

# El llenguatge de la física

Julio Pellicer,\* M. Jesús Hernández† i Vicente M. Aguilera‡

## Introducció

El desenvolupament de la física, com també el de les altres ciències de la natura, constitueix un procés conformat per diferents factors —històrics, econòmics, sociològics, polítics, etc.— necessaris per a dur-lo a terme. Entre aquests factors, l'elecció de les paraules adequades i l'exactitud de les seues definicions posseeixen una rellevància especial. No hi ha ciència ni mètode científic sense les paraules apropiades: a cada cosa el seu nom, a cada nom la seua definició. Així, fenòmens físics, components de la matèria, propietats de l'energia, camps de forces, etc., formen part d'una realitat física que s'ha d'anomenar i definir. D'aquesta manera, la física, encara que construïda sobre la base d'acurades i repetides experiències, gràcies a les quals es formularen les lleis i teories que regeixen i interpreten, respectivament, els fenòmens estudiats, resulta estar intrínsecament vinculada a la precisió del llenguatge utilitzat.

Des d'un punt de vista rigorosament científic, sembla que les paraules haurien de definir-se una vegada per sempre, de manera que el llenguatge fóra precís i unívoc. Tanmateix, l'experiència posa de manifest que en una llengua natural, transmesa de generació en generació com a vehicle principal de coneixement i comunicació entre els individus d'una comunitat, les paraules adquireixen nous significats que enriqueixen el llenguatge. D'altra banda, el producte constant de la inventiva, de l'encunyació de nous termes, que sorgeixen davant de situacions o necessitats d'expressió del nostre pensament, contribueixen igualment a aquest enriquiment. Per tant, la polisèmia de les paraules com ara els neologismes de recent encunyació tenen els seus perills. De vegades, produeixen un cert grau d'imprecisió, ocasionen confusions de tipus semàntic, creen equívocs. Per tal d'evitar aquests desajustos podem ajudar-nos de la lexicologia, la lexicografia i la metalexicografia.

La lexicologia (del grec *léxis* 'paraula', i *lógos*, 'tractat')

\* **Julio Pellicer** (València, 1943) és doctor en Física per la Universitat de València (1972) i actualment és catedràtic de Física Aplicada a la Universitat de València (Departament de Termodinàmica).

† **M. Jesús Hernández** (Salamanca, 1968) és doctora en Física i actualment és professora ajudant al Departament de Termodinàmica de la Universitat de València.

‡ **Vicente M. Aguilera** (Castelló de la Plana, 1958) és doctor en Física per la Universitat de València (1986) i actualment és professor titular de Física Aplicada a la Universitat Jaume I (Departament de Ciències Experimentals).

estudia l'estructura del vocabulari d'una llengua, per a la qual cosa combina elements d'etimologia, història i formació de les paraules, gramàtica històrica i semàntica. La lexicografia (del grec *léxis* 'paraula', i *graphé* 'escriptura') s'ocupa de la confecció de diccionaris, de la seua adequació a comeses generals o específiques i de l'arreglada dels recursos teòrics necessaris per assolir tal finalitat. Les seues realitzacions històriques, iniciades molt abans de constituir-se la lexicologia com a ciència, han evolucionat profundament. Avui en dia es distingeix ja clarament la lexicografia pràctica, és a dir, l'elaboració de diccionaris, de la lexicografia teòrica, anomenada també metalexicografia (del grec *metá* 'canvi', *léxis* 'paraula', i *graphé*, 'escriptura'). Aquesta estudia la història dels diccionaris, l'estructura, la tipologia, la finalitat, la relació amb altres disciplines (lexicologia, sociolingüística, semàntica, estadística i informàtica), la metodologia de la seua elaboració i, a més, es dedica a la crítica de diccionaris.

La intensa activitat de la ciència d'avui genera noves idees, nous conceptes, que originen noves paraules. Es pot afirmar amb rotunditat que la seua riquesa terminològica és una de les dues fonts —l'altra és la literària— que més contribueixen a aquest degoteig constant que augmenta el cabal idiomàtic. En aquest treball s'especifiquen l'etimologia, història, formació, etc., de certes paraules (unes ben construïdes, desencertades unes altres, algunes equívokes, etc.) que s'utilitzen habitualment en física, concretament en reologia, física atòmica i subatòmica i termodinàmica. L'objectiu és cridar l'atenció de docents i investigadors sobre el risc que corre la física si el procés d'elecció de les paraules adequades no culmina amb el triomf del sentit comú.

## Reologia

Un exemple que il·lustra el procediment que cal seguir per assolir la precisió necessària en el llenguatge de la física el constitueix la paraula *reologia*, que etimològicament significa 'estudi del flux' (del grec *rhéos* 'fluir', i *lógos* 'tractat'). Aquesta paraula fou proposada per Eugene Cook Bingham, professor de química del Lafayette College (Easton, PA, EUA), després de consultar un col·lega especialitzat en llengües clàssiques, per a definir una branca de la física amb un objectiu molt concret: el coneixement fonamental i pràctic de la deformació o flux de la matèria. Tant la paraula *reologia* com la seua definició foren acceptades en la reunió fundacional de la

Societat de Reologia (EUA) que tingué lloc l'any 1929 (Markovitz, 1968). Actualment es considera que aquests fets constitueixen l'acta de naixement de la reologia moderna.

Des del punt de vista reològic, la conducta més elemental correspon, d'una banda, al comportament elàstic i, de l'altra, al comportament viscos. El primer és característic dels sòlids i el segon dels fluids. Tanmateix, l'interès de la reologia moderna està centrat en materials complexos que exhibeixen propietats elàstiques i viscoses simultàniament: són les anomenades *substàncies viscoelàstiques*, és a dir, sòlids elàstics que durant la deformació mostren aspectes viscosos, o fluids viscosos que presenten comportaments elàstics. El tipus de resposta d'un material a l'acció d'una força externa depèn de l'escala de temps involucrada en l'experiment, de manera que, en dos assaigs diferents de deformació, el mateix material pot exhibir comportament viscos o elàstic. En general, com més ràpida siga la deformació, més propera serà la resposta a la de tipus elàstic, i com més lenta siga la primera, més propera serà la segona a la de tipus viscos. Un paràmetre que posa de manifest la natura de la resposta és el número de Dèbora, anomenat així per Marcus Reiner (Reiner, 1964) en al·lusió a una profetessa de l'Antic Testament que cantava (Llibre dels Jutges 5, 5):

*Senyor, quan sorties de Seïr,  
quan avançaves per l'estepa d'Edom,  
la terra tremolava  
i el cel era un de vessall:  
un de vessall d'aigua eren els núvols.  
Les muntanyes s'estremien<sup>1</sup>  
al teu davant, Senyor;  
al teu davant, Senyor, Déu d'Israel.*

Aquest paràmetre fou definit per Reiner com el quocient entre el temps de relaxació del procés molecular més lent que tinga lloc en el si del material i el temps d'experimentació, és a dir,

$De = \text{temps de relaxació} / \text{temps d'experimentació}$

Tenint en compte que per a un sòlid elàstic ideal el temps de relaxació és infinit i per a un fluid viscos newtonià, zero, resulta que quan  $De$  siga molt gran, el material es comportarà com un sòlid i quan  $De$  siga molt petit, fluirà com un líquid. Una muntanya, com el mantell terrestre, no flueix en l'escala de temps humana (en la qual és un sòlid), però sí que podria fer-ho en l'escala de temps de Déu (en la qual seria un fluid), i d'ací la citació bíblica de la qual Reiner tragué el concepte de número de Dèbora.

Amb la intenció de presentar una ponència, en llengua castellana, en un curs sobre fonaments de reologia, un de nosaltres, per tal de fixar amb claredat i precisió el

<sup>1</sup>L'original en llengua llatina (*Vulgata Latina*) diu textualment: "montes fluxerunt a facie Domini".

concepte de *sinergia viscosa*, considerà oportú recaptar prèviament informació sobre la definició de *sinergia*. El diccionari de la Real Academia Española, en l'edició de 1992, defineix la *sinergia* (del grec *synergia* 'cooperació') de la manera següent: "Acció de dues o més causes l'efecte de les quals és superior a la suma dels efectes de les causes individuals". La consulta del *Vocabulario científico y técnico* de la Real Academia de Ciencias Exactas, Física y Naturales (edició de 1990) ens presentà la sorpresa de no incloure la *sinergia* entre els seus vocables, però sí el terme *sinergismo* amb aquesta definició: "Potenciació mútua de l'activitat química, biològica o farmacològica, entre distints components d'una mescla. Resulta, així, que l'activitat del conjunt és superior a la mera addició de les corresponents als components individuals". Aquest terme és una adaptació de la paraula anglesa *synergism*, amb el mateix significat que *synergy*, paraula equivalent a la castellana *sinergia*. Segons la nostra opinió, la inclusió en el *Vocabulario científico y técnico* del vocable *sinergismo* no es justifica implícitament en el pròleg de la primera edició (1986) considerant que "davant de l'onada de neologismes que, amb els nous conceptes, s'incorporen al llenguatge científic i tècnic sense que tinguin expressió genuïna en la qual basar-se, cal rendir-se a la realitat que els ha introduït ja en el llenguatge comú en el qual adquiriren carta de natura". En efecte, en aquest cas, l'expressió genuïna existeix i està constituïda per la paraula *sinergia*.

La *Gran Enciclopèdia Catalana*, en la primera reimpressió de la segona edició (març de 1990), inclou igualment les paraules *sinergia* i *sinergisme*. Concretament, la segona accepció de la paraula *sinergia* remet al terme *sinergisme*, que defineix així: "2 FARM Efecte terapèutic augmentat que es produeix, de vegades, en administrar simultàniament dos productes o fàrmacs d'acció similar... 3 QUÍM Augment d'una determinada activitat d'un compost provocat per la presència en mescla d'un altre compost, inactiu en el mateix sentit, anomenat *agent sinèrgic*... L'actual *Diccionari de la Llengua Catalana* de l'Institut d'Estudis Catalans, i també el *Diccionari Valencià* de la Generalitat Valenciana inclouen *sinergisme* com a sinònim de *sinergia*.

Si acceptem que s'han d'admetre només aquells neologismes que manquen d'equivalent en el llenguatge utilitzada —fet al qual ni els puristes més recalcitrants s'han negat mai— ens inclinem per l'ús del vocable *sinergia* i no de l'anglicisme *sinergisme*. En el *Diccionari General de la Llengua Catalana* de Pompeu Fabra, clàssic i bàsic en aquesta llengua, apareix el mot *sinergia* amb la definició general: "Acció combinada de diferents òrgans per a acomplir una funció", i no hi consta el terme *sinergisme*.

Aquest no és el cas dels termes utilitzats en reologia per a anomenar dos tipus de comportament dels fluids no newtonians: *pseudoplàstic* i *dilatant*. El primer s'as-

signa a aquells fluids no newtonians la viscositat dels quals disminueix en augmentar la velocitat de cisallament aplicada; el segon serveix per a caracteritzar els fluids la viscositat aparent dels quals disminueix amb la velocitat de cisallament. Els fluids pseudoplàstics foren descoberts als EUA amb posterioritat als anomenats *plàstics de Bingham*. Com que ambdós tipus de fluids posseïen algunes característiques comunes, els primers foren anomenats *falsos plàstics*, és a dir, *pseudoplàstics*. Els *fluids dilatants* són generalment suspensions altament concentrades de partícules en un líquid. A baixes velocitats de cisallament la fricció entre les partícules és relativament baixa perquè el líquid actua com a lubricant. Quan s'augmenta la velocitat de cisallament, el moviment d'unes partícules respecte de les altres incrementa l'espai entre si i la fase líquida deixa d'ocupar-lo totalment. Això causa un progressiu increment de la fricció entre les partícules com a conseqüència d'una lubricació insuficient. Per tant, el comportament d'aquesta classe de fluids podria explicar-se com una conseqüència de la seua *dilatació* en incrementar la velocitat de cisallament (Ferguson i Kemblowski, 1991), i d'ací que se'ls anomenà *fluids dilatants*.

Com que aquests dos tipus de fluids s'anomenaven originàriament en anglès *pseudoplastic fluids* i *dilatant fluids*, respectivament, l'etimologia llatina de les arrels d'aquestes paraules feia senzillament la seua adaptació a les llengües catalana i castellana. Encara que aquesta denominació en anglès es conserva per raons històriques, avui en dia no es considera adequat anomenar *falsos plàstics* un tipus de fluids amb un comportament molt concret i molt comú entre els materials viscoelàstics, ni tampoc usar el terme *dilatant* per a fer referència a l'augment de viscositat (que no de volum) d'un fluid. Actualment es recomana —i està àmpliament estès— l'ús dels termes *shear thinning fluids* i *shear thickening fluids*, perquè són més apropiats per a descriure exactament el comportament d'aquests fluids davant de l'aplicació d'un cisallament. La normalització dels termes reològics ha portat a traduir al castellà *shear thinning* i *shear thickening* com a *fluidificació por cizalla* i *espesamiento por cizalla* per a descriure els fenòmens que anteriorment s'anomenaven *pseudoplasticidad* i *dilatancia* (*Glosario de términos reológicos para alimentos en español y portugués*). Tanmateix, tenint en compte la impossibilitat d'utilitzar aquests termes com a adjectius en les llengües catalana i castellana —el professor Lionel Choplin suggereix parlar de fluids *reofluídificants* i *reoespessidors*— la comunitat científica espanyola continua utilitzant els termes *pseudoplàstic* i *dilatant* (i els seus equivalents castellans) amb els problemes que açò comporta.

## Física atòmica i subatòmica

Com és ben conegut, les primeres idees sobre l'estructura de la matèria són especulatives i es remunten als filòsofs grecs Leucip i Demòcrit, els quals postulaven que

els cossos estaven compostos d'àtoms eterns i indivisibles en perpetu moviment. L'aparició d'una teoria no especulativa tingué lloc molt temps després sobre la base dels treballs d'una plèiade de químics dels segles XVIII al XX. La nova teoria considerava els àtoms com a ens immutables, sense possibilitat que foren creats ni destruïts. Existí un àtom diferent per a cadascun dels elements, i combinacions més o menys complicades donaven origen a totes les molècules dels compostos coneguts. A mesura que el nombre d'elements anà augmentant, els científics hagueren d'aguditzar la seua imaginació per tal d'encunyar nous noms. Tanmateix, en alguna ocasió, el problema no ha estat de noms, sinó de determinar qui els posa.

El 1964, un grup de científics soviètics del Joint Institute for Nuclear Research (JINR), ubicat a la regió russa de Dubna, informà sobre l'obtenció de l'element 104, i el 1965, sobre la del 105. Un equip del Lawrence Berkeley Laboratory (LBL) de la Universitat de Califòrnia obtingué també, en aquelles dates, els citats elements, independentment dels soviètics. Es plantejà, doncs, la qüestió de qui tenia prioritat per a donar nom als nous elements. El setembre de 1997, una nota de premsa informava que, després de llargues discussions i complicades negociacions, la International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) havia assignat els noms als elements de la taula periòdica amb nombres atòmics compresos entre 104 i 109, cosa que resolva una agra disputa que mantenia enfrontades tres institucions de països distints. La IUPAC acceptava el nom de *rutherfordi* per al 104 (en memòria d'Ernest Rutherford) i el de *dubni* (de la regió russa de Dubna) per al 105. D'altra banda, mentre que a l'element 106 se li donava el nom de *seaborgi* (en honor del físic nuclear de Berkeley, Glenn Seaborg), al Laboratori d'Investigació d'Ions Pesats (GSI), situat a Darmstadt (Alemanya), se li concedia prioritat per a anomenar els elements del 107 al 109, tots generats en aquesta institució: *bohri* (en honor de Niels Bohr), *hassi* (de la denominació llatina de Hessen, Hassia, la regió alemanya on es troba el GSI) i *meitneri* (en record de Lise Meitner). Ara, els tres laboratoris es disputen el nom de l'element 110, del qual tots tres diuen que en són el primer descobridor.

La teoria atòmica s'imposà lentament en la física des de finals del segle XIX; la realitat dels àtoms era cada vegada més evident, però també ho era la seua no indivisibilitat. Per fi, les investigacions realitzades per Rutherford a principis del segle XX posaren de manifest que un àtom estava format per un nucli central, carregat positivament, al voltant del qual existia un núvol d'electrons. Els àtoms no són, per tant, indivisibles, i a pesar d'això (àtom significa en grec 'no divisible') la terminologia *atòmic*, *atomicitat*, *atomisme*, *atomístic*, etc., ha persistit fins als nostres dies. El paradigma actualment acceptat per a l'estructura del món físic regeix essencial-

ment des de 1974 (Boya, 1992). En última instància, el món físic està constituït per dues famílies de partícules elementals, leptons i quarks, a les quals s'agreguen les partícules responsables dels quatre tipus de forces existents a la natura.

D'acord amb l'etimologia, un leptó —del grec *lēptós*— és una partícula lleugera. És evident que l'electró mereix aquest nom, ja que és quasi dues mil vegades més lleuger que el nucleó. Tanmateix, l'últim leptó descobert, el tauó, té una massa que és unes dues vegades la del nucleó. Caldria preguntar-se, doncs, quin sentit té referir-se al tauó com a *leptó pesant*.

D'altra banda, etimològicament, la paraula *quark* no vol dir res. En efecte, segons escriu el propi Gell-Mann, físic teòric que predigué l'existència d'aquestes partícules elementals i que els posà el nom de *quark* s'aplica més que res al crit d'una gavina. Pel que fa a les diferents varietats de quarks, es pensa que hi ha com a mínim sis *flavours* ('sabors'), que es diuen *up*, *down*, *strange*, *charmed*, *bottom*, *top* ('dalt', 'baix', 'estrany', 'encant', 'fons', 'cim'). Sembla que alguns físics moderns tenen formes més imaginatives per a anomenar les noves partícules: ara no es limiten especialment al grec!

## Termodinàmica

La paraula *termodinàmica* (del grec *thérmē* 'calor' i *dýnamis* 'força') constitueix, per raons històriques, un clar exemple d'imprecisió en el llenguatge de la física.<sup>2</sup> Aquesta imprecisió té el seu origen en la famosa memòria publicada per Sadi Carnot el 1824 (Carnot, 1987), titulada *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*, en la qual exposà els fonaments teòrics de les màquines tèrmiques i, amb açò, establí les bases de la termodinàmica. En efecte, el terme *potència motriu* fou usat per Carnot amb el mateix sentit que la paraula *treball*, de manera que el mot *termodinàmica* literalment significa 'estudi dels efectes mecànics produïts per la calor', és a dir, la termodinàmica suggereix una dinàmica quan realment és una estàtica. L'objectiu de la termodinàmica consisteix a establir relacions entre les propietats que caracteritzen els estats d'equilibri de certs sistemes físics, com també determinar els canvis experimentats per aquestes propietats quan els sistemes passen d'un estat d'equilibri a un altre. Per això, el temps no figura com a variable en termodinàmica. Encara que s'han fet intents per a anomenar-la *termostàtica*, la veritat és que mai no han tingut massa èxit.

<sup>2</sup>Alguns altres termes que utilitza la termodinàmica pateixen del mateix defecte: capacitat calorífica, calor latent, calor sensible. Es tracta de reminiscències de l'antiga teoria del calòric de J. Black (1728-1799). Aquest metge i químic escocès considerava la calor com un fluid (calòric) imponderable i indestructible que podia interpenetrar tots els cossos materials i augmentar la seua temperatura.

El diccionari de la Real Academia Española, el *Vocabulario científico y técnico* de la Real Academia de Ciencias Exactas, Física y Naturales, el *Diccionari de la Llengua Catalana* de l'Institut d'Estudis Catalans, el *Diccionari Valencià* de la Generalitat Valenciana, i també la *Gran Enciclopèdia Catalana* inclouen entre els seus termes, a més de *termodinàmica*, la paraula *termologia* (del grec *thérmē* 'calor' i *lógos* 'tractat') amb la següent definició: "Part de la física que estudia els fenòmens relacionats amb la calor", i en alguns d'aquests diccionaris es fa referència també a la temperatura. Aquesta paraula fou suggerida per Jean Baptiste Fourier el 1822 (Bauman, 1992), any en què edità la seua *Théorie analytique de la chaleur* com a resum dels treballs realitzats i presentats davant de l'Acadèmia de Ciències de París des de 1807. Tenint en compte les diferents opinions sobre què s'hauria d'entendre per *termodinàmica*, la paraula *termologia* podria haver-la reemplaçat, però el cert és que s'ha estat utilitzant només a Espanya per a designar el conjunt de diverses ciències fonamentals diferents: termodinàmica, mecànica estadística, teoria cinètica, termodinàmica de processos i mecànica estadística dels processos irreversibles. I tot això malgrat que la definició de *termologia* és incompleta, ja que hi ha parts de la física no relacionades amb la calor i la temperatura que pertanyen per dret propi al que s'entén per *termologia*; de la mateixa manera, altres parts de la física relacionades amb la calor i la temperatura no sempre es reconeix que pertanyen a la termologia (Biel, 1998). En concret, en la *Gran Enciclopèdia Catalana* s'indica que "modernament el terme *termologia* ha anat perdent identitat en favor de *termodinàmica*, bé que, per exemple, la calorimetria continua essent considerada com una part de la termologia, independentment de la termodinàmica".

## Conclusió

La necessitat d'anomenar realitats noves dóna lloc a l'aparició de noves paraules sense donar temps als lingüistes a perfilar-les. Per aquesta raó, els préstecs procedents d'altres llengües i els neologismes de recent creació no han de ser reprovables per principi, ja que en molts casos són simplement imprescindibles. Pot donar-se com a segur, tanmateix, que en altres casos no ho són. Per això, l'estat de necessitat no ha de justificar els nombrosos termes que s'han introduït per falsa afectació de científisme i per distanciament de la parla vulgar. Cal estar preparats per a impedir els abusos idiomàtics que donarien lloc a un llenguatge científic imprecís, la qual cosa podria aconseguir-se sempre que el procés d'elecció de les paraules adequades i l'exactitud de les seues definicions finalitze amb el triomf del sentit comú. I en tot açó acomplim un paper insubstituïble els mateixos parlants, sobretot els docents i investigadors, que independentment de la disciplina que professem, estem ensenyant el nostre propi idioma.

## Referències

- BAUMAN, R. P., *Modern thermodynamics with statistical mechanics*, Macmillan Publishing Co (Nova York, 1992).
- BIEL, J., *Formalismo y métodos de la Termodinámica*, vol. 1, Reverté (Barcelona, 1998).
- BOYA, L. J., *Desarrollo conceptual de la física atómica y subatómica*, en "El siglo de la física", edició de L. Navarro Veguillas, Tusquets Ed. (Barcelona, 1992).
- CARNOT, S., *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia*. Introducció, traducció i notes de J. Odon Ordoñez, Alianza Editorial (Madrid, 1987).
- FERGUSON, J. i KEMBLOSKI, Z., *Applied Fluid Rheology*, Elsevier Science Publishers LTD., University Press (Cambridge, 1991).
- MARKOVITZ, H., The Emergence of Rheology, *Physics Today*, **21**, 23-30 (1968).
- REINER, M., The Deborah number, *Physics Today*, **17**, 62-62 (1964).
-