

## **El desenvolupament del pensament abstracte en el seu valor en ciència (\*)**

J. Gras

Em toca avui, a prop de fer vint anys del meu ingrés en aquesta Acadèmia, complir amb l'agradable deure de llegir el discurs inaugural de curs. Aquest discurs té, en moltes ocasions, un tema ample, lligat amb la Medicina o amb el context en què aquesta es desenvolupa. Com dins d'aquesta Acadèmia estic adscrit a la Secció de Fonamentals, em serveix aquest fet com excusa per exposar-vos un tema evidentment ample i fonamental, com és el del «Desenvolupament del Pensament abstracte i el seu valor en Ciència». D'ençà de la meva joventut, en què disfrutava llegint els Diàlegs Platònics de la col·lecció Bernat Metge del meu pare, les lectures de Filosofia o Filosofia de la Ciència, m'han servit d'esplai i distracció de les tasques de cada dia. Espero que avui ens serveixi de distracció a tot plegats.

### I

De la «revolució neolítica» a la «revolució científica», passant per la «revolució del pensament abstracte».

L'home és un animal que influeix en la seva pròpia evolució, construint utensilis, ja siguin eines d'utilitat pràctica o, senzillament, objectes per a la satisfacció d'un goig o sentiment i desenvolupant idees o conceptes que comparteix amb els seus contemporanis i lega als seus descendents. Amb això, modifica l'entorn natural en què viu, i crea cultura i civilització. Tot home, al néixer, es troba envoltat pels estímuls procedents d'aquest món creat pels seus antecessors, estímuls que l'enmotllen i li són necessaris, fent possible el seu desenvolupament a nivells físics i psíquics als que no arribaria si es trobés sol, ultrapassant cotes cada vegada més altes al llarg de les seves generacions.

En els primers centenars de milers d'anys de la seva evolució aquest

---

(\*) Discurso preceptivo que le ha correspondido por turno riguroso de antigüedad, leído en la Sesión inaugural del Curso (27-I-80).

desenvolupament fou lent i partint dels primers instruments de pedra, arribà a l'invençió de l'arc i les fletxes i al descobriment del foc. Aquesta lenta evolució sofreix una brusca acceleració en la coneguda com «revolució neolítica» o «revolució urbana», iniciada al voltant de 5.000 anys abans de Crist. L'home descobreix l'agricultura, imventa l'aixada, la rella i la roda, deixa de viure en nuclis familiars o agregacions, i crea ciutats que arriben a ésser grans nuclis urbans que comporten una organització i una estratificació sociològica complexa. U gran progrés d'aquest període de la humanitat és el desenvolupament de l'escriptura, des d'una forma pictogràfica, amb lectura inicialment ideogràfica, per evolucionar després a una lectura fonètica i finalment alfabètica, escrita primer damunt pedra o tauletes d'argila i, després, sobre paper. Aquest desenvolupament representa una gran proesa intel·lectual i aporta un element bàsic en la transmissió de coneixements.

Les matemàtiques adquireixen també un considerable nivell, coneixent-se no tan sols la numeració i les operacions simples de sumar i restar, en gran part base a través de les que es portaven a cap les de multiplicar i dividir, sinó també l'obtenció d'àrees, com la d'un triangle, o volums, com els d'una piràmide. No obstant, sembla que s'aplicaven a la resolució de problemes administratius o pràctics, derivats del comerç i la construcció, ressolent-los amb regles derivades empíricament, però sense sentir la necessitat de formular o establir regles o lleis matemàtiques d'ordre general. Com exemples de problemes pràctics, en un paper egipci s'assenyala la necessitat de conèixer, a) el nombre de mahons que es necessitarien per construir una rampa de determinades dimensions, o b), el nombre d'homes necessaris per al transport d'un obelisc, quines dimensions ens donen (1).

No tan sols les matemàtiques, sinó totes les concepcions mentals presenten aquesta íntima connexió amb l'utilitat pràctica o constitueixen explicacions dels fenòmens naturals o de l'existència, preses directament del que l'home observa, amb gran contingut sentimental i molt poc racional. L'home o s'ha plantejat encara la diferència entre el «subjectiu» i l'«objectiu». Per ell, el món dels fenòmens no és el món de les apariències, sinó que és el món de les realitats i la seva reacció enfront d'elles és «emotiva i els seus motius d'actuació, de base sentimental (amor-odi, satisfacció-còlera, etc.), els transfereix al món dels fenòmens, i la causa que cerca per ells no és una abstracció general-conceptual, sinó un «ent» personal, un esperit, un Déu, és a dir, un «tu», com molt bé senyalen H. i H. A. Frankfurt (2) en el fragment que transcrivim, al sintetitzar les característiques de la mentalitat de l'home primitiu:

... «Doncs quan busca una causa no es pregunta "com"?, sinó "qui"? Com és el món dels fenòmens és un "tu" que s'enfronta a l'home primitiu, aquest no espera trobar una llei impersonal que reguli els processos. S'interroga per la voluntat i la intenció que ocasionen l'acte. Si els rius no flueixen, el primitiu no suposa que sigui la falta de pluja a les muntanyes llunyanes la que expli-

qui adequadament aquesta calamitat. Quan el riu no flueix es perquè es *refusa* a fluir. El riu, o els Déus, deuen estar encoleritzats amb el poble que depèn de la inundació»...

És a dir, l'explicació dels fenòmens del món que l'envolta i que ell «percep» la busca a través de l'existència «d'éssers» que reaccionen amb les mateixes motivacions amb què ho fa ell mateix.

El desenvolupament de conceptes mentals que representin lleis matemàtiques d'un ordre general i no la resolució d'un problema pràctic, o bé que pretenguin explicar la íntima naturalesa de «l'ésser» i de «l'existència» de les coses, el desenvolupament del coneixement per simple desig de conèixer, s'inicia amb els «filòsofs» grecs (650 a 300 anys a. C.). Amb ells s'introdueix, per primera vegada, l'angoixant problema, encara no resolt, del dubte sobre la seguretat dels nostres coneixements, tant en el seu aspecte mental, com en el de les dades aportades pels sentits, que ens donen el món que «percebem». En l'explicació del món dels fenòmens i les coses de la naturalesa es van descartant els «personalismes» i els esperits o els Déus són substituïts pels pensadors de la Grècia arcaica, per «principis», «arrels» o, més tard, «elements» de totes les coses. Aquestes «arrels» serien l'aigua, l'aire, el foc o la terra, ja aïlladament, ja passant de l'una a l'altre, en cicles persistentment repetits, o bé en barreja de varies d'elles. Valorant aquests elements tal com se'ns presenten s'inicia la tendència a la formulació de l'existència de contraris, com, per exemple, calor-fred, humit-sec, llum-obscuritat i a la discussió de la seva existència real, no contentant-se amb la seva apariència.

La primera mostra del clima d'inquietud i incertesa intel·lectual que aquest desenvolupament conceptual, o del pensament abstracte, creat pels primers pensadors grecs comporta, ens la dona Sòcrates amb les seves constants preguntes sobre coses humanes. Què és la bellesa?, què és la bondat?, ¿què és el valor?, amb l'afany d'obtenir una «definició» precisa d'aquests conceptes. La possibilitat de què el món exterior, que tan real ens sembla als nostres sentits, sigui precisament una creació o almenys deformació que aquests aporten, està bellament intuït en el mite de la caverna de Plató, que diu sintèticament transcrit de la traducció de F. Martínez Marzoa (3):

«Has de ver, pues, a los hombres como en una morada bajo tierra, a modo de caverna, la cual tiene una gran entrada abierta hacia la luz y orientada hacia el conjunto de la caverna» ... «Para ellos, la realidad del mundo serían las sombras que pasan por la pared de enfrente y el eco por esta pared, si lo tuviese. Entonces, de todas las cosas, los tales no tendrían por verdadero otra cosa que la sombra de los artefactos.»

El món que ens donen els nostres sentits és una imatge, una ombra del món real exterior. Però hi ha un altre món, el nostre món interior,

el nostre món mental, que, a la vegada, pot ser fruit d'aquests estímuls exteriors però que, encara que modelat i modificat per l'exterior, pot ser també totalment independent d'aquest en la seva més íntima essència. Per a Plató, aquest món de la intel·ligència és superior al món visible i hem de sortir d'aquest, sortir de la caverna, i enfilar-nos al món intel·ligible, al món de les idees, per tenir un coneixement més veritable. Si enfront d'una taula, d'un cavall o d'un triangle, diem: això és una taula, això és un cavall o això és un triangle, no obstant de què podem estar davant d'una taula de múltiples formes, davant d'un cavall de múltiples tamanyes i colors i davant d'un triangle de diferents menes i mesures, és perquè tenim el concepte, la «idea», de taula, cavall o triangle. La veritable essència de les coses particulars, dels «ents», seria per a Plató la «idea».

Aquest concepte de les «idees» o «formes» platòniques pot valorar-se o analitzar-se en el seu aspecte epistemològic o de teoria del coneixement o bé, en l'ontològic, és a dir, de la seva essència. En el primer sentit o de concepte mental, de realitat mental i no material, té un valor fonamental i encara vigent, íntimament embricat amb el problema de l'autoconsciència i de la possible existència de realitats no materials. En el segon aspecte de la seva existència com una realitat material, fou discutit i rebutjat per Aristòtil. Per exemple, en relació amb l'existència de substàncies sensibles i d'altres substàncies, senyala Aristòtil en la *Metafísica*, L III, cap. 2 (4):

... «A esta doctrina pueden hacerse mil objeciones. Pero el mayor absurdo que contiene, es decir, que existen seres particulares fuera de los que vemos en el universo, pero que estos seres son los mismos que vemos en los seres sensibles, sin otra diferencia que los unos son eternos y los otros perecederos.»

Però, una mica més endavant, diu:

... «Así como el matemático opera sobre puras abstracciones, puesto que examina los objetos despojados de todos sus caracteres sensibles, como la pesantez, la ligereza, la dureza y su contrario, y como el calor, el frío y todos los demás caracteres sensibles opuestos, respectivamente; sólo les deja la cantidad y la cualidad en una, en dos, en tres direcciones, y los modos de la cantidad y de lo continuo en tanto que cantidad y continuo, y no los estudia bajo otras relaciones...»

És evident que Aristòtil tenia raó al negar a les «idees» o «formes» platòniques una naturalesa d'ents reals en el sentit d'ents sensibles o materials, per també està clar de les seves mateixes paraules que accepta l'existència d'ents intel·ligibles, és a dir, d'ents conceptuals i creiem correcte afirmar que aquesta és la gran aportació dels pensadors grecs,

és a dir, el desenvolupament del pensament abstracte, del món conceptual. Aquest desenvolupament del món conceptual, portà, especialment a partir del mateix Aristòtil, a l'estructuració de regles o lleis, que ens garantitzin la veracitat d'un raonament, és a dir, a la lògica; és el que podem anomenar la «revolució del pensament abstracte» o del «pensament conceptual», revolució per la que no passà l'home oriental, quin pensament seguí essent, podríem dir, més «primitiu», o sigui, més «sentimental» o «intuitiu» i menys «racional» o «lògic».

Un exemple del que ens pot donar el pensament conceptual el tenim en Euclides, que nasqué pocs anys després de la mort d'Aristòtel. Format a Atenes, es traslladà després a Alexandria, on desenvolupà completament les seves possibilitats. En forma totalment «lògica», Aristotèlica, i partint d'abstraccions conceptuais, d'«axiomes» i «postulats», crea la Geometria, vàlida encara als nostres dies. Aquesta lògica i abstraccions conceptuais han servit d'exemple i meta a aconseguir per molts pensadors, com el mateix Descartes, per al desenvolupament del pensament filosòfic. Aquesta revolució o desenvolupament del pensament abstracte o conceptual, té un valor fonamental en una ciència abstracta com la Geometria o la Matemàtica, però no és la Ciència en quant a coneixement dels «ents» del món físic i, ademés, tingué i té els seus perills, com veurem seguidament. Aquest alt nivell conceptual o teòric conduí a una divisió entre el saber intel·lectual del «filòsof», del «savi» i el saber pràctic d'un constructor, un arquitecte o un enginyer, separació que perdurà fins els segles xv i xvi i que molt matitzada ha arribat fins als nostres dies (5).

Com exemple de desenvolupament conceptual pur tenim la mitjeval discussió dels «universals», si aquests són únicament *conceptes* derivats de les coses, dels «éssers» (nominalistes) o tenen una existència real (realistes) que representa la prosecució de la discussió Aristotèlica del concepte platònic de les idees. Una intuïció de l'esterilitat dels desenvolupaments conceptuais, si no van acompanyats de l'observació de les coses existents, la tenim ja en Roger Bacon (1214-1282) i una denúncia més concreta de l'existència d'aquesta separació i dels seus perills, d'un particular interès per a nosaltres, és la de l'humanista valencià Joan Lluís Vives (1492-1540), exposada en «Detradendis disciplinis» (1531), al senyalar que l'home estudiós:

«No deu avergonyir-se d'entrar en els tallers i en les factories i de fer preguntes als artessans i procurar donar-se compte del desenvolupament del seu quefer.»

Per la seva part, els «pràctics», especialment a partir del quatre-cents, al mateix temps que milloren les seves produccions, construccions, màquines, obres d'enginyeria, rellotges, etc., es donen compte del valor de les seves realitzacions, valor que posen moltes vegades per damunt dels «teòrics» i, també, de la importància que per aquestes realit-

zacions tenen la matemàtica i la geometria, elevant-se per damunt d'un simple empirisme (5, 6). En aquest sentit, fou molt important la introducció de la numeració aràbiga en les formulacions matemàtiques, la creació dels rellotges mecànics i la divisió del dia en hores iguals, de l'hora en 60 minuts i d'aquests en 60 segons, en el segle XIV, tots ells bàsics per a la valoració precisa dels fenòmens (7). Aquestes dues corrents convergeixen i donen lloc, novament, a la troballa i la unió entre el coneixement teòric; el món del pensament abstracte, i el coneixement pràctic, el món dels fenòmens, donant lloc en el sis-cents a una altre de les grans revolucions que ha experimentat l'home, la «revolució científica», és a dir, el naixement de la ciència en sentit modern.

## II

### LA NAIKENÇA DE LA CIÈNCIA O «REVOLUCIÓ CIENTÍFICA»

El primer en què es produï aquesta síntesi entre pensament especulatiu i empíric i que per això pot considerar-se l'iniciador de la ciència en sentit modern, fou Galileu (1564-1642), contemporani de Francis Bacon, però que no va limitar-se a explicar el camí que devia seguir-se, sinó que el posà en pràctica. Encara que pot discutir-se si tots els experiments que descriu els realitzà veritablement o bé el descrigué magistralment, el seu interès pels instruments mecànics no pot dubtar-se i per tant, la seva faceta «empirista» (8, 9). Fou el constructor d'un compàs geomètric-militar (1597) perfeccionat, i d'un excel·lent telescopi (1609). Professor de matemàtiques, Galileu estava convençut de què els fenòmens i dades del món sensible no es coneixen bé, si no s'expressen en forma matemàtica. En el *Saggiatore* (1622), afirma:

... «La filosofia està escrita en aquest immens llibre que constantment està obert davant dels nostres ulls (es refereix a l'univers); però no es pot comprendre si abans no s'ha après a desxifrar el seu llenguatge i a conèixer els caràcters en què està escrit. Està escrit en llenguatge matemàtic i els caràcters són triangles, cercles i altres figures matemàtiques, sense les que seria humanament impossible comprendre una paraula; sense ells tot es redueix a rondar inútilment per un fosc laberint.»

D'aquesta manera, combinant les observacions pràctiques amb raonaments mentals formula les lleis de la caiguda dels cossos i del moviment uniformement accelerat, «desenmascarant» els factors que en la «pràctica» poden interferir-se (resistència de l'aire, fregaments, etc.), donant origen a la moderna mecànica física. En aquesta unió entre raonament teòric i experiència es dona, per el mateix Galileu i potser més pels seus seguidors, un paper primordial del raonament, a la formulació ma-

temàtica del fenomen experimental. Aquest valor de la raó fou portat al seu extrem per camí filosòfic, essent l'iniciador d'aquest racionalisme filosòfic un contemporani de Galileu, Descartes (1596-1650). Admetent clarament la possibilitat de què les dades que ens aporten els sentits siguin errònies, es situa en una postura de dubte similar a la de Sòcrates i Plató i en el seu intent de trobar una base ferma per apoiar el coneixement, de manera que s'obtingui una seguretat similar a la del raonament matemàtic, arriba a establir un punt de partida que creu d'absoluta seguretat, com ell mateix assenyala (Discurs del Mètode, 4.<sup>a</sup> part, 1637, 10):

... «Però de seguida vaig notar que si jo pensava que tot era fals, jo, que pensava, devia ser quelcom, devia tenir alguna realitat; i veient que aquesta veritat: *penso, doncs existeixo* era tan ferma i tan segura que ningú no podia trencar la seva evidència, la vaig rebre sense cap escrúpol com el primer principi de la filosofia que buscava.»

Partint d'aquesta seguretat, poc després indica:

... «Vaig jutjar que podia adoptar com a regla general que les coses que *concebim molt clara i distintament són totes veritables*, la única dificultat està en determinar bé quines coses són les que concebim clara i distintament.»

Aquesta seguretat o valor del pensament pot discutir-se en sentit filosòfic o metafísic, és a dir, en quant a la seva veracitat absoluta o simplement, en quant al seu valor, importància o paper que juga en ciència, que és el punt essencial i central del nostre interès avui. La tesi de la importància primordial del raonament teòric o conceptual és expressada clarament per Kant, en el prefaci de la segona edició (1787) de la seva «Crítica de la raó pura», en dir (11):

... «Cuando Galileo hizo rodar por el plano inclinado las bolas, cuyo peso había él mismo determinado según su voluntad; cuando Torricelli hizo soportar al aire un peso que de antemano había supuesto igual al de una determinada columna de agua; cuando más tarde Stahl transformó metales en cal y ésta a su vez en metal, sustrayéndoles y devolviéndoles algo, entonces percibieron todos los físicos un nuevo horizonte. Comprendieron que la razón no conoce más que lo que ella misma produce según su bosquejo, que debe adelantarse con principios de sus juicios, según leyes constantes y obligar a la naturaleza a contestar a sus preguntas, sin dejarse conducir como con andadores, pues de otro modo las observaciones contingentes, los hechos sin ningún plan bosquejado de antemano, no pueden llegar a la conexión en una ley necesaria, que es sin embargo lo que la razón busca y necesita.»

No obstant, poden presentar-se exemples en els que el valor d'un raonament teòric, encara que sembli molt clar, no ho és. El mateix Descartes, després d'assenyalar que totes les coses que «concebim molt clara i distintament són totes veritables», indica tot seguit, com hem dit abans, «que la única dificultat està en determinar bé quines coses són les que concebim clara i distintament». Aquesta dificultat sembla evident. Unes pàgines més endavant del mateix «Discurs del mètode» (10, p. 35), Descartes descriu la circulació de la sang, el que fa en línies generals, correctament, però amb idees encara aristotèliques sobre algunes de les funcions del cor i pulmons. Del primer escriu, per exemple, la següent frase: ¿Què poden endevinar els metges al prendre el pols, si no saben que la sang, segons canviï de naturalesa, es rarifica per el calor del cor amb major o menor intensitat i amb major o menor rapidesa que abans?» Dels pulmons diu: «Del que hem dit s'infereix que el veritable fi de la respiració és el de portar aire fresc als pulmons per fer que la sang que ve de la concavitat dreta del cor, en el que s'ha rarificat i quasi convertit en vapor, s'espesi i es converteixi de nou en sang, abans de caure en la concavitat esquerra» La seva concepció del paper dels pulmons, per tant, és el de què son un refrigerant que condensa novament la sang vaporitzada pel cor. Un altre exemple ens el dóna el problema de la possibilitat de l'existència del buit, problema discutit d'ençà dels temps de la filosofia grega, discussió que s'acabà quan la seva existència fou demostrada per Otto de Guericke.

Un exemple de què una formulació conceptual, una formulació matemàtica, té valor senzillament «a posteriori», en quan explica les dades observacionals o d'experimentació però no «a priori», ens el proporciona la «hipòtesi» de la gravetat, formulada matemàticament per Newton (*Philosophiae naturalis principia mathematica*, 1687) com una llei universal de la gravitació. Newton afegí a les forces de la mecànica valorades fins llavors, una força centrípeta, en funció de la que tots els cossos s'atreuen en raó directa de la seva massa i en raó inversa al quadrat de la seva distància. Amb aquesta hipòtesi i la seva formulació matemàtica, explica la mecànica terrestre i la planetària, per el que queda per explicar, encara en els nostres dies, és la pròpia hipòtesi, és a dir què és la gravetat? Efectivament, explicar com els cossos poden exercir entre sí aquesta acció a distàncies tan grans com les planetàries presentava grans dificultats dins el marc de la mecànica fins llavors establerta, dificultats que segueixen sense explicació i que el propi Newton formulava i deixava en un interrogant, en una carta que escrigué a Bentley el 25 de febrer de 1692 (12):

... «Admitir que la gravitación podría ser innata, inherente y esencial a la materia, de tal manera que el cuerpo podría obrar sobre otro a distancia à través del vacío, sin el intermediario de alguna otra cosa por la cual su acción pudiera ser transportada de uno al otro, es para mí un absurdo tan grande que creo que nadie con



una capacidad cualquiera para pensar en materia filosófica podría nunca caer en ello. La gravitación debe tener por causa un agente que opera constantemente conforme a ciertas leyes; pero he dejado a mis lectores el decidir si este agente será material o inmaterial.»

És a dir, Newton accepta, i va tardar en fer-ho, la seva llei de la gravitació universal, que és un concepte abstracte que pot expressar-se matemàticament en una fórmula molt senzilla, no perquè el concepte clar i distintament, sinó perquè explica els fenòmens observacionals de la mecànica dels cossos terrestres i planetaris, és a dir, perquè queda justificat «a posteriori» i no per la seva força lògica «a priori». Les dificultats que comporta la seva acceptació s'intenta superar amb la formulació de l'existència d'un mitjà de característiques molt especials, per el propi Newton amb la teoria de l'éter, mitjà que és també enèrgicament rebutjat per molts, com el mateix Leibniz que, per exemple, assenyala: «Si aquest mitjà que fa una veritable atracció és constant, i al mateix temps inexplicable per les forces de les criatures, i si además és veritable, és un miracle perpetu. I si no és miraculós, és fals; és una cosa quimèrica, una qualitat oculta escolàstica» (Pres de R. Blanché, 12).

### III

#### VALOR DEL RAONAMENT ABSTRACTE EN CIÈNCIA

El valor del pensament abstracte en una ciència de tipus pur o formal (lògic i matemàtic) és evident, però no ho és en el cas d'una de tipus empíric-experimental que tracti d'ents del món físic. Recordem que hem indicat que Aristòtil destaca que «el matemàtic opera sobre pures abstraccions». Les més elementals abstraccions matemàtiques no són veritat en el cas d'ents del món físic. Així, per exemple, dos i dos no són sempre quatre ni dos més un sempre tres. Dos àtoms de clor, més dos àtoms d'hidrogen no són quatre àtoms, sinó dos molècules de clorhídric i en el cas de l'exemple de Reichembach (13), dos litres d'hidrogen més un litre d'oxigen no són tres litres, sinó dos litres de vapor d'aigua. Dins de les ciències que tracten de fenòmens del món biològic podríem presentar exemples viscuts personalment, però per no allargar-nos excessivament ens sembla més oportú tractar d'un exemple molt instructiu, tret del món físic, el de les evolucions que han sofert les *teories* sobre la naturalesa de la llum.

Per a Newton, la llum està constituïda per partícules de substància que des del punt d'admissió es desplaça en totes direccions a una gran velocitat, que com boles elàstiques es reflexen en les superfícies brillants i això explica la *reflexió de la llum*, i que al passar a un medi de major densitat que l'aire, com l'aigua o el vidre, caminen a una ve-

locitat diferent, el que explica la *refracció de la llum*. Per a Huygens, contemporani de Newton, la llum no és un transport de substància sinó d'energia. Es propaga igual que el so, formant superfícies i ones semblants a les que es formen en l'aigua quan hi tirem una pedra. Ara bé, perquè això sigui possible i donat que la llum travessa el buit, cal postular l'existència d'una substància material per entre mig de la qual es puguin desplaçar les ones de la llum. Llavors, va postular l'existència d'una substància hipotètica, l'éter, mitjà transparent, tènue, sense pes, ni d'altres propietats mecàniques, que s'extén per tot l'univers. Les propietats de la llum que hem descrit abans, reflexió, refracció i dispersió es poden també explicar perfectament amb aquesta teoria, i potser millor que amb la teoria corpuscular. La llum estaria integrada per diferents longituds d'ona, corresponents cada una d'elles a un color i la llum blanca seria el conjunt de totes aquestes longituds d'ona. El món científic es trobà amb dos teories diferents que explicaven els mateixos fets i les mateixes lleis, però es decantà per la teoria corpuscular, fins a mitjans segle XIX en què acceptà l'ondulatòria. El motiu d'aquest canvi fou el coneixement dels *fenòmens d'interferència*, molt difícils d'explicar per la teoria corpuscular i fàcilment explicables per l'interferència d'ones.

Tant la teoria corpuscular de Newton com l'ondulatòria de Huygens, eren mecàniques. L'estudi dels fenòmens electromagnètics conduí al concepte de camp electromagnètic. Si la carga elèctrica oscil·la, l'estructura del camp correspon a una ona electromagnètica que es desplaça com *energia*. Per a Maxwell, creador d'aquesta teoria, la llum seria també un fenomen electromagnètic. La llum es propagaria en forma d'ones, però no d'ones mecàniques, d'ones que es propaguin per canvis de matèria de tipus mecànic, sinó d'ones d'energia. Els fenòmens òptics de què hem parlat, la reflexió, refracció i dispersió de la llum, es poden explicar exactament igual i les equacions bàsiques de l'òptica segueixen vàlides, però el món conceptual, el món teòric del pensament abstracte, és totalment diferent. A aquest canvi hi contribuí també el fracàs en comprovar totes les conseqüències que l'existència de l'éter comporta i d'aquí la impossibilitat d'acceptar la seva existència.

En els anys del canvi de segle, Einstein, amb la seva teoria de la relativitat, arriba a una conclusió important: «D'acord amb la teoria de la relativitat, no hi ha cap diferència essencial entre la massa i l'energia. L'energia té massa, i la massa representa energia. En lloc de dues lleis de la conservació, només en tenim una, la de la massa energia» (14, pàgina 170). En 1900, estudiant els fenòmens de la radiació del calor per un cos negre, Planck formulà l'hipòtesi que aquests cossos irradien energia no en forma contínua, sinó discontinua, en paquets d'energia denominats *quanta*. Einstein, en 1905, generalitzà aquesta teoria assenyalant que tota radiació és no solament emesa o absorbida en quantes, sinó que també es propaga a través del espai en aquestes unitats d'energia o quanta, als que, en el cas de la llum, donà el nom de *fotons*. Aques-

ta teoria torna a acceptar per a la llum una naturalesa corpuscular, si bé aquests corpúsculs no són de matèria sinó d'energia, *paquets d'energia*. Acabem d'indicar fa ben poc que, segons el mateix Einstein, no hi ha diferència essencial entre energia i matèria i aquesta, després de tot i dit d'una manera planera, potser només representa energia condensada o més o menys densa. La llum blanca estaria integrada, no per un conjunt d'ones de diferent longitud, sinó per un conjunt de fotons de diferent energia; cada fotó, d'una determinada energia, correspon a un color de llum homogeni.

Com hem dit abans, l'abandó de la teoria corpuscular de Newton fou produïda, fonamentalment, per la dificultat d'explicar amb la mateixa, els fenòmens d'interferència i, en canvi, fàcils d'explicar amb l'ondulatòria. El coneixement dels fenòmens fotoelèctrics, ha portat dificultats en sentit invers, doncs són difícilment explicables per una teoria ondulatòria i molt fàcils de fer-ho per una teoria corpuscular, encara que aquests corpuscles siguin quantums o paquets d'energia, com en el cas dels fotons. Una pluja de fotons, que cau sobre una placa metàl·lica pot explicar-ho perfectament, ja que un fotó incidint sobre un àtom li arrenca un electró produïnt l'efecte fotoelèctric. Però ens tornem a trobar amb la mateixa dificultat d'abans, és a dir, com explicar l'interferència, doncs costa molt de comprendre com dos fotons de llum volant conjunts poden anullar-se completament. Ens trobem davant d'una situació molt particular, certs fenòmens òptics poden aplicar-se per les dos teories, d'altres només amb l'ondulatòria i, d'altres, només amb la dels quanta de llum o fotons. Per explicar tots els fenòmens es necessiten les dues teories. Una cosa semblant passa amb els electrons, que no són partícules d'energia, sinó de matèria, un quantum de matèria. L'electró es comporta com una partícula quan es mou en un camp elèctric o magnètic exterior, i es comporta com una ona quan es difracta per un cristall. Schrödinger (15, pàg. 137), en la conferència d'acceptació del Premi Nobel en 1933, descriu així la situació:

... «El rayo de luz, o la trayectoria de la partícula, corresponden a una continuidad *longitudinal* del proceso de propagación; el frente de onda, en cambio, a una continuidad *transversal*; es decir, perpendicular a la dirección de la propagación. *Ambas* son indudablemente reales. Una ha sido demostrada fotografiando las trayectorias de las partículas, la otra mediante experiencias de interferencia. Hasta ahora no hemos logrado unirlos en un esquema uniforme. Sólo en casos extremos la continuidad transversal — la esférica —, o la longitudinal, la del rayo, se muestran tan predominantes que *creemos* poder salir adelante tan sólo con el esquema ondulatorio o con el esquema de las partículas.»

Tot això es deu a què ens movem a un altre nivell que el de la mecànica clàssica. Aquí, no podem seguir tota la trajectòria d'un fotó o d'un electró, com seguíem el d'una pilota o d'una pedra llançada a l'espai i, molt menys encara, la de tots els fotons o els electrons d'un raig. Les nostres avaluacions ho són a nivell del fenomen global, que és la resultant d'aquest nombre de fotons o d'electrons, és a dir, un resultat *directament estadístic*, no la resultant de la valoració estadística de molts casos individuals. En aquest resultat estadístic global hi entren, naturalment, tots els factors de probabilitat. És a dir, en física quàntica s'estableixen directament lleis estadístiques de conjunts.

Per al nostre objecte de demostrar com uns mateixos fenòmens poden explicar-se per diferents hipòtesis o teories, *totes elles internament lògiques i acceptables*, ja és suficient, i no cal que anem més enllà endintant-nos en el món de les partícules elementals que es van multiplicant i també discutint, en el món de la transformació de l'energia a matèria (partícules elementals) o energia, on es perd l'individualitat i s'entra en un món d'ombres, impalpable i nebulós, abstracte, però indubtablement existent. Com diu Heisenberg (16, pàg. 115) «No és culpa meua que aquest fons del món físic, lluny d'ésser material, té més a veure amb les idees que amb la seva imatge material».

Sintetitzant tot el que acabem d'explicar, el valor del pensament abstracte en ciència, pot jutjar-se en aquests tres aspectes:

a) *Té un valor indubtable i fonamental en quant a eina de treball per a controlar i elaborar les dades experimentals i per a la formulació de «lleis», que expliquin les relacions existents entre els diferents factors que intervenen en un determinat fenomen, lleis que ens permeten a la vegada la utilització pràctica del fenomen.* Un exemple demostratiu el tenim en la *lleï de la refracció* de la llum, que diu: el raig incident, el raig refractat i la normal estan en un mateix pla i que  $\sin \alpha / \sin \alpha' = n$ , essent  $n$  l'índex de refracció. La valoració d'aquest índex és d'una utilitat pràctica en moltíssims camps, com en el mateix laboratori clínic. Aquesta llei és vàlida sigui quina sigui la hipòtesi o teoria correcta sobre la naturalesa de la llum. És a dir, una llei ens explica el *com* d'un fenomen, encara que no ens digui res sobre el *perquè*.

b) *Té també un valor indubtable per a la formació d'«hipòtesis» que expliquin el mecanisme d'un determinat fenomen, el perquè, independentment què aquestes hipòtesis siguin veritat o no, tan sols que siguin verificables o, millor, com assenyala Popper (17), falsables.* És a dir, una hipòtesi pot ésser verificada en múltiples fenòmens i, no obstant, no ésser veritat. Seguirà essent acceptable mentres no aparegui un fenomen que ella no pugui explicar, és a dir, mentres no sigui *falsejada*. El valor d'una hipòtesi està en què planteja noves possibilitats experimentals i són sempre molt fructíferes en la troballa de fets nous. Representen l'entrada a un món conceptual, més ample que l'estrictament lògic de les matemàtiques, que ens donen les lleis. El pensament abstracte té un valor fonamental per a formular hipòtesis o teories, i ens

fa entrar en aquest món conceptual sense el que la ciència seria impossible, món que no es deriva, com es deriven les lleis, automàtica i directament de les dades del món experimental o món físic; és un procés d'abstracció més profund, que necessita i parteix del món físic, però que també de retop l'influència.

c) *No té cap valor absolut, per consistència interna que tingui un raonament abstracte, en quant a criteri de veritat.* Per lògica que sigui una hipòtesi o teoria, és a dir, per racional que sigui, no vol dir que sigui l'explicació correcta del fenomen que pretén explicar. Això ha plantejat, novament, el problema clarament exposat per Plató de la seguretat dels nostres coneixements del món físic obtinguts directament a partir dels nostres sentits o dels que són abstracts d'aquests i elaborats per la nostra ment. Problema repetidament debatut, però que especialment en el segle passat portà al «positivisme» de Comte i al «fenomenalisme» de Mach. L'home de ciència hauria de limitar-se a la formulació i coneixement de les lleis dels fenòmens naturals, o sigui del *com*, però no del *perquè*. En terminologia Kantiana, s'hauria de limitar al món del «fenomen» i no dels «noumens», és a dir, de la darrera realitat de les coses en si, o com diu Max Planck, del que podem anomenar la realitat final, «el món real».

Creiem en aquest aspecte molt instructiu copiar uns paràgrafs del que digué Max Planck en una conferència donada a Berlín en 1941 sobre «Significat i límits de la Ciència exacta» (18, pàg. 386):

... «Així com hi ha un objecte material darrera cada sensació, així també hi ha una realitat metafísica darrera tot allò que l'experiència humana ens proposa com a real.» ... «El punt essencial és que el món de la sensació no és pas l'únic món l'existència del qual pot ésser concebuda, sinó que encara hi ha un altre món. És ben cert que aquest altre món no ens és directament accessible, però de la seva existència, en trobem més que indicis, en ténim proves ben eloqüents no solament a la vida pràctica, sinó que ens són fornides així mateix pels resultats a la ciència.»

I, una mica més endavant:

... «Queda sempre un abisme obert, infranquejable des del punt de vista de la ciència, entre el món real de la fenomenologia i el món real de la metafísica.» ... «Albirem aquí un avanç de las fronteres que les ciències exactes no poden franquejar. Per profunds que siguin llurs resultats, per lluny que arribin, mai no podran reeixir a donar la darrera passa que les faria entrar en el món de la metafísica. El fet que —encara que ens sentim inevitablement constrets a postular l'existència d'un *món real* en el sentit absolut— mai no en puguem comprendre plenament la naturalesa, constitueix l'element irracional del qual la ciència no es pot desprendre i aquest nom noble de «ciència exacta» no

ha de servir d'excusa perquè algu menyestimi el valor d'aquest element d'irracionalitat.»

Igualment interessant, ens sembla, recordar el que diuen Einstein e Infeld (14):

«La ciència no és una mera compilació de lleis, un catàleg de fets deslligats entre sí. És una creació de la ment humana, amb les seves idees i els seus conceptes lliurament inventats» (pàgina 242). «Desitgem que els fets observats encaixin amb el nostre concepte de la realitat. Sense la creença que és possible captar la realitat amb les nostres construccions teòriques, sense la creença en l'harmonia interior del nostre món, la ciència fóra impossible» (pàg. 244).

Després d'aquest llarg recorregut pel camí del desenvolupament del pensament abstracte, i de les seves relacions i del seu paper en el desenvolupament de la ciència, sembla clar que la ciència es la conjunció, per un cantó, de les dades del món físic i, per l'altre, de la seva elaboració pel pensament abstracte. Aquest sol, la racionalitat abstracta pura, no ens porta a la ciència, però tampoc les dades del món físic no ens donen un coneixement real del mateix. La ciència és l'elaboració conceptual de les dades del món físic, elaboració que ens porta a un coneixement d'aquest en la seva essència íntima que, com hem vist, és tan nebolosa, impalpable i diferent del què ens donen directament els sentit, que s'assembla més al món dels conceptes, que al dels sentits. És a dir, que està més aprop del món Platònic de les idees que al món empíric d'Aristòtel. Ara bé, per impalpable que sigui, no cap dubtar de la seva realitat i de la possibilitat que el món conceptual ens dona de fer-lo saltar brutalment. Precisament, aquest fet de què el món conceptual és el que ens porta al coneixement íntim del món físic i que a través d'aquest coneixement permet influenciar-lo tan profundament, i servir-nos d'ell en bé o en mal, ens demostra també que, per nebolós i impalpable que sigui aquest món del pensament abstracte, no podem tampoc dubtar de la seva realitat. La grandesa de l'home de ciència està precisament en la seva humilitat de reconèixer que, per esplèndits que siguin els seus triomfs, existeix un món que no està al seu abast i que sempre serà una incògnita per a ell.

#### BIBLIOGRAFIA

1. **Sloley, R. W.:** En «El legado de Egipto». Ed. S.R.K. Gansville, Trad. por S. M. Fernández. Ed. Pegaso. Madrid, 1944.
2. **Frankfurt, H. y H. A.:** Introducción a «El pensamiento pre-filosófico. I. Egipto y Mesopotamia». Ed. H. y H. A. Frankfurt, J. A. Wilson y T. Jacobsen. Fondo de cultura económica. México, 1974.

3. **Martínez Marzosa, F.:** «Historia de la Filosofía. I. Filosofía antigua y medieval». Ed. Istmo. Madrid, 1973.
4. **Aristóteles:** «Metafísica». Versión de Patricio de Azcárate, revisada por Francisco Larroyo. Porrúa, S. A. México 1976.
5. **Rossi, P.:** «Los Filósofos y las máquinas 1400-1700». Trad. de J. M. García de la Mora. Edit. Labor, S. A. Barcelona, 1970.
6. **Martínez Marzosa, F.:** «Historia de la Filosofía. II. Filosofía moderna y contemporánea». Ediciones Istmo. Madrid, 1973.
7. **Crombie, A. C.:** Historia de la ciencia: de San Agustín a Galileo. I. Siglos V-XIII. Versión española de J. Bernia. Alianza Ed. 2.ª edición. Madrid, 1979.
8. **Hall, Marie Boas:** Nature and nature's laws. Documents of the Scientific revolution. Macmillan. London, 1970.
9. **Banfi, A.:** Vida de Galileo Galilei. Trad. de A. Méndez. Alianza Editorial. Madrid, 1967.
10. **Descartes, R.:** Discurso del método. Trad. de A. Méndez. Edit. Garnier Hnos. París. Sin fecha.
11. **Kant, E.:** Crítica de la Razón Pura, seguida de Prolegómenos a toda metafísica futura. Trad. de M. Fernández. Tomo I. Librería Bergua. Madrid, 1934.
12. **Blanche, R.:** El método experimental y la filosofía de la ciencia. Trad. de A. Ezcurdie. Fondo de cultura económica. México, 1975.
13. **Reichenbach, H.:** Moderna filosofía de la ciencia. Trad. A. C. Francolí. Edit. Tecnos, S. A., Madrid, 1965.
14. **Einstein, A. i Infeld, C.:** L'evolució de la Física. Trad. H. Plans. Edicions 62. Barcelona, 1962.
15. **Schrödinger, E.:** ¿Qué es una ley de la naturaleza? Trad. J. Utrilla. Fondo Cultura Económica. México, 1975.
16. **Heisenberg, W.:** Encuentros y conversaciones con Einstein y otros ensayos. Trad. M. Paredes. Alianza Editorial. Madrid, 1979.
17. **Popper, K. R.:** La lógica de la investigación científica. Trad. V. Sánchez de Zavala. Edit. Tecnos. Madrid, 1973.
18. **Planck, M.:** El coneixement del món físic. Trad. J. Gascon i Roda. Edicions 62. Barcelona, 1969.