

Fisikan eta teknologian erabili beharreko adierazpen matematikoetarako nazioarteko arauak euskarara egokitze gomendioak

J. R. Etxebarria Bilbao

Euskal Filologia Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea

Fisika eta teknologiako diskurtso idatzian berebiziko garrantzia dute adierazpen matematikoen, informazio zehatza era trinkoan emateko balio baitute. Bestalde, mundu osoko zientzialarien arteko komunikazioa funtsezkoa da gaur egun; horregatik, hizkuntzen arteko mugak gainditzeko, aspaldidanik hasita, zientzialariek sinbolo bidezko kode idatzi bat adostu dute, mundu osorako era berean balio duena. Lan honetan, arazoaren azterketa eskematiko bat egin ondoren, zenbait gomendio egiten dira nazioarteko sinboloak euskararako egokitze.

GAKO-HITZAK: Magnitude eta unitate fisikoak · Nazioarteko ISO arauak · SI sistema.

Mathematical expressions have become very important in the written discourse for physics and technology because they give us precise information in a very concise way. Moreover, worldwide communication among scientists is fundamental nowadays, and for this reason, in order to break through the barrier that using different languages represents, scientists have agreed on a written international symbol code. In this paper, after a schematic study of the problem, several guidelines are given to adapt the international standards to the Basque language

KEY WORDS: Physical quantities and units · International ISO norms · SI system.

Jasotze-data: 2008-04-27. *Onartze-data:* 2008-05-03

1. Sarrera¹

Zientziaren eta teknologiaren garapenerako, funtsezkoa gertatu da estandarizazioa. Prozesu hori XIX. mendean abiatu zen, Frantziak pisuak eta neurriak bateratzeko erabakiak hartu eta praktikara eraman ondoren. Ordukoa da sistema metriko hamartar ospetsuaren sorrera, gerora mundu osoan hedatu dena. Denborarekin, ingelesezko «*no standards for quantities and units, no trade*» esaera zaharraren bidetik, estandarizazio-prozesu zabala bultzatu zen mundu osoan zehar, gaur egungo globalizazioarekin areagotuz eta finkatuz doana, gero eta gehiago.

Ingeniaritzan aspaldi hasi ziren fabrikaziorako eta mekanizaziorako arauak finkatzen, eta zenbait herrialdetan erakunde ofizialak sortu ziren arauen ezarpena bideratu eta zabaltzeko; adibide gisa, Alemanian 1917an sorturiko *Deutsches Institut für Normung* (DIN) izenekoa aipa dezakegu, oso ezaguna dena paper-orrien tamainak zehazte aldera emaniko DIN arau famatuengatik.

Gauza bera gertatu da zientzietako kode idatziei dagokienez ere. Komunikazioaren gizartean bizi garela, oso garrantzitsua da informazio zientifikoa zabaltzeko erabiltzen diren kode idatzietan adostasun minimo batzuk finkatzea, kontzeptuak kode bidez transmititzen direnean zertaz ari garen argi eta garbi jakiteko, eta hizkuntza muga gaindiezina gerta ez dadin praktikan. Alegia, zientziaren hainbat arlotan mundu osorako eta hizkuntza guztietarako balio duten kode sinbolikoak arautzea komeni da, zientziaren garapenerako ekimen kolektiboak eraginkorragoak izan dadin. Hain zuzen, artikulua honetan fisikan eta teknologian erabili beharreko adierazpen matematikoetarako nazioarteko arauak euskarazko diskurtsoan txertatzean sortzen diren arazo batzuk izango ditugu aztergai.

2. Nazioarteko erakunde arauemaileak

Estandarizazio-prozesua bideratzeko, arloan arloko nazioarteko erakunde arauemaileak daude, tarteka-marteka zenbait jakintza-arlotako kode idatziak arautzen dituztenak, mundu osorako arautu ere. Kasurako, kimikaren arloan IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) erakundea dugu edota biologian bi kode nagusi hauek: *International Code of Botanical Nomenclature* (ICBN, 1952) eta *International Code of Zoological Nomenclature* (ICZN, 1895-1995). Nolanahi den, artikulua honetan alde batera utziko ditugu erakunde horien lana eta fisikan eta teknologian erabiltzen diren adierazpen matematikoak aztertuko ditugu bakarrik.

Bi kode nagusi hartuko ditugu kontuan: unitate fisikoen nazioarteko SI sistema eta magnitude, kantitate, unitate eta multiploei buruzko ISO arauak.

1. Hemen aipatzen diren hainbat eta hainbat kontzeptu EIMA plangintzaren barruan azken bi urteotan eginiko mintegian eztabaidatu dira, eta bibliografian aipaturiko baina oraindik plazaratu gabeko liburuan argitaratuko dira.

Artikulu hau Euskal Herriko Unibertsitateak onarturiko "Morfologia lexikoa eta testu-pragmatika hizkuntzalaritza aplikatua. 1. Ekintza-izenak eta aditz-unitate fraseologikoak. 2. Gramatika eta pragmatikaren arteko loturak (EHU08/04)" ikerkuntza-proiektuaren testuinguruan burutu da.

Unitateen nazioarteko sistema (*Système International d'unités*, SI), 1960ko Pisu eta Neurrien Konferentzia Orokorrean (*Conférence Générale de Poids et Mesures*, CGPM) izan zen onartua. Abiatzeko unean, sei oinarriko unitate fisiko onartu ziren, eta geroago, 1971n, zazpigarrena, mol izenekoa hain justu. Frantsetik harturiko izena du sistemak, eta sigla horren bidez ezagutzen da mundu osoan, SI alegia. Euskaraz dihardugun zientzialarien artean sigla hori bere horretan erabiltzeko ohitura dago, askotan aposizio modura adieraziz, hots, «SI sistema» esanez, nahiz eta sigla hutseko formak ere erabiltzen diren, «Silko unitateak» adibidez.

ISO arauak *International Organization of Standardization* izeneko erakundeak emanak dira. Matematikako zeinu eta sinboloak finkatu, eta magnitude, kantitate, unitate eta multiploei buruzko arauak ematen ditu, eta bere barnean hartzen ditu SI sistemako unitateak. Azken urteotan, SI eta ISO arauak unifikatzen ari dira, Magnitudeen Nazioarteko Sistema (ISO/EIC 80000) eratzeko. Erakunde horrek Genevan (Suitza) du bere egoitza, eta mundu osorako arauak ematen ditu. Izatez, organismo estatalen federazio bat da eta, horrela, bertan integraturik daude AENOR (Espainia), AFNOR (Frantzia) eta DIN (Alemania) erakundeak, besteak beste.

3. Nazioarteko arauak, mundu osorako emanak izanik, euskararako ere badira

Arestian aipaturiko erakundeek emaniko arau estandar horiek oso-osorik onartzen dira munduko hizkuntza ofizial guztietan, idazkera sinbolikoari dagokionez. Hala ere, hizkuntza bakoitzean zenbait egokitzapen egiten dira sinboloak diskurtso naturalean integratzean, kontuan harturik bakoitzaren izaera fonetiko, ortografiko eta sintaktikoa.

Nazioarteko hitzarmenetan oinarriturikoak izanik eta mundu guztiko zientzialariek erabiltzeko onetsita egonik, logikoa denez, euskaraz ere onartzen dira, beren osotasunean onartu ere, nahiz salbuespenen bat egon daitekeen. Zernahigisaz, nazioarteko sinboloekin egokitzapenak egin behar dira euskarazko testuetan integratzeko.

Azken hogeita hamar urteotan, irakaskuntzan, oro har, eta unibertsitatean, bereziki, hainbat ahalegin gauzatu dira sinboloen egokitzapena bideratzeko eta finkatzeko. Horren lekuko da EIMA plangintzaren barruan azken bi urteotan buruturiko mintegia, zeinean «zientzia eta teknikarako euskara arautzeko gomendioak» aztertu eta adostu diren, ahal bezain laster argitaratzeko asmoarekin. Egindako lan horiek guztiak kontuan izanik, berandu baino lehen, euskaraz egin beharreko egokitzapenak nahiko ondo finkaturik egon daitezkeela uste dugu.

4. Zer dira nazioarteko sinboloak fisikan eta teknologian?

Has gaitezen definiziotik. Gauzak zehazte aldera, *sinbolo* deritzegu zenbait kontzeptu era idatzian nazioarteko zientzialarien komunitateak erabiltzen dituen ikurrei.

Agerikoa denez, sinboloek kode idatzi berezia osatzen dute, guztiz artifiziala dena, berariaz antolaturiko biltzarretan arau gisa sortzeko unean adostua. Definizioz eta bokazioz, mundu osorakoak dira, hots, hizkuntza guztietarako emanak dira, eta hizkuntza guztietarako balio dute. Bakarrik era idatzian agertzen dira, horrela sortuak baitira, nahiz eta aldi berean izenak ere ematen zaizkien (edo alde-zurreko izenak dauzkate), banan-banan identifikatzeko eta teknikoki erabiltzeko balio dutenak.

Nazioarteko sinbolo zientifikoak diskurtso idatzian erabiltzen dira, eta horrek halaberrez dakar hizkuntza bakoitzaren diskurtso naturalean integratu beharra. Aldi berean, diskurtso idatziei forma mintzaturia esleitzen zaienez, sinboloak deskodetu egin behar izaten dira irakurketarako. Zer esanik ez, era uniboko egokian deskodetu ahal izateko, lehenik eta behin arautu egin behar izaten da izendapena, eta ondoren, arloan arloko zientzialariek buruz ikasi behar izaten dituzte sinboloen izenak.

Erabilitako karaktereak kontuan izanik, hiru motatako sinbolo matematiko-fisikoak daude:

- Letrak, magnitude fisikoa eta unitate fisikoak adierazteko. Alfabeto latindar eta greziarrek letrak izaten dira ia beti. Magnitude fisikoak adierazten dituzten letrak (hala nola E , F , m , v ...) eta unitate fisikoak adierazten dituztenak (hala nola m , kg , A , N , Ω ...) ondo araututa daude, zeinek bere esanahi eta ortotipografia ongi denifituak dituela. Fisikako sinboloek esanahi zehatza dute, adierazten duten magnitudearen esanahi fisikoarekin lotua.
- Karaktere alfanumerikoak, neurketetako emaitzetan lorturiko kantitateak adierazteko zenbakiak. Dena den, ohar bat egin behar da azpimarratzeko ezen digitu arruntez osaturiko zenbakiez gain, fisikan eta teknologian oso ohikoak direla letra bidez adierazten diren zenbaki irrazionalak (π , e ...), irudikariak (i , j) edo sinbolo bereziak dituzten infinituak (∞ , \aleph), besteak beste.
- Magnitudeen arteko erlazioak adierazteko karaktere bereziak. Multzo honetan ere, bereizketa finagoa egin daiteke, zeinuak ($+$, $-$, \pm , $>$, \geq ...), eragiketak eta funtzioak ($+$, $-$, \int , d/dx , $\partial/\partial x$, \sin ...) eta bestelako erlazioak adieraztekoak (\rightarrow , \Rightarrow , \in , \supset , \subset , \cup ...). Sinbolo matematikoak dira, guztiz abstraktuak, esanahi orokorrekoak eta betiere idazkera bakarrekokoak, aldaezinak.

Egindako ordenamendu horrek, ikusiko dugunez, bere garrantzia du nazioarteko sistema antolatze orduan, zeren, arau-sistema koherentea eratze orduan, kontuan izango baitira sinbolo bakoitzaren ezaugarriak.

Fisikaren eta teknologiaren ikuspegitik aipamen berezia merezi dute magnitude eta unitate fisikoekin erlazionaturiko sinboloek, horietatik baitira funtseko kontzeptuak adierazten dituztenak, gainerakoak erlazionaturik baitaude magnitudeen erabilera matematikoarekin, eta tarteko osagai funtzionalak direla esan baitezakegu.

5. Magnitude eta unitate fisikoen sinboloen erabileran, hizkuntzaren lau maila

Magnitude eta unitate fisikoei dagokienez (oro har, gainerako ikur matematiko-fisikoen erabilerari dagokionez ere antzera gertatzen da), hizkuntzaren lau maila hauek eduki behar dira kontuan:

- Unitateen sinboloak eurak, nazioartekoak eta aldaezinak direnak, mundu guztian berdinak (baina adierazpen idatzian soilik). Ortotipografiari dagokionez, letrakera zuzenez idazten dira, berdin hizkuntza guztietan:

m, s, kg, A, C, J

- Magnitudeen sinboloak, hauek ere nazioartekoak, adierazpen sinboliko idatzirako baliatzen direnak, arau ortotipografiko zehatzak dituztenak letrakerari dagokionez (magnitude eskalarrak letrakera etzanez, magnitude bektorialak letrakera lodi etzanez, etab.):

m (“masa”), F (“indarra”), v (“abiadura”), W (“lana”)

- Unitateen izenak, nazioartekoak direnak baina hizkuntza bakoitzera egokiturik daudenak, ortografia eta fonetika hizkuntzaren arabera moldaturik dauzkatena, hitz arrunt modura idatziz eta ahoz erabiltzekoak baitira. Adibidez, honelaxe emango ditugu aurreko unitateen izenak euskaraz:

m = metro; s = segundo; kg = kilogramo; A = ampere C = coulomb; J = joule

- Magnitudeen izenak, hizkuntza bakoitzekoak direnak; izan ere, hizkuntza orokorreko hitz arruntak dira batzuetan, nahiz termino teknikoak izan:

luzera, denbora, masa, korrante elektrikoa, karga elektrikoa, energia/lana...

Magnitudeen izenak, askotan, nazioartekoak izaten dira, unitateen izenen antzera, eta horrelakoetan ortografia eta fonetika egokituak dituzte.

Maila horiek batera ageri dira I. taulan, zeinean euskararen kasuaz gain guregan kontaktuzko eragin zuzena duten hizkuntza hurbilenen kasuak ere azaltzen diren.

	gaztelania	frantsesa	ingeleza	euskara
1	m s kg N J	m s kg N J	m s kg N J	m s kg N J
2	<i>l, x</i> <i>t</i> <i>m</i> <i>F</i> <i>W</i>	<i>l, x</i> <i>t</i> <i>m</i> <i>F</i> <i>W</i>	<i>l, x</i> <i>t</i> <i>m</i> <i>F</i> <i>W</i>	<i>l, x</i> <i>t</i> <i>m</i> <i>F</i> <i>W</i>
3	metro segundo (<i>m.</i>) kilogramo newton julio	mètre seconde (<i>f.</i>) kilogramme newton joule	meter, metre second kilogram(me) newton joule	metro segundo kilogramo newton joule
4	longitud tiempo masa fuerza trabajo	longueur temps masse force travail	length time mass force work	luzera denbora masa indar lan

I. taula. Magnitude eta unitate fisikoen sinboloei dagozkien lau hizkuntza-mailak.

6. Sinboloen ortotipografia

Aurreko atalean aipaturiko lehenengo bi mailak nazioarteko sinbologiari dagoz-kio, eta forma bakarra dute munduko hizkuntza guztietan. Hain zuzen ere, horien ortotipografia finkatzen duten nazioarteko arauak daude, zientzialarien biltzar nagusietan adostu, erabaki eta onartutakoak.

Atal honetan, horiei dagokien ISO-31-11:1992(E) araua euskaraz erabiltzeko egokitzapenez arituko gara. Arau horren izenburua honako hau da: «Matemati-kako zeinuak eta sinboloak zientzia fisikoetan eta teknologian erabiltzeko». Izatez, euskararako egokitzapenerako egin behar dugun gauza bakarra, araua bere horretan onartzea da, osorik.

Nolanahi den, ohar garrantzitsu bat egin behar da, hizkuntzalaritzarekin baino areago fisikaren eta teknologiaren arloekin zerikusi zuzenagoa duena. Hona hemen: araua egokiro aplikatu ahal izateko, arlo horietako ezagutza sakona eduki behar da, hots, jakintza-arlo horietan aditua izan behar da, funtsezkoa baita hasieratik zer-nolako magnitudea den jakitea, horren arabera aplikatzen baitira ISOren estilo-arauak.

Artikulu honen mugak gehiegi ez zabaltzeko, eskematikoki emango ditugu mota bakoitzeko unitate eta magnitude fisikoei dagozkien arauak, ISOren estilo-arau ortotipografikoak alegia, kasuan kasuko zer letrakera erabili behar den adieraziz.

6.1. Unitateen ortotipografia

6.1.1. Arau orokorra

Oinarri gisa, arau orokor bat dago, unitate-sinbolo guztiekin aplikatzen dena: nazioarteko SI sisteman unitate-sinbolo guztiak letra arruntez (letrakera bertikala) idazten dira. Unitate-sinboloak izate matematiko unibertsalak dira. Ez dira laburdurak, sinboloak baizik; hortaz, ez zaie punturik gehitzen atzetik (esaldiko azken hitza direnean izan ezik).

kilogramo: kg
ampere: A

Ez da inoiz *kg. edo *A. idatzi behar.

6.1.2. Oinarrizko unitateak

SI sisteman, zazpi oinarrizko unitate aukeratu dira, zeinei balio arbitra-rioak baina adostuak esleitzen zaizkien; eta unitate horiek dimentsionalki inde-pendenteak direla onartu da, hitzarmenez. Hona hemen horien sinboloak eta izenak: m (metro), kg (kilogramo), s (segundo), A (ampere), K (kelvin), mol (mol) eta cd (kandela). Horiez gain, bi unitate adimentsional ere erabiltzen dira: rad (radian) eta sr (estereorradian).

Gainerako unitate fisiko guztiak horietatik erator daitezke, oinarrizko unitateak era koherentean elkarrekin biderkatuz edo zatituz.

6.1.3. Zientzialarien ohorezko izena duten unitateak

Unitate eratorriak korapilatu samarrak direnez, askotan izen bakarra ematen zaie, eta horretarako, nazioarteko biltzarretan bildurik, zientzialariek adostu egiten dute unitate horiei garrantzi berezia izandako zientzialari baten izena ematea.

Pertsona-izena duten unitate-sinboloak (hots, zientzialari baten ohorez jarritako izena dutenak) letra larriz idazten dira letra bakarrekokoak badira (N, A, C...) edo lehenengo letra larria dute eta bigarrena xehea bi letraz adierazten diren kasuan (Hz, Gr, Wb...). Gisa horretako sinbolo bakarra dago letra grekoz idazten dena, Ω (ohm), erresistentzia elektrikoaren unitatea, alegia.

Hala ere, unitate horien izena letra xehez idazten da, neurri-izena idatziz gero.

10 J (forma sinbolikoa) = hamar joule (forma idatzi osoa)

6.1.4. Unitateen multiploak eta azpimultiploak idazteko aurrizkiak

Magnitude fisikoek tamaina oso desberdinak har ditzaketenez, oso praktikoa izaten da unitateen multiploak eta azpimultiploak erabiltzea. Balio horiek unitate-sinboloei gehitzen zaizkien aurrizkien bidez adierazten dira. Nazioarteko SI sisteman guztiz arauturik daude aurrizki horiek (ikus II. taula).

Faktorea	Multiploak		Faktorea	Azpimultiploak	
	Aurrizkia			Aurrizkia	
	Izena	Sinboloa		Izena	Sinboloa
10^{24}	yotta-	Y	10^{-1}	dezi-	d
10^{21}	zetta-	Z	10^{-2}	zenti-	c
10^{18}	exa-	E	10^{-3}	mili-	m
10^{15}	peta-	P	10^{-6}	mikro-	μ
10^{12}	tera-	T	10^{-9}	nano-	n
10^9	giga-	G	10^{-12}	piko-	p
10^6	mega-	M	10^{-15}	femto-	f
10^3	kilo-	k	10^{-18}	atto-	a
10^2	hekto-	h	10^{-21}	zepto-	z
10^1	deka-	da	10^{-24}	yokto-	y

III. taula. Unitateen multiploak eta azpimultiploak adierazteko aurrizkiak

6.1.5. Unitateen arteko eragiketa matematikoak

Esan dugun bezala, unitate guztiak adieraz daitezke oinarrizko unitateen bidez; horretarako, oinarrizko unitateen arteko biderketak edo zatiketak egin behar dira. Hain zuzen ere, ISO arau zehatzak daude unitate-sinboloen arteko biderketak eta zatiketak adierazteko.

Unitate-sinboloen arteko biderketak adierazteko, bi aukera daude. Lehenengoan, erdi-mailako puntua jartzen da bi sinboloen artean; bigarreanean, hutsarte bat uzten da bi sinboloen artean:

$N \cdot m$ edo $N\ m$ (irakurtzeko, "newton (bider) metro")

Unitate-sinboloen arteko zatiketak adierazteko ere, bi aukera daude. Lehenengoan, frakzio-barra bat jartzen da bi sinboloen artean; bigarreanean, biderketa modura aurkezten da, izendatzaileko sinboloari esponente negatiboa gehituz. Edozein kasutan, frakzio-barra behin bakarrik erabiltzen da.

$$m/s \text{ edo } m \cdot s^{-1}; m/s^2 \text{ edo } m \cdot s^{-2} \text{ (ez da onartzen } m/s/s \text{ idaztea)}$$

Interpretazio okerrak saihesteko, izendatzailean unitate bat baino gehiago agertzen denean, parentesiak erabiltzea gomendatzen da, edo bestela, esponente negatiboak.

$$W/(m^2 \cdot K^4) \text{ edo } W/m^2 \cdot K^{-4} \text{ (eta ez } W/m^2 \cdot K^4)$$

Zer esanik ez, unitate-sinbolo konposatuaren kasuan, aurrizkiak ager daitezke zenbakitzailean zein izendatzailean.

$$N/m \text{ eta } W/cm^2$$

6.2. Magnitudeen izaeraren arabeko ortotipografia

Magnitude fisikoen ortotipografiari dagozkion arauak aplikatu ahal izateko, magnitude bakoitzaren izaera matematiko-fisikoa eduki behar da kontuan. Hortaz, izaeraren arabeko sailkapena egitearekin batera emango ditugu mota bakoitzeko magnitudeei dagozkien arauak.

6.2.1. Zenbakiak

Digitu bidez adierazten diren zenbakiak letrakera arruntez (bertikalak) idazten dira:

$$123 \text{ eta } 25,349$$

Halaber idazten dira letra arruntez azpiindizeetan, goi-indizeetan eta esponenteetan ageri diren zenbakiak:

$$E_x = \frac{1}{2} k(A^2 - x^2)$$

(x, y, z) edo (x_1, x_2, x_3) koordenatuak

Letra arruntez idazten dira beti balio berbera duten eta letra bidez adierazten diren zenbaki eta konstante matematikoak, hala nola e, i, p eta beste.

$$e = 2,718\ 281\ 8\dots$$

$$i = \sqrt{-1}, \text{ alegia, } i^2 = -1$$

$$\pi = 3,141\ 592\ 6\dots$$

Dena den, letra bidez adierazten diren azpiindizeetako eta goi-indizeetako zenbakiak (*running number*) letrakera etzanez idazten dira, baita testuinguru jakinean konstantetzat har daitezkeen parametroak ere. Adibidez:

$$\sum_{i=1}^n x_i$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

6.2.2. Aldagaiak eta funtzioak

Aldagaiak letrakera etzanez idazten dira, letra larri zein xehez, kasuaren arabera:

$$\begin{aligned} \text{lan mekanikoa} &= W \\ \text{denbora} &= t \end{aligned}$$

Funtzioak ere letrakera etzanez idazten dira, esplizituki definiturik ez badaude behintzat:

$$f(x) \text{ eta } F(x, y, z)$$

Baina esplizituki definituriko funtzioak letrakera arruntez idazten dira:

$$\sin \alpha \quad \exp(x^2 + 1) \quad \Gamma(x) \quad \ln(2x - 3)$$

6.2.3. Eskalarrak eta bektoreak

Aldagai eskalarrak letrakera etzanez idazten dira, letra larriz zein xehez, kasuaren arabera:

$$\text{Aldiuneko intentsitateak balio hau du: } i = I_0 \sin \omega t$$

Halaber idazten dira letrakera etzanez letra grekoen bidez adierazten diren aldagai eskalarrak (angeluak, adibidez), betiere letra xehez:

$$\text{Trigonometriaren funtsezko teorema dioenez, } \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$$

Funtzio edo aldagai bektorialak letrakera lodi etzanez idazten dira, letra larriz zein xehez, kasuaren arabera:

$$\begin{aligned} \text{abiadura bektorea: } &\mathbf{v} \\ \text{azelerazio bektorea: } &\mathbf{a} \\ \text{indarra: } &\mathbf{F} \end{aligned}$$

6.2.4. Matrizeak eta tentsoreak

Matrizeak eta tentsoreak letrakera lodi etzanez idazten dira:

$$\begin{aligned} \text{inertzia tentsorea: } &\mathbf{I} \\ \mathbf{A} &\text{ matrizea} \end{aligned}$$

Dena den, aldagai bektorialen eta tentsorialen osagaiak eta bektoreen modulua letrakera etzanez idazten dira, aldagai eskalarrak bezala:

$$\begin{aligned} \mathbf{F} \text{ indarraren modulua: } &F \\ \mathbf{v} \text{ abiadura bektorearen osagaiak: } &v_x, v_y, v_z \\ \mathbf{I} \text{ inertzia tentsorearen osagaiak: } &I_{xx}, I_{xy}, I_{xz} \end{aligned}$$

Ikus daitekeenez, zenbaki ez diren azpiindizeak ere letrakera etzanez idazten dira.

6.2.5. Biderketa arruntak, eskalarrak eta bektorialak

Zenbakien eta aldagaien arteko biderketa adierazteko, biak elkarren segidan idazten dira, inolako markarik gabe eta hutsarterik utzi gabe:

$$2x \quad 3y^3 \quad 5xyz$$

Era berean adierazten da bi aldagai eskalarren arteko biderketa. Bestalde, funtzioen arteko gaiak zeinuen bidez banantzen dira, zeinu eta gaien artean hutsarte bat utzirik:

$$\begin{aligned}xyz & \text{ (eta ez } x \cdot y \cdot z) \\E_p & = mgh \\z & = 2x^2 + 3y^2 - 5xy + 1\end{aligned}$$

Aldagaien arteko biderketa adierazteko, hobetsita dago letren artean punturik ez idaztea, letren artean inolako hutsarterik utzi gabe:

$$F = ma \quad \text{(eta ez } F = m \cdot a)$$

Bi bektoreen arteko biderketa eskalarra altuera erdiko puntu batez adierazten da:

$$\mathbf{A} \text{ eta } \mathbf{B} \text{ bektoreen arteko biderketa eskalarra: } \mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$$

Biderketa bektoriala, \times motako gurutze batez:

$$\mathbf{A} \text{ eta } \mathbf{B} \text{ bektoreen arteko biderketa bektoriala: } \mathbf{A} \times \mathbf{B}$$

Zenbait testutan, \wedge sinbologia erabiltzen da biderketa bektoriala adierazteko, baina nazioarteko arauetan sinbolo hori logikaren eremuan erabiltzen da:

$$p \wedge q \text{ adierazpenak 'p eta q' esan nahi du}$$

6.2.6. Funtzio trigonometrikoak

Funtzio trigonometrikoak letra arruntez idazten dira. Hauexek dira nazioartean hobetsitako sinboloak:

$$\sin x \quad \cos x \quad \tan x \quad \cot x \quad \sec x \quad \csc x$$

Alderantzizko funtzio trigonometrikoak:

$$\arcsin x \quad \arccos x \quad \arctan x \quad \operatorname{arccot} x \quad \operatorname{arcsec} x \quad \operatorname{arccsc} x$$

Sinbolo hauek ere erabiltzen dira, baina ez daude onartuta:

$$\operatorname{tg} x \quad \operatorname{ctg} x \quad \operatorname{cosec} x$$

6.2.7. Funtzio definituak

Letra bidezko sinboloz adierazten diren funtzio eta eragiketak letra arruntez idazten dira:

$$\begin{aligned}\text{Funtzio logaritmikoa: } & \log_a x \\ & \text{logaritmo natural edo nepertarra: } \ln x \quad \text{(edo } \log_e x) \\ & \text{logaritmo hamartarra: } \lg x \quad \text{(edo } \log_{10} x) \\ & \text{logaritmo bitarra: } \operatorname{lb} x \quad \text{(edo } \log_2 x) \\ \text{Funtzio esponentziala: } & \exp x \quad \text{(edo } e^x) \\ \text{Funtzio hiperbolikoak: } & \sinh, \cosh, \tanh, \coth, \operatorname{sech}, \operatorname{csch} \\ \text{Funtzio hiperboliko alderantzizkoak: } & \operatorname{arsinh}, \operatorname{arcosh}, \operatorname{artanh}, \operatorname{arcoth}, \operatorname{arsech}, \operatorname{arcsch} \\ \text{Zenbaki konplexuak: } & z = a + bi \\ & \text{Parte erreal: } \operatorname{Re} z \\ & \text{Parte irudikaria: } \operatorname{Im} z\end{aligned}$$

Argumentua: $\overline{\arg z}$
 Zeinua: $\text{sgn } z$
 Konplexu konjugatua: z^*

Limitea: \lim

6.2.8. Eragile diferentzialak

Ondo definituriko eragile diferentzialak letrakera arruntez idazten dira. Kasurako, deribatuak adierazteko erabiltzen diren d guztiak letrakera arruntez idazten dira:

$$\mathbf{v} = \frac{dr}{dt} = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} + \frac{dz}{dt} \mathbf{k}$$

Dena den, eragile bektorialen kasuan letrakera lodia ere erabil daiteke, bektore-izaera nabarmentzeko:

dibergentzia: $\text{div } \mathbf{E}$
 gradientea: $\text{grad } V$
 errotazionala: $\text{rot } \mathbf{E}$ edo $\text{curl } \mathbf{E}$

6.2.9. Informazio gehigarriak azpiindizeetan

Azpiindize modura idatzita doazen informazio gehigarriak letrakera arruntez idazten dira. Azpiindizeetako informazio gehigarri horiek euskaraz ematen direnean, artikulua eta guzti ematen dira.

$m_{\text{disoluzioa}}$, m_{solutua} eta $E_{\text{zinetikoa}}$

Zenbait kasutan, azpiindizeak nazioartean onarturiko laburdurak izan daitezke, eta horrelakoetan errespetatu egiten da notazio hori:

Energia zinetikoa: E_k (ingelesez, *kinetic energy*)
 Energia potentziala: E_p

6.2.10. Puntuazio-markak adierazpen matematikoetan

Sinboloek eta adierazpen matematiko osoek hitz arruntan trataera dute diskurtsoan. Beraz, hitz arruntekin bezala jarri behar dira puntuazio-markak (puntuak, komak...) testuan, komeni denean:

$m_{\text{disoluzioa}}$, m_{solutua} eta $E_{\text{zinetikoa}}$

Hauek dira azelerazioaren adierazpenak:

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \mathbf{i} + \frac{d^2y}{dt^2} \mathbf{j} + \frac{d^2z}{dt^2} \mathbf{k},$$

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \mathbf{e}_x + \frac{d^2y}{dt^2} \mathbf{e}_y + \frac{d^2z}{dt^2} \mathbf{e}_z \quad \text{edo}$$

$$\bar{\mathbf{a}} = \frac{d\bar{\mathbf{v}}}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \bar{\mathbf{i}} + \frac{d^2y}{dt^2} \bar{\mathbf{j}} + \frac{d^2z}{dt^2} \bar{\mathbf{k}}.$$

Atal honetan aipaturiko arau guztiak ISO erakundeak argitaraturiko eskuliburuetan kontsulta daitezke. Bertan magnitude eta unitate fisikoen fisikoen katalogoak daude, eta esan bezala, horko arau ortotipografikoak euskaraz ere hartu behar dira kontuan.

7. Nazioarteko sinboloen txertaketa euskarazko diskurtso naturalean

Euskararen kasu espezifikoa, sinboloak diskurtso naturalean integratzeko, kontuan izan behar dira zenbait oinarri eta printzipio orokor, bereziki honako hauek:

- Sinboloak hitz arrunt modura hartzen dira; zehatzago esanik, sinbolo osoa hitz arrunt bakartzat hartzen da.
- Sinboloak beren izenen bitartez sartzen dira diskurtsoan, nahiz eta batzuetan izenen ordean letraz letra irakurri.
- Sinboloek hitz arruntan erara hartzen dituzte deklinabideari dagozkion atzizkiak. Zernahi gisaz, berezitasunak ageri dira diskurtsoa idatzia ala mintzatua izan.

Forma idatziari dagokionez, aurreko ataletan azaldua dugu jadanik sinbolei euri dagokien ortotipografia. Baina zer gertatzen da sinboloak eta ohiko hitz arruntak batera jartzean? Honetan, gorago aipaturiko oinarri eta printzipio orokorrak kontuan harturik, ohitura argiak finkatu dira zientzialarien artean, jarraian aipatuko direnak:

7.1.1. Adierazpen sinboliko osoa diskurtso idatzian txertatzean, atzizkia sinbolo osoari gehitzen zaio, sinboloa eta atzizkia marratxo batez bereiziz:

Balbula horrek 25 N/cm²-ko presiorako balio du
Radarrak 139 km/h-ko abiadura neurtu du

Arau honetan salbuespena egiten da zenbakiekin. Zenbakiak digitu arabiarren edo sinbolo erromatarren bidez adierazten direnean, ez da jartzen marratxorik.

Azaroaren 26an biltzekoak dira elkarteko kideak
Beharpenetan % 35eko deskontua aplikatzen ari dira
Goñi III.ak irabazi du txapelketa

7.1.2. Adierazpen sinboliko osoari gehitu beharreko atzizkia zehazteko orduan, euskarazko gainerako hitz arruntetan bezala, bereizi egin behar da sinboloa bokalez ala kontsonantez amaitzen den.

Zer esanik ez, alde zuretik sinbolo osoa nola irakurtzen den jakin behar da. Horretarako, «irakurbide tekniko» erabiltzen da gehienetan:

25 N = hogeita bost newton
25 N-eko indarra = hogeita bost newtoneko indarra
25 N/cm² = hogeita bost newton zati zentimetro karratu
25 N/cm²-ko presioa = hogeita bost newton zati zentimetro karratuko presioa
10 Pa = hamar pascal
10 Pa-eko indarra = hamar pascaleko indarra

7.1.3. Sinboloa bere izen osoaz adierazten denean, besterik gabe gehitzen zaio atzizkia izen-sintagmari, marratxorik gabe:

Balbula hori hamar pascaleko presioa kontrolatzeko gai da
Azaroaren hogeita seian biltzekoak dira elkarteko kideak
Aurtengo beherapenetan ehuneko hogeita hamabosteko deskontua aplikatzen ari dira

7.1.4. Ahozko diskurtsoan izen-sintagma osoari gehitzen zaio atzizkia

40 N/cm²-ko presioa → {berrogei newton zati zentimetro karratu}ko presioa
% 35eko deskontua → {ehuneko hogeita hamabost}eko deskontua

Forma mintzatuan sinboloak «izendatu» edo «esan» egin behar dira diskurtso mintzatuan txertatzeko. Hori egiteko bi modu daude:

7.2.1. Sinboloen «izenak» esanez. Horretarako izena ezagutu behar da; esan gabe doa, magnitude eta unitate fisikoen izenak ISOren katalogoetan kontsulta daitezkeela:

10 N = hamar newton

7.2.2. Sinboloak letraz letra irakurriz (betiere, «irakurbide teknikoan»). Horrela jokatu ohi da izena ezaguna ez denean, edo unitate konposatua denean.

Pb(NO₃)₄ = pe be parentesia ene o hiru parentesia lau

Dena den, teknikan «irakurbide tekniko» deritzon moduz baliatzen da normalean adierazpen matematiko-fisikoak irakurtzeko. Irakurbide hori aztertuta dago aspalditik eta bibliografian aipaturik datorren *Zientzia eta teknikarako euskara* liburuan kontsulta daiteke. Beraz, gai hori ez dugu artikulu honetan aztertuko.

9. Ondorioak

Magnitude eta unitate fisikoen nazioarteko sinboloak euskarazko diskurtsoan txertatzean sortzen diren arazoei buruz artikulu honetan azaldukoak ondorio hauetan laburbil daitezke:

- a. Arazoaren parte bat erabat arauturik dago nazioartean, sinboloen ortotipografiarekin zerikusia duena preseski. Egilearen ustez, parte hori euskaraz ere bere osotasunean onartu beharrekoa da, formula eta adierazpen zientifiko hutsei dagokiena hain zuzen.
- b. Adierazpen zientifikoak hizkuntza naturaletako diskurtsoan txertatzeari dagokion parte, hizkuntza bakoitzean erabaki beharrekoa da. Euskaraz ere bai, noski. Horretan kontuan hartu behar ditugu euskarazko ortografia eta fonetika, maileguak egokitzeko orduan bereziki, gainerako hizkuntzetan egiten den antzera.
- c. Sinboloen arau ortotipografikoak egokiro aplikatzeko, beharrezkoa da fisika edo teknologian aditua izatea, funtsezkoa baita magnitude fisikoen izaera ondo bereiztea.

- d. Garrantzitsua da adierazpen zientifikoak euskarazko diskurtsoan integratzeko moduak zehatz aztertzea, jadanik sorturiko erabilera-ohiturak kontuan hartuz, horien zehaztapenak eginez, ondoren proposamen bateratuak egin ahal izateko. Eta, zer esanik ez, funtsezkoa da proposamen horiek gizarteratzea, *feed-back* edo berrelkadura baten bidez, berriro ere informazio bateratu hori erabiltzaileei helaraziz. Ziur asko gomendioen bidez abiatu beharko da prozesua, ohitura bateratuak eginez joateko, azkenean estilo estandar baten finkapenean laguntzeko.

Bibliografia

- EIMA, *Zientzia eta Teknikarako euskara arautzeko gomendioak* (Mintegi lanean prestatu-riko liburua, oraindik argitaratu gabea)
- Ensunza, M.; Etxebarria, J. R. eta Iturbe, J. (2008): *Zientzia eta teknikarako euskara. Zenbait hizkuntza-baliabide*, UEU, Bilbo, (bigarren argitalpena).
- Ensunza, M.; Etxebarria, J. R. eta Iturbe, J. (2003): "Ikur eta zeinu bidezko adierazpen matematiko-fisikoen irakurbideaz", *Sigma*, Revista de Matemáticas, **21**, 47-58.
- Etxebarria, J. R. (2008): "Magnitude eta unitate fisikoen nazioarteko sinboloak euskarazko diskurtsoan txertatzean sortzen diren arazoei buruzko zenbait gogoeta", *Euskera*, **53**, 411-418.
- ISO STANDARDS HANDBOOK (1993): *Quantities and Units*, International Organization for Standardization, Genève.
- Taylor, B. N. (1995): *Guide for the Use of the International System of Units (SI)*, NIST Special Publication, US. Department of Commerce.
- Zubimendi, J. R. (2004): *Ortotipografia*, Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzua, EIMA, Gasteiz.

