica	$T$	kelvin	K
quantità di sostanza	$n$	mole	mol
intensità luminosa	$I_v$	candela	cd

## Unità derivate del SI

La maggior parte delle grandezze fisiche derivate sono, come detto, una moltiplicazione o una divisione di grandezze fisiche di base. Alcune di esse hanno nomi particolari. In questo modo, non solo si vede immediatamente la relazione che intercorre tra due grandezze fisiche ma, con un controllo dimensionale, è facile verificare la correttezza del proprio lavoro.

Grandezza fisica	Simbolo della grandezza fisica	Nome dell'unità SI	Simbolo dell'unità SI	Equivalenza in termini di unità fondamentali SI	
<i>Nomi e simboli speciali</i>					
frequenza	$f, \nu$	hertz	Hz	$s^{-1}$	
forza	$F$	newton	N	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$	
pressione, sollecitazione, pressione di vapore	$p$	pascal	Pa	$N \cdot m^{-2}$	$= kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$
energia, lavoro, calore	$E, Q$	joule	J	$N \cdot m$	$= kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$
potenza, flusso radiante	$P, W$	watt	W	$J \cdot s^{-1}$	$= kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$
carica elettrica	$q$	coulomb	C	$A \cdot s$	
potenziale elettrico, forza elettromotrice, tensione elettrica	$V, E$	volt	V	$J \cdot C^{-1}$	$= m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
resistenza elettrica	$R$	ohm	$\Omega$	$V \cdot A^{-1}$	$= m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$

					$A^{-2}$
conduttanza elettrica	$G$	siemens	S	$A \cdot V^{-1}$	$= s^3 \cdot A^2 \cdot m^{-2} \cdot kg^{-1}$
capacità elettrica	$C$	farad	F	$C \cdot V^{-1}$	$= s^4 \cdot A^2 \cdot m^{-2} \cdot kg^{-1}$
densità flusso magnetico	$B$	tesla	T	$V \cdot s \cdot m^{-2}$	$= kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
flusso magnetico	$\Phi(B)$	weber	Wb	$V \cdot s$	$= m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
induttanza	$L$	henry	H	$V \cdot s \cdot A^{-1}$	$= m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
temperatura	$T$	grado Celsius	°C	K	
angolo piano	$\varphi, \vartheta$	radiante	rad	1	$= m \cdot m^{-1}$
angolo solido	$\Omega$	steradiano	sr	1	$= m^2 \cdot m^{-2}$
flusso luminoso		lumen	lm	cd · sr	
illuminamento		lux	lx	cd · sr · m <sup>-2</sup>	
rifrazione	$D$	diottria	D	m <sup>-1</sup>	
attività di un radionuclide	$A$	becquerel	Bq	s <sup>-1</sup>	
dose assorbita	$D$	gray	Gy	J · kg <sup>-1</sup>	$= m^2 \cdot s^{-2}$
dose equivalente	$H$	sievert	Sv	J · kg <sup>-1</sup>	$= m^2 \cdot s^{-2}$
dose efficace	$E$	sievert	Sv	J · kg <sup>-1</sup>	$= m^2 \cdot s^{-2}$
attività catalitica		katal	kat	mol · s <sup>-1</sup>	
<i>Altre grandezze fisiche</i>					
area	$A$	metro quadro	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
volume	$V$	metro cubo	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	
velocità	$v$	metro al secondo	m/s	m · s <sup>-1</sup>	
velocità angolare	$\omega$			s <sup>-1</sup> rad · s <sup>-1</sup>	
accelerazione	$a$			m · s <sup>-2</sup>	
momento torcente				N · m	$= m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
numero d'onda	$n$			m <sup>-1</sup>	
densità	$\rho$	chilogrammo al metro cubo	kg/m <sup>3</sup>	kg · m <sup>-3</sup>	
volume specifico				m <sup>3</sup> · kg <sup>-1</sup>	
molarità SI				mol · dm <sup>-3</sup>	
volume molare	$V_m$			m <sup>3</sup> · mol <sup>-1</sup>	
capacità termica, entropia	$C, S$			J · K <sup>-1</sup>	$= m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$

calore molare, entropia molare	$C_m, S_m$			$J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$	$= m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
calore specifico, entropia specifica	$c, s$			$J \cdot K^{-1} \cdot kg^{-1}$	$= m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
energia molare	$E_m$			$J \cdot mol^{-1}$	$= m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$
energia specifica	$e$			$J \cdot kg^{-1}$	$= m^2 \cdot s^{-2}$
densità di energia	$U$			$J \cdot m^{-3}$	$= m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
tensione superficiale	$\sigma$			$N \cdot m^{-1}$	$= J \cdot m^{-2}$ $= kg \cdot s^{-2}$
densità di flusso calorico, irradianza	$\sigma$			$W \cdot m^{-2}$	$= kg \cdot s^{-3}$
conduttività termica				$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	$= m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
viscosità cinematica, coefficiente di diffusione	$\eta$			$m^2 \cdot s^{-1}$	
viscosità dinamica	$\rho$			$N \cdot s \cdot m^{-2}$	$= Pa \cdot s$ $= m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
densità di carica elettrica				$C \cdot m^{-3}$	$= m^{-3} \cdot s \cdot A$
densità di corrente elettrica	$j$			$A \cdot m^{-2}$	
conduttività elettrica	$\rho$			$S \cdot m^{-1}$	$= m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
conduttività molare	$\rho$			$S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$	$= kg^{-1} \cdot mol^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
permittività elettrica	$\epsilon$			$F \cdot m^{-1}$	$= m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
permeabilità magnetica	$\mu$			$H \cdot m^{-1}$	$= m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
(intensità) di campo elettrico	$F, E$			$V \cdot m^{-1}$	$= m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
(intensità) di campo magnetico	$H$			$A \cdot m^{-1}$	
magnetizzazione	$M$			$A \cdot m^{-1}$	
luminanza				$cd \cdot m^{-2}$	
esposizione (raggi X e gamma)				$C \cdot kg^{-1}$	$= kg^{-1} \cdot s \cdot A$
tasso di dose assorbita				$Gy \cdot s^{-1}$	$= m^2 \cdot s^{-3}$

## Prefissi

Le unità del SI possono avere prefissi per rendere più comodamente utilizzabili misure grandi e piccole.

Per esempio, la luce visibile ha un'ampiezza d'onda pari più o meno a 0,0000005 m, che, più comodamente, è possibile scrivere come 500 nm.

Si noti l'importanza di utilizzare correttamente i simboli maiuscoli e minuscoli per evitare ambiguità. Non è più permesso utilizzare più prefissi in cascata: ad esempio, non si può scrivere 10 000 m = 1 dakm.

Prefissi del Sistema Internazionale				
10 <sup>n</sup>	Prefisso	Simbolo	Nome	Equivalente decimale
10 <sup>24</sup>	yotta	Y	Quadrilione	1 000 000 000 000 000 000 000 000
10 <sup>21</sup>	zetta	Z	Triliardo	1 000 000 000 000 000 000 000
10 <sup>18</sup>	exa	E	Trilione	1 000 000 000 000 000 000
10 <sup>15</sup>	peta	P	Biliardo	1 000 000 000 000 000
10 <sup>12</sup>	tera	T	Bilione	1 000 000 000 000
10 <sup>9</sup>	giga	G	Miliardo	1 000 000 000
10 <sup>6</sup>	mega	M	Milione	1 000 000
10 <sup>3</sup>	chilo	k	Mille	1 000
10 <sup>2</sup>	etto	h	Cento	100
10	deca	da	Dieci	10
10 <sup>-1</sup>	deci	d	Decimo	0,1
10 <sup>-2</sup>	centi	c	Centesimo	0,01
10 <sup>-3</sup>	milli	m	Millesimo	0,001
10 <sup>-6</sup>	micro	μ	Milionesimo	0,000 001
10 <sup>-9</sup>	nano	n	Miliardesimo	0,000 000 001
10 <sup>-12</sup>	pico	p	Bilionesimo	0,000 000 000 001
10 <sup>-15</sup>	femto	f	Biliardesimo	0,000 000 000 000 001
10 <sup>-18</sup>	atto	a	Trilionesimo	0,000 000 000 000 000 001
10 <sup>-21</sup>	zepto	z	Triliardesimo	0,000 000 000 000 000 000 001
10 <sup>-24</sup>	yocto	y	Quadrilionesimo	0,000 000 000 000 000 000 000 001

Nel 1998 il SI ha introdotto i prefissi per multipli binari per evitare l'ambiguità dovuta al fatto che i prefissi standard, relativi a multipli decimali, vengano usati, invece, per i multipli binari.

Difatti, soprattutto nel mondo informatico, si intende (erroneamente) che 1 kB sia uguale a 1.024 B. I prefissi per multipli binari hanno proprio lo scopo di lavorare secondo le potenze di 2 piuttosto che le potenze di 10 per eliminare ogni ambiguità.

Il simbolo è quello standard con l'aggiunta della lettera "i" minuscola.

Così, 1 kB equivale a 1.000 B, mentre 1 kiB equivale a 1.024 B. Un hard-disk da 2 TB avrà una capacità di 2.000.000.000.000 B o di ~1,819 TiB, mentre un computer con memoria RAM da 4 GiB avrà una capacità di 4.294.967.296 B o di ~4,295 GB.

### Unità **non SI** accettate per essere usate con il Sistema internazionale

Queste unità vengono accettate accanto a quelle ufficiali dell'SI in quanto il loro uso è tutt'oggi molto diffuso in tutta la popolazione anche non di ambiente scientifico.

Il loro uso è tollerato per permettere agli studiosi di far capire le loro ricerche ad un pubblico molto ampio, anche di non esperti nel settore.

Questa categoria contiene soprattutto unità di tempo e di angoli.

In teoria anche i simboli ° ' " andrebbero scritti distanziati dal valore numerico, per esempio «25 °C» è la forma corretta, mentre «25°C» è la forma errata.

Nome	Simbolo	Equivalenza in termini di unità fondamentali 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	°	1° = (π/180) rad
minuto primo	'	1' = (1/60)° = (π/10 800) rad
minuto secondo	"	1" = (1/60)' = (π/648 000) rad
litro	l, L	1 L = 1 dm <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
tonnellata	t	1 t = 10 <sup>3</sup> kg
neper	Np	1 Np = e qualsiasi unità fondamentale dell'SI
bel	B	1 B = (ln 10)/2 Np = 10 qualsiasi unità fondamentale dell'SI

### Unità non SI accettate perché più precise

Queste unità sono accettate perché quelle previste ufficialmente dall'SI sono ricavate tramite relazioni fisiche che includono costanti non conosciute con precisione sufficiente.

In questo caso si tollera l'uso di altre unità non ufficiali per la maggiore precisione ricavata.

Nome	Simbolo	Equivalenza in termini di unità fondamentali SI
elettronvolt	eV	1 eV = 1,602 177 33(49) × 10 <sup>-19</sup> J
unità di massa atomica	u	1 u = 1,660 540 2(10) × 10 <sup>-27</sup> kg
unità astronomica	ua	1 ua = 1,495 978 70(30) × 10 <sup>11</sup> m

### Altre unità non SI attualmente accettate

Queste unità sono attualmente usate in ambiti commerciali, legali, e nella navigazione.

Queste unità dovrebbero essere definite in relazione all'SI in ogni documento in cui vengono usate.

**il loro uso è scoraggiato.**

Nome	Simbolo	Equivalenza in termini di unità fondamentali SI
angstrom	Å	1 Å = 0,1 nm = 10 <sup>-10</sup> m
miglio nautico	nm	1 miglio nautico = 1 852 m
nodo	kn	1 nodo = 1 miglio nautico all'ora = (1 852/3 600) m/s
barn	b	1 b = 100 fm <sup>2</sup> = 10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
ara	a	1 a = 1 dam <sup>2</sup> = 10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
ettaro	ha	1 ha = 1 hm <sup>2</sup> = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>
bar	bar	1 bar = 0,1 MPa = 100 kPa = 1 000 hPa = 10 <sup>5</sup> Pa