

I. DISPOSICIONS GENERALS**MINISTERI D'INDÚSTRIA, TURISME I COMERÇ**

2625 *Correcció d'errors i errades del Reial decret 2032/2009, de 30 de desembre, pel qual s'estableixen les unitats legals de mesura.*

Havent observat errors i errades relatius a l'escriptura de símbols i caràcters en el Reial decret 2032/2009, de 30 de desembre, pel qual s'estableixen les unitats legals de mesura, publicat en el «Butlletí Oficial de l'Estat» número 18, de 21 de gener de 2010, i en el seu suplement en català, es torna a publicar l'annex complet en la versió catalana:

ANNEX

Capítol I

Unitats bàsiques de l'SI

1. Enumeració de les unitats bàsiques de l'SI.

1. Les magnituds a les quals es refereixen i el nom i símbol de les unitats bàsiques de l'SI són els següents:

Taula 1

Unitats SI bàsiques

Magnitud	Nom de la unitat	Símbol de la unitat
longitud	metre	m
massa	quilogram	kg
temps, durada	segon	s
corrent elèctric	ampere	A
temperatura termodinàmica	kelvin	K
quantitat de substància	mol	mol
intensitat lluminosa	candela	cd

2. Definicions de les unitats bàsiques de l'SI.

Les definicions de les unitats bàsiques de l'SI són les següents:

2.1 Unitat de longitud (metre, m): el metre és la longitud del trajecte recorregut en el buit per la llum durant un temps d' $1/299\,792\,458$ de segon.

D'aquí resulta que la velocitat de la llum en el buit és igual a $299\,792\,458$ metres per segon exactament, $c_0 = 299\,792\,458$ m/s.

2.2 Unitat de massa (quilogram, kg): el quilogram és la unitat de massa; és igual a la massa del prototip internacional del quilogram, adoptat per la Tercera Conferència General de Pesos i Mesures el 1901.

2.3 Unitat de temps (segon, s): el segon és 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.

D'aquí resulta que la freqüència de la transició hiperfina de l'estat fonamental de l'àtom de cesi és igual a $9\,192\,631\,770$ hertz, $\nu(\text{hfs Cs}) = 9\,192\,631\,770$ Hz. Aquesta definició es refereix a un àtom de cesi en repòs, a una temperatura de 0 K.

2.4 Unitat d'intensitat de corrent elèctric (ampere, A): l'ampere és la intensitat d'un corrent constant que, mantenint-se en dos conductors paral·lels, rectilinis, de longitud infinita, de secció circular menyspreable i situats a una distància d'1 metre l'un de l'altre, en el buit, produiria entre aquests conductors una força igual a 2×10^{-7} newtons per metre de longitud.

D'aquí resulta que la constant magnètica, μ_0 , també coneguda com a permeabilitat del buit, és exactament igual a $4\pi \times 10^{-7}$ henrys per metre, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m.

2.5 Unitat de temperatura termodinàmica (kelvin, K): el kelvin, unitat de temperatura termodinàmica, és la fracció $1/273,16$ de la temperatura termodinàmica del punt triple de l'aigua. Aquesta definició es refereix a una aigua d'una composició isotòpica definida per les següents relacions de quantitat de substància: 0,000 155 76 mols de ^2H per mol de ^1H , 0,000 379 9 mols de ^{17}O per mol de ^{16}O i 0,002 005 2 mols de ^{18}O per mol de ^{16}O .

D'aquí resulta que la temperatura termodinàmica del punt triple de l'aigua és igual a 273,16 kelvin exactament, $T_{\text{tpw}} = 273,16$ K.

2.6 Unitat de quantitat de substància (mol, mol): el mol és la quantitat de substància d'un sistema que conté tantes entitats elementals com àtoms hi ha en 0,012 quilograms de carboni 12. Aquesta definició es refereix a àtoms de carboni 12 no lligats, en repòs i en el seu estat fonamental.

Quan s'utilitzi el mol, s'han d'especificar les entitats elementals, que poden ser àtoms, molècules, ions, electrons o altres partícules o grups especificats d'aquestes partícules.

D'aquí resulta que la massa molar del carboni 12 és igual a 12 g per mol, exactament, $M(^{12}\text{C}) = 12$ g/mol.

2.7 Unitat d'intensitat lluminosa (candela, cd): la candela és la intensitat lluminosa, en una direcció donada, d'una font que emet una radiació monocromàtica de freqüència 540×10^{12} hertz i la intensitat energètica de la qual en l'esmentada direcció és d'1/683 watts per estereoradian.

D'aquí resulta que l'eficàcia lluminosa espectral d'una radiació monocromàtica de freqüència igual a 540×10^{12} hertz és igual a 683 lúmens per watt, exactament, $K = 683$ lm/W = 683 cd sr/W.

Capítol II

Unitats SI derivades

1. Les unitats derivades es formen a partir de productes de potències d'unitats bàsiques. Les unitats derivades coherents són productes de potències d'unitats bàsiques en què no intervé cap factor numèric més que l'1. Les unitats bàsiques i les unitats derivades coherents de l'SI formen un conjunt coherent, denominat conjunt d'unitats SI coherents.

2. El nombre de magnituds utilitzades en el camp científic no té límit; per tant no és possible establir una llista completa de magnituds i unitats derivades. Tanmateix, la taula 2 presenta alguns exemples de magnituds derivades i les unitats derivades coherents corresponents, expressades directament en funció de les unitats bàsiques.

Taula 2

Exemples d'unitats SI derivades coherents expressades a partir de les unitats bàsiques

Magnitud derivada		Unitat SI derivada coherent	
Nom	Símbol	Nom	Símbol
àrea, superfície	A	metre quadrat	m ²
volum	V	metre cúbic	m ³
velocitat	v	metre per segon	m/s
acceleració	a	metre per segon quadrat	m/s ²

Magnitud derivada		Unitat SI derivada coherent	
Nom	Símbol	Nom	Símbol
nombre d'ones	σ, \checkmark	metre a la potència menys u	m^{-1}
densitat, massa en volum	ρ	quilogram per metre cúbic	kg/m^3
densitat superficial	ρ_A	quilogram per metre quadrat	kg/m^2
volum específic	v	metre cúbic per quilogram	m^3/kg
densitat de corrent	j	ampere per metre quadrat	A/m^2
camp magnètic	H	ampere per metre	A/m
concentració de quantitat de substància ^(a) , concentració	c	mol per metre cúbic	mol/m^3
concentració màssica	ρ, γ	quilogram per metre cúbic	kg/m^3
luminància	L_v	candela per metre quadrat	cd/m^2
índex de refracció ^(b)	N	u	1
permeabilitat relativa ^(b)	μ_r	u	1

(a) En el camp de la química clínica, aquesta magnitud també s'anomena concentració de substància.

(b) Són magnituds adimensionals o magnituds de dimensió u. El símbol «1» de la unitat (el número «u») generalment s'omet quan s'indica el valor de les magnituds adimensionals.

3. Per conveniència, certes unitats derivades coherents han rebut noms i símbols especials. Es recullen a la taula 3. Aquests noms i símbols especials es poden utilitzar amb els noms i els símbols de les unitats bàsiques o derivades per expressar les unitats d'altres magnituds derivades. Alguns exemples d'això figuren a la taula 4. Els noms i símbols especials són una forma compacta d'expressar combinacions d'unitats bàsiques d'ús freqüent, però en molts casos també serveixen per recordar la magnitud en qüestió. Els prefixos SI es poden utilitzar amb qualsevol dels noms i símbols especials, però en fer-ho la unitat resultant no és una unitat coherent. A l'última columna de les taules 3 i 4 es mostra com es poden expressar les unitats SI esmentades en funció de les unitats SI bàsiques. En aquesta columna, els factors de la forma m^0 , kg^0 , etc., que són iguals a 1, no es mostren explícitament.

Taula 3

Unitats SI derivades coherents amb noms i símbols especials

Magnitud derivada	Unitat SI derivada coherent ^(a)			
	Nom	Símbol	Expressió mitjançant altres unitats SI	Expressió en unitats SI bàsiques
angle pla	radian ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
angle sòlid	estereoradian ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m^2/m^2
freqüència	hertz ^(d)	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, flux energètic	watt	W	J/s	$m^2\ kg\ s^{-3}$
càrrega elèctrica, quantitat d'electricitat	coulomb	C	–	s A
diferència de potencial elèctric, força electromotriu	volt	V	W/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
capacitat elèctrica	farad	F	C/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^4\ A^2$
resistència elèctrica	ohm	Ω	V/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$
conductància elèctrica	siemens	S	A/V	$m^{-2}\ kg^{-1}\ s^3\ A^2$
flux magnètic ^(g)	weber	Wb	V s	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
densitat de flux magnètic ^(h)	tesla	T	Wb/m ²	$kg\ s^{-2}\ A^{-1}$
inductància	henry	H	Wb/A	$m^2\ kg\ s^{-2}\ A^{-2}$

Magnitud derivada	Unitat SI derivada coherent ^(a)			
	Nom	Símbol	Expressió mitjançant altres unitats SI	Expressió en unitats SI bàsiques
temperatura Celsius	grau Celsius ^(e)	°C	–	K
flux lluminós	lumen	lm	cd sr ^(c)	cd
il·luminació	lux	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
activitat d'un radionúclid ^(f)	becquerel ^(d)	Bq	–	s ⁻¹
dosi absorbida, energia màssica (comunicada), kerma	gray	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
dosi equivalent, dosi equivalent ambiental, dosi equivalent direccional, dosi equivalent individual	sievert	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
activitat catalítica	katal	kat	–	s ⁻¹ mol

(a) Els prefixos SI es poden utilitzar amb qualsevol dels noms i símbols especials, però en aquest cas la unitat resultant no és una unitat coherent.

(b) El radian i l'estereoradian són noms especials del número u, que es poden fer servir per proporcionar informació respecte a la magnitud que afecten. En la pràctica, els símbols rad i sr s'utilitzen on sigui apropiat, mentre que el símbol de la unitat derivada «u» generalment no s'esmenta quan es donen valors de magnituds adimensionals.

(c) En fotometria, es manté generalment el nom estereoradian i el símbol sr, en l'expressió de les unitats.

(d) L'hertz només s'utilitza per als fenòmens periòdics i el becquerel per als processos estocàstics relacionats amb l'activitat d'un radionúclid.

(e) El grau Celsius és el nom especial del kelvin emprat per expressar les temperatures Celsius. El grau Celsius i el kelvin tenen la mateixa magnitud, per la qual cosa el valor numèric d'una diferència de temperatura o d'un interval de temperatura és idèntic quan s'expressa en graus Celsius o en kelvin. La temperatura Celsius t està definida per la diferència $t = T - T_0$, entre dues temperatures termodinàmiques T i T_0 , en què $T_0 = 273,15$ K.

(f) L'activitat d'un radionúclid s'anomena de vegades de forma incorrecta radioactivitat.

(g) El flux magnètic també es coneix com a flux d'inducció magnètica.

(h) La densitat de flux magnètic també es coneix com a inducció magnètica.

Taula 4

Exemples d'unitats SI derivades coherents els noms i símbols de les quals contenen unitats SI derivades coherents amb noms i símbols especials

Magnitud derivada	Unitat SI derivada coherent		
	Nom	Símbol	Expressió en unitats SI bàsiques
viscositat dinàmica	pascal segon	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
moment d'una força	newton metre	N m	m ² kg s ⁻²
tensió superficial	newton per metre	N/m	kg s ⁻²
velocitat angular	radian per segon	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ = s ⁻¹
acceleració angular	radian per segon quadrat	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² = s ⁻²
densitat superficial de flux tèrmic, irradiància	watt per metre quadrat	W/m ²	kg s ⁻³
capacitat tèrmica, entropia	joule per kelvin	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
capacitat tèrmica màssica, entropia màssica	joule per quilogram i kelvin	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
energia màssica	joule per quilogram	J/kg	m ² s ⁻²
conductivitat tèrmica	watt per metre i kelvin	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
densitat d'energia	joule per metre cúbic	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
camp elèctric	volt per metre	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
densitat de càrrega elèctrica	coulomb per metre cúbic	C/m ³	m ⁻³ s A
densitat superficial de càrrega elèctrica	coulomb per metre quadrat	C/m ²	m ⁻² s A

Magnitud derivada	Unitat SI derivada coherent		
	Nom	Símbol	Expressió en unitats SI bàsiques
densitat de flux elèctric, desplaçament elèctric	coulomb per metre quadrat	C/m ²	m ⁻² s A
permitivitat	farad per metre	F/m	m ⁻³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
permeabilitat	henry per metre	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
energia molar	joule per mol	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
entropia molar, capacitat calorífica molar	joule per mol i kelvin	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
exposició (raigs x i γ)	coulomb per quilogram	C/kg	kg ⁻¹ s A
taxa de dosi absorbida	gray per segon	Gy/s	m ² s ⁻³
intensitat radiant	watt per estereoradian	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ = m ² kg s ⁻³
radiància	watt per metre quadrat i estereoradian	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ = kg s ⁻³
concentració d'activitat catalítica	katal per metre cúbic	kat/m ³	m ⁻³ s ⁻¹ mol

4. Els valors de diverses magnituds diferents es poden expressar mitjançant el mateix nom i símbol d'unitat SI. D'aquesta forma el joule per kelvin és el nom de la unitat SI per a la magnitud capacitat tèrmica així com per a la magnitud entropia. Igualment, l'ampere és el nom de la unitat SI tant per a la magnitud bàsica intensitat de corrent elèctric com per a la magnitud derivada força magnetomotriu. Per tant no n'hi ha prou d'utilitzar el nom de la unitat per especificar la magnitud. Aquesta regla és aplicable no només als textos científics i tècnics sinó també, per exemple, als instruments de mesura (és a dir, han d'indicar tant la unitat com la magnitud mesurada).

5. Una unitat derivada es pot expressar de diverses formes diferents utilitzant unitats bàsiques i unitats derivades amb noms especials: el joule, per exemple, es pot escriure newton metre o bé quilogram metre quadrat per segon quadrat. Aquesta llibertat algebraica queda en tot cas limitada per consideracions físiques de sentit comú i, segons les circumstàncies, determinades formes poden resultar més útils que altres. En la pràctica, per facilitar la distinció entre magnituds diferents que tenen la mateixa dimensió, es prefereix l'ús de determinats noms especials d'unitats o combinacions de noms. Utilitzant aquesta llibertat, es poden elegir expressions que recordin com està definida la magnitud. Per exemple, la magnitud moment d'una força es pot considerar com el resultat del producte vectorial d'una força per una distància, cosa que suggereix emprar la unitat newton metre, l'energia per unitat d'angle aconsella emprar la unitat joule per radian, etc. La unitat SI de freqüència és l'hertz, que implica cicles per segon, la unitat SI de velocitat angular és el radian per segon i la unitat SI d'activitat és el becquerel, que implica comptes per segon. Encara que seria formalment correcte escriure aquestes tres unitats com a segon a la potència menys u, l'ús de noms diferents serveix per subratllar la diferent naturalesa de les magnituds considerades. El fet d'utilitzar la unitat radian per segon per expressar la velocitat angular i l'hertz per a la freqüència, indica també que s'ha de multiplicar per 2π el valor numèric de la freqüència en hertzs per obtenir el valor numèric de la velocitat angular corresponent en radians per segon. En el camp de les radiacions ionitzants, la unitat SI d'activitat és el becquerel en lloc del segon elevat a la potència menys u, i les unitats SI de dosi absorbida i dosi equivalent, respectivament, són gray i sievert, en comptes de joule per quilogram. Els noms especials becquerel, gray i sievert s'han introduït específicament atenent els perills per a la salut humana que podrien resultar d'errors en cas que per identificar totes aquestes magnituds s'utilitzessin les unitats segon a la menys u i joule per quilogram.

6. Certes magnituds es defineixen per quocient de dues magnituds de la mateixa naturalesa; són per tant adimensionals, o bé la seva dimensió es pot expressar mitjançant el número u. La unitat SI coherent de totes les magnituds adimensionals o magnituds de dimensió u és el número u, atès que aquesta unitat és el quocient de dues unitats SI idèntiques. El valor d'aquestes magnituds s'expressa per números i la unitat «u» no s'esmenta explícitament. Com a exemple d'aquestes magnituds, es poden esmentar

l'índex de refracció, la permeabilitat relativa o el coeficient de fregament. Hi ha altres magnituds definides com un producte complex i adimensional de magnituds més simples. Per exemple, entre els «números característics» es pot esmentar el número de Reynolds $Re = \rho v l / \eta$, on ρ és la densitat, η la viscositat dinàmica, v la velocitat i l la longitud. En tots aquests casos, la unitat es pot considerar com el número u, unitat derivada adimensional. Una altra classe de magnituds adimensionals són els números que representen un compte, com el nombre de molècules, la degeneració (nombre de nivells d'energia) o la funció de partició en termodinàmica estadística (nombre d'estats accessibles tèrmicament). Totes aquestes magnituds de recompte es consideren adimensionals o de dimensió u i tenen per unitat la unitat SI u, fins i tot si la unitat de les magnituds que es compten no es pot descriure com una unitat derivada expressable en unitats bàsiques de l'SI. Per a aquestes magnituds, la unitat u es podria considerar com una altra unitat bàsica. En alguns casos, tanmateix, a aquesta unitat se li assigna un nom especial, a fi de facilitar la identificació de la magnitud en qüestió. Aquest és el cas del radian i de l'estereoradian. El radian i l'estereoradian han rebut de la CGPM un nom especial per a la unitat derivada coherent u, a fi d'expressar els valors de l'angle pla i de l'angle sòlid, respectivament, i en conseqüència figuren a la taula 3.

Capítol III

Regles d'escriptura dels símbols i noms de les unitats, d'expressió dels valors de les magnituds i per a la formació dels múltiples i submúltiples decimals de les unitats de l'SI

1. Regles d'escriptura dels símbols i noms de les unitats.

1.1 Els símbols de les unitats s'imprimeixen en caràcters romans (rectes), independentment del tipus de lletra utilitzat en el text adjacent. S'escriuen en minúscules excepte si deriven d'un nom propi, cas en què la primera lletra és majúscula. Com a excepció es permet l'ús de la lletra L en majúscula o l en minúscula com a símbols del litre, a fi d'evitar la confusió entre la xifra 1 (u) i la lletra l (ela).

1.2 Un prefix de múltiple o submúltiple, si s'utilitza, forma part de la unitat i precedeix el símbol de la unitat, sense espai entre el símbol del prefix i el símbol de la unitat. Un prefix mai no s'utilitza sol i mai no s'utilitzen prefixos compostos.

1.3 Els símbols de les unitats són entitats matemàtiques i no abreviatures. Per tant, no van seguits d'un punt, excepte al final d'una frase, ni s'utilitza el plural, ni es poden barrejar símbols d'unitats amb noms d'unitats en una mateixa expressió, ja que els noms no són entitats matemàtiques.

1.4 Per formar els productes i quocients dels símbols de les unitats, s'apliquen les regles habituals de multiplicació o de divisió algebraiques. La multiplicació s'ha d'indicar mitjançant un espai o un punt centrat a mitja altura (\cdot), per evitar que certs prefixos s'interpretin erròniament com un símbol d'unitat. La divisió s'indica mitjançant una línia horitzontal, una barra obliqua ($/$), o mitjançant exponents negatius. Quan es combinen diversos símbols d'unitats, s'ha de tenir cura per evitar qualsevol ambigüitat, per exemple utilitzant claudàtors o parèntesis, o exponents negatius. En una expressió donada sense parèntesis, no s'ha d'utilitzar més d'una barra obliqua, per evitar ambigüitats.

1.5 No es permet fer servir abreviatures per als símbols i noms de les unitats, com seg (per s o segon), mm quad. (per mm² o mil·límetre quadrat), cc (per cm³ o centímetre cúbic) o mps (per m/s o metre per segon). D'aquesta forma s'eviten ambigüitats i malentesos respecte als valors de les magnituds.

1.6 Els noms de les unitats s'imprimeixen en caràcters romans (rectes) i es consideren noms (substantius) comuns, comencen per minúscula (fins i tot quan el seu nom és el d'un científic eminent i el símbol de la unitat comença per majúscula), llevat que es trobin situats al començament d'una frase o en un text en majúscules, com un títol. Per complir aquesta regla, l'escriptura correcta del nom de la unitat el símbol de la qual és °C és «grau Celsius» (la unitat grau comença per la lletra g en minúscula i l'atribut Celsius comença per la lletra

C en majúscula, perquè és un nom propi). Els noms de les unitats es poden escriure en plural.

1.7 Encara que els valors de les magnituds s'expressen generalment mitjançant els noms i símbols de les unitats, si per qualsevol raó resulta més apropiat el nom de la unitat que el seu símbol, s'ha d'escriure el nom de la unitat complet.

1.8 Quan el nom de la unitat està combinat amb el prefix d'un múltiple o submúltiple, no es deixa espai ni es col·loca guió entre el nom del prefix i el de la unitat. El conjunt format pel nom del prefix i el de la unitat constitueix una sola paraula.

1.9 Quan el nom d'una unitat derivada es forma per multiplicació de noms d'unitats individuals, convé deixar un espai, un punt centrat a mitja altura (\cdot), o un guió per separar el nom de cada unitat.

2. Regles d'escriptura per expressar els valors de les magnituds.

2.1 El valor d'una magnitud s'expressa com el producte d'un número per una unitat: el número que multiplica la unitat és el valor numèric de la magnitud expressada en aquesta unitat. El valor numèric d'una magnitud depèn de la unitat elegida. Així, el valor d'una magnitud particular és independent de l'elecció d'unitat, però el seu valor numèric és diferent per a unitats diferents.

2.2 Els símbols de les magnituds estan formats generalment per una sola lletra en cursiva, però es pot especificar informació addicional mitjançant subíndexs, superíndexs o entre parèntesis. Així C és el símbol recomanat per a la capacitat calorífica, C_m per a la capacitat calorífica molar, $C_{m,p}$ per a la capacitat calorífica molar a pressió constant i $C_{m,v}$ per a la capacitat calorífica molar a volum constant.

2.3 Els símbols de les magnituds només són recomanacions, mentre que és obligatori utilitzar els símbols correctes de les unitats. Quan, en circumstàncies particulars, es prefereixi fer servir un símbol no recomanat per a una magnitud donada, per exemple per evitar una confusió resultant de l'ús del mateix símbol per a dues magnituds diferents, és necessari precisar clarament què significa el símbol.

2.4 Els símbols de les unitats es tracten com a entitats matemàtiques. Quan s'expressa el valor d'una magnitud com a producte d'un valor numèric per una unitat, el valor numèric i la unitat es poden tractar d'acord amb les regles ordinàries de l'àlgebra. Aquest procediment constitueix el càlcul de magnituds, o àlgebra de magnituds. Per exemple, l'equació $T = 293\text{ K}$ també es pot escriure com a $T/K = 293$.

2.5 De la mateixa manera que el símbol d'una magnitud no implica l'elecció d'una unitat particular, el símbol de la unitat no s'ha d'utilitzar per proporcionar informació específica sobre la magnitud i mai no ha de ser l'única font d'informació respecte de la magnitud. Les unitats no han de ser modificades amb informació addicional sobre la naturalesa de la magnitud; aquest tipus d'informació ha d'acompanyar el símbol de la magnitud i no el de la unitat.

2.6 El valor numèric precedeix sempre la unitat i sempre es deixa un espai entre el número i la unitat. Així, el valor d'una magnitud és el producte d'un número per una unitat, considerant l'espai com a signe de multiplicació (igual que l'espai entre unitats). Les úniques excepcions a aquesta regla són els símbols d'unitat del grau, el minut i el segon d'angle pla, $^\circ$, $'$ i $''$, respectivament, per als quals no es deixa espai entre el valor numèric i el símbol d'unitat. Aquesta regla implica que el símbol $^\circ\text{C}$ per al grau Celsius ha d'anar precedit d'un espai per expressar el valor de la temperatura Celsius t .

2.7 En qualsevol expressió, només s'utilitza una unitat. Una excepció a aquesta regla és l'expressió dels valors de temps i angle pla expressats mitjançant unitats fora de l'SI. Tanmateix, per a angles plans, és preferible generalment dividir el grau de forma decimal. Així, s'ha d'escriure $22,20^\circ$ millor que $22^\circ 12'$, excepte en camps com la navegació, la cartografia, l'astronomia, i per a la mesura d'angles molt petits.

2.8 El símbol utilitzat per separar la part entera de la seva part decimal es denomina «separador decimal». El símbol del separador decimal és la coma, a la mateixa línia d'escriptura. Si el número està comprès entre +1 i -1, el separador decimal sempre va precedit d'un zero.

2.9 Els números amb moltes xifres es poden repartir en grups de tres xifres separades per un espai, a fi de facilitar-ne la lectura. Aquests grups no se separen mai per punts ni per comes. En els números d'una taula, el format no ha de variar en una mateixa columna.

2.10 La unitat SI coherent de les magnituds sense dimensió o magnituds de dimensió u és el número u, símbol 1. Els valors d'aquestes magnituds s'expressen simplement mitjançant números. El símbol d'unitat 1 o el nom d'unitat «u» no s'esmenta explícitament i no existeix símbol particular ni nom especial per a la unitat u, tret d'algunes excepcions que s'indiquen a les taules. Com que els símbols dels prefixos SI no es poden unir al símbol 1 ni al nom d'unitat «u», per expressar els valors de magnituds adimensionals particularment grans o particularment petites s'utilitzen les potències de 10. En les expressions matemàtiques, el símbol % (per cent), reconegut internacionalment, es pot utilitzar amb l'SI per representar el número 0,01. Per tant, es pot fer servir per expressar els valors de magnituds sense dimensió. Quan s'utilitza, convé deixar un espai entre el número i el símbol %. Quan s'expressen d'aquesta forma els valors de magnituds adimensionals, és preferible utilitzar el símbol % millor que l'expressió «per cent». Quan s'expressen valors de fraccions adimensionals (per exemple fracció màssica, fracció en volum, incertesa relativa, etc.), de vegades és útil fer servir el quocient entre dues unitats del mateix tipus. El terme «ppm», que significa 10^{-6} en valor relatiu o 1×10^{-6} o «parts per milió» o milionèsimes, també s'utilitza. Quan s'utilitza algun dels termes %, ppm, etc., és important declarar quina és la magnitud sense dimensió el valor de la qual s'està especificant.

3. Regles per a la formació dels múltiples i submúltiples decimals de les unitats de l'SI.

3.1 Els múltiples i submúltiples decimals de les unitats SI es formen per mitjà de prefixos que designen els factors numèrics decimals pels quals es multiplica la unitat i que figuren a la columna «factor» de la taula 5.

Taula 5

Prefixos SI

Prefixos SI ^(a)					
Factor	Nom	Símbol	Factor	Nom	Símbol
10^1	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	quilo	k	10^{-3}	mil·li	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

^(a) Els prefixos SI representen estrictament potències de 10. No s'han d'utilitzar per expressar potències de 2 (per exemple, un quilobit representa 1000 bits i no 1024 bits). Els prefixos adoptats per a les potències binàries no pertanyen a l'SI. Els noms i símbols utilitzats per als prefixos corresponents a 2^{10} , 2^{20} , 2^{30} , 2^{40} , 2^{50} i 2^{60} són, respectivament, kibi, Ki; mebi, Mi; gibi, Gi; tebi, Ti; pebi, Pi; i exbi, Ei. Així, per exemple, un kibibyte s'escriu: 1 KiB = 2^{10} B = 1024 B. Aquests prefixos es poden emprar en el camp de la tecnologia de la informació a fi d'evitar un ús incorrecte dels prefixos SI.

3.2 Els símbols dels prefixos s'escriuen en caràcters romans (rectes), com els símbols de les unitats, independentment del tipus de lletra del text adjacent, i s'uneixen als símbols de les unitats, sense deixar espai entre el símbol del prefix i el de la unitat. Amb excepció de da (deca), h (hecto) i k (quilo), tots els símbols de prefixos de múltiples s'escriuen amb majúscules i tots els símbols de prefixos de submúltiples s'escriuen amb minúscules. Tots els noms dels prefixos s'escriuen amb minúscules, excepte al començament d'una frase.

3.3 El grup format per un símbol de prefix i un símbol d'unitat constitueix un nou símbol d'unitat inseparable (formant un múltiple o un submúltiple de la unitat en qüestió) que pot ser elevat a una potència positiva o negativa i que es pot combinar amb altres símbols d'unitats compostes.

Exemples:

$$2,3 \text{ cm}^3 = 2,3 (\text{cm})^3 = 2,3 (10^{-2} \text{ m})^3 = 2,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ cm}^{-1} = 1 (\text{cm})^{-1} = 1 (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1} = 100 \text{ m}^{-1}$$

$$1 \text{ V/cm} = (1 \text{ V})/(10^{-2} \text{ m}) = 10^2 \text{ V/m} = 100 \text{ V/m}$$

$$5000 \mu\text{s}^{-1} = 5000 (\mu\text{s})^{-1} = 5000 (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 5 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$$

3.4 Els noms dels prefixos són inseparables dels noms de les unitats a les quals s'uneixen. Així, per exemple, mil·límetre, micropascal i meganewton s'escriuen en una sola paraula. Els símbols de prefixos compostos, és a dir, els símbols de prefixos formats per juxtaposició de dos o més símbols de prefixos, no estan permesos, per exemple s'ha d'escriure nm (nanòmetre) i no $m\mu\text{m}$. Aquesta regla també s'aplica als noms dels prefixos compostos. Els símbols dels prefixos no es poden utilitzar sols o units al número 1, símbol de la unitat u. Igualment, els noms dels prefixos no es poden unir al nom de la unitat u, és a dir a la paraula «u».

3.5 Els noms i símbols de prefixos s'utilitzen amb algunes unitats fora de l'SI, però mai s'utilitzen amb unitats de temps: minut, min; hora, h; dia, d. Els astrònoms empen el mil·lisegon d'arc (o de grau), símbol «mas», i el microsegon d'arc, símbol « μas », com a unitats de mesura d'angles molt petits.

3.6 Entre les unitats bàsiques del sistema internacional, la unitat de massa és l'única el nom de la qual, per raons històriques, conté un prefix. Els noms i els símbols dels múltiples i submúltiples decimals de la unitat de massa es formen afegint els noms dels prefixos a la paraula «gram» i els símbols d'aquests prefixos al símbol de la unitat «g».

Capítol IV

Altres unitats

1. La taula 6 inclou les unitats no pertanyents a l'SI l'ús de les quals amb el sistema internacional està acceptat, atès que són àmpliament utilitzades en la vida quotidiana i cadascuna d'aquestes té una definició exacta en unitats SI. Inclou les unitats tradicionals de temps i d'angle. També conté l'hectàrea, el litre i la tona, que són totes d'ús corrent a nivell mundial, i que difereixen de les unitats SI coherents corresponents en un factor igual a una potència entera de deu. Els prefixos SI s'utilitzen amb diverses d'aquestes unitats, però no amb les unitats de temps.

Taula 6

Unitats no pertanyents a l'SI l'ús de les quals és acceptat pel sistema internacional i estan autoritzades

Magnitud	Nom de la unitat	Símbol	Valor en unitats SI
temps	minut	min	1 min = 60 s
	hora	h	1 h = 60 min = 3600 s
	dia	d	1 d = 24 h = 86 400 s

Magnitud	Nom de la unitat	Símbol	Valor en unitats SI
angle pla	grau ^(a, b)	°	1 ° = (π/180) rad
	minut	'	1' = (1/60)° = (π/ 10 800) rad
	segon ^(c)	''	1'' = (1/60)' = (π/ 648 000) rad
àrea	hectàrea	ha	1 ha = 1 hm ² = 104 m ²
volum	litre ^(d)	L, l	1 L = 1 l = 1 dm ³ = 10 ³ cm ³ = 10 ⁻³ m ³
massa	tona	t	1 t = 10 ³ kg

(a) Es recomana que el grau es divideixi de forma decimal, millor que utilitzant el minut i el segon. Tanmateix, per a la navegació i la topografia, l'avantatge d'utilitzar el minut rau en el fet que un minut de latitud a la superfície de la Terra correspon (aproximadament) a una milla nàutica.

(b) El gon (o grau centesimal, on grau centesimal és el nom alternatiu de gon) és una unitat d'angle pla alternativa al grau, definida com a (π/200) rad. Un angle recte correspon per tant a 100 gon. El valor potencial del gon en la navegació és que la distància entre el Pol i l'Equador de la Terra és igual a uns 10 000 km; 1 km a la superfície de la Terra subtendeix doncs un angle d'un centigon des del centre de la Terra. El gon és en tot cas rarament utilitzat (sí que s'utilitza en el maneig de teodolits i estacions totals, en aplicacions topogràfiques i d'enginyeria civil).

(c) En astronomia, els angles petits es mesuren en segons d'arc (és a dir, segons d'angle pla), mil·li-, micro o picosegons d'arc (símbols: as o ^{''}, mas, μas i pas, respectivament). El segon d'arc o el segon de grau són altres noms del segon d'angle pla.

(d) Els dos símbols «l» minúscula i «L» majúscula són utilitzables per a la unitat litre. Es recomana la utilització de la «L» majúscula per evitar el risc de confusió entre la lletra l (ela) i la xifra 1 (u).

2. Les unitats de la taula 7 estan lligades a les constants fonamentals i el seu valor en unitats de l'SI es determina experimentalment i, per tant, tenen una incertesa associada. A excepció de la unitat astronòmica, totes les unitats de la taula estan lligades a constants fonamentals de la física. S'accepta l'ús amb l'SI de les tres primeres unitats de la taula: l'electronvolt, símbol eV, el dalton o unitat de massa atòmica unificada, símbol Da o u, i la unitat astronòmica, símbol ua.

3. Els dos sistemes d'unitats més importants basats en les constants fonamentals són: el sistema d'unitats naturals (u.n.), utilitzat en el camp de la física d'altres energies i de partícules, i el sistema d'unitats atòmiques (u.a.), utilitzat en física atòmica i en química quàntica. La taula 7 recull el valor experimentalment obtingut en unitats SI. Atès que els sistemes de magnituds sobre els quals es basen aquestes unitats difereixen de forma fonamental de l'SI, no s'utilitzen amb aquest. El resultat final d'una mesura o d'un càlcul expressat en unitats naturals o atòmiques també s'ha d'indicar sempre en la unitat SI corresponent. Les unitats naturals (u.n.) i les unitats atòmiques (u.a.) s'utilitzen únicament en els camps particulars de la física de partícules, de la física atòmica i de la química quàntica. Les incerteses típiques de les últimes xifres significatives figuren entre parèntesis després de cada valor numèric.

Taula 7

Unitats no pertanyents a l'SI el valor de les quals en unitats SI s'obté experimentalment

Magnitud	Nom de la unitat	Símbol	Valor en unitats SI ^(a)
Unitats utilitzades amb l'SI			
energia	electronvolt ^(b)	eV	1 eV = 1,602 176 487 (40) × 10 ⁻¹⁹ J
massa	dalton ^(c)	Da	1 Da = 1,660 538 782 (83) × 10 ⁻²⁷ kg
	unitat de massa atòmica unificada	u	1 u = 1 Da
longitud	unitat astronòmica ^(d)	ua	1 ua = 1,495 978 706 91 (6) × 10 ¹¹ m
Unitats naturals u.n.			
velocitat (velocitat de la llum en el buit)	unitat natural de velocitat	<i>c</i> ₀	299 792 458 m/s (exacte)
acció (constant de Planck reduïda)	unitat natural d'acció	<i>ħ</i>	1,054 571 628 (53) × 10 ⁻³⁴ J s
massa (massa de l'electró)	unitat natural de massa	<i>m</i> _e	9,109 382 15 (45) × 10 ⁻³¹ kg

Magnitud	Nom de la unitat	Símbol	Valor en unitats SI ^(a)
temps	unitat natural de temps	$\hbar/(m_e c_0^2)$	$1,288\ 088\ 6570\ (18) \times 10^{-21}\ \text{s}$
Unitats atòmiques u.a.			
càrrega (càrrega elèctrica elemental)	unitat atòmica de càrrega	e	$1,602\ 176\ 487\ (40) \times 10^{-19}\ \text{C}$
massa (massa de l'electró)	unitat atòmica de massa	m_e	$9,109\ 382\ 15\ (45) \times 10^{-31}\ \text{kg}$
acció (constant de Planck reduïda)	unitat atòmica d'acció	\hbar	$1,054\ 571\ 628\ (53) \times 10^{-34}\ \text{J s}$
longitud, bohr (radi de Bohr)	unitat atòmica de longitud	a_0	$0,529\ 177\ 208\ 59\ (36) \times 10^{-10}\ \text{m}$
energia, hartree (energia de Hartree)	unitat atòmica d'energia	E_h	$4,359\ 743\ 94\ (22) \times 10^{-18}\ \text{J}$
temps	unitat atòmica de temps	\hbar/E_h	$2,418\ 884\ 326\ 505\ (16) \times 10^{-17}\ \text{s}$

(a) Els valors en unitats SI de totes les unitats de la taula, excepte la unitat astronòmica, provenen de la relació de valors de constants fonamentals recomanats per CODATA (2006). La incertesa típica referida a les dues últimes xifres s'indica entre parèntesis. Els valors subministrats són revisats periòdicament.

(b) L'electronvolt és l'energia cinètica adquirida per un electró després de travessar una diferència de potencial d'1 V en el buit. L'electronvolt es combina sovint amb els prefixos SI.

(c) El dalton (Da) i la unitat de massa atòmica unificada (u) són altres noms (i símbols) per a la mateixa unitat, igual a 1/12 de la massa de l'àtom de ¹²C lliure, en repòs i en el seu estat fonamental. El dalton es combina sovint amb prefixos SI, per exemple per expressar la massa de grans molècules en kilodaltons, kDa o megadaltons, MDa i per expressar el valor de petites diferències de massa d'àtoms o de molècules en nanodaltons, nDa, i fins i tot en picodaltons, pDa.

(d) La unitat astronòmica és aproximadament igual a la distància mitjana entre el Sol i la Terra. És el radi d'una òrbita newtoniana circular no pertorbada al voltant del Sol, d'una partícula de massa infinitesimal, que es desplaça a una velocitat mitjana de 0,017 202 098 95 radians per dia (anomenada també constant de Gauss).

4. La taula 8 conté unitats no pertanyents a l'SI utilitzades per respondre a necessitats específiques de certs grups. Els qui utilitzin les unitats de la taula 8 han d'indicar sempre la seva definició en unitats SI. La taula 8 també esmenta les unitats de les magnituds logarítmiques, el neper, el bel i el decibel. Aquestes són unitats adimensionals i s'utilitzen per proporcionar informació sobre la naturalesa logarítmica del quocient de magnituds. El neper, Np, s'utilitza per expressar el valor dels logaritmes neperians (o naturals) de relacions entre magnituds, $\ln = \log_e$. El bel i el decibel, B i dB, $1\ \text{dB} = (1/10)\ \text{B}$, s'utilitzen per expressar el valor de logaritmes de base 10 de quocients entre magnituds, $\lg = \log_{10}$. Les unitats neper, bel i decibel s'accepten per al seu ús amb l'SI però no es consideren unitats SI. Els prefixos SI s'utilitzen amb dues de les unitats de la taula 8, a saber amb el bar (per exemple mil-libar, mbar) i amb el bel, en particular el decibel, dB. A la taula s'esmenta explícitament el decibel, ja que el bel rarament s'utilitza sense aquest prefix.

Taula 8

Altres unitats no pertanyents a l'SI d'aplicació exclusiva en sectors específics

Magnitud	Nom de la unitat	Símbol	Valor en unitats SI
pressió	bar ^(a)	bar	$1\ \text{bar} = 0,1\ \text{MPa} = 100\ \text{kPa} = 10^5\ \text{Pa}$
	mil·límetre de mercuri ^(b)	mmHg	$1\ \text{mmHg} \approx 133,322\ \text{Pa}$
longitud	àngstrom ^(c)	Å	$1\ \text{Å} = 0,1\ \text{nm} = 100\ \text{pm} = 10^{-10}\ \text{m}$
distància	milla nàutica ^(d)	M	$1\ \text{M} = 1852\ \text{m}$
superfície	barn ^(e)	b	$1\ \text{b} = 100\ \text{fm}^2 = (10^{-12}\ \text{cm})^2 = 10^{-28}\ \text{m}^2$
velocitat	nus ^(f)	kn	$1\ \text{kn} = (1852/3600)\ \text{m/s}$
logaritme d'un quocient	neper ^(g, i)	Np	[vegeu la nota (j) respecte al valor numèric del neper, del bel i del decibel.]
	bel ^(h, i)	B	
	decibel ^(h, i)	dB	
potència dels sistemes òptics	diòptria ^(k)	–	$1\ \text{diòptria} = 1\ \text{m}^{-1}$
massa de les pedres precioses	quirat mètric ^(k)	–	$1\ \text{quirat mètric} = 2 \cdot 10^{-4}\ \text{kg}$

Magnitud	Nom de la unitat	Símbol	Valor en unitats SI
àrea o superfície de les superfícies agràries i de les finques	àrea ^(k)	a	1 a = 10 ² m ²
massa longitudinal de les fibres tèxtils i els fils	tex ^(k)	tex	1 tex = 10 ⁻⁶ kg·m ⁻¹
angle pla	volta ^(k)	–	1 volta = 2π rad

(a) Totes les dades termodinàmiques es refereixen a la pressió normal d'un bar. Abans de 1982, la pressió normal era l'atmosfera normal, igual a 1,013 25 bar o 101 325 Pa.

(b) El mil·límetre de mercuri s'utilitza únicament per a la mesura de la pressió sanguínia i d'altres fluids corporals.

(c) L'àngstrom s'utilitza àmpliament en la cristal·lografia de raigs X i en química estructural perquè tots els enllaços químics es troben en el rang d'1 a 3 àngstroms.

(d) La milla nàutica és una unitat utilitzada en navegació marítima i aèria per expressar distàncies. No hi ha símbol acordat a nivell internacional, però s'utilitzen els símbols M, NM, Nm i nmi; a la taula 8 només s'indica el símbol M. Aquesta unitat es va establir a l'origen, i encara se segueix utilitzant així, perquè una milla nàutica a la superfície de la Terra subtendeix aproximadament un minut d'angle des del centre de la Terra, cosa que resulta convenient quan es mesuren la latitud i la longitud en graus i minuts d'angle.

(e) El barn és una unitat de superfície utilitzada en física nuclear per caracteritzar seccions eficaces.

(f) El nus es defineix com una milla nàutica per hora. No hi ha símbol acordat a nivell internacional, però s'usa habitualment el símbol kn.

(g) La igualtat $L_A = n \text{ Np}$ (on n és un nombre) s'ha d'interpretar amb el significat $\ln(A_2/A_1) = n$. Així quan $L_A = 1 \text{ Np}$, $A_2/A_1 = e$. El símbol A s'usa aquí per designar l'amplitud d'un senyal sinusoidal i L_A com el logaritme neperià d'un quocient d'amplituds o diferència neperiana d'un nivell d'amplituds.

(h) La igualtat $L_x = m \text{ dB} = (m/10) \text{ B}$ (on m és un nombre) s'ha d'interpretar amb el significat $\lg(X/X_0) = m/10$. Així quan $L_x = 1 \text{ B}$, $X/X_0 = 10$ i quan $L_x = 1 \text{ dB}$, $X/X_0 = 10^{1/10}$. Si X representa un senyal quadràtic mitjà o una magnitud de tipus potencial, L_x es denomina nivell de potència respecte a X_0 .

(i) Quan es fan servir aquestes unitats, és important indicar quina és la naturalesa de la magnitud en qüestió i el valor de referència utilitzat. Aquestes unitats no són unitats SI, però s'accepta el seu ús amb l'SI.

(j) No sol ser necessari precisar els valors numèrics del neper, del bel i del decibel (ni per tant la relació del bel i del decibel al neper). Això depèn de la forma en què es defineixin les magnituds logarítmiques.

(k) Aquesta unitat no està recollida en els documents adoptats per la Conferència General de Pesos i Mesures.