



Universitat de Girona
Escola Politècnica Superior

SISTEMES D'UNITATS
EL SISTEMA INTERNACIONAL (SI)

Josep Xargayó i Bassets

SISTEMES D'UNITATS

1.- EL SISTEMA INTERNACIONAL

Actualment, el sistema d'unitats reconegut internacionalment és el Sistema Internacional (SI), basat en el sistema Giorgi, que té com a unitats fonamentals les quatre del sistema MKSA (metre, quilogram, segon, ampere), a més del kelvin per a les temperatures, el mol per a la quantitat de matèria, i la candela per a la intensitat lluminosa. A la vegada té també dues unitats suplementàries; el radiant per a angles plans i l'estereoradiant per a angles sòlids.

Encara que ja havia estat adoptat abans, fou proposat internacionalment l'any 1960 per la 11a Conférence Générale de Poids et Mesures. L'any 1964 va ser adoptat pel National Bureau of Standards.

A continuació, a la taula I es mostren les unitats bàsiques i suplementàries del SI, i també els seus símbols:

UNITATS BÀSIQUES

<u>Magnitud</u>	<u>Unitat</u>	<u>Símbol</u>
Longitud	metre	m
Massa	quilogram	kg
Temps	segon	s
Intensitat de corrent elèctric	ampere	A
Temperatura termodinàmica	kelvin	K
Intensitat lluminosa	candela	cd
Quantitat de matèria	mol	mol

UNITATS SUPLEMENTÀRIES

<u>Magnitud</u>	<u>Unitat</u>	<u>Símbol</u>
Angle pla	radiant	rd
Angle sòlid	estereoradiant	sr

Taula I

2.- UNITATS BÀSIQUES I SUPLEMENTÀRIES

Longitud: La unitat fonamental de longitud és el metre (m), definida com la longitud del trajecte recorregut en el buit per a la llum durant 1/299 792 458 segons. Aquesta definició, decidida per la 17a Conferència General de Pesos i Mesures (1983) substitueix totes les que s'havien donat anteriorment; les més conegudes són: longitud igual a 1 650 763,73 vegades la longitud d'ona, en el buit, de la radiació corresponent a la transició entre els nivells $2p^{10}$ i $5d^5$ de l'àtom de criptó-86 (11a Conferència, 1960); distància entre dues marques molt fines traçades en una barra de platí-iridi refredada a 0°C , i anomenada metre patró (1a Conferència, 1889); deu milionèsima part de la distància des del pol terrestre fins a l'equador (Assemblea Nacional Francesa, 1790).

Massa: La unitat fonamental de massa és el quilogram (kg), definida com la massa d'un bloc de platí iridiat conservat, junt amb el metre patró, en el Bureau International des Poids et Mesures de Sèvres (França). Aquesta definició va ser donada a la 1a Conferència de Pesos i Mesures (1889) i confirmada el 1960, coincidint amb la de 0.001 vegades la massa d' 1m^3 d'aigua a 4°C .

Temps: La seva unitat fonamental és el segon (s), definida com la durada de 9 192 631 770 períodes de la radiació corresponent a la transició entre els dos nivells hiperfins de l'estat fonamental de l'àtom de cesi-133 (13a Conferència, 1967). Aquesta definició substitueix la molt antiga de 1/86 400 del dia solar mitjà o a la 1/31 556 925,9747 de l'any tròpic de 1900 (Roma, 1952 i ratificada per l'11a Conferència, 1960).

Corrent elèctric: El 1948, la Conferència General de Pesos i Mesures adopta l'ampere (A) com a unitat fonamental d'intensitat de corrent elèctric i el defineix com la intensitat d'un corrent constant que, passant per dos conductors paral·lels de llargada infinita i secció negligible, situats a un metre de distància en el buit, produeix entre ambdós conductors una força de 2×10^{-7} newtons per metre de longitud.

Temperatura termodinàmica: L'any 1954, la Conferència General de Pesos i Mesures va escollir el punt d'equilibri de l'aigua, vapor d'aigua i gel (punt triple) com el punt fix fonamental de l'escala de temperatura termodinàmica. L'any 1967 es va donar el nom de kelvin (K) a la unitat de temperatura termodinàmica, assignant la temperatura de 273,16 K al punt triple de l'aigua. Així, el kelvin es defineix com la fracció 1/273,16 de la temperatura termodinàmica de l'aigua. El kelvin té una relació

directa amb l'escala Celsius (abans escala centígrada), ja que el seu grau es igual al kelvin i el seu zero correspon a 273,15 K.

Intensitat lluminosa: La unitat fonamental de intensitat lluminosa és la candela (cd), definida com la intensitat lluminosa, en una direcció donada, de una font que emiteix una radiació monocromàtica de freqüència 540×10^{12} Hz i amb una intensitat radiant, en aquesta direcció, de 1/683 wats per estereoradiant. Aquesta definició substitueix a la que expressava a la candela com la intensitat lluminosa, en direcció perpendicular, d'una superfície de $1/600\,000 \text{ m}^2$ d'un cos negre, a la temperatura de solidificació del platí sota una pressió de 101 325 newtons per metre quadrat.

Mol: La unitat de quantitat de matèria és el mol, que es defineix com la quantitat de substància d'un sistema, que conté tantes entitats elementals com àtoms existeixen en 0,012 kg de carboni-12. Aquesta unitat va ser afegida a les altres sis unitats bàsiques del SI l'any 1971.

Unitats suplementàries: Les dues unitats suplementàries del SI son el radiant (rd) per a angles plans (equival a l'angle que, amb el vèrtex situat al centre d'una circumferència, determina sobre aquesta un arc la mesura del qual és igual al radi), i l'estereoradiant (sr) per a angles sòlids (l'angle sòlid total amb centre en un punt és igual a 4π estereoradiants).

3.- UNITATS DERIVADES

Les unitats derivades s'expressen en funció de les unitats fonamentals i suplementàries, o només amb aquestes últimes. A la taula II s'inclouen alguns exemples de les unitats SI derivades, expressades a partir de les unitats bàsiques i suplementàries, i d'aquelles que prenen noms i símbols especials.

Magnitud	Unitat			
	Nom	Símbol	Expr. usual	Expr. en SI bàsiques
Freqüència	hertz	Hz	-----	s^{-1}
Força	newton	N	-----	$m.kg.s^{-2}$
Pressió, tensió	pascal	Pa	$N.m^2$	$m^{-1}.kg.s^{-2}$
Energia, treball, quantitat de calor	joule	J	$N.m$	$m^2.kg.s^{-2}$
Potència	watt	W	$J.s^{-1}$	$m^2.kg.s^{-3}$
Càrrega elèctrica	coulomb	C	-----	$A.s$
Potencial elèctric	volt	V	$W.A^{-1}$	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-1}$
Resistència elèctrica	ohm	Ω	$V.A^{-1}$	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-2}$
Conductància elèctrica	siemens	S	$A.V^{-1}$	$m^{-2}.kg^{-1}.s^3.A^2$
Capacitat elèctrica	farad	F	$C.V^{-1}$	$m^{-2}.kg^{-1}.s^4.A^{-1}$
Flux magnètic	weber	Wb	$V.s$	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-1}$
Inducció magnètica	tesla	T	$Wb.m^{-2}$	$kg.s^{-2}.A^{-1}$
Inductància	henry	H	$Wb.A^{-1}$	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-2}$
Flux lluminós	lumen	lm	-----	$cd.sr$
Il.luminància	lux	lx	$lm.m^{-2}$	$cd.sr.m^{-2}$

Taula II

4.- MÚLTIPLES I SUBMÚLTIPLES DE LES UNITATS SI

El SI utilitza el sistema decimal per relacionar unitats més grans i més petites que la unitat patró, a la vegada que utilitza prefixos estàndard per identificar diverses potències de deu (Taula III).

Factor	Prefix	Símbol	Factor	Prefix	Símbol
10 ¹⁸	exa	E	10 ⁻¹	deci	d
10 ¹⁵	peta	P	10 ⁻²	centi	c
10 ¹²	tera	T	10 ⁻³	mili	m
10 ⁹	giga	G	10 ⁻⁶	micro	μ
10 ⁶	mega	M	10 ⁻⁹	nano	n
10 ³	kilo	k	10 ⁻¹²	pico	p
10 ²	hecto	h	10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ¹	deca	da	10 ⁻¹⁸	atto	a

Taula III

5.- REGLES D'ESCRITURA I ÚS

Dins del SI existeixen una sèrie de regles d'escriptura dels símbols, noms i números que es poden resumir en els punts següents:

- 1.- Els símbols de les unitats SI, amb rares excepcions (per exemple l'ohm , Ω), s'expressen amb caràcters romans i, en general, amb minúscules. Si aquests símbols corresponen a unitats derivades de noms propis, la lletra inicial és majúscula (per exemple el volt, V).
- 2.- Els símbols no van seguits per cap punt ni prenen la s per al plural.
- 3.- Quan el símbol d'un múltiple o submúltiple d'una unitat porta exponent, aquest afecta tot el conjunt del símbol. Per exemple, km² significa (km)² i no k(m)².
- 4.- El símbol de la unitat segueix al del prefix sense espai.
- 5.- El producte dels símbols de dues o més unitats s'indica, amb preferència, mitjançant un punt per designar la multiplicació. Aquest punt pot ésser suprimit en cas que no se'l pugui confondre amb un altre símbol d'unitat. Per exemple, newton-metre es pot escriure N.m o Nm, però no mN, ja que això significaria milinewton.

6.- Per expressar un quocient d'unitats, es podrà utilitzar la barra obliqua (/), la barra horitzontal (-) o les potències negatives. Per exemple, aquestes tres expressions són correctes: m/s , $\frac{m}{s}$ o $m \cdot s^{-1}$.

7.- Per tal d'evitar ambigüitats, no s'introduirà en una mateixa línia més d'una barra obliqua, si no és que s'utilitzen parèntesis. Per exemple, són correctes m/s^2 o $m \cdot s^{-2}$, però no ho és $m/s/s$.

8.- Els noms de les unitats que provenen dels noms de científics eminents, s'escriuen amb idèntica ortografia, però amb minúscules (ampere, volt, etc.). En textos que no siguin tècnics, es poden utilitzar variants ortogràfiques catalanes de les formes internacionals (amper, joule, etc.)

9.- Els noms de les unitats poden tenir plural, no així els símbols, com ja s'ha indicat en l'apartat 2. (10 newtons, 10 N).

10.- En els números, la coma decimal només s'utilitza per separar la part entera de la decimal. Per tal de facilitar la lectura, els números poden estar dividits en grups de tres xifres (a partir de la coma, si existeix); aquests grups no es podran separar ni amb punts ni amb comes.

11.- Els múltiples i submúltiples decimals de les unitats SI es formen a partir de prefixos, que designen els factors numèrics decimals pels quals es multiplica la unitat i que s'han especificat a la taula III.

12.- El símbol d'un prefix es considera combinat amb el símbol de la unitat a la qual està directament lligat, sense espai entremig, formant així el símbol d'una nova unitat (3 mV, 10 μ A, 1 cm^3).

13.- No s'admeten els prefixos compostos per la juxtaposició de diversos prefixos SI. Per exemple, no serà correcte $m\mu m$ (milimicròmetre) però sí nm (nanòmetre). Per raons històriques, la unitat de massa és l'única que té un prefix. Els noms dels múltiples i submúltiples de la unitat de massa es formaran a partir de la paraula gram i els seus símbols a partir del símbol g. Per exemple, no serà correcte $1\mu kg$, però sí que ho serà 1mg.