

Il Sistema Internazionale di Unità di Misura (SI)

Bibliografia:

UNI_CEI_ISO_1000-2004

Doebelin, Strumenti e metodi di misura - MCGRAW-HILL - Ed2008

http://www.inrim.it/ldm/index_i.shtml

<http://physics.nist.gov/Pubs/SP811/appenB.html>

Unità di misura SI

pagg. 32-46

Guida multimediale al sistema SI

Conversione fra unità di diversi sistemi

REGOLE DI SCRITTURA

I nomi delle unità di misura debbono essere scritti normalmente con tutte le lettere, compresa la prima, minuscole, a meno che non costituiscano la prima parola dopo un punto.

I simboli delle unità di misura devono essere stampati in caratteri romani (dritti) (qualunque siano i caratteri utilizzati nel resto del testo e quindi, per esempio, non in stampatello), devono restare invariati al plurale, devono essere scritti senza il punto finale, salvo il caso della punteggiatura normale, per esempio alla fine di una frase, e devono essere posti dopo il valore numerico completo nell'espressione di una grandezza, lasciando uno spazio tra il valore numerico e il simbolo dell'unità.

I simboli delle unità devono generalmente essere scritti in lettere minuscole; tuttavia la prima lettera è stampata in carattere maiuscolo quando il nome dell'unità deriva da un nome proprio.

Il Sistema Internazionale SI si basa su sette unità di base:

<i>grandezza di base</i>	<i>nome</i>	<i>simbolo</i>
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 DELLE UNITÀ DI BASE DEL SISTEMA INTERNAZIONALE DI UNITÀ

metro: Il metro è la lunghezza del tragitto compiuto dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo di $1/299\,792\,458$ di secondo.

kilogrammo: Il kilogrammo è l'unità di massa; è pari alla massa del prototipo internazionale del kilogrammo.

secondo: Il secondo è la durata di $9\,192\,631\,770$ periodi della radiazione corrispondente alla transizione fra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio-133.

ampere: L'ampere è l'intensità di una corrente elettrica costante che, mantenuta in due conduttori paralleli, rettilinei, di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile e posti alla distanza di 1 m l'uno dall'altro nel vuoto, produrrebbe tra i due conduttori la forza di 2×10^{-7} newton per metro di lunghezza.

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

Oltre alla temperatura termodinamica (simbolo T), espressa in kelvin, si utilizza anche la temperatura Celsius (simbolo t)

definita dall'equazione $t = T - T_0$, dove $T_0 = 273,15$ K per definizione.

Per esprimere la temperatura Celsius, si utilizza l'unità "grado Celsius", che è uguale all'unità "kelvin"; in questo caso, "grado Celsius" è un nome speciale usato al posto di "kelvin".

Un intervallo o una differenza di temperatura si possono esprimere altrettanto bene in gradi Celsius o in kelvin.

mole: La mole è la quantità di sostanza di un sistema contenente tante entità elementari quanti sono gli atomi contenuti in 0,012 kg di carbone-12. Quando si usa la mole, le entità elementari devono essere specificate e possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, altre particelle o gruppi specificati di tali particelle.

Tale quantità, denominata numero di Avogadro, vale circa $6 \cdot 10^{23}$ ($=6,022 14 \cdot 10^{23}$)

candela: La candela è l'intensità luminosa, in una direzione assegnata, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica di frequenza 540×10^{12} hertz e la cui intensità energetica in tale direzione è di 1/683 watt per steradiante.

UNITÀ SI DERIVATE

Tutte le unità SI soddisfano la condizione di congruenza ovvero qualsiasi grandezza del sistema può essere espressa in funzione delle unità di base, senza far ricorso a costanti o coefficienti numerici.

Tutte le unità SI sono pertanto espresse mediante un monomio del tipo :

$$\text{unità SI} = 1 \cdot \text{m}^{\alpha_1} \cdot \text{kg}^{\alpha_2} \cdot \text{s}^{\alpha_3} \cdot \text{A}^{\alpha_4} \cdot \text{K}^{\alpha_5} \cdot \text{cd}^{\alpha_6} \cdot \text{mol}^{\alpha_7}$$

UNITÀ SI DERIVATE CON NOMI SPECIALI

Grandezza derivata	Unità SI derivata		
	Nome speciale	Simbolo	Espressione in termini di unità SI di base
angolo piano	radiante	rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 1$
angolo solido	steradiante	sr	$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2/\text{m}^2 = 1$
frequenza	hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
forza	newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2}$
pressione, sforzo	pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N m}^{-2} = 1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$
energia, lavoro, quantità di calore	joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$
potenza, flusso raggianti	watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3}$
carica elettrica, quantità di elettricità	coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A s}$
potenziale elettrico, differenza di potenziale, tensione elettrica, forza elettromotrice	volt	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3} \text{ A}^{-1}$
capacità elettrica	farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V} = 1 \text{ kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^4 \text{ A}^2$
resistenza elettrica	ohm	Ω	$1 \text{ V/A} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3} \text{ A}^{-2}$

conduttanza elettrica	siemens	S	$1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1} = 1 \text{ kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3 \text{ A}^2$
flusso magnetico	weber	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V s} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ A}^{-1}$
densità di flusso magnetico	tesla	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2 = 1 \text{ kg s}^{-2} \text{ A}^{-1}$
induttanza	henry	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ A}^{-2}$
temperatura Celsius	grado Celsius	°C	$1 \text{ °C} = 1 \text{ K}$
flusso luminoso	lumen	lm	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd sr}$
illuminamento	lux	lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2 = 1 \text{ cd/m}^2$

INCERTEZZA DEI CAMPIONI CONSERVATI PRESSO GLI ISTITUTI METRICI (1σ)

Decreto Ministero dell'Industria n. 391 del 30/11/93

grandezza	nome	simbolo	precisione G.U. 15/02/94	valore di riferimento	precisione INRIM
lunghezza	metro	m	+/- 3,4 x 10 ⁻¹⁰		2,5x10 ⁻¹¹
massa	kilogrammo	kg	+/- 8 x 10 ⁻⁹		2,3 μg=2,3x10 ⁻⁹
tempo	secondo	s	+/- 3 x 10 ⁻¹⁶ (*)		
corrente elettrica	ampere	A	+/- 1,5 x 10 ⁻⁶		
temperatura	kelvin	K	5 x 10 ⁻⁶ 1,2 x 10 ⁻⁶	24,6 K 1235 K	0,1 mK (24,6 K) 0,1 mK (273,16 K) 0,3 K (2500 K)
intensità luminosa	candela	cd	+/- 5 x 10 ⁻³		
densità		kg/m ³	+/- 7 x 10 ⁻⁷		1,5x10 ⁻⁷
portata in massa		kg/s	+/- 4,10 ⁻⁴	1 kg/s	4x10 ⁻⁴ (0,2 – 5 kg s ⁻¹)
forza	newton	N	+/- 2,5 x 10 ⁻⁵	2 N	2,5x10 ⁻⁵ (2 N – 1 MN)
pressione	pascal	Pa	+/- 5 x 10 ⁻⁶	100 Pa	1x10 ⁻² - 8x10 ⁻⁴ (1 mPa – 1 kPa)
			+/- 5 x 10 ⁻⁴	1 GPa	1x10 ⁻⁵ – 1,5x10 ⁻⁴ (6.4 kPa – 1 GPa)

(*) massimo errore di sincronizzazione = +/- 2 μs

VERIFICA DIMENSIONALE DELLE EQUAZIONI

La espressione delle grandezze presenti nelle equazioni in unità di base consente, facilmente, di verificare che tutte le grandezze sommate siano omogenee (=stessa espressione in unità di base) e che siano omogenee le grandezze poste prima e dopo l'uguale delle equazioni. Questo controllo è utilissimo, consente di individuare eventuali errori compiuti nella scrittura delle equazioni, è opportuno che sia eseguito sempre prima di effettuare eventuali calcoli.

La conoscenza dimensionale consente di ricavare equazioni dimenticate; ad esempio quanto vale il periodo di oscillazione di un pendolo?

Il pendolo è caratterizzato da una lunghezza (L), da una massa (M), è soggetto alla accelerazione di gravità (g=L/T²) e quindi il suo periodo di oscillazione può essere espresso tramite la relazione:

$$T = L^{\alpha L} \cdot M^{\alpha M} \cdot g^{\alpha g} = L^{\alpha L} \cdot M^{\alpha M} \cdot L^{\alpha g} \cdot T^{-2\alpha g} = L^{\alpha L + \alpha g} \cdot M^{\alpha M} \cdot T^{-2\alpha g}$$

La verifica dimensionale ci dice che:

Massa: $\alpha M = 0$ e quindi la massa non compare nella equazione

Tempo: $1 = -2\alpha g \Rightarrow \alpha g = -1/2$ e quindi g compare a denominatore sotto radice quadrata

Lunghezza: $\alpha L + \alpha g = 0 \Rightarrow \alpha L = -\alpha g = +1/2$ e quindi L compare a numeratore sotto radice quadrata

Periodo del pendolo: $T = costante \cdot \sqrt{L/g}$

PREFISSI SI

Per poter comunicare in maniera semplice i risultati numerici di misurazioni, sono stati introdotti prefissi standardizzati da utilizzarsi in modo che, abitualmente, i valori numerici siano compresi fra 0,1 e 1 000.

Valore	Fattore Prefisso	Nome prefisso	Simbolo prefisso
1 000 000 000 000 000 000 000 000,0	10^{24}	yotta	Y
1 000 000 000 000 000 000 000,0	10^{21}	zetta	Z
1 000 000 000 000 000 000,0	10^{18}	exa	E
1 000 000 000 000 000,0	10^{15}	peta	P
1 000 000 000 000,0	10^{12}	tera	T
1 000 000 000,0	10^9	giga	G
1 000 000,0	10^6	mega	M
1 000,0	10^3	kilo	k
100,0	10^2	etto	h
10,0	10	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
0,000 000 000 000 000 000 001	10^{-21}	zepto	z
0,000 000 000 000 000 000 000 001	10^{-24}	yocto	y

Si ricordi però che gli errori di calcolo si possono evitare più facilmente se tutte le grandezze vengono espresse in unità SI, utilizzando le potenze di 10 in luogo dei prefissi.

NOTA BENE:

- tutti i nomi dei prefissi sono scritti con lettere minuscole
- tutti i simboli dei prefissi tra 10^{-24} (y) e 10^3 (k) sono scritti con lettera minuscola
- tutti i simboli dei prefissi tra 10^6 (M) e 10^{24} (Y) sono scritti con lettera maiuscola

UNITÀ LOGARITMICHE – DECIBEL dB

Grandezza "livello di una grandezza di potenza"

Data una grandezza di potenza di ampiezza P e un suo valore di riferimento di ampiezza P_0 , si definisce usualmente livello di tale grandezza di potenza la grandezza decibel (simbolo dB), sottomultiplo del bel. La relazione tra le due unità è la seguente:

$$\text{Livello grandezza di potenza} = 10 \lg (P / P_0) \text{ dB}$$

dove \lg indica il logaritmo in base 10.

Qualora, come capita spesso, la potenza sia funzione del quadrato di un'altra grandezza (ad esempio la potenza acustica "P" è legata al quadrato della pressione sonora "p", la potenza elettrica è legata al quadrato della tensione o della corrente circolante, etc.) è possibile esprimere il livello di grandezza di potenza come:

$$10 \lg (P / P_0) \text{ dB} = 10 \lg (p^2 / p_0^2) = 20 \lg (p / p_0) \text{ dB}$$

Ovviamente il valore del risultato, espresso in decibel dipende dalla grandezza alla quale vengono associati ed è quindi sempre indispensabile indicare il valore della grandezza di riferimento " P_0 " o " p_0 ".

L'unità non deve mai essere usata per implicare la grandezza.

L'utilizzo del decibel risulta particolarmente indicato nel caso in cui le grandezze sotto esame possano subire nel tempo variazioni di alcuni ordini di grandezza e per le quali, quindi, risulti problematico esprimerne in forma sintetica ed immediatamente comprensibile il valore.

Esempi di corrispondenza valore, decibel:

valore grandezza		decibel
1 000 000,0 * p_0	$10^6 * p_0$	120
100 000,0 * p_0	$10^5 * p_0$	100
10 000,0 * p_0	$10^4 * p_0$	80
1 000,0 * p_0	$10^3 * p_0$	60
100,0 * p_0	$10^2 * p_0$	40
10,0 * p_0	$10 * p_0$	20
1,414 * p_0	$\sqrt{2} * p_0$	3,0103
1,0 * p_0	$10^0 * p_0$	0
0,707 * p_0	$(1/\sqrt{2}) * p_0$	-3,0103
0,1 * p_0	$10^{-1} * p_0$	-20
0,01 * p_0	$10^{-2} * p_0$	-40
0,001 * p_0	$10^{-3} * p_0$	-60
0,000 1 * p_0	$10^{-4} * p_0$	-80
0,000 01 * p_0	$10^{-5} * p_0$	-100
0,000 001 * p_0	$10^{-6} * p_0$	-120

Nelle misure acustiche la pressione sonora di riferimento è quella corrispondente alla soglia di udibilità dell'orecchio umano e vale $2 * 10^{-5}$ Pa. Il valore di pressione sonora in un ufficio rumoroso è di circa 74dB ovvero pari a 5.000 volte la pressione di riferimento, la soglia del dolore è pari a 144 dB ovvero a 16 milioni di volte la pressione di riferimento.

DISSEMINAZIONE, RIFERIBILITÀ METROLOGICA, MUTUAL CONFIDENCE

La convenzione del Sistema Internazionale delle unità di misura si regge sui seguenti tre principi:

1 - Disseminazione

E' stato realizzato un sistema piramidale allo scopo di rendere disponibili alle industrie ed agli utenti finali interessati le unità di misura, di base e derivate, previste dal SI.

Il sistema ha tre livelli:

- al vertice il BIPM Bureau International des Poids et Mesures,
- un secondo livello costituito dagli Istituti Metrologici nazionali, in Italia INRiM Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica ed ENEA Ente Nazionale per le Energia Alternative, negli Stati Uniti d'America il NIST National Institute of Standards and Technology, ecc.
- un terzo livello costituito dai centri di taratura, in Italia i centri LAT Laboratori Accreditati di Taratura, sino al 2009 denominati centri SIT Sistema Italiano di Taratura, raccolti e autorizzati da Accredia (<http://www.accredia.it/>).

2 - Riferibilità metrologica

Tutti gli strumenti di misura debbono possedere certificati di taratura che facciano riferimento, attraverso ad una catena ininterrotta di tarature, ciascuna delle quali contribuisce all'incertezza di misura, ai campioni primari delle unità di misura realizzati e conservati negli Istituti metrologici nazionali.

3 - Mutual confidence

Gli Istituti Nazionali di Metrologia mutuamente riconoscono equivalenti i propri campioni e i certificati emessi entro i limiti delle *Calibration Measurements Capabilities* – CMC riconosciute nel quadro dell'accordo di mutuo riconoscimento CIPM-MRA. Una società italiana, ad esempio, può farsi certificare in Russia, una società tedesca può farsi certificare in Italia.

Il *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM) ha il compito di coordinare la realizzazione e il mantenimento dei campioni primari e di organizzare i confronti tra campioni al livello più alto. Nel sito web del BIPM (www.bipm.org) vengono pubblicate le CMC riconosciute.

EFFETTI DEGLI ERRORI SULLE UNITA' DI MISURA

La NASA ogni tanto usa il sistema internazionale delle unità di misura e ogni tanto il sistema anglosassone

ANNO XXVI - NUMERO 230

SABATO 2 OTTOBRE 1999

UNA COPIA L. 1.500 EURO 0,77

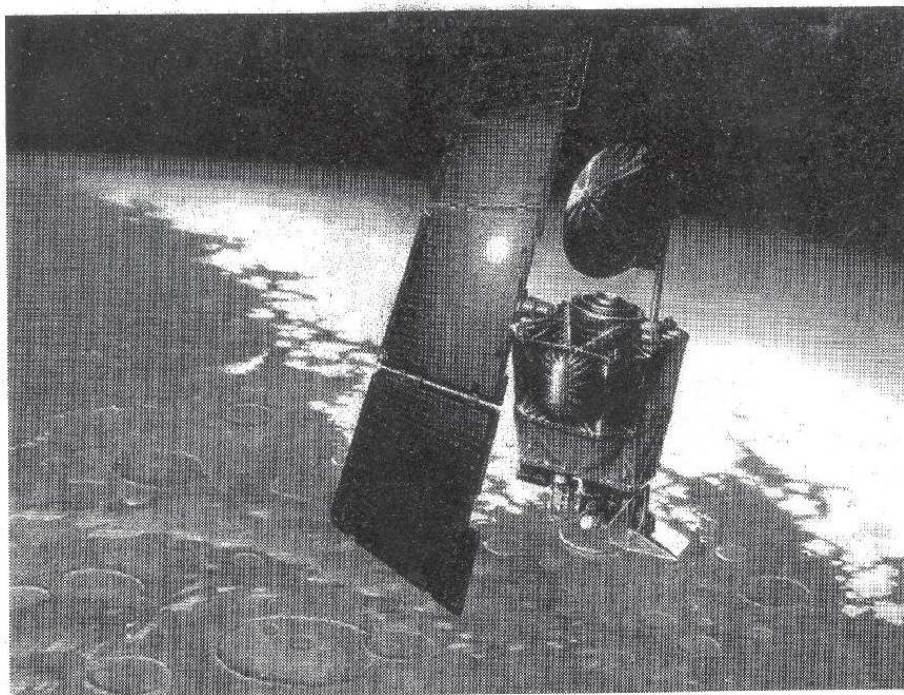
IL GIORNALE + STORIA E DOSSIER L. 7.000 - (INOLTRE PER LE PROVINCE DI CATANZARO-CROTONE-VIBO VALENTIA: IL GIORNALE + GAZZETTA DEL SUD L. 1.500 - PER LA ZONA DI IGLESIAS: IL GIORNALE + L'UNIONE SARDA L. 1.500) - SPED. IN ABBON. POSTALE - 45% - ART. 2 COMMA 20/B - LEGGE 662/96 FIL. DI MILANO - *PREZZO IN EURO SOLO PER L'ITALIA - ABBONAMENTI ITALIA: 7 NUMERI L. 435.000 - 6 N. L. 355.000 - SEMESTRALE 7 N. L. 230.000 - 6 N. L. 190.000

La Nasa scambia i metri per piedi e la sonda si schianta

Centoventicinque milioni di dollari sono svaniti nel nulla lungo la rotta della sonda Orbiter diretta verso Marte. La colpa è degli scienziati Nasa, caduti di fronte a un calcolo che non avrebbe ingannato nemmeno uno scolaro delle elementari: secondo la ricostruzione dei fatti fornita dalla Nasa, gli specialisti erano convinti d'aver mandato in orbita una sonda con tutti i parametri misurati in unità decimali e non in unità inglesi, come in realtà era indicato sul manuale di istruzioni per l'uso della Lockheed Martin Corporation, l'industria che ha fabbricato il velivolo spaziale. Insomma libbre al posto di chili e piedi invece di metri. L'errore, mai scoperto nei dieci mesi in cui l'Orbiter volava

verso il pianeta Marte, ha provocato uno «sbandamento» di rotta di 100 chilometri: alla fine l'Orbiter si è avvicinato troppo all'obiettivo da scrutare ed è stato letteralmente polverizzato dall'atmosfera incandescente. Negli Stati Uniti, naturalmente, ora infuriano le polemiche e le accuse sull'azienda spaziale sono pesanti. Su tutte quella di continuare a privilegiare le esigenze di bilancio ai programmi di sicurezza. Non a caso, il costo dell'Orbiter, per gli standard della Nasa, era stracciaticissimo. Le prime teste, hanno assicurato all'azienda, salteranno presto. Ma il danno per la ricerca scientifica è incalcolabile.

MARIUCCIA CHIANTARETTO A PAGINA 11



La sonda Orbiter, svanita nello spazio a causa del clamoroso errore di calcolo dei tecnici Nasa [FOTO: REUTERS]

IL PRECEDENTE

Non è la prima volta che malintesi derivanti dall'utilizzazione di diversi sistemi di misura provocano inconvenienti. Il caso più bizzarro è quello avvenuto il 23 luglio 1983 ad un bireattore B-767 della Air Canada con 61 passeggeri e 8 persone di equipaggio.

Per un errore di conversione tra il quantitativo di kerosene necessario al volo espresso in galloni e quello espresso in chilogrammi indicato dalla strumentazione (un gallone equivale a 3,785 litri), fu imbarcato solo un quarto del carburante.

Durante un volo interno nella regione di Manitoba, improvvisamente i motori si spensero irrimediabilmente. Il disastro fu evitato solo per il sangue freddo del comandante che fece planare l'aereo come un aliante in un piccolo aeroporto.

e continua ad insistere (e i giornali Italiani non se ne accorgono)

Data 28-09-2009

È sulla Luna il luogo più freddo del sistema solare

■ Il luogo più freddo del sistema solare? Contrariamente a quanto possiamo pensare, è molto vicino a noi: precisamente sulla Luna. Una sonda della Nasa ha appena terminato di ricostruire la mappa delle temperature del nostro satellite e ha mostrato che c'è un luogo al polo sud della Luna dove la temperatura è più bassa di quella che si raggiunge sui pianeti più esterni del sistema solare, come Plutone.

Il luogo si trova all'interno di un cratere che a sua volta è nascosto dentro a un cratere più grande: è un posto perennemente nascosto alla luce del sole dove la temperatura si aggira intorno ai 397 gradi sotto lo zero. Plutone, per fare un esempio, ha una temperatura di circa un grado più alta benché si trovi 40 volte più distante dal Sole. In questa stessa zona, proprio grazie alle basse temperature, si pensa di trovare quantità di acqua più elevate rispetto a quelle individuate nei giorni scorsi sul nostro satellite. ❖