



## ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA Repository Istituzionale

Il nuovo SI: cambia tutto perché nulla cambi - 1ª parte

*Original*

Il nuovo SI: cambia tutto perché nulla cambi - 1ª parte / Balsamo, A.. - In: PROBING. - 25:(2019), pp. 8-12.

*Availability:*

This version is available at: 11696/60745 since: 2019-10-11T11:12:56Z

*Publisher:*

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

# IL NUOVO SI: CAMBIA TUTTO PERCHÉ NULLA CAMBIA - 1<sup>a</sup> PARTE

di Alessandro Balsamo

## Sommario

Il 20 maggio 2019 è una data storica: il *Sistema Internazionale delle unità di misura*, SI, viene completamente rinnovato. Le taglie delle unità di misura rimangono le stesse, ma si modifica innanzi tutto l'impianto concettuale del sistema: più che un rinnovamento, una rifondazione in grande e responsabile continuità. Questo articolo propone un percorso in due tappe: questa prima parte descrive lo SI in vigore fino al 20 maggio, la seconda quello dopo tale data. Per brevità, in questa non preciseremo ogni volta il riferimento allo SI "vecchio", che intendiamo sottinteso. Rimandiamo al prossimo numero di *Probing* per la seconda parte dell'articolo.

## Introduzione

In un mondo sempre più globalizzato sono necessarie lingue e protocolli di comunicazione compresi ed accettati da tutti. L'inglese si è imposto come lingua naturale di comunicazione internazionale; l'informatica ha elaborato raffinati standard di comunicazione e archiviazione che permettono l'uso pervasivo di internet, di reti, programmi e dati. Esiste un'altra lingua globale, di cui forse si ha meno consapevolezza: quella delle unità di misura. Infatti, qualunque scambio commerciale, tecnico, scientifico o sociale non può fare a meno di esprimere valori di grandezze, i quali non possono fare a meno di riferirsi ad unità di misura. Quando affermiamo, ad esempio, che una massa vale  $m = 1,2$  kg, intendiamo che tale massa è 1,2 volte più grande di quella del chilogrammo:  $m/\text{kg} = 1,2$ . Il valore numerico 1,2 non dice nulla della massa  $m$  se non si precisa che si tratta di chilogrammi; e quando indichiamo chilogrammo abbiamo bisogno che tutti si riferiscano alla stessa massa campione, altrimenti prendiamo toma per Roma.

Le grandezze non sono isolate, ma si combinano a formarne altre; ad esempio, se dividiamo una massa per un volume, otteniamo una densità. Notiamo che, per quanto derivata da massa e volume, la densità è una grandezza a se stante, molto importante per caratterizzare i materiali. La densità necessita di una sua unità di misura, distinta da quella sia della massa sia del volume. È facile capire che esistono tantissime grandezze, anzi è addirittura possibile (e comune) inventarne di nuove per specifiche esigenze. Ad esempio, se conducessimo uno studio sugli allevamenti di bovini, potremmo essere interessati alla grandezza *massa di carne prodotta per unità di volume di foraggio*, che sarebbe ancora il rapporto fra una

massa e un volume, ma con tutt'altro significato. Il numero di grandezze è virtualmente illimitato, e ciascuna richiede una sua unità di misura: un bel ginepraio, che richiede senz'altro ordine e disciplina.

Prendiamo due esempi antichi e comuni: la superficie e il volume. Da sempre l'uomo ha necessità di misurare i terreni e la quantità di liquidi e sementi. Per la prima grandezza, si sono utilizzate le unità, ad esempio, *acro* e *giornata* (superficie lavorabile da un contadino in una giornata), mentre per la seconda le unità *misura* (sorta di cesta, soprattutto per le sementi), *brenta* (soprattutto per il vino), e così via. Si è poi capito che, mettendo ortogonali due o tre unità di lunghezza, si possono realizzare unità di superficie e di volume: nascono così il metro quadro e il metro cubo, con grande semplificazione.

L'approccio sistematico alle unità di misura nella sua globalità è fornito dallo SI, il *Sistema Internazionale delle unità di misura* [1]. Esso è il prodotto più notevole della *Convenzione del metro* [2], un trattato diplomatico firmato il 20 maggio 1875 da 17 Paesi (fra cui l'Italia da poco unita), tuttora in vigore nonostante conflitti mondiali e rivolgimenti globali, ed esteso oggi a 59 Stati Membri e 42 Stati ed Economie Associate: un accordo davvero globale. La Convenzione del Metro stabilì le prime unità di misura internazionali (il metro e il chilogrammo) nel 1889; ma ci vollero numerosi decenni perché le unità fossero inquadrare in un sistema coerente: lo SI nasce nel 1948, quasi una risposta unificatrice della

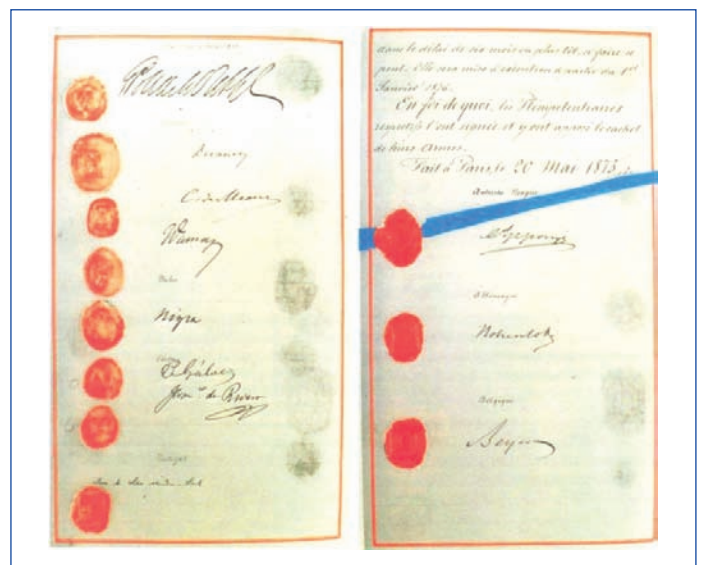


Figura 1 – La Convenzione del Metro, firmata nel 1875 da 17 Paesi, fra cui l'Italia.

scienza alle divisioni e agli orrori della guerra mondiale appena terminata. La Convenzione del Metro, tramite il suo braccio operativo BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures*, con sede a Sevrés vicino a Parigi) e gli organi preposti al suo governo, è garante della lingua globale delle unità di misura.

## Lo SI

La caratteristica probabilmente più notevole ed interessante dello SI è la *coerenza*. Se una grandezza è espressa da una relazione, la medesima porterà alla definizione anche della sua unità di misura. Ad esempio, per la densità vale  $\rho = m/V$ ; allora varrà l'analoga relazione fra le unità di misura:  $[\rho] = [m]/[V]$ , dove  $[Q]$  indica l'unità di misura della grandezza  $Q$ . Così, siccome le unità SI di massa e volume sono rispettivamente  $[m] = \text{kg}$  e  $[V] = \text{m}^3$ , l'unità SI di densità sarà  $[\rho] = \text{kg}/\text{m}^3$ .

Questo parallelismo formale fra grandezze e unità di misura porta a definire, prima ancora che un sistema di unità, un *sistema di grandezze* [1 § 3.3], cioè un *insieme di grandezze e di relazioni non contraddittorie che le legano*. Vi è un legame fra il numero di grandezze e di relazioni del sistema: per ogni grandezza che viene "inventata" e aggiunta al sistema, si aggiunge anche la relazione che la definisce. Dunque, la differenza fra il numero delle une e delle altre è costante; ma quanto vale? Studiando a fondo il problema, si evince che esso vale 7: in un sistema di grandezze, ci sono 7 grandezze in più che relazioni. Ciò significa che ci sono 7 gradi di libertà, o, equivalentemente, che il sistema è indeterminato con ordine 7. Questa indeterminazione deve essere colmata in modo convenzionale: non possiamo pretendere che le grandezze si definiscano mutuamente in modo completo, occorre partire arbitrariamente da qualcuna e definire tutte le altre di conseguenza. Le 7 grandezze prescelte dallo SI, dette *di base* [1 § 3.4], sono *lunghezza, massa, tempo, corrente elettrica, temperatura termodinamica, quantità di sostanza e intensità luminosa*. Definite le grandezze di base, tutte le altre, dette *derivate* [1 § 3.5], sono esprimibili in termini di queste. Si ottiene così un risultato straordinario: chiamata *dimensione* di una grandezza [1 § 3.7] la sua relazione con le grandezze di base, la dimensione di qualunque grandezza è espressa dalla relazione monomia

$$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\epsilon N^\zeta J^\eta$$

dove  $\dim Q$  è la dimensione della grandezza  $Q$ ,  $\{L, M, T, I, \Theta, N, J\}$  sono le dimensioni delle grandezze di base, e  $\{\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta\}$  sono esponenti numerici. Ogni grandezza è caratterizzata da un valore di questa 7-upla di esponenti, sorta di "coordinate" della grandezza nel sistema<sup>1</sup>.

Il passo verso le unità di misura è immediato: le unità delle grandezze di base, dette *unità di base* [1 § 3.7], sono definite in modo indipendente (metro, kilogrammo, secondo, ampere, kelvin, mole, candela), e da queste discendono tutte le altre *unità derivate* [1 § 3.11] mediante la relazione monomia

$$[Q] = \text{m}^\alpha \text{kg}^\beta \text{s}^\gamma \text{A}^\delta \text{K}^\epsilon \text{mol}^\zeta \text{cd}^\eta$$

In essa,  $\{\text{m}, \text{kg}, \text{s}, \text{A}, \text{K}, \text{mol}, \text{cd}\}$  sono le unità di base e gli esponenti

sono i medesimi della corrispondente relazione fra grandezze: la 7-upla  $\{\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta\}$  costituisce le "coordinate" non solo della grandezza ma anche della sua unità nello SI. Così, ad esempio, l'unità di densità  $\text{kg}/\text{m}^3$  sarà identificata dalla 7-upla  $\{-3, 1, 0, 0, 0, 0, 0\}$ . Questo schema è riassunto in Tabella 1.



Figura 2 – Logo ufficiale dello SI.

Nome	Grandezza di base		Unità di base	
	Simbolo	Dimensione	Nome	Simbolo
Lunghezza	$l, x, r$ , ecc.	L	metro	m
Massa	$m$	M	kilogrammo	kg
Tempo, durata	$t$	T	secondo	s
Corrente elettrica	$I, i$	I	ampere	A
Temperatura termodinamica	$T$	$\Theta$	kelvin	K
Quantità di sostanza	$n$	N	mole	mol
Intensità luminosa	$I_v$	J	candela	cd

Tabella 1 – Grandezze e unità di base

Per ottenere completa coerenza, occorre aggiungere un'altra proprietà: che le unità derivate siano ottenute con fattori numerici tutti unitari. Per illustrare il concetto, confrontiamo un controesempio non SI con un esempio SI.

Consideriamo il *cavallo vapore*, unità non SI di potenza usata in passato soprattutto per i motori. Si parte dall'unità di forza *chilogrammi forza*,  $\text{kg}_F$ , pari al peso della massa<sup>2</sup> di 1 kg (l'unità SI della forza è invece il newton, N); il lavoro o energia è il prodotto di una forza per uno spostamento, e lo si misura in *chilogrammetri*,  $\text{kgm} = \text{kg}_F \cdot \text{m}$ . Poiché la potenza è la quantità di lavoro o energia nell'unità di tempo, verrebbe da pensare che la potenza si misuri allora in *chilogrammetri al secondo*,  $\text{kgm}/\text{s}$ ; e invece la definizione di *cavallo vapore* introduce un fattore 75 arbitrario, per cui  $1 \text{ CV} = 75 \text{ kgm}/\text{s}$ . La scelta di tale fattore deriva storicamente dalla volontà di dare al cavallo vapore una taglia prossima alla potenza esprimibile da un cavallo animale; scelta legittima, ma che

impone d'introdurre il fattore 75 nei calcoli, complicandoli notevolmente ed esponendoli al rischio di dimenticarsene e sbagliare così di quasi due ordini di grandezza. La scelta di coerenza dello SI è invece opposta: se da una definizione coerente discende un'unità di taglia molto piccola o grande, fa nulla, sono definiti e disponibili multipli e sottomultipli. Ad esempio, la capacità elettrica è definita come la carica elettrica accumulata per unità di tensione ai capi:  $C = q/U$ . Ne segue che l'unità coerente di capacità elettrica è  $[C] = C/V = m^{-2}kg^{-1}s^4A^2$  ( $[C]$  è l'unità di capacità  $C$ ,  $C$  è il simbolo del coulomb, unità di carica elettrica, e  $V$  il simbolo del volt, unità di tensione); per la sua importanza, a tale unità vien dato il nome speciale di farad (simbolo F). Purtroppo, la capacità di 1 F è enorme, tale da non incontrarsi quasi mai nella pratica. Poco male: nelle applicazioni elettrotecniche ed elettroniche si farà ricorso al microfarad ( $\mu F$ ), al nanofarad (nF) e persino al picofarad (pF). In tabella 2 sono riportati i multipli e sottomultipli definiti dallo SI, ed i loro simboli. Approfittiamo di questo esem-

pio in campo elettrico per illustrare un'altra caratteristica dello SI. Ad alcune unità di misura viene assegnato un nome speciale, per brevità e compattezza. Spesso, questo è scelto in onore di un illustre scienziato del settore. Ad esempio, il farad è nome dato al coulomb per volt in onore di Michael Faraday, chimico e fisico inglese della prima metà del '800<sup>3</sup>. In tabella 3 sono riportate le unità più comuni cui è assegnato un nome speciale. La proprietà di coerenza dello SI fa sì che nei calcoli si possano trasformare tutte le unità in gioco nelle corrispondenti unità di base, svolgere i calcoli, ed infine ritrasformare nell'unità d'interesse, senza preoccuparsi di ricordare ed introdurre fastidiosi coefficienti arbitrari. Il ginepraio è riordinato, ad ottenere un sistema coerente e pratico.

### Le unità di base

Uno dei punti critici dello SI è la necessità di selezionare arbitrariamente sette unità di base e di assegnare loro definizioni indipendenti. Questo spezza la simmetria concettuale del sistema: le grandezze di base non hanno nulla di più o di meno di quelle derivate, ma sono tali per pura convenzione storica. Alcune unità di misura sono antichissime, e corrispondono alle necessità più basilari dell'uomo. Ben prima di scoprire elettricità e radiazioni nucleari, vi era necessità di misurare distanze (nel commercio, in architettura, nella manifattura, nella cartografia, in campo militare), tempo (per ogni aspetto della vita) e masse (nel commercio, in architettura, nei trasporti). Non a caso, quelle di lunghezza, tempo e massa sono unità di base. Ciascuna ha avuto una storia nel corso dei secoli, e si è evoluta per tenere il passo con gli avanzamenti scientifici e tecnologici. In un precedente articolo su *Probing* [4] abbiamo raccontato per sommi capi la travagliata storia del metro,

Multipli			Sottomultipli		
Fattore	Nome	Simbolo	Fattore	Nome	Simbolo
10 <sup>1</sup>	deca	da	10 <sup>-1</sup>	deci	d
10 <sup>2</sup>	etto	h	10 <sup>-2</sup>	centi	c
10 <sup>3</sup>	kilo	k	10 <sup>-3</sup>	milli	m
10 <sup>6</sup>	mega	M	10 <sup>-6</sup>	micro	$\mu$
10 <sup>9</sup>	giga	G	10 <sup>-9</sup>	nano	n
10 <sup>12</sup>	tera	T	10 <sup>-12</sup>	pico	p
10 <sup>15</sup>	peta	P	10 <sup>-15</sup>	femto	f
10 <sup>18</sup>	exa	E	10 <sup>-18</sup>	atto	a
10 <sup>21</sup>	zetta	Z	10 <sup>-21</sup>	zepto	z
10 <sup>24</sup>	yotta	Y	10 <sup>-24</sup>	yocto	y

Tabella 2 – Multipli e sottomultipli SI

Grandezza	Unità	Simb.	Definizione	Unità di base	In onore di
angolo piano	radiante	rad	m/m (*)	1	
angolo solido	steradiano	sr	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> (**)	1	
frequenza	hertz	Hz	1/s	s <sup>-1</sup>	Heinrich R. Hertz (DE, 1857-1894)
forza	newton	N	kg m/s <sup>2</sup>	m kg s <sup>-2</sup>	Isaac Newton (GB, 1642-1727)
pressione	pascal	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>	Blaise Pascal (FR, 1623-1662)
lavoro, energia	joule	J	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>	James P. Joule (GB, 1818-1889)
potenza	watt	W	J/s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>	James Watt (GB, 1736-1819)
carica	coulomb	C	A s	s A	Charles A. de Coulomb (FR, 1736-1806)
tensione	volt	V	W/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>	Alessandro Volta (IT, 1745-1827)
capacità elettrica	farad	F	C/V	m <sup>-2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>2</sup>	Michael Faraday (GB, 1791-1867)
resistenza elettrica	ohm	$\Omega$	V/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>	Georg Ohm (DE, 1789-1854)
flusso magnetico	weber	Wb	V s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>	Wilhelm E. Weber (DE, 1804-1891)
densità di flusso magnetico	tesla	T	Wb/m <sup>2</sup>	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>	Nikola Tesla (RS, 1856-1943)
induttanza	henry	H	Wb/A	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>	Joseph Henry (US, 1797-1878)
flusso luminoso	lumen	lm	cd sr	cd	
illuminamento	lux	lx	lm/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> cd	
dose equivalente di radiazione	sievert	Sv	J/kg	m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>	Rolf Sievert (SE, 1896-1966)

(\*) Rapporto fra lunghezza di un arco di circonferenza sotteso e raggio.

(\*\*) Rapporto fra l'area di una calotta sferica sottesa e raggio al quadrato.

Tabella 3 – Principali unità SI con nome speciale

iniziata alla vigilia della rivoluzione francese. Le sette unità di base SI sono riassunte in tabella 4, dove è pure indicato l'anno in cui ne è stata adottata formalmente la più recente definizione. L'ultima colonna indica la conseguenza diretta di ciascuna definizione. Per comprendere meglio, consideriamo il caso semplice della definizione dell'unità di lunghezza forse più antica della storia, il  *cubito regale egizio*  (figura 3).

Misurare una lunghezza, ad esempio di una stoffa, significava stabilirne il rapporto con quella del cubito: una lunghezza di due cubiti era doppia di quella del cubito. Conseguenza diretta che la lunghezza del cubito era di un cubito  *esattamente* . Quest'apparente ovvietà è invero tutt'altro che ovvia: definire un'unità di misura significa individuare in natura una grandezza di quel tipo e assegnarvi un valore numerico (1 nel caso del cubito)  *per definizione*  e quindi  *senza incertezza* . Ciò non significa che le misure per riferimento a quell'unità siano perfette, sia perché la determinazione di quel rapporto è affetta da incertezza, sia perché la stessa unità di misura potrebbe essere definita in modo non totalmente univoco e perfettamente stabile nel tempo. Ad esempio, il cubito aveva facce estreme non perfettamente piane e parallele, e la sua lunghezza variava a seconda della scelta dei punti opposti; inoltre il legno di cui era fatto subiva invecchiamento e influenze ambientali, e quindi non era perfettamente stabile. Le definizioni delle unità di base fissano per convenzione il valore numerico di una grandezza. Scorrendo l'ultima colonna della tabella 4, si può notare che quella del kilogrammo è l'unica



Figura 3 – Cubito regale egizio - Nuovo Regno, XVIII dinastia, 1539 a.C. - 1292 a.C. (conservato presso il Museo Egizio di Torino).

riferita ad un oggetto manufatto, il prototipo internazionale  $\mathcal{K}$  un cilindretto di platino-iridio conservato in cassaforte presso il BIPM a Sèvres. Tutte le altre definizioni sono dematerializzate, cioè le grandezze definite sono o costanti universali (la velocità della luce in vuoto  $c$  per il metro, la permeabilità magnetica del vuoto  $\mu_0$  per l'ampere), o caratteristiche di materiali (la frequenza di una transizione atomica del cesio 133  $\nu(\text{hfs Cs})$  per il secondo, la temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua  $T_{\text{tpw}}$  per il kelvin, e la massa molare del carbonio 12  $M(^{12}\text{C})$  per la mole), o

		Definizione		Risulta definita
metro	m	Il metro è la lunghezza del percorso compiuto da un raggio di luce nel vuoto in un intervallo di tempo pari a 1/299 792 458 s	1983	Velocità della luce in vuoto: $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$
kilogrammo	kg	Il kilogrammo è l'unità di massa; è uguale alla massa del Prototipo Internazionale del kilogrammo	1901	Massa del prototipo internazionale del kilogrammo: $m(\mathcal{K}) = 1 \text{ kg}$
secondo	s	Il secondo è la durata di 9 192 631 770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra due livelli iperfini dello stato di base dell'atomo di Cesio 133	1968	Frequenza della transizione iperfine nello stato di base dell'atomo di Cesio 133: $\nu(\text{hfs Cs}) = 9\,192\,631\,770 \text{ Hz}$
ampere	A	L'ampere è l'intensità di corrente continua che, se mantenuta in due conduttori rettilinei paralleli di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile, posti a una distanza di 1 m nel vuoto, produrrebbe tra i conduttori una forza pari a $2 \times 10^{-7} \text{ N}$ per metro di lunghezza	1948	Permeabilità magnetica del vuoto: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$
kelvin	K	Il kelvin, unità di temperatura termodinamica, è la frazione 1/273,16 della temperatura del punto triplo dell'acqua	1968	Temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua: $T_{\text{tpw}} = 273,16 \text{ K}$
mole	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.	1971	Massa molare del carbonio 12: $M(^{12}\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$
candela	cd	La candela è l'intensità luminosa, in una data direzione, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica di frequenza $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ e la cui intensità energetica in quella direzione è 1/683 W/sr	1979	Efficienza luminosa della radiazione monocromatica di frequenza 540 THz: $K_{\text{cd}} = 683 \text{ lm/W}$

Tabella 4 – Le unità di base SI in vigore fino al 20 maggio 2019

costanti arbitrarie (l'efficienza luminosa a 540 THz  $K_{cd}$  per la candela, per legare la potenza della radiazione luminosa alla percezione media dell'occhio umano). Il kilogrammo, legato ad un manufatto fisico, costituisce un'anomalia del sistema; torneremo diffusamente su questo punto nella seconda parte di quest'articolo, perché esso costituisce una delle ragioni principali per la ridefinizione dello SI.

Notiamo infine che l'assegnazione di valori senza incertezza a grandezze campione avviene solo per le unità di base: quelle derivate risultano automaticamente definite e non è più possibile assegnarvi ulteriori valori. Il sistema coerente SI minimizza l'arbitrarietà delle definizioni, confinandola alle sole unità di base.

## Conclusioni

Il Sistema Internazionale delle unità di misura SI è un pilastro fondamentale che rende possibile parlare la medesima lingua delle misure ovunque nel mondo. In aggiunta al valore inestimabile di un accordo globale sulle definizioni delle unità, il sistema è dotato del massimo grado possibile di coerenza interna. Generazioni di scienziati da tutto il mondo hanno contribuito a studiare e rende-

re possibile tutto ciò. Il progresso non si ferma, e sempre nuove esigenze sorgono nella scienza e nella tecnica, alle quali la metrologia deve dare nuove risposte. Lo SI descritto in questa parte di articolo, per quanto ottimo e con lungo e onorevole stato di servizio, dal 20 maggio 2019 viene sostituito con un nuovo SI, ancora migliore e più adeguato alle esigenze. Di questo parleremo nella seconda parte, sul prossimo numero di *Probing*.

## Riferimenti

1. BIPM, 2006, Le Système international des Unités SI, SI brochure 8ª edizione, [www.bipm.org/en/publications/si-brochure](http://www.bipm.org/en/publications/si-brochure)
2. La Convenzione del Metro, [www.bipm.org/en/worldwide-metrology/metre-convention](http://www.bipm.org/en/worldwide-metrology/metre-convention)
3. UNI CEI EN ISO 80000 1:2013 Grandezze ed unità di misura – Parte 1: Generalità
4. A. Balsamo, 2012, Addio vecchio SI, *Probing* 19:13-16.

<sup>1</sup> Più precisamente, la 7-upla individua univocamente una dimensione. Poiché grandezze diverse possono avere la stessa dimensione, ad ogni grandezza corrisponde una sola 7-upla, ma non viceversa. Ad esempio, lavoro meccanico, calore e coppia condividono la stessa dimensione e quindi la stessa 7-upla.

<sup>2</sup> Si vede subito che tale unità non è ben definita: una massa pesa in ragione dell'accelerazione di gravità locale, che varia (poco) sulla terra a seconda di latitudine, longitudine, quota e configurazione geologica locale, e (molto) quando ci si allontana dalla terra, ad esempio nelle applicazioni spaziali. Ciò non ne ha impedito l'uso nel cosiddetto *sistema degli ingegneri*. La cattiva definizione non rileva in questo controesempio.

<sup>3</sup> Talvolta, il nome dell'unità è un'abbreviazione di quello della persona: per esempio, farad invece che Faraday, volt invece che Volta. Per distinguere la persona dall'unità, quest'ultima si scrive minuscola; così Watt è la persona, watt l'unità di potenza. Le unità battezzate con nomi di persona sono riconoscibili dal simbolo maiuscolo, ad esempio W per il watt.



## REDAZIONE

### Direttore Editoriale

Annarita Lazzari

### Comitato di redazione

Alessandro Balsamo, Annarita Lazzari, Giovanni Salierno

### Segreteria di redazione

Associazione CMM Club Italia,  
Strada delle Cacce 91  
10135 Torino

### Progetto editoriale

Annarita Lazzari

### Progetto grafico e composizione

Marco Perrone

### Pubblicato da

Associazione CMM Club Italia

### Hanno collaborato a questo numero:

Annarita Lazzari, Davide Corona, Alessandro Balsamo

### In copertina: /

## CONTATTO

Lettere, commenti, osservazioni e richieste possono essere indirizzati a:  
Associazione CMM Club Italia, Strada delle Cacce 91 - 10135 Torino (TO) -  
Tel. 011-3919970 - fax: 011-3919747 - E-mail: [segreteria@cmmclub.it](mailto:segreteria@cmmclub.it)

## CONTRIBUTI

La Redazione accetta e gradisce articoli e notizie, compatibilmente con lo spazio disponibile, riservandosi ogni decisione sul momento e la forma della pubblicazione. Si accettano memorie e deduzioni anche in contrasto con quanto già pubblicato, salvo il diritto di replica da parte degli interessati. La pubblicazione degli articoli non significa riconoscimento da parte del Comitato di Redazione. La responsabilità tecnica e scientifica dei testi pubblicati spetta ai rispettivi autori, le cui teorie ed opinioni non impegnano l'Associazione CMM Club Italia che declina ogni eventuale responsabilità relativa all'uso, alla realizzazione, alle applicazioni delle informazioni e delle notizie pubblicate sotto qualsiasi forma.

La Redazione accetta i titoli degli articoli come indicazione di massima, riservandosi di intervenire sugli stessi in base a criteri di valutazione generale nell'economia del numero. Originali ed illustrazioni ricevuti non sono di regola restituiti. Non si assume nessuna responsabilità per la perdita dei materiali ricevuti.

## RIPRODUZIONI

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta o trasmessa in nessuna forma od attraverso nessun mezzo, elettronico o meccanico, includendo fotocopie e registrazioni, per nessuno scopo, salvo l'autorizzazione scritta dell'Associazione CMM Club Italia.

I marchi registrati sono riconosciuti ai rispettivi proprietari.

Copyright 1998-2018 Associazione CMM Club Italia. Tutti i diritti riservati.