udako euskal unibertsitatea

SI UNITATEAK (UNITATE-SISTEMA INTERNAZIONALA)

IRUINEA 1980



Banco de Vizcayak

BABESTUTAKO ARGITARAPENA

EDICION PATROCINADA POR EL

Banco de Vizcaya

SI UNITATEAK

(UNITATE-SISTEMA INTERNAZIONALA)

SI UNITATEAK

(UNITATE-SISTEMA INTERNAZIONALA)

ITZULTZAILEAREN OHARRA

Denbora luzetan euskaldunak eduki dugun zientzi bide bakarrak alboko erderek markaturikoak izan dira, eta, hein handi batetan, oraindik dira. Baina Euskal Unibertsitate baten eraikuntzan ezin dugu bide horietatik jarraitu: lehen eskuko lana egin nahi badugu, beharrezko dugu lehen eskuko materiala.

Hizkera zientifikoa oso antzekoa da hizkuntza guztietan, eta honen arrazoia zera da, Nazioarteko Konbenioetan erabakitako arauak segitzen direla. Euskara hizkera zientifikoa bilakatzeko garapen honetan, nazioarteko hitzarmen berri eduki behar dugu euskaraz, gero, zientzia euskaraz sortzerakoan, aplikatzeko.

Hórren esperoan bukatu da lan hau.

JAZINTO ITURBE

Erabili dudan liburuxka honen edizioa ingeles bertsioa izan da: 'The International System of Units', 1977.eko edizioa, U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Spetial Publication 330. Bertsio hau Ingalaterran eta Estatu Batuetan prestatu da batera, ingeles batu batetan argitaratzeko.

UNITATE-SISTEMA INTERNAZIONALA

EDUKIAK

I.- SARRERA 3

I.1 Ohar historikoa..... 3

I.2 SI unitateen hiru moetak..... 4

II.- SI UNITATEAK 6

II.1 SI unitate oinarrizkoak..... 6

1.- Definizioak 6

2.- Sinboloak 10

II.2 SI unitate eratorriak..... 11

1.- Expresioak 11

2.- Gomendioak 14

II.3 SI unitate suplementarioak..... 15

III.- SI UNITATEEN MULTIPLO ETA SUBMULTIPLO HAMARTARRAK 17

III.1 SI aurrizkiak..... 17

III.2 Gomendioak..... 17

III.3 Kilogramoa..... 18

IV.- SISTEMA INTERNAZIONALETIK KANPOKO UNITATEAK..... 19

IV.1 Sistema Internazionalarekin erabilitako unitateak..... 19

IV.2 Denboralki onartutako unitateak..... 21

IV.3 CGS unitateak..... 22

IV.4 Beste unitate..... 23

I. ERANSKINA: CGPM-ren eta CIPM-ren erabakiak..... 25

II. ERANSKINA: Zenbait unitate garrantzizkoren definizioen errealizazio praktikoa..... 52

III. ERANSKINA: Metroaren Konbenioaren Organoak..... 61

AURKIBIDE ALFABETIKO 67

I.- SARRERA

I.1 Ohar historikoa

1948.ean, Pisu eta Neurketazko Konferentzia Orokorrak (CGPM), bere seigarren erabakiaren bidez, Pisu eta Neurketerako Batzorde Internazionala (CIPM), honetarako instruitu zuen: "Neurketa-unitatetarako arau-multzo oso baten eskablezimenduaren estudioa"; "helburu horrekin, herri guztietako zirkulu zientifiko, tekniko eta edukazionalen eritzi nagusien hautematea", eta "Metroaren Konbentzioaren sinatzaile guztiek onartua izateko egoki litzatekeen neurketa-unitateen sistema praktiko (1) baten ezarmendurako gomendioak egitea".

Konferentzia Orokor berdinak, 7. Erabakiaren bidez, unitateen sinboloentzako printzipio orokor zenbait eman zituen (ik. II.1.2), eta, halaber, izen berezia duten unitateen zerrenda bat eman zuen.

10. CGPM-k (1954) bere 6. Erabakian, eta 14. CGPM-k (1971) bere 3. Erabakian, "Unitate-sistema praktiko" honen unitate oinarrizko bezala ondoko zazpi kantitateen unitateak aukeratu zituen: luzera, masa, denbora, korronte elektrikoa, tenperatura termodinamikoa, substantzia-kopurua eta argi-intentsitatea (ik. II.1).

11. CGPM-k (1960) bere 12. Erabakian, unitate-sistema praktiko honentzako Unitate-Sistema Internazioanala aukeratu zuen izentzat, SI laburdura internazionalarekin, eta halaber arauak eman zituen aurrizkietarako (ik. III.1), unitate eratorrietarako eta suplementarioetarako

---

(1) Azpimarraturiko textua originalean kurtsiban dator (Itzultzailearen Oharra).

(ik. II.2 eta II.3), eta beste zenbaiterako, neurketa-unitatetarako espezifikazio konprenigarri bat ezarriz.

Dokumentu honetan, "SI unitateak", "SI aurrizkiak" eta "unitate suplementarioak" direlako expresioak CIPM-ren (1969) 1. Gomendioaren arauera erabiltzen dira.

I.2 SI unitateen hiru moetak

SI unitateak hiru moetatan banatzen dira:

unitate oinarrizkoak

unitate eratorriak

unitate suplementarioak

SI unitateen hiru moetango banapena ikuspuntu zientifikoaren aldetik nolabait arbitrario da, zeren gaiaren fisikarako ez baita esentzial.

Hala ere, Konferentzia Orokorrak, nazioarteko erlaziotarako, irakaskuntzarako eta lan zientifikorako, zera erabaki zuen, Sistema Internazionala, zazpi ongi definituriko unitateren aukera batetan oinarritzea, unitateok dimentsionalki independenteak kontsideratzen direlarik konbentzionalki: metroa, kilogramoa, segundoa, amperea, kelvina, molea eta kandela (ik. II.1). SI unitate hauei unitate oinarrizko deritze.

SI unitateen bigarren moetak unitate eratorriak biltzen ditu, hau da, dagozkien kantitateak loturiko erlazio algebraikoen arauera unitate oinarrizkoak konbinatuz lor daitezkeen unitateak. Unitate oinarrizkoetako terminoetan dauden expresio algebraiko horietako zenbait izen eta sinbolo berezietaz ordezka daitezke, eta azken hauk beste unitate eratorri batzu formatzeko erabil daitezke (ik. II.2).

Nahiz eta SI unitateak unitate oinarrizko edo unitate eratorriak izan zitezkeela bakarrik pentsa zitekeen, 11. CGPM-k SI unitateen 3. moeta bat onartu zuen, unitate suplementarioak deritzona, zeintzutarako unitate oinarrizko edo unitate eratorriak diren erabakitzea deklinatu baitzuen (ik. II.3).

Hiru moetatako SI unitateek multzo koherente bat osatzen dute, "unitate-sistema koherente" delako expresioari normalki ematen zaion zentzuan.

SI aurrizkien bidez formaturiko SI unitateen multiplo eta submultiplo hamartarrei SI unitateen multiplo eta submultiplo izen osoa eman behar zaie, SI unitateen multzo koherentearen eta beraien arteko desberdintasuna egin nahi denean.

II.- SI UNITATEAK

II.1 SI unitate oinarrizkoak

1.- Definizioak

a) luzera--unitatea (metro)

11. CGPM-k (1960) platino-iridiozko prototipo internazionalean oinarritutako metroaren definizioa, 1889.etik onartua, eta 1927.ean hedatua, beste definizio honetaz aldatu zen:

> Metroa, kripton-86 atomoaren $2p_{10}$ eta $5d_5$ mailen arteko trantsizioari, hutsean, dagokion erradiazioaren 1 650 763,73 uhin-luzeren berdina den luzera da.

Metroaren prototipo internazional zaharra, 1. CGPM-k 1889.ean legeztatua, Pisuen eta Neurketen Nazioarteko Bulegoan (BIPM) mantentzen da oraindik, 1889.ean espezifikaturiko baldintzen pean.

b) masa--unitatea (kilogramo)

1. CGPM-k (1889) kilogramoaren prototipo internazionala legeztatu zuen, eta zera deklaratu zuen, prototipo hau masa-unitate izango da kontsideratua hemendik aurrera.

3. CGPM-k (1901), "pisu" hizkuntza arruntean duen zalantzagarritasuna bukatzeko deklarazio batetan, zera konfirmatu zuen: kilogramoa masa-unitatea da, eta kilogramoaren prototipo internazionalaren berdina da (deklarazio osoa, I. Eranskinean).

Platino-iridiotan eginiko prototipo internazional hau BIPM-n mantentzen da, 1889.ean 1. CGPM-k espezifikaturiko baldintzen pean.

c) denbora--unitatea (segundo)

Originalki, denbora-unitatea, segundoa, eguzki-egun batezbestekoaren 1/86 400 frakzioa bezala definitua izan zen. "Eguzki-egun batezbesteko" delakoaren definizio zehatza astronomoei utzi zitzaien, bai-

na hauek egindako neurketek, Lurraren biraketaren ez-erregulartasunaren kausaz, eguzki-egun batezbestekoak ez duela nahizko zehaztasuna erakutsi dute. Denbora-unitatea zehatzago definitzeko, 11. CGPM-k (1960) Nazioarteko Batasun Astronomikoak emaniko definizio bat onartu zuen, urte tropikalean oinarrituriko definizio bat, hain zuzen. Hala ere, molekula edo atomo baten bi energia-mailen arteko trantsizioan oinarrituriko denbora-tartearen standard atomiko bat askoz ere zehazkiro egin eta erreproduzi daitekeela ikusi izan da jadanik lan experimentalaren arauera. Sistema Internazionalaren denbora-unitatearen definizio oso zehatz bat Metrologia aurreratuarentzat beharrezko dela kontsideratuz, 13. CGPM-k (1967) segundoaren definizioaren ordez beste hau jartzea erabaki zuen:

> Segundoa, zesio-133 atomoaren oinarrizko egoeraren bi maila hiperfinoen arteko trantsizioari dagokion erradiazioaren 9 192 631 770 periodoen durazioa da.

d) Korronte elektrikoaren unitatea (ampere)

Korrontearen eta erresistentziaren unitate elektrikoak, internazionalak deituak, Chicago-n 1893.ean eraturiko Nazioarteko Kongreso Elektrikoak sarturikoak dira, eta ampere "internazionalaren" eta ohm "internazionalaren definizioak Londres-ko (1908) Nazioarteko Konferentzian baiezatatu ziren.

Nahiz eta 8.CGPM-ren (1933) tenorean unitate "internazional" horien ordez unitate "absolutuak" jartzearen aldeko desio unanimoa zegoela jadanik argi eta garbi zegoen, abolitzeko erabaki ofiziala 9. CGPM-n (1948) bakarrik hartu zen, zeinek korronte elektrikoaren unitatetzat, amperearentzat, ondoko definizio hau onartu baitzuen:

> Amperea korrote kontinuo hura da, zeinek luzera infinitoko bi eroale paralelo artezean mantenduak direnean, eroaleen ebakidura-sekzioa arbuiagarri delarik eta hutsetan bata bestetik 1 metrotara jarriak daudelarik, bi eroaleen artean 2×10^{-7} newton metro luzerako indarra sortuko baitu. (CIPM (1946), 2. Erabakia, 9. CGPM-k (1948) aprobatua).

Jatorrizko textuan dagoen "MKS indar-unitatea" expresioaren ordez, "newton" jarri da, 9. CGPM-k onartua (1948, 7. Erabakia).

e) Tenperatura termodinamikoaren unitatea (kelvin)

Tenperatura termodinamikoaren definizioa 10. CGPM-k (1953, 3. Erabakia) emanikoa da muinean, zeinek, puntu fixu fundamental bezala uraren puntu hirukoitza aukeratu baitzuen, eta, definizioz, 273,16 K tenperatura jarri baitzion. 13. CGPM-k (1967, 3. Erabakia) kelvin (sinboloa, K) izena onartu zuen, "Kelvin graduaren" (sinboloa, ^{o}K) ordez, eta bere 4. Erabakian tenperatura termodinamikoaren unitatea honela definitu zuen:

> Kelvina, tenperatura termodinamikoaren unitatea, uraren puntu hirukoitzaren tenperatura termodinamikoaren 1/273,16 frakzioa da. (13. CGPM (1967), 4. Erabakia).

13. CGPM-k (1967, 3. Erabakia) hau ere deziditu zuen, kelvin unitatea, eta bere sinboloa, K, tenperatura-diferentzia bat edo -tarte bat adierazteko erabili behar zirela.

> Oharra: Tenperatura termodinamikoaz (sinboloa, T) gain, kelvinetan adierazia, Celsius tenperaturaren (sinboloa, t) usadioa ere egiten da, ekuazio honetaz definitua:
>
> $$t = T - T_o$$
>
> non $T_o = 273,15$ baita definizioz. "Gradu Celsius" unitatea "kelvin" unitatearen berdina da, baina "gradu Celsius" "kelvinaren" ordez Celsius tenperatura adierazteko izen berezi bat da. Tenperatura--tarte bat, Celsius gradutan nahiz kelvinetan adieraz daiteke.

f) Substantzia-kopuruaren unitatea (mole)

Kimikaren lege oinarrizkoen aurkikuntzatik, elementu eta konposatu kimikoen kopuruak espezifikatzeko, substantzia-kopuruaren unitateak erabili ohi dira, hala nola "gramo-atomo" eta "gramo-molekula" deiturikoak bezala. Unitate hauk "pisu atomiko" eta "pisu molekular" direlakoekin erlazionaturik daude, eta egiatan masa erlatiboak dira. "Pisu atomikoak" oxigenoaren pisu atomikoarekiko (hitzarmen orokorrez 16 bezala hartua)

zeuden erreferituak. Baina fisikoek masa-espektrografoan isotopoak bereizten zituztelarik, 16 balorea oxigenoaren isotopo bati atxekitzen zioten, kimikoek, denbora berean, balore hori 16, 17 eta 18 isotopoen nahasteari (leunki aldakorra) atxekitzen zioten, nahaste hau naturalki aurkitzen den oxigeno elementua delarik. Azkenean, Fisika Puru eta Aplikatuaren Nazioarteko Batasunaren (IUPAP) eta Kimika Puru eta Aplikatuaren Nazioarteko Batasunaren (IUPAC) arteko akordio batek bikoiztasun hau bukaera batetara eraman zuen 1959/60.etan. Ordutik hona fisikariek eta kimikariek 12 balorea karbonoaren isotopo 12-ari jartzea akordatu dute. Honela lortutako eskala batuak "masa atomiko erlatiboen" baloreak ematen ditu.

Substantzia-kopuruaren unitatea definitzea geratzen da, karbono-12--ari dagokion masa finkatuz; nazioarteko hitzarmenez, masa hau 0,012 kilogramotan fixatua izan da, eta substantzia-kopuruaren unitateari mole izena jarri izan zaio (sinboloa, mol).

IUPAP-en, IUPAC-en eta Standardizaziorako Nazioarteko Organizazioaren (ISO) proposapenak segituz, CIPM-k 1967.ean eman zuen, eta 1969.ean konfirmatu zuen ondoko molearen definizioa, eta 14. CGPM-k onartua (1971, 3. Erabakia):

> Molea, sistema baten substantzia-kopurua da, zeinek karbono-12-zko 0,012 kilogramotan dauden beste atomo unitate elementalak baititu.
>
> Oharra. Molea erabiltzen denean, unitate elementalak espezifikatuak izan behar dira, eta atomoak, molekulak, ioiak, elektroiak, beste partikula, edo partikula horien taldeak izan daitezke.

Definizio honek, denbora berean, molea unitatea den kantitatearen natura espezifikatzen du.

g) Argi-intentsitatearen unitatea (kandela)

Zenbait herritan erabilitako standardak, filamentu gorian edo garran oinarritako argi-intentsitatearen unitateak 1948.ean "kandela berriaz" ordezkatuak izan ziren. Erabaki hau Iluminaziozko Nazioarteko Komisioak (CIE) eta CIPM-k preparatua zegoen 1937.a baino aurrerago, eta CIPM-k promulgatua izan zen bere 1946.eko biltzarrean, 1933.ean,

8. CGPM-k konferituriko botereen arauera. 9. CGPM-k (1948) CIPM-ren erabakia berretsi zuen, eta argi-intentsitatearen unitateari izen internazional berri bat eman zion, kandela (sinboloa, cd). Kandelaren definizioaren textua, 1967.ean zuzendua, hau da:

> Kandela, 1/600 000 metro karratu superfizie duen gorputz beltz baten argi-intentsitatea da, direkzio perpendikularrean, platinoaren izozte-tenperaturatan, eta 101 325 newton metro karratuko presio pean. (13. CGPM (1967) 5. Erabakia).

2.- Sinboloak

Sistema Internazionalaren unitate oinarrizkoak 1. Taulan bilduta daude, beren izen eta sinbolorekin (10. CGPM (1954), 6. Erabakia; 11. CGPM (1960), 12. Erabakia; 13. CGPM (1967), 3. Erabakia; 14. CGPM (1971), 3. Erabakia).

1. Taula

SI unitate oinarrizkoak

kantitate*	izen	sinbolo
luzera	metro	m
masa	kilogramo	kg
denbora	segundo	s
korronte elektriko	ampere	A
tenperatura termodinamiko	kelvin	K
substantzia-kopuru	mole	mol
argi-intentsitatea	kandela	cd

*Ingeles bertsio-egilearen oharra: "kantitatea", materiaren edo fenomenoen atributo neurgarriak adierazteko erabiltzen den hitz teknikoa da.

Unitateen sinboloak idazteko erabiltzen den printzipio orokorra 9. CGPM-k (1948), 7. Erabakia, onartua izan zen jadanik, zeinaren arauera:

Molditz erromatarrak (zuzenak), generalki minuskulak, erabiltzen dira unitateen sinboloentzako, baina sinbolook izen propioetatik deribatzen badira, molditz erromatar maiuskulak erabiltzen dira (lehendabiziko letrarako). Sinbolo hauk ez dira puntu batez jarraituak.

Unitateen sinboloak ez dira pluralean aldatzen.

II.2 SI unitate eratorriak

1.- Expresioak

Unitate eratorriak oinarrizko unitateen terminoetan algebraikiro adieraziak dira, zatiketaren eta biderkaketaren izen eta sinbolo matematikoen bidez. Unitate eratorri zenbaitek izen eta sinbolo bereziak ditu, eta hauk, unitate oinarrizkoen terminoetan baino era errazago batetan beste unitate eratorri batzu adierazteko erabil daitezke.

Unitate eratorriak hiru goibururen arauera klasifika daitezke. Haietako batzu 2., 3. eta 4. tauletan ematen dira.

2. Taula

Unitate oinarrizkoetan expresaturiko SI unitate eratorrien zenbait exenplu

Kantitate	SI unitate	
	Izen	Sinbolo
azalera	metro karratu	m^2
bolumen	metro kubiko	m^3
abiadura	metro segundoko	m/s
azelerazio	metro segundo karratuko	m/s^2
uhin zenbakia	1 metroko	$1/m$
dentsitate, masa-dentsitate	kilogramo metro kubikoko	kg/m^3
korronte-dentsitate	ampere metro karratuko	A/m^2
eremu magnetikoaren indarra	ampere metroko	A/m
(substantzia-kopuruaren)kontzentr.	mole metro kubikoko	mol/m^3
bolumen espezifiko	metro kubiko kilogramoko	m^3/kg
luminantzia	kandela metro karratuko	cd/m^2

3. Taula

SI unitate eratorriak izen bereziekin

Kantitate	SI unitate: Izen	Sinbolo	Beste unitateen arauerako expresioa	SI unitate oinarrizkoen arauerako expresioa
frekuentzia	hertz	Hz	-	s^{-1}
indar	newton	N	-	$m.kg.s^{-2}$
presio	pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1}.kg.s^{-2}$
energia, lan, bero-kantit.	joule	J	N.m	$m^2.kg.s^{-2}$
potentzia,fluxu irradiante	watt	W	J/s	$m^2.kg.s^{-3}$
elektrizitate-kantitate karga elektriko	coulomb	C	A.s	s.A
potentzial elektriko potentzial-diferentzia indar elektroeragile	volta	V	W/A	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-1}$
kapazitate	faraday	F	C/V	$m^{-2}.kg^{-1}.s^4.A^2$
erresistentzia elektriko	ohm	Ω	V/A	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-2}$
konduktantzia	siemens	S	A/V	$m^{-2}.kg^{-1}.s^3.A^2$
fluxu magnetiko	weber	Wb	V.s	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-1}$
fluxu magntekoaren dents.	tesla	T	Wb/m^2	$kg.s^{-2}.A^{-1}$
induktantzia	henry	H	Wb/A	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-2}$
Celsius tenperatura	gradu Celsius	°C	-	K
argi-fluxua	lumen	lm	-	cd.sr *
iluminantzia	lux	lx	lm/m^2	$m^{-2}.cd.sr$ *
(radionuklido baten) aktibitate**	becquerel	Bq	-	s^{-1}
absorbituriko dosis, inpartituriko energia espezifiko,kerma, absorbitutako dosisaren indize	gray	Gy	J/kg	$m^2.s^{-2}$

* Expresio honetan, estereorradiana (sr) unitate oinarrizko bezala tratatzen da.

** Frantses itzulpena baino (radiations ionisants), expresio hau egokiagotzat hartzen da (Ingeles bertsio-egilearen oharra).

4. Taula

Izen berezien bidez adierazitako SI unitate eratorrien adibideak

Kantitate	Izen	SI unitate Sinbolo	SI unitate oinarrizko arauerako expresioa
biskositate dinamiko	pascal segundo	Pa.s	$m^{-1}.kg.s^{-1}$
indar momentu	newton metro	N.m	$m^{2}.kg.s^{-2}$
gainazal tentsio	newton metroko	N/m	$kg.s^{-2}$
potentzia dentsitate, bero-fluxuaren dentsitate, irradiantzia	watt metro karratuko	W/m^{2}	$kg.s^{-3}$
bero-kapazitate, entropia	joule kelvineko	J/K	$m^{2}.kg.s^{-2}.K^{-1}$
bero espezifikoaren kapazitate, entropia espezifiko	joule zati kilogramo kelvin	J/(kg.K)	$m^{2}.s^{-2}.K^{-1}$
energia espezifiko	joule kilogramoko	J/kg	$m^{2}.s^{-2}$
konduktibitate termiko	watt zati metro kelvin	W/(m.K)	$m.kg.s^{-3}.K^{-1}$
energia-dentsitate	joule metro kubikoko	J/m^{3}	$m^{-1}.kg.s^{-2}$
eremu elektrikoaren indarra	volta metroko	V/m	$m.kg.s^{-3}.A^{-1}$
karga elektrikoaren dentsitate	coulomb metro kubikoko	C/m^{3}	$m^{-3}.s.A$
fluxu elektrikoaren dentsitate	coulomb metro karratuko	C/m^{2}	$m^{-2}.s.A$
permitibitate	faraday metroko	F/m	$m^{-3}.kg^{-1}.s^{4}.A^{2}$
permeabilitate	henry metroko	H/m	$m.kg.s^{-2}.A^{-2}$
energia molar	joule moleko	J/mol	$m^{2}.kg.s^{-2}.mol^{-1}$
entropia molar, bero molarraren kapazitate	joule zati mole kelvin	J/(mol.K)	$m^{2}.kg.s^{-2}.K^{-1}.mol^{-1}$
exposizio (X eta izpiak	coulomb kilogramoko	C/kg	$kg^{-1}.s.A$
absorbituriko dosiaren abiadura	gray segundoko	Gy/s	$m^{2}.s^{-3}$

Oharra.- Dimentsio gabeko izena duten kantitateen baloreak, hala nola errefrakzio-indizea, permeabilitate erlatiboa edo permitibitate erlatiboa, zenbaki hutsen bidez adierazten dira. Kasu honetan, dagokien SI unitatea bi SI unitate berdinen arteko erlazioa da, eta 1 zenbakiaren bidez adieraz daiteke.

Unitate eratorri bat unitate oinarrizkoen izenak erabiliz, edo unitate eratorrien izen bereziak erabiliz zenbait era baliokide desberdinez adieraz daitekeen arren, CIPM-k,zenbait izen bereziren konbinazioren erabilkuntzan, ez du oztoporik ikusten, honela dimentsio berdineko kantitateen artean distintzioak egitea errazago baita. Adibidez, frekuentziarako segundo alderantzizkoa baino, hertza erabiltzen da, eta indar baten momenturako, joulea baino, newton.metroa erabiltzen da.

Erradiazio ionizatzailearen alorrean, segundo alderantzizkoa baino, becquerela erabiltzen da similarki; eta inpartituriko energia espezifikorako, kermarako, absorbituriko dosiserako eta absorbituriko dosisaren indizerako, joule kilogramokoa erabili beharrean, graya erabiltzen da.

2.- Gomendioak

Standardizaziorako Nazioarteko Komisioak (ISO) unitateen erabilkuntzan uniformitatea segurztatzeko asmoz, gomendio adizional batzu argitu ditu, Sistema Internazionalaren unitateekin partikularzki (ik. ISO 31 Standard Internazionalaren seriea eta ISO 1000 Standard Internazionalaren ISO/TC 12 Batzorde Teknikoaren "Kantitateak, unitateak, sinboloak, konbertsio-faktoreak eta konbertsio-taulak").

Gomendio hauen arauera,

a) Bi edo unitate gehiagoren biderkaketa ondorengo modutatik bide batez adieraz daiteke:

Adibidez: N.m, N m, edo N m.

b) Bi unitateren zatiketaz formatzen diren unitate eratorriak adierazteko, solidus izeneko makur bat (/), marra horizontal bat, edo potentzia negatiboak erabil daitezke:

Adibidez: m/s, $\frac{m}{s}$, edo $m.s^{-1}$

c) Solidus izeneko marra makurra lerro berdinean ezin daiteke errepika, zalantza parentesien bidez ekiditzen bada salbu. Kasu korapilotsuetan, potentzia negatiboak edo parentesiak erabili behar dira:

Adibidez: m/s^2 edo $m.s^{-2}$ baina ez m/s/s

$m.kg/(s^3.A)$ edo $m.kg.s^{-3}.A^{-1}$ $m.kg/s^3/A$

II.3 SI unitate suplementarioak

Konferentzia Orokorrak ez ditu klasifikatu oraindik Sistema Internazionalaren unitate zenbait unitate oinarrizko edo unitate eratorri bezala. SI unitate hauk "unitate suplementario" izeneko unitate-moetari atxekitzen zaizkio, eta unitate oinarrizko edo unitate eratorri bezala ikus daitezke.

Orain arte unitate-moeta honek bi unitate geometriko huts soilik ditu: angelu launaren SI unitatea, radian izenekoa eta angelu solidoaren SI unitatea, estereorradian izenekoa (11. CGPM (1960), 12. Erabakia).

5. Taula

SI unitate suplementarioak

Kantitate	SI unitate	
	Izen	Sinbolo
angelu laun	radian	rad
angelu solido	estereorradian	sr

Radiana zirkunferentziaren radioaren luzera berdina duen arku batek ebakitzen duen zirkulu baten bi radioen artean dagen angelu launa da.

Estereorradiana, esfera baten zentruan erpina dagoelarik, esferaren superfiziearen azaleran esferaren radioaren luzera berdineko karratu baten alboek ebakitzen duten angelu solidoa da.

(Standard Internazionala ISO 31/I).

Unitate suplementarioak unitate eratorriak formatzeko erabil daitezke. Adibideak 6. taulan ematen dira.

6. Taula

Unitate suplementarioak erabiliz, SI unitate eratorrien adibideak

Kantitate	SI unitate	
	Izen	Sinbolo
abiadura angeluar	radian segundoko	rad/s
azelerazio angeluar	radian segundo karratuko	rad/s^2
erradiazio intentsitate	watt estereorradianeko	W/sr
irradiantzia	watt zati metro karratu estereorradian	$W.m^{-2}.sr^{-1}$

III.- SI UNITATEEN MULTIPLO ETA SUBMULTIPLO HAMARTARRAK

III.1 SI aurrizkiak

11. CGPM-k (1960, 2. Erabakia) SI unitateen multiplo eta submultiplo hamartarrak formatzeko aurrizkien izen eta sinboloen lehen serie bat onartu zuen. 10^{-15}-erako eta 10^{-18}-rako aurrizkiak 12. CGPM-n (1964, 8. Erabakia) gehitu ziren, eta 10^{15}-erako eta 10^{18}-rako, 15. CGPM-n (1975, 10. Erabakia).

7. Taula

SI aurrizkiak

Faktore	Aurrizki	Sinbolo	Faktore	Aurrizki	Sinbolo
10^{18}	exa	E	10^{-1}	dezi	d
10^{15}	peta	P	10^{-2}	zenti	c
10^{12}	tera	T	10^{-3}	mili	m
10^{9}	giga	G	10^{-6}	mikro	μ
10^{6}	mega	M	10^{-9}	nano	n
10^{3}	kilo	k	10^{-12}	piko	p
10^{2}	hekto	h	10^{-15}	femto	f
10^{1}	deka	da	10^{-18}	atto	a

III.2 Gomendioak

ISO-k SI aurrizkiak erabiltzeko ondoko arauak gomendatu ditu:

a) Aurrizkien sinboloak molditz erromatarretan (zuzenak) inprimatzen dira, aurrizkiaren sinboloaren eta unitatearen sinboloaren artean

tarte zuririk utzi gabe.

b) Aurrizkia duen sinbolo bati atxekitako exponenteak zera adierazten du, unitatearen multiploa edo submultiploa exponenteak adierazten duen potentziara jasota dagoela,

Adibidez: $1\ cm^3 = (10^{-2}\ m)^3 = 10^{-6}\ m$

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

$1\ s^{-1} = (10^{-6}\ s)^{-1} = 10^{6}\ s^{-1}$

c) SI aurrizki biren edo gehiagoren juxtaposizioz formaturiko aurrizki konposatuak ez dira erabili behar.

Adibidez: 1 nm baina ez 1 mμm

1 pF 1 μμF

III.3 Kilogramoa

Sistema Internazionalaren unitate oinarrizkoen artean, masa-unitatea da bakarra, zeinek, arrazoi historikoz, aurrizki bat duen. Masa-unitatearen multiplo eta submultiplo hamartarren izenak aurrizkiak "gramo" hitzari atxekiz formatzen dira (CIPM (1967), 2. Gomendioa).

IV.- SISTEMA INTERNAZIONALETIK KANPOKO UNITATEAK

IV.1 Sistema Internazionalarekin erabilitako unitateak

CIPM-k (1969), SI-ren erabiltzaileek, sistemarekin sistemako ez diren zenbait unitate, garrantzitsuak eta oso hedatuak, erabiltzeko desioa zutela onetsi zuen.

Unitate hauk 8. taulan ematen dira. Taula honetako unitateen eta SI unitateen arteko konbinazioa erabilmendu berezietara mugatu behar da, SI unitateen koherentziaren abantailak ez galtzeko.

8. Taula

Sistema Internazionalarekin usadiozko unitateak

Izen	Sinbolo	Balorea, SI unitatetan
minutu	min	1 min = 60 s
ordu *	h	1 h = 60 min = 3 600 s
egun	d	1 d = 24 h = 86 400 s
gradu	°	$1^\circ = (\pi/180)$ rad
minutu	'	$1' = (1/60)^\circ = (\pi/10\ 800)$ rad
segundo	"	$1'' = (1/60)' = (\pi/648\ 000)$ rad
litro**	l	$1\ l = 1\ dm^3 = 10^{-3}\ m^3$
tonelada metriko	t	$1\ t = 10^3$ kg

* Unitate honen sinboloa 9. CGPM-ren (1948) 7. Erabakian sartuta dago.

** Unitate hau eta bere sinboloa CIPM-k 1879.ean onartua izan zen. Litroaren sinboloari dagokionez, l letraren eta 1 zenbakiaren arteko nahasmenduaren arriskua dagoenean, "ltr" laburdura edo litro hitz osoa idatz daiteke (CIPM, 1976)#. Eguneko litroaren definizioa 12. CGPM-ren (1964) 6. Erabakian dago.

U.S.A.-n l letraren eta 1 zenbakiaren nahasmendua ekiditzeko, litroaren sinbolo gomendatua L da, l izan beharrean.

Sistema Internazionaletik kanpo, alor espezializatuetan erabilgarri diren beste zenbait unitate errekonozitzea beharrezko da halaber, zeren beraien baloreak SI unitatetan adieraziak, experimenduen bidez lortu beharko bailirateke, eta, beraz, ez bailirateke zehazki ezagutuko (9. taula).

9. Taula

Sistema Internazionalarekin erabilitako unitateak eta zeinen baloreak SI unitatetan experimentalki lortuak diren

Izen	Sinbolo	Definizio
elektronvolta	eV	*
masa atomikoaren unitate unifikatu	u	**
unitate astronomiko	***	***
parsec	pc	****

* 1 elektronvolta, elektroi batek, hutsean, 1 voltatako potentzial-diferentziaren zehar pasatzerakoan lortzen duen energia zinetikoa da; 1 eV = 1,602 19 x 10^{-19} J, gutxi gorabehera.

** Masa atomikoaren unitate unifikatua, ^{12}C nuklidoaren atomo baten masaren 1/12 frakzioaren berdina da; 1 u = 1,660 57 x 10^{-27} kg, gutxi gorabehera.

*** Unitate honek ez du sinbolo internazionalik; ordez, laburpenak erabiltzen dira, adibidez, AU ingelesez, UA frantsesez, AE alemanez, a.e. rusoz, eta abar. Distantziaren unitate astronomikoa, masa arbuiagarri duen gorputz baten orbita zirkular perturbatu gabekoaren radioaren luzera da, 0,017 202 098 950 radian zati 86 400 efemeri-segundo dituen eguneko abiaduraz Eguzkiaren inguruan mogitzen delarik. Nazioarteko Batasun Astronomikoaren (1976) konstante astronomikoen sisteman onarturiko balorea hau da: 1 UA = 149 597,870 x 10^{6} m.

**** 1 parsec distantzia bat da, zeinetara 1 unitate astronomikok arkuko 1 segundoko angelu bat hedatzen duen; beraz, gutxi gorabehera, 1 pc = 206 265 UA = 30 857 x 10^{12} m.

IV.2 Denboralki onartutako unitateak

Hedaturik dagoen praktika kontutan hartuz, CIPM-k (1969) zera kontsideratu zuen, Sistema Internazionalaren unitateekin batera, 10. taulan zerrendaturik dauden unitateen erabilpena hobeago zela denboralki mantentzea.

10. Taula

Sistema Internazionalarekin denboralki erabiltzeko diren unitateak

Izena	Sinbolo	Balorea, SI unitatetan
itsas milia *	-	1 itsas milia = 1852 m
nutu	-	1 itsas milia orduko = (1852/3600) $\frac{m}{s}$
angstrom	A	1 A = 0,1 nm = 10^{-10} m
area **	a	1 a = 1 dam^2 = 10^2 m^2
hektarea **	ha	1 ha = 1 hm^2 = 10^4 m^2
barn ***	b	1 b = 100 fm^2 = 10^{-28} m^2
bar ****	bar	1 bar = 0,1 MPa = 10^5 Pa
atmosfera standard*****	atm	1 atm = 101 325 Pa
gal******	Gal	1 Gal = 1 cm/s^2 = 10^{-2} m/s^2
curie*******	Ci	1 Ci = 3,7 x 10^{10} Bq
rontgen********	R	1 R = 2,58 x 10^{-4} C/kg
rad*********	rad	1 rad = 1 cGy = 10^{-2} Gy

* Itsas milia itsas eta aire-nabigaziorako distantziak adierazteko erabiltzen den unitate berezi bat da. Gorago emandako balore hitzarmenekoa Lehendabiziko Nazioarteko Konferentzia Hidrografiko Extraordinarioan, Monaco, 1929, onartua izan zen, "Itsas milia internazional" izenaren pean.

** Unitate hauk eta beren sinboloak CIPM-k onartuak izan ziren 1879.ean (Proces-Verbaux CIPM, 1879, p. 41).

*** Barna, gurutze-sekzio efektiboak adierazteko fisika nuklearrean erabiltzen den unitate berezi bat da.

**** Unitate hau, eta bere sinboloa, 9. CGPM-ren (1948) 7. Erabakian sarturik daude.

***** 10. CGPM (1954), 4. Erabakia.

****** Gala, grabitatearen azelerazioa adierazteko, geodesian eta geofisikan erabiltzen den unitate berezi bat da.

******* Curiea, radionuklidoen aktibitatea adierazteko, fisika nuklearrean erabiltzen den unitate berezi bat da (12. CGPM (1964), 7 Erabakia.

******** Rontgena, X edo izpien exposisioa adierazteko erabiltzen den unitate berezi bat da.

********* Rada, erradiazio ionizatzaileen absorbituriko dosisa adierazteko erabiltzen den unitate berezi bat da. Radianaren sinboloarekin nahasmendu-arriskua dagoenean, radaren sinbolotzat rd erabil daiteke.

IV.3 CGS unitateak

CIPM-k Sistema Internazionalarekin izen berezia duten CGS unitateak erabiltzea generalean ez dela preferiblea kontsideratzen du (1). Unitateok 11. taulan zerrendatuta daude.

11. Taula

CGS unitateak izen bereziekin

Izen	Sinbolo	Balorea, SI unitatetan
ergio *	erg	1 erg = 10^{-7}
dina *	dyn	1 dyn = 10^{-5} N
poise *	P	1 P = 1 dyn.s/cm^2 = 0,1 Pa/s
stokes	St	1 St = 1 cm^2/s = 10^{-4} m^2/s
gauss **	Gs, G	1 Gs, 10^{-4}-ri dagokio
oersted **	Oe	1 Oe, $\frac{1000}{4\pi}$ $\frac{A}{m}$-ri dagokio
maxwell **	Mx	1 Mx, 10^{-8} Wb-ri dagokio
stilb **	sb	1 sb = 1 cd/cm^2 = 10^4 cd/m^2
fot	ph	1 ph = 10^4 lux

(1) Unitate-Sistema Internazionalaren, eta dokumentu honetan dauden gomendioen gogoa uniformitate-maila handiena segurztatzea da, eta, beraz, unitateen usadio orokorraren elkar-ulermen hobeagoa. Hala ere, azterketa zientifikoaren zenbait alor espezializatutan, fisika teorikoan partikularzki, beste sistema batzu edo beste unitate batzu erabiltzeko arrazoi oso onak egon daitezke batzutan.

Edozein unitate erabili arren, beraientzako erabilitako sinboloak gaurko gomendio internazionalak jarraitzea oso garrantzitsua da.

* Unitate eta sinbolo hauk 9. CGPM-ren (1948) 7. Erabakian sartu ziren.

** Unitate hauk CGS hiru-dimentsional "elektromagnetiko" deituriko sistemaren parte dira, eta Sistema Internazionalean dagozkien unitateei, hertsikiro mintzatuz, ezin zaizkie konparatu, zeren, kantitate elektrikoak soilik kontsideratzen direnean, SI-k lau dimentsio baititu.

IV.4 Beste unitate

Sistema Internazionaletik kanpo dauden, eta IV.1, 2, eta 3. sekzioetan sartzen ez diren unitateekiko, CIPM-k ekiditzea generalean hobe dela kontsideratzen du, eta beraien ordez Sistema Internazionalaren unitateak erabiltzea. Unitate horietako batzu 12. taulan daude zerrendaturik.

12. Taula

Beste unitate, generalki desaprobatuak

Izen	Balorea, SI unitatetan
fermi	1 fermi = 1 fm = 10^{-15}
karate metriko *	1 karate metriko = 200 mg = 2 x 10^{-4} kg
torr	1 torr = $\frac{101\ 325}{760}$ Pa
kilogramo-indar(kgf)	1 kgf = 9,806 65 N
kaloria (cal)	1 cal = 4,186 8 J **
mikroi (μ)***	1 μ = 1 m = 10^{-6} m
X unitatea ****	
estereo (st) *****	1 st + 1 m^3
gamma (γ)	1 γ = 1 nT = 10^{-9} T
γ ******	γ = 1 g = 10^{-9} kg
λ *******	λ = 1 l = 10^{-6} l = 10^{-9} m^3

* Izen hau diamantetarako, perletarako eta bitxietarako, harreman komertzialetan, onartu zen 4. CGPM-n (1907, pp 89-91).

** Balore hau "IT" izendaturiko kaloriarena da (5. Lurrunaren Propietateetaz Nazioarteko Konferentzia, Londres, 1956).

*** Unitate honen izena eta sinboloa, 1879.ean CIPM-k onartuak (Proces-Verbaux CIPM, 1879, p. 41), eta 9. CGPM-ren (1948) 7. Erabakian mantendu izandakoak, 13. CGPM-k (1967, 7. Erabakia) abolituak izan ziren.

**** Unitate berezi hau X izpien uhin-luzeraz adierazteko erabilia izaten zen; 1 X unitate = 1,002 x 10^{-4} nm, gutxi gorabehera.

***** Egurra neurtzeko erabilitako unitate berezi hau, CIPM-k onartua izan zen 1879.ean, "s" sinboloarekin (Proces-Verbaux CIPM, 1879, p. 41). 9. CGPM-k (1948, 7. Erabakia) sinboloa "st" izatera aldatu zuen.

****** Sinbolo hau Proces-Verbaux CIPM, 1880, p. 56 delakoan aipatzen da.

******* Sinbolo hau Proces-Verbaux CIPM, 1880, p. 30 delakoan aipatzen da.

I. ERANSKINA

CGPM-REN ETA CIPM-REN ERABAKIAK

(Abrogaturiko, aldaturiko edo gehituriko erabaki garrantzitsuenak asterisko * batez markaturik daude).

CR: Comptes rendus des seances de la Conference Generale des Poids et Mesures (CGPM).

PV: Proces-Verbaux des seances du Comite International des Poids et Mesures (CIPM)

1. CGPM, 1889

metro
kilogramo

Metroaren eta kilogramoaren prototipo internazionalen onespena (CR, 34-38)

Konferentzia Orokorrak

kontsideratuz

"CIPM-ren Lehendakariaren Compte Rendu" delakoa eta "CIPM-ren Txosten" delakoa, zeintzuk erakusten baitute ezen, Metroaren Komisioaren sekzio frantsesaren eta CIPM-ren kolaborazioz, metroaren eta kilogramoaren prototipo internazionalen eta nazionalen neurketa fundamentalak, zientziaren gaurko egoerak permititzen duen zehaztasun eta konfidantzaz egin direla; ezen metroaren eta kilogramoaren prototipo internazionalak eta nazionalak platinozko eta 10% iridiozko aleazio batez eginik daudela, 0,000 1-erainoko zehaztasunean; Metro internazionalaren eta Frantziako Artxiboetan gordetzen den Metroaren berdintasuna luzeran, eta Kilogramo internazionalaren eta Frantziako Artxiboetan gordetzen den Kilogramoaren berdintasuna masan;

ezen Metro nazionalen eta Metro internazionalaren arteko desberdintasunak 0,01 milimetrotako tartean dautzala, eta diferentzia hauk hi-

drogenozko tenperaturaren eskala batetan oinarrituta dago, eta hidrogenoaren egonkortasunari esker, beti erreproduzi daiteke, baldintza berdinak ematen direlarik;

ezen Kilogramo nazionalen eta Kilogramo internazionalaren arteko desberdintasunak miligramotako tartean dautzala;

ezen Metro eta Kilogramo internazionalek, eta Metro eta Kilogramo nazionalek Metroaren Konbentzioaren baldintzak betetzen dituztelarik,

erabakitzen du

A. Prototipo internazionalei buruz:

1 CIPM-k aukeraturiko metroaren prototipoa.

Prototipo honek, izotzaren urtze-tenperaturan, hemendik aurrera luzera-unitate metrikoa errepresentatuko du. *

* Definizio hau 1960.ean abrogatua (11. CGPM, 6. Erabakia)

2 CIPM-k adoptaturiko kilogramoaren prototipoa.

Prototipo hau , hemendik aurrera masa-unitate bezala kontsideratua izango da.

3 Hidrogeno termometroaren eskala zentigradua, zeinaren terminoetan Metroen prototipoen ekuazioak finkatu diren.

B. Prototipo nazionalei buruz:

.....

3. CGPM, 1901

litro

Litroaren definizioarekiko deklarazioa (CR, 38)

.....

Konferentziak deklaratzen du:

1 Bolumen-unitatea, zehaztasun handiko determinaziotarako, dentsitate maximotan eta presio atmosferiko standardetan ur hutsezko 1 kilogramo-masak betetzen duen bolumena da; bolumen honi litro deritzo.*

2 .....

* Definizio hau 1964.ean abrogatua (12, CGPM. 6. Erabakia).

masa eta pisu, g_n

Masa-unitateaz eta pisuaren definizioz deklarazioa; g_n-ren balore hitzarmenekoa (CR, 70)

1887.eko Urriaren 15eko CIPM-ren erabakia kontutan harturik, zeinaren arauera kilogramoa masa-unitate bezala definitzen baita (1);

Sistema Metrikoaren prototipoen erabakian dagoen dezisioa kontutan harturik, 1889.eko Irailaren 26an CGPM-k aho batez onartua;

pisu hitzaren esannahiean, praktika arruntan oraindik irauten duen zalantzagarritasunari bukaera bat jartzeko beharra kontsideratuz, batzutan masa adierazteko, bestetan indar mekaniko adierazteko erabiltzen baita;

Konferentziak deklaratzen du:

1 Kilogramoa masa-unitatea da; kilogramoaren prototipo internazionalaren masaren berdina da;

2 Pisu hitzak, indar baten naturaren berdineko kantitate bat adierazten du; gorputz baten pisua, bere masaren eta grabitatearen azelerazioaren biderkadura da; konkretuki, gorputz baten pisu standarda, bere masaren eta grabitatearen azelerazio standardaren biderkadura da;

3 Pisu eta Neurketen Zerbitzu internazionalak grabitatearen azelerazio standarderako adoptaturiko balorea 980,665 cm/s^2 da, herri batzutako legeetan jadanik jarritako balorea (2).

---

(1) "Kilogramo internazionalaren masa Pisu eta Neurketen Zerbitzu internazionalaren unitate bezala hartzen da". (PV, 1887, 88).

(2) BIPM-ren oharra: "Standard balore" erreferentzia konbentzional hau (g_n = 9,806 65 m/s^2) Lurreko edozein lekutan egindako neurketak grabitate standardera erreduzitzeko 1913.ean, 5. CGPM-n (CR, 44) birkonfirmatua izan da.

7. CGPM

metro

Prototipo internazionalaren arauerako metroaren definizioa (CR, 49)

Luzera-unitatea metroa da, honela definitua, BIPM-n gordetariko platino-iridiozko barran markaturiko bi lerro zentralen ardatzen arteko distantzia 0°-tan, eta 1. CGPM-k metroaren Prototipo deklaratua, barra honek presio atmosferiko standanda pairatzen duelarik, eta gutxienez 1 zentimetrotako dametroa duen bi zilindroz suportatua, bata bestetik 571 mm-tara simetrikoki plano horizontal berean jarriak.*

* Definizio hau 1960.ean abrogatua (11. CGPM, 6. Erabakia).

CIPM, 1946

unitate fotometriko

Unitate fotometrikoen definizioak (PV, 20, 119)

Erabakia (1)

.....

4. Unitate fotometrikoak honela defini daitezke:

Kamdela berria (argi-intentsitatearen unitatea).- Kandela berriaren balorea hainbestekoa da, ezen, platinoaren solidifikatze-tenperaturan irradiatore osoaren disitira 60 kandela berri zentimetro karratuko dela.*

* Definizio hau, 1967.ean aldatua (13. CGPM, 5. Erabakia).

Lumen berria (argi-fluxuaren unitatea).- 1 kandela berri duen iturri puntual uniforme batek, angelu solido unitateko (estereorradian) emititzen duen argi-fluxua da.

.....

---

(1) Erabaki honetan dauden bi definizioak 9. CGPM-k (1948) berretsiak ziren, zeinek "kandela berri" delakoari "kandela" izena jartzea ere aprobatu zuen (CR, 54). Lumen delakoarentzat, "berri" kalifikatiboa beranduago abandonatu zen.

unitate elektriko eta mekanikoak

Unitate elektrikoen definizioak (PV, 20, 131)

2. Erabakia (1)

.....

4. A) Unitate elektrikoetan sartzen diren unitate mekanikoen definizioak:

Indar unitatea.- Indar unitatea (MKS (Metro, Kilogramo, Segundo) sisteman), 1 kilogramoko masa bati 1 metro segundoko, segundoko, azelerazioa ematen dion indarra da.*

*MKS unitatearentzat "newton" izena adoptatu zen 1948.ean (1).

Joule (energia edo lan unitatea).- Joulea, 1 MKS indar unitatearen (newton) aplikagunea 1 metrotako distantziara, indarraren direkzioan, higitzen denean egiten den lana da.

Watt (potentzia untatea).- Watta, segundo batetan 1 jouletako energia ematen duen potentzia da.

B) Unitate elektrikoen definizioak. CIPM-k, unitate elektrikoen balore teorikoak definitzen dituzten ondoko proposizioak onartzen ditu:

Ampere (korronte elektrikoaren unitatea).- Amperea korronte elektriko hura da zeinek, luzera infinitoko bi eroale paralelo artezetan mantendua denean, eroaleen ebakidura-sekzio zirkularra arbuiagarri delarik eta hutsean bata bestetik 1 metrotara jarriak daudelarik, bi eroaleen artean 2×10^{-7} indar MKS unitate (newton) metro luzerako indarra sortuko baitu.

Volta (potentzial-diferentziaren eta indar elektroeragilearen unitatea).- 1 amperetako korronte konstante bat garraiatzen duen hari konduktore baten bi punturen arteko potentzial elektrikoaren diferentzia volta bat da disipaturiko potentzia 1 wattaren berdina denean.

---

(1) 2. Erabakian dauden definizioak, 9. CGPM-k (1948) (CR, 49) aprobatuak ziren, zeinek, areago, newton izena ere adoptatu baitzuen (7. Erabakia).

Ohm (erresistentzia elektrikoaren unitatea).- Ohma konduktore baten bi punturen arteko erresistentzia elektrikoa da, puntu horietara 1 voltatako potentzial-diferentzia konstante bat aplikatuz, konduktorean 1 amperetako korronte bat sortzen duenean, konduktoreori ezelako indar elektroeragileren iturria ez delarik.

Coulomb (elektrizitate-kantitatearen unitatea).- Coulomba 1 segundotan, 1 amperetako korronte batek garraiaturiko elektrizitate-kantitatea da.

Faraday (kapazitate elektrikoaren unitatea).- Faradaya kondentsadore baten kapazitatea da, zeinaren plaken artean 1 voltatako potentzial-diferentzia agertzen baita 1 coulombetako elektrizitate-kantitateaz kargatzen denean.

Henry (induktantzia elektrikoaren unitatea).- Henrya zirkuitu hertsi baten induktantzia da, zeinetan 1 voltatako indar elektroeragile bat sortzen baita, zirkuituan korronte elektrikoa 1 ampere segundoko abiaduran uniformeki aldatzen denean.

Weber (fluxu magnetikoaren unitatea).- Webera fluxu magnetiko hura da, zeinek, bira bateko zirkuitu batekin elkartuz, eta abiadura uniformetan segundo batetan zerora erreduzituko balitz, 1 voltatako indar elektroeragile bat sortuko bailuke.

9. CGPM, 1948

eskala termodinamiko. bero-unitate

Uraren puntu hirukoitza; eskala termodinamikoa puntu fixu bakar batekin; bero-kantitatearen unitatea (joule) (CR, 55 eta 63).

3. Erabakia (1)

1. Gaur eguneko teknikaz, uraren puntu hirukoitza puntu erreferentzial termometriko bat izateko kapable da, izotzaren fusio-puntutik

---

(1) 3. Erabaki honetan edukiriko hiru proposizioak, Konferentzia Orokorrak onartuak izan dira.

lor daitekeena baino prezisio handiagorekin.

Kontsekuentziaz, (Termometria eta Kalorimetriarako) Kontsulta-Batzordeak (CCTC) zera kontsideratzen du, eskala termodinamiko ehundarren zeroa, ur puruaren puntu hirukoitzaren tenperaturaren 0,010 0 gradu azpitik dagoen tenperatura bezala definitu behar dela.

2. CCTC-k eskala termodinamiko absolutu baten printzipioa onartzen du, puntu fixu oinarrizko bakar batekin, gaur egunean ur puruaren puntu hirukoitzak emanikoa, eta zeinaren tenperatura absolutua aurreragoko data batetan fixatuko baita.

Eskala berri honen sarrerak ez du Eskala Internazionalaren usadioa inola ere afektatzen, gomendaturiko eskala praktiko bezala jarraitzen duelarik.

3. Bero-kantitatearen unitatea joulea da.

Oharra.- Experimentu kalorimetrikoen erresultatuak, ahal den heurrian, jouletan expresatzea eskatzen da.

Experimentuak uraren tenperaturaren igokerarekiko egiten badira (eta, edozein arrazoiz, kaloriaren usadioa ez bada posible ekiditzea) jouletarako konbertsiorako informazio beharrezkoa eman behar da.

CIPM-k CCTC-k kontseilaturik, experimentuen bidez uraren bero espezifikoaren lor daitezkeen balore zehatzenak, joule gradukotan, ematen dituen taula bat prestatu behar du.

gradu Celsius

"Celsius gradu" delakoaren adopzioa

Tenperatura-gradua izendatzeko proposaturiko hiru izenen artean ("gradu zentigradu", "gradu ehundar", "gradu Celsius"), CIPM-k "gradu Celsius" aukeratu du (PV, 21, 1948, 88).

Izen hau Koferentzia Orokorrak adoptaturikoa da halaber (CR, 64)

neurketa-unitateren sistema praktiko

Neurketa-unitateren sistema praktiko baten eablezimendurako proposapena (CR, 64)

6. Erabakia

Konferentzia Orokorrak

kontsideratuz

ezen Fisikaren Batzarre Internazionalak CIPM-ri nazioarteko usadiorako unitate-sistema internazional praktiko baten adopzioa eskatu diola;

ezen Fisikaren Batzarre Internazionalak MKS sistema eta sistema praktiko absolutuaren unitate elektriko bat gomendatzen dituela, baina fisikoek CGS sistema abandonatzea ez dutela gomendatzen;

ezen CGPM-k berak Frantses Gobernutik antzeko eskari bat errezibitu duela, neurketa-unitateen espezifikazio oso baten eablezimendurako diskusioaren oinarri bezala erabil daitekeen eskuskribu batekin elkartua;

CIPM instruitzen du:

herrialde guztietako zirkulu zientifiko, tekniko eta edukazionalen eritzia aztertzea, inkesta energetiko, aktibo eta ofizial baten bidez (haiei, praktikan dokumentu frantsesa oinarri bezala eskainiz); erantzunak pilatzea eta estudiatzea; neurketa-unitateren sistema praktiko bakar batetarako gomendioak egitea, Metroaren Konbentzioari atxekitako herrialde guztiek adoptatzeko egokiak.

sinboloak eta zenbakiak

Unitateen sinboloen eta zenbakien idazkera eta inprimakera (CR, 70)

7. Erabakia

Printzipioak

Sinbolo eta unitateentzako molditz erromatarrak (zuzenak), erabiltzen dira, minuskulaz generalki, hala ere, sinboloak izen propioetatik eratorriak badira, molditz erromatar majuskula erabiltzen da. Sinbolo hauk ez dira puntu batez jarraituak.

Zenbakietan, koma (usadio frantsesa) edo puntua (usadio britanikoa) soilik zenbakien atal osoa atal hamartarretik bereizteko erabiltzen da. Zenbakiak, irakurtzea errazteko helburuarekin, hiru zifratako

taldetan bana daitezke, eta taldeen arteko hutsuneetan ez dira sekula ez punturik ez komarik sartzen.

Untatea	Sinboloa	Unitatea	Sinboloa
.metro	m	ampere	A
.metro karratu	m^2	volta	V
.metro kubiko	m^3	watt	W
.mikroi *	μ	ohm	Ω
.litro	l	coulomb	C
.gramo	g	faraday	F
.tonelada	t	henry	H
segundo	s	hertz	Hz
ergio	erg	poise	P
dina	dyn	newton	N
gradu Celsius	^oC	.kandela	cd
.gradu absolutu **	^oK	lux	lx
kaloria	cal	lumen	lm
bar	bar	stilb	sb
ordu	h		

* 1967.ean abrogaturiko unitate eta sinboloa (13. CGPM, 7. Erabakia)

** 1967.ean aldaturiko izen eta sinboloa (13. CGPM, 3. Erabakia).

Oharrak

1. Aurrean puntu bat duten izenen sinboloak CIPM-ren erabaki batez jadanik adoptaturikoak dira.

2. Estereoaren sinboloa, egurraren bolumen-unitatea, "st" izan beharko da, eta ez "s", aurretik CIPM-k asignatu zion bezala.

3. Tenperatura bat baino tenperatura-tarte edo diferentzia bat adierazteko, "gradu" izena, osoan, edo "deg" laburpena erabili behar da. *

* Ik. 13. CGPM-ren 3. Erabakia, 1967.

10. CGPM, 1954

eskala termodinamiko

Tenperatura termodinamikoaren eskalaren definizioa (CR, 79)

3. Erabakia

10. CGPM-k tenperatura termodinamikoaren eskala, puntu fixu oinarrizko bezala uraren puntu hirukoitza aukeratuz definitzea erabakitzen du, eta puntu fixu horri 273,16 gradu kelvineko tenperatura exaktuki asignatzea. *

* Ikus 13. CGPM-ren 4. Erabakia, 1967.

atmosfera standard

Atmosfera standardaren definizioa (CR, 79)

4. Erabakia

10. CGPM-k, tenperatura-eskala internazionala definitzerakoan, 9. CGPM-k eman zuen atmosfera standardaren definizioak, termometriazko lan zehatzetarako baino ez dela baliozko ustera eraman zituela zenbait fisiko ohartuz,

deklaratzen du ezen usadio orokorrerako definizio hau adoptatzen duela:

1 atmosfera standard = 1 013 250 dina zentimetro karratuko, hots, 101 325 newton metro karratuko.

unitate-sistema praktiko

Unitate-sistema praktiko (CR, 80)

6. Erabakia

9. CGPM-k bere 6. Erabakian adierazitako nahikundearen arauera, nazioarteko usadiorako neurketa-unitate sistema praktiko baten estableziemendurako, 10. CGPM-k

erabakitzen du ondoko unitateak sistemaren oinarrizko unitate bezala adoptatzea:

luzera.....metro

masa.....kilogramo

denbora.....segundo

korronte elektriko.....ampere

tenperatura termodinamiko.....gradu kelvin*

argi-intentsitate.....kandela

* 1967.ean "kelvin"era aldaturiko izena (13. CGPM, 3. Erabakia).

CIPM, 1956

segundo

Denbora-unitatearen definizioa (PV, 25, 77)

1. Erabakia

10. CGPM-ren 5. Erabakian inbestituriko boterean oinarrituz, CIPM-k

kontsideratuz

1 ezen Nazioarteko Batasun Astronomikoaren 9. Asanblada Orokorra (Dublin, 1955) segundoa urte tropikalari elkartzeko alde deklaratu zela;

2 ezen Nazioarteko Batasun Astronomikoaren 8. Asanblada Orokorraren (Erroma, 1952) erabakien arauera, efemeris-denboraren (ET) segundoa, 1900.eko Urtarrilaren 0an, 12 h-etan ET-rako urte tropikoaren $\frac{12\ 960\ 276\ 813}{408\ 986\ 496} \times 10^{-9}$ frakzioa da,

erabakitzen du

"Segundoa, 1900.eko Urtarrilaren 0an, 12 orduetarako, efemeris-denbora, urte tropikalaren 1/31 556 925,974 7 frakzioa da".*

*1967.ean abrogaturiko definizioa (13. CGPM, 1. Erabakia).

SI

Unitate-sistema internazionala (PV, 25, 83)

3. Erabakia

CIPM-k

kontsideratuz

9. CGPM-ren 6. Erabakiaren bidez konfidaturiko lana, Metroaren

Konbentzioari atxekitako herrialde egoki litzaiekeen neurketa-unitateren sistema praktiko baten establezimenduárekiko,

9. CGPM-k eskaturiko inkestari erantzunez hogeitabat herrialdetatik errezibituriko dokumentuak,

10. CGPM-ren 6. Erabakia, establezituko den sistemaren unitate basikoak fixatzen,

gomendatzen du

1 ezen "Unitate-Sistema Internazioanala" izena 10. CGPM-n adoptaturiko unitate basikoetan oinarritutako sistemari ematea, hau da: (hemen sei unitate basikoen izen eta beren sinboloen zerrenda dator, 11. CGPM-ren (1960) 12. Erabakian erreproduzituak).

2 ezen ondoko taulan zerrendaturiko unitateak erabiltzea, aurrerago gehi daitezkeen beste batzu exkluditu gabe: (hemen 11. CGPM-ren (1960) 12. Erabakiaren 4. Paragrafoan erreproduzituriko unitateen tauta dator).

11. CGPM, 1960

metro

Metroaren definizioa (CR,85)

11. CGPM-k

kontsideratuz

ezen Prototipo internazionalak Metrologiaren gaurko beharretarako zehaztasun nahikorekin ez duela metroa definitzen,

ezen standard natural eta suntsiezina adoptatzea desiragarriago dela,

erabakitzen du

1 Metroa, kripton-86 atomoaren $2p_{10}$ eta $5d_5$ mailen arteko trantsizioari, hutsean, dagokion erradiazioaren 1 650 763,73 uhin-luzeren berdina den luzera da.

2 1889.etik zutik iraun duen metroaren definizioa, platino-iridiozko Prototipo internazionalean oinarritua, abrogatzen da.

3 1889.eko 1. CGPM-k santzionaturiko metroaren Prototipo internazionala, 1889.ean espezifikaturko baldintzen pean BIPM-n mantendua izango da.

7. Erabakia

11. CGPM-k

CIPM errekeritzen du

1 Metroaren definizio berriaren errealizaziorako espezifikazioak prestatzeko.(1)

2 Uhin-luzerako standard sekundarioak aukeratzeko, luzerak interferometriaz neurtzeko, eta beraien usadiorako espezifikazioak prestatzeko.

3 Luzerako standarden hobeakuntzan lana progresuan jarraitzeko.

segundo

Denbora-unitatearen definizioa (CR, 86)

9. Erabakia

11. CGPM-k

kontsideratuz

denbora-unitate oinarrizkoa definitzeko 10. CGPM-k CIPM-ri emaniko botereak,

CIPM-k 1956.ean harturiko dezisioa,

erratifikatzen du ondoko definizioa:

"segundoa, 1900.eko Urtarrilaren 0an, 12 orduetarako, efemeris-denbora, urte tropikalaren 1/31 556 925,974 7 frakzioa da."*

* 1967.ean abrogaturiko definizioa (13. CGPM, 1. Erabakia).

---

(1) Ikus II. Eranskina, CIPM-k adoptaturiko Gomendio nabarmenetarako.

SI Unitate-Sistema Internazionala (CR, 87)

12. Erabakia

11. CGPM-k

kontsideratuz

10. CGPM-ren 6. Erabakia, zeinaren bidez sei unitate basiko adoptatzen baitira nazioarteko usadiorako neurketa-sistema praktiko bat establezitzeko:

luzera.....metro.....m

masa.....kilogramo.....kg

denbora.....segundo.....s

korronte elektriko.....ampere.....A

tenperatura termodinamiko.....gradu Kelvin.....^{o}K *

argi-intentsitate.....kandela.....cd

* 1967.ean unitatearen izena eta sinboloa aldatuak (13. CGPM, 3. Erabakia).

1956.ean CIPM-k adoptaturiko 3. Erabakia,

1958.ean CIPM-k adoptaturiko gomendioak, sistemaren izenaren laburpenari buruzkoak, eta unitateen multiploak eta submultiploak formatzeko aurrizkiak,

erabakitzen du

1 goiko sei unitate oinarrizkoetan finkaturiko sistema "Unitate-Sistema Internazional" deitzen da; *

* Zazpigarren unitate oinarrizko bat, molea, 1971.ean adoptatu zen, 14. CGPM-n (3. Erabakia).

2 Sistemaren izenaren laburdura internazionala "SI" da;

3 Unitateen multiploen eta submultiploen izenak ondoko aurrizkien bidez formatzen dira: *

* 12. CGPM-n (1964), 8. Erabakia, eta 15. CGPM-n (1975), 10. Erabakian, lau aurrizki berri adoptatu izan dira.

Faktore biderkatzaile	Aurrizki	Sinbolo
$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$	tera	T
$1\ 000\ 000\ 000 = 10^{9}$	giga	G
$1\ 000\ 000 = 10^{6}$	mega	M
$1\ 000 = 10^{3}$	kilo	k
$100 = 10^{2}$	hekto	h
$10 = 10^{1}$	deka	da
$0,1 = 10^{-1}$	dezi	d
$0,01 = 10^{-2}$	zenti	c
$0,001 = 10^{-3}$	mili	m
$0,000\ 001 = 10^{-6}$	mikro	µ
$0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	nano	n
$0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	piko	p

4 ondoan zerrendaturiko unitateak sisteman erabiltzen dira, aurrerago gehi daitezkeen beste batzu exkluditu gabe

Unitate suplementarioak

angelu laun	radian	rad
angelu solido	estereorradian	sr

Unitate eratorriak *

area	metro karratu	m^2	
bolumen	metro kubiko	m^3	
frekuentzia	hertz	Hz	1/s
masa-dentsitate (dentsitate)	kilogramo metro kubikoko	kg/m^3	
abiadura	metro segundoko	m/s	
abiadura angeluar	radian segundoko	rad/s	
azelerazio	metro segundo karratuko	m/s^2	
azelerazio angeluar	radian segundo karratuko	rad/s^2	
indar	newton	N	kg.m/s
presio (esfortzu mekaniko)	newton metro karratuko	N/m^2	

biskositate zinematiko.....metro karratu segundoko		m^2/s	
biskositate dinamiko.....newton segundo metro karratuko		$N.s/m^2$	
lan, energia, bero-kantitate....joule		J	N.m
potentzia.....watt		W	J/s
elektrizitate-kantitate.....coulomb		C	A.s
potentzial-diferentzia, indar elektroeragile.....volta		V	W/A
eremu elektrikoaren indar.....volta metroko		V/m	
erresistentzia elektriko.....ohm		Ω	V/A
kapazitate.....faraday		F	A.s/V
fluxu magnetiko.....weber		Wb	V.s
induktantzia.....henry		H	V.s/A
fluxu magnetikoaren dentsitate..tesla		T	Wb/m^2
eremu magnetikoaren indar.....ampere metroko		A/m	
indar magnetoeragile.....ampere		A	
argi-fluxu.....lumen		lm	cd.sr
luminantzia.....kandela metro karratuko		cd/m^2	
iluminazio.....lux		lx	lm/m^2

* 13. CGPM-k (1967), 6. Erabakiak, gehituriko beste unitateak, aurrerago ikus.

dezimetro kubikoa eta litroa

Dezimetro kubikoa eta litroa (CR, 88)

13. Erabakia

11. CGPM-k

kontsideratuz

ezen dezimetro kubikoa eta litroa desberdinak direla, eta 10^6ko 28 partetan desberdintzen direla, gutxi gorabehera,

ezen bolumen-neurketak inplikatzen dituzten kantitate fisikoen determinazioak gero eta zehatzago egiten direla, eta, beraz, dezimetro kubikoaren eta litroaren arteko nahasmenduaren arriskua inkrementatzen dela,

CIPM-a errekeritzen du problema estudiatzeko eta 12. CGPM-ri bere ondorioak bidaltzeko.

CIPM, 1961

Dezimetro kubikoa eta litroa (PV, 29, 34)

Gomendioa

CIPM-k, bolumen-neurketen erresultatu zehatzak Sistema Internazionalaren unitatetan adieraztea gomendatzen du, eta ez litrotan.

12. CGPM, 1964

frekuentzia--standard

Frekuentziazko standard atomiko (CR, 93)

5. Erabakia

12. CGPM-k

kontsideratuz

ezen 11. CGPM-k, bere 10. Erabakian, denbora-tarteko standard atomiko edo molekular baten adopzioaren urgentzia ohartu zuela, metrologia zehatzaren interesean; ezen, nahiz eta zesiozko frekuentziazko standard atomikoekin jadanik lorturiko erresultatuak, CGPM-ra ez zaiola heldu garaia segundoaren definizio bat adoptatzeko, Unitate-Sistema Internazionalaren oinarrizko unitatea. Orain garatzen ari den lanekiko posibleki lor daitekeen hobeakuntza berri eta kontsideragarrien kausaz,

kontsideratuz, halaber, ezen, fisikan, denbora-neurketak frekuentziazko standard atomiko edo molekularretan oinarrituak izateko ez dela desiragarri denbora luzeagotan itxarotea,

CIPM-a autoritzatzen du

erabiliko den frekuentziazko standard atomiko edo molekularra izendatzeko,

eskatzen die eremu honetako Laborategi eta Erakunde hospatuei segundoaren definizio berri batekiko konektaturiko lana jarraitzeko.

CIPM-ren (1964) deklarazioa (PV, 32, 26, eta CR, 93).

CIPM-k

12. CGPM-ren 5. Erabakiak autorizaturik, denbora-neurketetarako, eta usadio denboralerako, frekuentziazko standard atomiko edo molekularra izendatzeko

deklaratzen du ezen erabili izango den standarda, zesio-133 atomoaren $^2S_{1/2}$ oinarrizko egoeraren $F = 4$, $M = 0$ eta $F = 3$, $M = 0$ maila hiperfinoen arteko trantsizioa dela, kanpo-eremuek ez-perturbaturik, eta trantsizio honen frekuentziari 9 192 631 770 hertzetako balioa asignatzen zaiola.

litro

Litroa (CR, 93)

6. Erabakia

12. CGPM-k

kontsideratuz 1960.ean 11. CGPM-k adoptaturiko 13. Erabakia, eta 1961.ean CIPM-k adoptaturiko gomendioa,

1 abrogatzen du 1901.ean 3. CGPM-k emaniko litroaren definizioa.

2 deklaratzen du "litro" hitza dezimetro kubikoaren izen berezi bezala erabil daitekeela.

3 gomendatzen du zehaztasun altuko bolumen-neurketetarako erresultatuak ematerakoan litro izena ez litzatekeela erabili behar.

curie

Curiea (CR, 94)

7. Erabakia

12. CGPM-k

kontsideratuz ezen curiea radionuklidoentzako aktibitate-unitate bezala denbora luzetan herrialde askotan erabili izan dela,

onetsiz ezen Unitate-Sistema Internazionalean (SI) aktibitate honen unitatea segundo minus bateko berredurara (s^{-1}) dela*,

onartzen du ezen curiea SI-tik kanpoko aktibitate-unitate bezala manteni daitekeela oraindik, $3,7 \times 10^{10}$ s^{-1} balorearekin. Unitate honen sinboloa Ci da

* 1975.ean "becquerel" (Bq) izena adoptatu zen SI aktibitate-unitaterako (ik. 15. CGPM, 8. Erabakia); 1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ Bq.

femto
atto

Femto eta atto SI aurrizkiak (CR, 94)

8. Erabakia

12. CGPM-k

erabakitzen du unitateen multiploen eta submultiploen izenen formaziorako aurrizki-zerrendari, 11. CGPM-k, 12. Erabakian, 3. Paragrafoan, adoptaturikoa, ondoko bi aurrizki berriak gehitzea:

Faktore biderkatzaile	Aurrizki	Sinbolo
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

13. CGPM, 1967-1968

segundo

SI denbora-unitatea (segundoa) (CR, 103)

1. Erabakia

13. CGPM-k

kontsideratuz

ezen 1956.ean CIPM-k (1. Erabakia) adoptaturiko segundoaren definizioa, 11. CGPM-k (1960), 9. Erabakia, erratifikaturikoa, eta berandua-go 12. CGPM-ren (1964) 5. Erabakian konfirmatua, gaurko metrologiaren beharretarako ez-egokia delarik,

ezen CIPM-k 1964.eko bere biltzarrean, 12. CGPM-ren 5. Erabakiak autorizaturik, usadio denboral batetarako gomendatzen duela, errekerimendu horik betetzeko, zesiozko frekuentzia atomiko standard bat,

ezen frekuentziazko standard hori nahiko frogatua izan dela, eta gaurko eguneko segundoaren definizio batek eman behar duen zehaztasun nahikoa aurkitzen zaiola,

ezen Sistema-Unitate Internazionalean orain arte zutik iraun duen denbora-unitatearen definizioaren ordean, standard horretan oinarrituriko definizio atomiko bat ordezkatzeko tenorea iritsi dela,

erabakitzen du

1 Unitate-Sistema Internazionalean, denbora-unitatea segundoa dela honela definiturik:

"Segundoa, zesio-133 atomoaren oinarrizko egoeraren bi maila hiperfinoen arteko trantsizioari dagokion erradiazioaren 9 192 631 770 periodoen durazioa da."

2 1956.ean CIPM-k bere batzarrean adoptatutako 1. Erabakia, eta 11. CGPM-ren 9. Erabakia orain abrogatzen dira.

kelvin (gradu Celsius)

Tenperatura termodinamikoaren SI unitatea (kelvin) (CR, 104)

3. Erabakia

13. CGPM-k

kontsideratuz

"gradu Kelvin" eta "gradu" izenak, "^{o}K" eta "deg" sinboloak, eta beraien usadiorako 9. CGPM-ko (1948) 7. Erabakian, eta 11. CGPM-ko (1960) 12. Erabakian emaniko arauak, eta CIPM-k 1962.ean (PV,30, 27) hartutako erabakia (1), zeinen arauera tenperatura termodinamikoaren unitatea eta tenperatura-tarte unitatea unitate bat eta berdin diren, eta, beraz, izen bakar batez eta sinbolo bakar batez errepresentatu behar diren,

erabakitzen du

1 Tenperatura termodinamikoaren unitatea "kelvin" izenez denotatzen da, eta bere sinboloa "K"

2 Izen berdina eta sinbolo berdina erabiltzen dira tenperatura-tarte bat adierazteko;

3 Tenperatura-tarte bat gradu Celsiusetan ere adieraz daiteke;

---

(1) 1 "Gradu Kelvin unitatea (sinboloa, ^{o}K) bi tenperatura termodinamikoren diferentziarako edo eta tenperatura termodinamikorako ere erabil daiteke.

2 Kelvin izena ezabatzea beharrezko ikusten bada, "deg" sinbolo internazionala gomendatzen da tenperatura-diferentziaren unitaterako. ("deg" sinboloa honela irakurtzen da, adibidez, frantsesez, degre, ingelesez, degree, rusoz, gradous (градус), alemanez, Grad, nederlanderaz, graad).

4 Tenperatura termodinamikoaren unitatearen unitatearen izenari buruzko sarrerako paragrafoan aipaturiko erabakiak, bere sinboloa eta tenperatura-diferentzia bat edo tarte bat adierazteko unitatearen designazioa abrogatzen dira, baina probisionalki dezisio horietatik ondoriatzen diren usadioak onargarri mantentzen dira.

4. Erabakia

kelvin

13. CGPM-k

kontsideratuz ezen 10. CGPM-ko (1954) 3. Erabakian dagoen tenperatura termodinamikoaren unitatearen definizioa explizituago formulatzea erabilgarri dela,

erabakitzen du defnizio hori honela adieraztea:

"kelvina, tenperatura termodinamikoaren unitatea, uraren puntu hirukoitzaren tenperatura termidinamikoaren 1/273,16 frakzioa da".

kandela

Argi-intentsitatearen SI unitatea (kandela) (CR, 104)

5. Erabakia

13. CGPM-k

kontsideratuz

9. CGPM-k (1948) erratifikaturiko argi-intentsitatearen unitatearen definizioa, eta "unitate fotometrikoen aldakuntzekiko erabakia" delakoan edukia, 1946.ean CIPM-k adoptaturikoa (PV, 20, 119), 8. CGPM-k (1933) konferituko botereen arauera,

ezen definizio horrek argi-intentsitatearen unitatea egokiro fixatzen duela, baina bere hizkera kritizismora irekia egon daitekeela,

erabakitzen du kandelaren definizioa honela adieraztea:

"kandela, 1/600 000 metro karratu superfizie duen gorputz beltz baten argi-intentsitatea da, direkzio perpendikularrean, platinoaren izozte-tenperaturan eta 101 325 newton metro karratuko presio pean".

SI unitate eratorriak

SI unitate eratorriak (CR, 105)

6. Erabakia

13. CGPM-k

kontsideratuz ezen, 11. CGPM-ko (1960) 12. Erabakiko 4. Paragrafoko zerrendara zenbait unitate eratorri gehitzea erabilgarri dela,

erabakitzen du hauk gehitzea:

uhin-zenbakia.....	1 mtroko	m^{-1}
entropia.....	joule kelvineko	J/K
bero-kapazitate espezifiko...	joule zati kilogramo kelvin	J/(kg.K)
konduktibitate termiko.....	watt zati metro kelvin	W/(m.K)
erradiazio-intentsitate.....	watt estereorradianeko	W/sr
aktibitate (iturri erradioaktibo batena)	1 segundoko	s^{-1} *

* Unitatearen sinbolo eta izena 1975.ean aldaturikoak (15. CGPM, 8. Erabakia).

mikroi (μ) kandela berri

Aurretiko erabakien abrogazioa (mikroi, kandela berri) (CR, 105)

7. Erabakia

13. CGPM-k

kontsideratuz Unitate-Sistema Internazionalarekiko Konferentzia Orokorraren ondorengo erabakiak, 9. CGPM-ren (1948) 7. Erabakiaren atal batzurekin adostezinak direla,

erabakitzen du, beraz,, 9. Konferentziaren 7. Erabakitik hauk kentzea:

1 "mikroi" unitate-izena, eta "μ" sinboloa, unitate hari eman zitzaiona.

2 "kandela berri" unitate-izena

CIPM, 1967

kilogramoaren multiploak

Masa-unitatearen multiplo eta submultiplo hamartarrak (PV, 35, 29)

2. Gomendioa

CIPM-k

kontsideratuz ezen 11. CGPM-ren 12. Erabakiaren 3. Paragrafoko unitateen multiplo eta submultiplo hamartarren izenak formatzeko araua, masa-unitateari aplikatzen zaionean era desberdinetan interpreta daitekeela,

deklaratzen du ezen 11. CGPM-ren 12. Erabakiaren arauak kilogramoari aplikatzen zaizkiola ondoko eran: masa-unitatearen multiplo eta submultiplo hamartarren izenak "gramo" hitzari aurrizkiak atxekiz formatzen dira.

CIPM, 1969

SI

Unitate-Sistema Internazionala: 11. CGPM-ren (1960) 12. Erabakiaren aplikaziorako arauak (PV, 37, 30)

1. Gomendioa

CIPM-k

kontsideratuz ezen 11. CGPM-ren (1960) 12. Erabakia Unitate-Sistema Internazionalari dagokiona, bere ikuspuntu batzutan diskusioak sortarazi dituela,

deklaratzen du

1 Unitate-Sistema Internazionalaren unitate oinarrizkoak, unitate suplementarioak eta unitate eratorriak, zeintzuk multzo koherente bat osatzen baitute, "SI unitateak" izenaren bidez denotatzen dira;

2 CGPM-k adoptaturiko aurrizkiak, SI unitateen multiplo eta submultiplo hamartarrak formatzeko, "SI aurrizkiak" deitzen dira;

eta gomendatzen du

3 SI unitateen usadioa, eta beraien multiplo eta submultiplo hamartarrena, zeintzuren izena SI aurrizkien bidez formatua baita.

Oharra.- "Unitate suplementarioak" izena, 11. CGPM-ren 12. Erabakian, (eta Comendio honetan) agertzen dena, ematen zaie SI unitate haiei, zeintzutako Konferentzia Orokorrak deklinatzen baitu erabakitzea unitate oinarrizkoak diren ala unitate eratorriak diren.

14. CGPM, 1971

pascal
siemens

Pascal; siemens (CR, 77)

14. CGPM-k "pascal" (sinboloa, Pa) eta "siemens" (sinboloa, S) izen bereziak onartu ditu newton metro karratuko SI unitaterako, eta konduktibitate elektrikoaren (ohm alderantzizko) SI unitaterako errespektiboki adoptatu ditu.

TAI

Denbora Atomiko Internazionala; CIPM-ren funtzioa (CR, 77)

1. Erabakia

14. CGPM-k

kontsideratuz

ezen segundoa, Unitate-Sistema Internazionalaren denbora-unitatea, 1967.etik frekuentzia atomiko natural baten terminoetan definitua izan dela, eta ez gehiago higidura astronomikoek emaniko denbora-eskalen terminoetan,

ezen Denbora Atomiko Internazionalaren (TAI) eskala baten beharra segundoaren definizio atomikoaren ondorio bat dela,

ezen zenbait erakunde internazionalek segurtatu dute, eta, oraindik, arrakastaz, higidura astronomikoetan oinarrituriko denbora-eskalen establezimendua segurtatzen dutela, partikularzki Bureau International de l'Heure (BIH) delakoaren zerbitzu iraunkorrei esker,

ezen BIH-k denbora-eskala atomiko baten establezimendua hasi duela, kalitate onartukoa eta erabilmendu frogatukoa,

ezen segundoa errealizatzeko frekuentziazko standard atomikoak CIPM-k kontsideratuak izan direla, eta jarraitu behar direla kontsideratzen, eta Denbora Atomiko Internazionalaren eskalaren tarte-unitatea, definizio atomikoaren arauera errealizaturiko segundoa izan behar dela,

ezen eremu honetan aktibo dauden laborategi nazionalek eta erakunde zientifiko internazional konpetente guztiek, CIPM-k eta CGPM-k Denbora Atomiko Internazionalaren definizio bat eman behar dutelakoaren nahikundea adierazi dutela, eta Denbora Atomiko Internazionalaren eskalaren establezimenduan parte hartu behar dutela,

ezen Denbora Atomiko Internazionalaren erabilkuntzak higidura astronomikoetan oinarrituriko denbora-eskalekin koordinazio hurbila erakartzen duela,

eskatzen dio CIPM-ri

1 Denbora Atomiko Internazionalaren definizio bat ematea (1);

2 dagozkien erakunde internazionalekin batera beharrezko diren urratsak hartzea, Denbora Atomiko Internazionalaren eskala biderik hoberenean errealizatzeko, dauden erraztasun eta konpetentzia zientifiko eskuragarria segurtatuz, eta Denbora Atomiko Internazionalaren erabiltzaileen eskariak betetzeko.

mole

Substantzia-kopuruaren SI unitatea (molea) (CR, 78)

3. Erabakia

14. CGPM-k

kontsideratuz Fisika Puru eta Aplikatuaren Nazioarteko Batasunaren (IUPAP) eta Kimika Puru eta Aplikatuaren Nazioarteko Batasunaren

---

(1) Eskari honen aurretik CIPM-k Segundoaren Definiziorako Kontsulta-Batzordeari (CCDS) eskatu zion Denbora Atomiko Internazionalaren definizio bat prestatzea. Definizio honek,CIPM-k bere 59. batzarrean (1970.eko Urria) aprobaturikoa, honela dio:

"Denbora Atomiko Internazionala (TAI), Bureau International de l'Heure delakoak estableziturikoa denbora erreferentzia koordinatua da, zenbait establezimendutan operatzen ari diren zenbait erloju atomikoren irakurpenetan oinarritua, segundoaren definizioarekin batera, segundoa Unitate-Sistema Internazionalaren denbora-unitatea delarik."

(IUPAC) eta Standardizaziorako Nazioarteko Organizazioaren aholkua, substantzia-kopuruaren unitate baten definitzearen beharrari buruzkoa,

erabakitzen du

1 Molea sistema baten substantzia-kopurua da, zeinek karbono-12-zko 0,012 kilogramotan dauden beste atomo entitate elementalak baititu; bere sinboloa "mol" da.

2 Molea erabiltzen denean entitate elementalak espezifikatu behar dira, eta atomo, molekula, ioi, elektroi, beste partikula, edo partikula horietako talde espezifikaturikoak izan daitezke.

3 Molea Unitate-Sistema Internazionalaren unitate oinarrizko bat da.

15. CGPM, 1975

UTC Denbora Unibertsal Koordinatua (CR, 104)

15. CGPM-k

kontsideratuz ezen "Denbora Unibertsal Koordinatu" (UTC) izeneko sistema hedatuki erabilia dela, ezen denbora-seinaleen irrati-transmisio gehienak emititua dela, ezen hedadura zabal honek erabiltzaleei eskuratzen die, ez bakarrik frekuentziazko standardak, baizik eta halaber Denbora Atomiko Internazionala eta Denbora Unibertsalaren hurbilketa bat (edo, batek nahi badu, eguzki-denbora medioa).

ohartzen du ezen Denbora Unibertsal Koordinatuak denbora zibilaren oinarria ematen duela, zeinaren usadioa herrialde gehienetan legezko baita,

epaitzen du, usadio hau indartsuki endosa daitekeela.

becquerel

gray

Erradiazio ionizatzailearen SI unitateak (CR, 105)

8. eta 9. Erabakiak

15. CGPM-k

-- ikerkuntza radiologiko eta aplikaziotarako Unitate-Sistema Internazionalaren usadioa hedatzeko errekerimendu premiazkoaren arrazoiez, Erradiazio Unitatez eta Neurketezko Nazioarteko Komisioak (ICRU) adierazietakoa,

-- ez-espezialistentzako unitateen usadioa ahal den errazen egiteko beharren arrazoiez,

-- lan terapeutikoan erroren arrisku grabea kontutan hartuz halaber,

adoptatzen du SI aktibitate-unitatearentzako ondoko izen berezia: becquerel, sinboloa, Bq, eta segundo alderantzizkoaren berdina } 8. Erabakia

adoptatzen du erradiazio ionizatzailearen eremuan, SI unitate batentzako ondoko izen berezia: gray, sinboloa, Gy, eta bat joule kilogramokoaren berdin (1) } 9. Erabakia

peta

exa

Peta eta exa SI aurrizkiak (CR, 106)

10. Erabakia

15. CGPM-k

erabakitzen du multiploentzako erabiltzeko SI aurrizkien zerrendari, zein 11. CGPM-ren 12. Erabakiaren, 3. Paragrafoaren bidez adoptatua izan baitzen, ondoko bi aurrizkiak gehitzea:

Faktore biderkatzaile	Aurrizki	Sinbolo
10^{15}	peta	P
10^{18}	exa	E

(1) Graya absorbituriko dosisaren SI unitatea da. Erradiazio ionizatzailearen eremuan, graya beste zenbait kantitaterekin ere erabil daiteke, hauk ere joule kilogramotan ere adieraziak; Unitatetarako Kontsulta-Batzordea gai hau estudiatzeko erantzunkizunduna egiten da, erakunde internazional konpetenterekin kolaboraturik.

II. ERANSKINA

ZENBAIT UNITATE GARRANTZIZKOREN DEFINIZIOEN ERREALIZAZIO PRAKTIKOA

1. Luzera

1960.ean CIPM-k ondoko gomendioa adoptatu zuen kripton-86 delakoaren lerro standarda erradiatzen duen deskarga-lanpararen ezaugarriak espezifikatzeko:

11. CGPM-k adoptaturiko 7. Erabakiaren 1. Paragrafoarekin akort, CIPM-k gomendatzen du ezen luzera-standard primario bezala adoptaturiko kripton-86 delakoaren lerroa, gutxienez 99%-tako purutasuneko kripton-86 daukan katodo beroko deskarga-lanpara baten bidez errealizatua izatea, kripton-86 delakoaren kantitatea nahikoa delarik 64 ^{o}K-tako tenperaturatan kripton solidoaren presentzia segurtatzeko. Lanparak 2-tik 4 milimetrora duen barne-diametroko kapilare bat eduki behar du, eta orma-lodiera, gutxi gorabehera, 1 milimetrokoa.

Kontsieratzen da ezen, beherago aipatzen diren baldintzak direlarik, zutabe positiboak emitituriko erradiazioaren uhin-luzera, 10^{8}-tan 1ean maila ez-perturbatuen arteko trantsizioari dagokion uhin-luzeraren berina dela,

1 kapilarea muturretik muturrera behatzen da, eta direkzio hartan, zeinetan erabilitako argi-izpiak katodo-muturretik anodo-muturrera bidaiatzen duten;

2 lanpararen behe-aldea, kapilarea barne, nitrogenoaren puntu hirukoitzaren tenperaturaren 1 gradu inguruan mantentzen den bainu batetan sartzen da;

3 kapilare barneko dentsitate-korrontea $0,3 \pm 0,1$ ampere zentimetro karratutakoa da. (Proces-Verbaux CIPM, 1960, 28, 71; Comptes rendus 11. CGPM, 1960, 85).

Aparatu laguntzailea ondoko tresnez osotuta dago: lanpararentzako korronte-hornizio estabilizatua, kriostato huts-estanko bat, 63 K-etako eskualdean erabiltzeko termometro bat, huts-ponpa bat eta, edo monokromadore bat, lerroa isolatzeko, edo interferentzia-filtro bereziak.

Kripton-86 delakoaren beste lerro batzu, eta merkurio-198 eta kadmio-114 direlakoen lerro zenbaitzu standard sekundario bezala gomendatuak dira (Proces-Verbaux CIPM, 1963, 31, 1. Gomendioa, 26, eta Comptes rendus, 12. CGPM, 1964, 18).

Bi erradiazio monokromatiko, bata espektroaren eskualde ikuskorrean, eta bestea infragorrian, iodozko edo metanozko absortzio-lerro saturatu batetan estabilizaturiko helio-neonezko laserak produzituak, uhin-luzerako standard bezala gomendatuak dira, ondorengo baloreekin (PV CIPM, 41, 112, 1973)

Lerro	Uhin-luzera, hutsetan
Metano, P(7), ν_3 banda	$3\ 392\ 231,40 \times 10^{-12}$ m
Iodo-127, R(127), 11-5 banda i osagaia	$632\ 991,399 \times 10^{-12}$ m

Lerro hauk, 10^{10}-ean 1eko ordenako ez-segurtasunarekin berredin daitezke, beraien uhin-luzerako balorea, metrotan, standardaren (^{86}Kr delakoaren uhin-luzera) ez-segurtasunaren menpean dagoelarik, 10^{9}-etan 4-tan estimatua. Hauzo-lerroen talka-frekuentziak neurtuz (adibidez, iodoaren multiplete hiperfinoaren osagai zenbaitzu), uhin-luzeren arteko diferentzien balore oso zehatzak lortzen dira.

Lerro guzti horien uhin-luzerak, presioarekin, tenperaturarekin, eta argiak zeharkatzen duen airearen konposizioarekin aldatzen da; beraz, airearen errefrakzio indizea oro har in situ neurtu behar da.

Lerro standardak neurtzeko, erradiazio hauk interferentzia-konparatzaile batetan erabiltzen dira, interferentzia optikozko osagaiak eta, halaber, mekanikoak eta termometrikoak dituen tresna korapilotsu bat delarik.

Gorago aipaturiko metanoaren lerroaren uhin-luzera, bere frekuentziaz biderkaturik (segundoaren definizioaren ^{133}Cs delakoaren trantsizioaren konparaketaz neurturik) uhin elektromagnetikoen hedapenaren abiadura, c = 299 792 458 m/s, lortzen da, 15. CGPM-k (2. Erabakia) gomendaturikoa. c-ren balore hau segurki etorkizunean aldatu gabe mantenduko da.

2. Masa

Masa-unitatearen standard primarioa, BIPM-n mantendutako kilogramoaren prototipo internazionala da. Altzairu herdoiltezinezko edo platino-iridiozko 1 kg-tako standard sekundarioen masa, 10^8-tan 1en prezisioa, edo hobea, lor dezaketen balantzen bidez prototipoaren masarekin konparatzen da.

Eragiketa erraz baten bidez, kilogramoaren multiploak eta submultiploak lortzeko masa-serie bat standardiza daiteke.

3. Denbora

Segundoa definitzen duen zesio-133 delakoaren atomoaren bibrazio-frekuentzian oszilazio elektrikoak produzitzeko beharrezko den ekipamendua egiteko zenbait laborategi kapable dira. Ekipamendu honek, kuartzo-osziladore bat, frekuentzia-biderkatzaileak eta sintetisatzaileak, klistron bat, detektore fas-sentikorrak, hutsean zesiozko sorta atomiko bat produzitzeko aparatu bat, kabitate erresonatzaileak, eremu magnetiko uniformeak eta ez-uniformeak, eta ioi-detektore bat inkluitzen ditu.

Frekuentzia hau produzitzeko muntaia osoak komertzialki eskuragarriak dira ere.

Zatiketez, desiraturiko frekuentzietan pultsuak lortzea posible da, adibidez, 1 Hz, 1 kHz, etc.

Ekipamendu hoberenetan, estabilitatea eta zehaztasuna 10^{12}-tan 1eko, edo areago 10^{13}-tan 1eko ez-segurtasun bati dagozkie.

Irrati-estazioek uhinak emititzen dituzte, zeinen frekuentziak zehaztasun pareko batetan ezagutzen diren.

Zesio-sortaren gain, beste standard batzu daude, beraien artean hidrogeno masera, rubidiozko erlojuak, kuartzozko frekuentziazko standardak eta erlojuak, eta abar. Hauen frekuentzia zesio standard batekin konparatuz kontrolatzen da, bai zuzenki, bai irrati-transmisioen bidez.

Irrati-uhinez emitituriko denbora-seinale gehienak, Denbora Unibertsal Koordinatu (UTC) deituriko denbora-eskala batetan ematen dira, 15. CGPM-k (5. Erabakia) 1975.ean gomendaturik bezala. UTC halako moduan definitzen da ezen segundo-zenbaki oso exäktu batez desberdintzen baita TAI-tik (1).

UTC - TAI diferentzia - 10 s-ren berdin jarri zen 1972.eko Urtarrilaren 1ean hasita, hots, frekuentzia-konpentsazio bat inplikatzen zuen UTC-ren birformulazioaren aplikazioaren eguna; diferentzia hau 1 segundotan modifika daiteke, UTC-ren hil baten bukaeran segundo bateko salto positibo edo negatibo bat erabiliz, hobe, lehen instantzian, Abenduaren eta Ekainaren bukaeran, eta bigarren instantzian, Martxoaren eta Irailaren bukaeran, UTC delakoa Lurraren biraketaz definituriko denborarekin akort mantentzeko 0,9 s baino aproximazio hobeago batekin (2). Are gehiago, herrialde gehienetako denbora legalak ordu-kopuru oso baten bidez konpentsaturik daude (denbora-zonak eta 'uda'-denbora).

4. Kantitate elektrikoak

'Absolutu' deituriko neurketa elektrikoak, hots, unitatea definizioaren arauera errealizatzen dutenak, soilik erraztasun exzepzionalak gozatzen dituzten laborategietan eraman daitezke aurrera.

---

(1) Ikus I. Eranskinean, 14. CGPM-ren (1. Erabakia, 1971) eskariz, CIPM-k emaniko TAI-ren definizioa.

(2) UTC - TAI diferentzia -16 s bilakatu zen 1977.eko Urtarrilaren 1ean.

Korronte elektrikoa amperetan lortzen da, korrontea garraiatzen duten itxura eta tamaina neurgarriko bi espiren arteko indarra neurtuz.

Ohma, faradaya eta henrya, frekuentzia ezagun batetan inpedantzia-neurketen bidez zehazki erlazionaturik daude, eta balore absolututan determina daitezke (a) espira baten auto-induktantziaren kalkulaketaz edo bi espiren elkar-induktantziaren kalkulaketaz, beraien dimentsio linealen terminoetan; edo (b) kondentsadore baten kapazitatearen aldaketa kalkulatuz, bere elektrodoen arteko luzeraren aldaketaren terminoetan (Thompson-Lampard metodoa).

Volta amperetik eta ohmetik deduziten da.

Faradayaren determinazio absolutuaren ez-segurtasuna, 10^{8}-tan parte gutxi batzutakoa da; amperearentzako, 10^{6}-tan parte gutxi batzutakoa da.

Neurketa absolutuaren standarden erresultatuak standard sekundarioen bidez lortzen dira, adibidez,

1 Erresistentziazko standardetarako, manganinazko harien espirak;

2 Indar elektroeragileetarako, zelula galvanikoak, kadmio sulfatoko elektrolitoarekin;

3 Kondentsadoreak (10 pF-tako kapazitate standardak, adibidez).

Unitate elektrikoak mantentzen duten standard sekundarioen egonkortasuna egiaztatzeko, teknika berrien aplikazioak bideak irekitzen ditu: amperearentzat, protoiaren erlazio giromagmetikoaren, γ'_p, neurketa, voltarentzat, h/e erlazioaren neurketa, Josephson efektuaren bidez.

5. Tenperatura

Tenperatura termodinamikoaren unitatearen, kelvinaren, definizioarekin ados dauden tenperaturaren neurketa absolutuak, Termodinamikarekin daude erlazionatuak, gas-termometroarekin adibidez.

273,16 K zehaztasuna 10^6-tan 1en inguruko da, baina ez da horren ona tenperatura baxuagotan edo altuagotan.

1968.eko tenperatura-eskala praktiko internazionalak 1975.eko CGPM-k adoptaturiko edizio zuzenduan,orain arte lorturiko erresultatu termometriko hoberenekin bat dator. Eskala honetaz aritzen den textua Comite Consultif de Thermometrie delakoan argitaratu da, 10. Sesioa, 1974.ean, T31 Anexoa; eta Comptes Rendus, 15. CGPM, 1975., 2. Anexoa; ingeles itzulpena Metrologia-n 12, No 1, 7, 1976, argitaratu da.

Eskala Internazionalaren tenperaturak neurtzeko erabilitako instrumentuak hauk dira: platinozko erresistentzia-termometroa, platino-10% rodio/platino termobikotea eta pirometro optiko monokromatikoa. Instrumentu hauk tenperatura berregingarri zenbaitzutan kalibratzen dira, "puntu fixu definitzaile" deiturikoak, zeinen baloreak hitzarmenez asignatzen baitira.

6. Substantzia-kopurua

Analisi kimiko edo dosien erresultatu kuantitatibo guztiak moletan adieraz daitezke, hots, parte hartzen duten partikulen substantzia-kopuruaren unitatetan. Unitate honen definizioan oinarritutako neurketa fisikoen printzipioa beherago azaltzen da.

Kasu sinpleena, atomoz osotuta kontsideratzen den substantzia puru baten muestra bat da. Demagun X atomo horien sinbolo kimikoa dela. X atomoen mole batek, definizioz, karbono-12-zko 0,012 kilogramotan dauden ^{12}C-zko atomo beste atomo ditu. Baina, ez karbono-12 delakoaren atomo baten masa, $m(^{12}C)$, ez eta X atomo baten masa, m(X), ezin ditugunez zehazki neurtu, masa horien arteko erlazioa, $m(X)/m(^{12}C)$, erabiltzen dugu, hau zehazki determina baitaiteke (1).

Beraz, X-en mole bati dagokion masa, $(m(X)/m(^{12}C)) \times 0,012$ kg izango da, eta hau azaltzen da zera esanik: X-en masa molarra, M(X),

---

(1) Erlazio hau neurtzeko metodo asko dago, zuzena masa-espektrografia delarik.

--hots, masaren eta substantzia-kopuruaren arteko zatiketa--, hau dela,

$$M(X) = (m(X)/m(^{12}C)) \times 0,012 \text{ kg/mol}$$

Adibidez, fluoro ^{19}F atomoaren eta karbono-12, ^{12}C atomoaren masak 18,9984/12 erlazioan daude. F_2 gas molekularraren masa molarra hau da:

$$M(F_2) = \frac{2 \times 18,9984}{12} \times 0,012 \text{ kg/mol} = 0,037\ 996\ 8 \text{ kg/mol}$$

F_2 gasaren masa determinatu bati, 0,05 kg-ri, adibidez, dagokion substantzia-kopurua hau da:

$$\frac{0,05 \text{ kg}}{0,037\ 996\ 8 \text{ kg mol}^{-1}} = 1,315\ 90 \text{ mol.}$$

B molekulez konposaturik dagoela suposatzen den substantzia puru baten kasuan, molekulok, X, Y,... atomoen konbinazioak direlarik, $B = X_\alpha Y_\beta \ldots$ formula kimikoaren arauera, molekula baten masa hau da:

$$m(B) = \alpha\, m(X) + \beta\, m(Y) + \ldots$$

Masa hau ez da zehaztasunez ezagutzen, baina $m(B)/m(^{12}C)$ erlazioa zehazki determina daiteke. B substantzia molekular baten masa molarra, beraz, hau da:

$$M(B) = \frac{m(B)}{m(^{12}C)} \times 0,012 \frac{\text{kg}}{\text{mol}} = \left\{ \alpha \frac{m(X)}{m(^{12}C)} + \beta \frac{m(Y)}{m(^{12}C)} + \ldots \right\} \times 0,012 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$$

Prozedura berdina erabiltzen da, kasu orokorrago hotetan: B substantziaren konposizioa $X_\alpha Y_\beta \ldots$ bezala espezifikatzen denean, nahiz eta α, β, ... osoak ez izan, $m(X)/m(^{12}C)$, $m(Y)/m(^{12}C)$, ... masa-erlazioak, $r(X)$, $r(Y)$,... bezala izendatzen baditugu, B substantziaren masa molarra formula honek emanik dago:

$$M(B) = (\alpha\, r(X) + \beta\, r(Y) + \ldots) \times 0,012 \text{ kg/mol.}$$

Fisikaren eta Kimika Fisikoaren legeetan oinarrituriko beste metodo batzu ba daude substantzia-kopuruak neurtzeko; hiru adibide ematen dira beherago.

Gas perfektuekin, edozein gaseko 1 mole partikulak, T tenperaturen eta p presioan, bolumen berdina betetzen du (gutxi gorabehera, 0,022 4 m^3, T = 273,15 K-etan, eta p = 101 325 Pa-etan); hemendik edozein bi gasen substantzia-kopuruen erlazioa neurtzeko metodo bat (gasak perfektuak ez direneko aplikatu behar diren zuzenketak ongi ezagunak dira).

Erreakzio elektrolitiko kuantitatiboen kasurako, substantzia-kopuruen erlazioak elektrizitate-kantitateak neurtuz lor daitezke. Adibidez, Ag-zko 1 mole eta (1/2) Cu-zko 1 mole katodoan depositatuak dira elektizitate-kantitate berdinarekin (gutxi gorabehera„ 96 487 C).

Disoluzio oso diluituetan Raoult-en legeen aplikazioa substantzia-kopuruen erlazioak determinatzeko beste metodo bat da.

7. Kantitate fotometrikoak

Platinoaren izozte-tenperaturako gorputz beltzaren luminantziarekiko konparaketaz eginiko neurketa fotometriko absolutuak bakarrik oso ongi ekipaturiko laborategi gutxitan egin daitezke. Neurketa horien zehaztasuna 1% baino nolabait hobeago da.

Neurketa hauen erresultatuak, era espezifikaturiko batez korronte jarraiezelikaturiko lanpara inkandeszenteen bidez mantentzen dira. Lanpara hauk argi-intentsitatearen eta argi-fluxuaren standardak dira.

Standard primarioaren kolore diferentea duten argi-iturrien kantitate fotometrikoak determinatzeko, CIPM-k aprobaturiko metodoak (Proces-Verbaux CIPM, 18, 237), "argi-efizientzia espektralak", $V(\lambda)$, direlakoen kontu hartzen duen prozedura bat erabiltzen du. Bere CI 1 Gomendioaren (1972) bidez, CIPM-k gomendatzen du 1971.ean Iluminazio Nazioarteko Komi-

sioak (CIE) (1) adoptaturiko $V(\lambda)$ delakoaren baloreak erabiltzea. Pisufuntzioa, $V(\lambda)$ bisio fotopikorako lortzen da, hau da, argitara adaptaturiko erretinetarako. Ilunetara adaptaturiko erretinetarako, beste funtzio batek, $V'(\lambda)$, ematen du argi-efizientzia espektrala bisio eskotopikorako (CIE, 1951); $V'(\lambda)$ funtzio hau CIPM-k 1976.eko Irailan erratifikatua izan da.

Kantitate fotometrikoak, termino fisiko hutsetan, potentzia espektralaren distribuzio baten gehiketaren edo integralaren arauerako kantitate bezala definituak dira, uhin-luzeraren funtzio espezifikatu baten arauera pisatuz.

---

(1) CIE Argitalpenak, No 18 (1970), 43. horrialdea, eta No 15 (1971), 93. horrialdea; Proces-Verbaux CIPM, 40, 1972, 1. Anexoa. $V(\ )$ $(=\bar{y}(\ ))$ baloreak 360 nm-tik 830 nm-rako uhin-luzeretarako ematen dira, 1 nm-tako urratsetan; 1933.ean CIPM-k, eta, aurrerago, 1924.ean, CIE-k adoptaturiko 10 nm-tako urratsen gainean hobeakuntza bat dira.

III. ERANSKINA

METROAREN KONBENTZIOAREN ORGANOAK: BIPM, CIPM, CGPM

Pisuen eta Neurketen Nazioarteko Bulegoa (BIPM) Parisen 1875.eko Maiatzaren 20an Metroaren Konferentzia Diplomatikoaren azken sesioan 17 Estatuk sinaturiko Metroaren Konbentzioak fundatua izan zen. Konbentzio hau 1921.ean zuzendua izan zen.

BIPM-k Parisen ondoan du bere zentrala, Pavillon de Breteuil (Parc de Saint-Cloud) delakoaren zelaietan (43 520 m^2), Frantses Gobernuak bere disposiziorako jarria; bere mantenimendua Estatu konbentziokideak elkarrean finantziaturik dago (1).

BIPM-ren lana neurketa fisikoen unifikazio mundiala segurtatzea da; honetaz da erantzule:

- Kantitate fisiko nagusien neurketetarako standard eta eskala fundamentalak establezitzea, eta prototipo internazionalak mantentzea.

- Standard nazionalen eta nazioartekoen konparaketak burutzea.

- Neurketa-teknika korrespondenteen koordinazioa segurtatzea.

- Konstante fisiko fundamentalekin erlazionaturiko determinazioak burutzea eta koordinatzea.

BIPM-k operatzen du Pisu eta Neurketetarako Batzorde Internazionalaren (CIPM) gainbegiratze exklusiboaren pean, eta hau, bere aldetik, Pisu eta Neurketazko Konferentzia Orokorraren (CGPM) autoritatearen pean dago.

---

(1) 1976.eko Abenduaren 31rako, berrogeitalau Estatu ziren kide konbentzio honetan: Argentinako Errepublika, Australia, Austria, Belgika, Brasil, Bulgaria, Kamerun, Kanada, Txile,Txekoslovakia, Danimarka, Dominikar Errepublika,Egipto, Finlandia,Frantzia, Aleman Errepublika Demokratikoa, Aleman Errepublika Federatua, Hungaria, India, Indonesia, Iran, Irlanda, Italia, Japonia, Korea, Mexiko, Nederlanda, Norvegia, Pakistan, Polonia, Portugal, Romania, Espainia, Hego Afrika, Suedia, Suitza, Tailandia, Turkia, SESB, Erresuma Batua, USA, Uruguay, Venezuela, Jugoslavia.

Konferentzia Orokorra Metroaren Konbentzioaren Estatu kide guztietako delegatuek osatzen dute, eta, gutxienez, sei urterik behin biltzen da. Biltzarre bakoitzean betetako lanaren Nazioarteko Batzordearen Txostena hartzen du, eta honetaz da erantzule:

- Unitate-Sistema Internazionalaren (SI), sistema metrikoaren forma modernoa berau, hobeakuntza eta hedapena segurtatzeko beharrezko diren disposizioak diskutitzea eta bultzatzea.

- Determinazio metrologiko fundamental berrien erresultatuak eta nazioarteko hedapeneko erabaki zientifiko desberdinak konfirmatzea.

- BIPM-ren garapen eta organizazioari dagozkien erabaki garrantzitsuen adopzioa.

Batzorde Internazionala hamazortzi batzorkidez osotuta dago, bakoitza Estatu desberdinekoa; gutxienez, bi urteren behin elkartzen da. Batzorde honetako direktoreek Txosten Anual bat argitaratzen dute, Metroaren Konbentzioaren Estatu kideen Gobernuentzat, BIPM-ren posizio finaltzial eta administratiboari buruz.

BIPM-ren aktibitateak, zeintzuk hasiera batetan luzera- eta masa-neurketetara eta kantitate horiekiko erlazionaturiko estudio metrologikoetara mugatzen baitziren, elektrizitatearentzat (1927), fotometriarentzat (1937) eta erradiazio ionizatzailearentzat (1960) neurketa-standardetarako hedatuak izan dira. Helburu honekin, jatorrizko laborategiak, 1876-1878 urteetan eraikiak, 1929.ean handiagotu ziren, eta 1963-1964 urteetan bi eraikuntza berri erradiazio ionizatzaileen laborategientzako eraiki ziren. BIPM-ren laborategietan hogeitamar zientzilari edo tekniko inguru lan egiten dute. Hauek ikerkuntza metrologiko egiten dute, eta aipaturiko kantitateen standard materialen neurketa eta zertifikazioa betetzen dute. BIPM-ren urteko presupostua 5 000 000 urrezko libera ingurukoa da, 2 000 000 U. S. dolar, gutxi gora behera (1977.ean).

BIPM-ri gomendaturiko lanaren hedapena ikusita, CIPM-k 1927.etik, eta Kontsulta-Batzordeak izenaren pean, aholku eta estudiorako hark zuzentzen dizkien gaietaz, informazioz hornitzeko aukeraturiko gorpuak eratu ditu. Kontsulta-Batzorde hauk, gai berezi batzu estudiatzeko "lan-talde" denborak edo permanenteak forma ditzaketelarik, baraien eremu errespektiboetan aurreratzen den lan internazionalaren koordinazioaren erantzule dira, eta unitateen baloreei eta definizioei egin behar zaizkien zuzenketei buruzko gomendioak proposatuko dute.

Kontsulta-Batzordeek arau amankomunak dituzte (Proces-Verbaux CIPM, 1963, 31, 97). Kontsulta-Batzorde bakoitza, zeinaren buru CIPM-ren kide bat delarik normalki, Institutu espezializatutariko eta Metrologiazko Laborategi handi bakoitzetiko delegatu batez osotuta dago, horien zerrenda CIPM-k eginda dagoelarik, eta, halaber, CIPM-k izendaturiko kide indibidualak eta BIPM-ren ordezkari bat. Batzorde hauek tarte irregularretan eratzen dituzte beren batzarreak, momentu honetan zazpi existitzen dira:

- Elektrizitaterako Kontsulta-Batzordea (C. C. E.), 1927.ean formatua.

- Fotometria eta Radiometriarako Kontsulta-Batzordea (C. C. P. R.) 1971.ean emaniko izen berria aurrerago Fotometriarako Kontsulta-Batzorde delakoari, 1933.ean formatua (1930.etik 1933.era goragoko batzordeak (C. C. E.) tratatzen ditu Fotometriari buruzko arazoak).

- Termometriarako Kontsulta-Batzordea (C. C. T.), 1937.ean formatua.

- Metroaren Definiziorako Kontsulta-Batzordea (C. C. D. M.), 1952.ean formatua.

- Segundoaren Definiziorako Kontsulta-Batzordea (C. C. D. S.), 1956.ean formatua.

- Erradiazio Ionizatzaleen Neurketarako Standardentzako Kontsulta-Batzordea (C. C. E. M. R. I.), 1958.ean formatua.

1969.ean Kontsulta-Batzorde honek 4 sekzio establezitu zituen: I. Sekzioa (X eta izpien neurketa; elektroiak); II. Sekzioa (radionuklidoen neurketa); III. Sekzioa (neurketa neutronikoak); IV. Sekzioa (-energiaren standardak). 1975.ean azken sekzio hau disolbatu egin zen eta bere aktibitate-eremuaz II. Sekzioa arduratu zen.

- Unitateentzako Kontsulta-Batzordea (C. C. U.), 1964.ean formatua.

Konferentzia Orokorraren Aktak, Batzorde Internazionalarenak, kontsulta-batzordeenak, eta Bulego Internazionalarenak, azkenaren babesarekin, ondoko serietan argitaratzen dira:

- Comptes rendus des seances de la Conference Generale des Poids et Mesures;

- Proces-Verbaux des seances du Comite International des Poids et Mesures;

- Sessions des Comites Consultatifs;

- Recueil de Travaux du Bureau International des Poids et Mesures (bilketa honek elkartuta argitaratzen ditu liburu eta periodiko tekniko eta zientifikoetako artikuluak, eta, halaber, txosten duplikatuen forman argitaraturiko zenbait lan).

Noiz behinka BIPM-k munduan zeharkako Sistema Metrikoaren garapenez txosten bat argitaratzen du, Les recents progres du Systeme Metrique izenekoa,

Travaux et Memoires du Bureau International des Poids et Mesures deituriko bilduma (22 bolumen, 1881.etik 1966.era argitaratuak), 1966.ean moztu zen, CIPM-ren erabakiz.

1965.etik, Metrologia deituriko periodiko internazionalak, CIPM-ren babesaren pean editaturikoa, munduan zehar Metrologia zientifikoari buruzko egindako lan garrantzitsuaren gainean artikuluak argitaratzen ditu, standarden eta neurketa-metodoen hobeakuntzaren gainean, unitateen gainean, etc., eta, halaber, Konbentzio Metrikoaren azkiansorturiko gorputz desberdinen gomendioak, dezisioak eta aktibitateei buruzko txostenak.

AURKIBIDE ALFABETIKO

ampere 7, 28, 56
atmosfera standard 34
atto 43

becquerel 51
bero-kantitate unitate (joule).. 29
BIPM 61-66

Celsius tenperatura..... 8
CGPM 61-66
CGS unitateak izen bereziekin.... 22
CIPM 61-66
coulomb..... 30
curie 42

denbora 54
denbora atomiko internazional.... 48
denbora unibertsal koordinatu.... 50
denboralki onarturiko unitateak.. 22
dezimetro kubiko..... 40

eskala termodinamiko..... 30,34
estereorradian..... 16,39
exa 51

faraday 30
femto..... 43
frekuentzia standard (^{133}Cs) 41

g_n (grabitatearen azelerazioaren balore standard) 27
gradu Celsius 8, 31, 44
gray 51

henry 30

joule 29

kandela 9-10, 45
kandela berri 28, 46
kantitate 10
kantitate elektrikoak 55
kantitate fotometrikoak 59
kelvin..... 8, 45
kilograko..... 6, 25
kilogramoaren multiploak..... 18, 47
Kontsulta-Batzordeak..... 63

litro 26, 40, 42
litroaren sinbolo 19
lumen 28
luzera 52

masa 54
masa eta pisu 27
metro 6, 25, 28, 36
Metroaren Konbentzioa..... 61
mikroi 46
mole..... 8-9, 49-50

newton 29

ohm 30

pascal 48
peta 51
pisu (ik. masa)

radian 16, 39

segundo 6, 35, 37, 43
SI aurrizkiak 17, 38-39, 43, 51
SI aurrizkiak erabiltzeko arauak.... 17
SI unitateak eta multiploak 47
siemens 48
sinboloen idazkera eta inprimakera.. 10-11, 14-15, 32

TAI 48
tenperatura 56

unitate elektrikoak 29

unitate eratorriak 11-14, 39, 46
unitate fotometrikoak 28
unitate oinarrizkoak 4
unitate suplementarioak 15, 39
unitateen definizioen errealizazio praktikoa 52-60
UTC 50

volta 29

watt 29
weber 29

zenbakien idazkera eta inprimakera 32