



MIQUEL RUIZ

Sessió plenària de la trobada, sota la cúpula del Teatre-Museu Dalí.

«Determinisme i llibertat»: aproximació a un diàleg

JOAN MIRÓ I AMETLLER

No vull tractar amb esperit informatiu la trobada organitzada per la Facultat de Física de la Universitat de Barcelona a Figueres, els dies 1 i 2 de novembre, per iniciativa del Consell Assessor de Cultura de la Generalitat de Catalunya. Aquest aspecte ja ha estat cobert per altres mitjans d'informació. D'altra banda, per poder tractar amb tota cura la riquesa i els resultats del col·loqui caldrà esperar la publicació de les ponències i dels debats. Tanmateix, haig de dir que m'ha semblat particularment remarcable, en els fragments i comentaris que he llegit, la sensació que ha estat un diàleg incomplet, en el qual l'única veu ha estat la de les ciències empíriques, escindida en les dues tendències principals que predominen en la interpretació dels fenòmens micro-físics, alhora que les ciències

humanes i filosòfiques han restat callades, com a espectadors de la polèmica. Malgrat aquest condicionament, no es pot deixar d'insistir en la voluntat d'aproximació entre els dos camps de les ciències que van començar a distanciar-se quan Galileu va establir un nou mètode de la física, basat en els experiments i en la descripció de la naturalesa mitjançant les matemàtiques, en procés de ruptura quan es va fundar la Royal Society i ja divorciades d'ençà de la física newtoniana, durant el segle XVIII.

Explicar i entendre

D'entrada, podem acceptar, com diu E. Nagel, que l'objectiu de la ciència és el de proporcionar explicacions sistemàtiques defensades responsablement. No obstant això, M. W. Wartofsky ens fa observar que explicar consisteix a haver entès quelcom prou bé com per poder fer-ho entendre a un altre. Explicar què és "explicar" i "entendre" im-

plica nocions que també caldrà explicar. De manera que, si no volem seguir un camí interminable, ens cal acceptar que hi ha una propietat col·lectiva de la comunitat parlant i pensant d'aquest món que ens permet presentar paradigmes de l'explicació sense disposar de proves intrínseques del fet que dues persones diferents puguin entendre quelcom de la mateixa manera.

En les ciències experimentals podem distingir diferents tipus d'explicacions:

a) Explicacions causals, les quals han de ser conformes als patrons considerats paradigmàtics i, per tant, acceptats per la comunitat científica; a més, han de tenir contingut empíric i han de permetre, a partir de certes condicions antecedents, predir nous fets en el marc de la teoria que s'empra.

b) Explicacions estadístiques, les quals no segueixen les lleis de les conseqüències lògiques, ja que s'apliquen als grups d'individus,

però poden fallar per als components individuals d'aquests grups; en tot cas, confereixen una certa versemblança. Tanmateix, hom pot preguntar-se fins a quin punt la ciència pot voler explicar i predir els esdeveniments individuals.

c) Explicacions reductives, on no necessàriament s'enuncien lleis. En aquest cas, les propietats del tot s'expliquen en funció de les parts, si bé les propietats de les parts són diferents de les del tot que volen explicar. És el cas del color dels sòlids, que s'explica mitjançant l'estructura electrònica, però mai pel color dels electrons. És possible admetre que la reducció és independent de la predicció. W. Heisenberg, per exemple, deia que no és possible explicar les qualitats de la matèria llevat que es redueixin al comportament d'entitats que no posseïxin aquestes propietats; aleshores, l'enunciat de Heisenberg sembla contradir el principi del tercer exclòs.

d) Explicacions finalistes (teleològiques), en les quals es revela un propòsit i s'hi troben referències a esdeveniments que són posteriors als que hom tracta d'explicar.

L'explicació científica empra lleis com a generalitzacions de regularitats enunciades de forma universal que donin suport a condicionals, en particular, segons alguns estudiosos, als condicionals contrafàctics. No obstant això, hi ha qui considera que aquestes lleis responen a realitats independents de l'existència de l'observador, mentre que altres les consideren només com a models. Aquestes lleis s'or-

ganitzen en teories de generalització superior.

Finalment, remarquem que la ciència empírica empra les matemàtiques com a llenguatge, ja que els enunciats matemàtics són analítics, mentre que els enunciats de les ciències empíriques són sintètics.

Determinisme i incertesa

El problema de fons tractat a la trobada de Figueres rau en la mecànica quàntica ondulatoria, nascuda vers els anys vint del nostre segle. No podem oblidar que a les acaballes del segle passat s'havia considerat la ciència com acabada, de manera que només es podia esperar que les millores en la precisió de les mesures i la sofisticació dels mètodes permetessin un coneixement més complet i ajustat a les lleis de la naturalesa de tots els fenòmens. I ve't aquí que van ser precisament aquests progressos els que van tombar la física clàssica i van forçar a replantejar-la, la qual cosa va afectar de retruc les altres ciències, àdhuc la filosofia, ja que es tracta de la més abstracta de les ciències empíriques. Hem d'assenyalar que la ciència establerta és bastant conservadora i es resisteix prou a substituir radicalment els seus fonaments. Com va dir René Thom a la trobada de Figueres, la ciència és una tradició cultural en la qual és pràcticament impossible la innovació radical. La teoria del calòric, per exemple, en la qual es considerava l'existència d'un fluid infinitament subtil i sense pes que ho impregnava tot i que permetia

explicar els bescanvis tèrmics entre els sistemes termodinàmics, va subsistir fins i tot quan ja hi havia prou proves en contra d'aquesta mena d'esperit de la calor. En un tractat de física de Pere Vieta es considerava encara el calòric com a una hipòtesi vertadera o almenys útil, malgrat la possibilitat de ser falsa, i s'explicaven tots els experiments que contradeïen la teoria del calòric emprant el calòric com a argument favorable.

El naixement de la mecànica quàntica ondulatoria va venir precedit, entre altres, per les polèmiques sobre la relació entre les propietats macroscòpiques en termodinàmica i les propietats microscòpiques dels àtoms i les molècules, l'estudi sobre la discontinuïtat en l'emissió i absorció de l'energia electromagnètica i sobre la pròpia naturalesa de la llum i de l'àtom. Però l'impacte epistemològic més interessant fou la introducció de la doble naturalesa en la concepció de les partícules materials, les quals, segons la mecànica quàntica, cal descriure, simultàniament, com a partícula discontinua i com a ona contínua. En conseqüència, hom perdia la possibilitat de visualitzar d'una forma simple les partícules microscòpiques, s'introduïen paràmetres que no tenen comparació directa amb els clàssics, si no és en el límit; i, en especial, es limitava el coneixement exacte de certes magnituds, tot suggerint l'existència d'un atzar microfísic inherent a la naturalesa. En efecte, segons el principi de Heisenberg no hi ha cap llei predictiva que es refereixi simultàniament a la posició i al moment, o a l'energia i el temps, d'una partícula en mecànica quàntica. Aleshores, no es pot predir el comportament d'una partícula. I el caràcter determinista d'una teoria rau en la predicció.

En el col·loqui de Figueres, Peter T. Landsberg citava les quatre escoles que interpreten de manera diferent aquesta impossibilitat de definir objectivament l'estat de la partícula: la probabilística, la conjunta, la de la super-funció d'ona o la de la variable oculta. Segons una d'aquestes interpretacions, l'enunciat operacional del principi de Heisenberg, o principi d'incertesa, vol dir que a mesura que millorem la precisió en la mesura de la posició d'una partícula (o de la seva energia), empitjorarà la precisió en la mesura o coneixement de la velocitat de la partícula (o del temps durant el qual la partícula posseïx



El col·loqui de Figueres fa la sensació d'un diàleg incomplet

una determinada energia). En ambdós casos, existeix un límit teòric inevitable per al coneixement simultani dels dos paràmetres, límit que no existia en el model clàssic, independentment de la perfecció dels aparells de mesura.

En tot cas, la conseqüència d'aquest fet és un límit al coneixement del món físic, del qual només podem assolir una visió probabilística. Ilya Prigogine, un dels participants en la trobada de Figueres, ha remarcat que la ciència del nostre segle ha imposat límits que no poden ultrapassar la manipulació de la naturalesa: la relativitat limita la velocitat màxima a la qual hom pot enviar senyals (la de la llum), la quàntica ha limitat la mesura simultània de certes propietats i la termodinàmica ha limitat l'energia i la reversibilitat dels processos en un univers aïllat. La mecànica clàssica ja no era correcta, en tot cas era "verificable" per a certs tipus de processos.

L'enfrontament entre els partidaris d'aquesta limitació i els que s'hi oposaven va alçar-se fins un punt culminant en el congrés de Brussel·les, organitzat per l'Institut Solvay l'any 1927. Allí, Einstein va oposar a la interpretació probabilística una sèrie d'experiments ideals que ell creia que podien excedir la incertesa. Però Niels Bohr, capdavanter de la interpretació probabilística, va demostrar per a tots els casos que, àdhuc en el cas ideal, la incertesa continuava existint. De la discussió material es va passar a la filosòfica. Per a uns un univers no determinista és un univers desordenat, en el qual no hi pot haver llibertat; per als altres, és precisament l'atzar el que justifica la llibertat. A Figueres, René Thom assenyalava l'oposició entre els concep-

tes d'immanència i transcendència divines com a rerafons de la polèmica.

No oblidem que científics importants i filòsofs de la ciència, no fa tant de temps segons les mesures humanes, van considerar la teoria atòmica com a metafísica, és a dir, com a no empírica.

A Figueres, Jorge Wagensberg distingia aquestes dues concepcions del món de la manera següent: els deterministes es basen en un estricte causalisme, de manera que tot estat de l'univers està determinat pels estats anteriors i tot esdeveniment està pre-determinat; els indeterministes admeten la contingència, l'existència de l'atzar, és a dir, que no tot el que passa és conseqüència d'una llei o és necessari. René Thom reclamava que calia recobrar l'acord entre teoria i experiment o acceptar la inexactitud quantitativa i tractar de millorar la precisió qualitativa. Gunther Ludwig denunciava l'intent de salvar la visió clàssica dels qui admeten que els processos microscòpics són accidentals i requereixen una descripció estadística, mentre que en els sistemes macroscòpics, on les desviacions estadístiques es compensen a causa del gran nombre de partícules que hi participen, segueixen una dinàmica determinista.

Temps i irreversibilitat

Una altra de les qüestions plantejades a la trobada va ser la de la irreversibilitat dels processos naturals, també relacionada amb una interpretació probabilística, emmarcada en explicacions de tipus estadístic, on s'empra el concepte d'atzar. Els processos anomenats espontanis s'esdevenen en un sol sentit. L'aire calent d'una cambra

on hi ha calefacció es distribueix per tota la casa quan obrim la porta; no s'observa mai que, en obrir la porta, entri l'aire de manera que la resta de la casa es refredi encara més i, en canvi, la cambra amb la porta oberta s'escalfi, mercès a l'energia (per baixa que sigui) aportada per l'aire que ha entrat. Tanmateix, segons la mecànica determinista, podem seguir amb tota precisió el recorregut d'una molècula de les que formen part de l'aire i, si modifiquem els signes adients en l'equació que descriu aquest moviment res no s'oposarà que la molècula segueixi el mateix camí, però en sentit invers. Per tant, segons la mecànica newtoniana, el procés no espontani pot també esdevenir-se. Segons la termodinàmica, el fenomen contrari al procés espontani és immensament improbable i de fet impossible. La termodinàmica estadística interpreta el procés irreversible, és a dir, espontani, en funció del tractament probabilístic com un procés a l'atzar. En aquest tractament, la trajectòria és irrellevant per a la reversibilitat.

D'altra banda, en un procés reversible també podem canviar el signe de la variable temps i el procés es refaria en sentit invers, tot seguint exactament les mateixes etapes, però del present cap el passat. Ara bé, en un procés natural, espontani, a l'atzar, aquesta variació no s'observa. El temps varia del passat vers el present i vers el futur. A Figueres, Ilya Prigogine va recordar, com ha fet en altres escrits seus, que Einstein, en la seva correspondència amb Michele Besso considerava que "la distinció entre passat, present i futur és una il·lusió, encara que sembli persistent", és a dir, que el temps és només una impressió subjectiva. Depassar l'experiència personal del temps per convertir-lo en el temps de la física fonamental. Prigogine assenyalava el paper constructor del temps, la diversificació, la inestabilitat, tot remarquant la relació entre el temps i la irreversibilitat i suggerint que el temps pot precedir l'existència, de manera que sempre que es donin les condicions adients pot iniciar-se un nou univers. Ramon Margalef posà de relleu aquesta asimetria del temps en l'evolució biològica i el caràcter irrepètible del procés. Paral·lelament, Gunter Ludwig va criticar l'ús del concepte d'accident en la teoria de l'evolució i indicà que potser la substitució del terme atzar en el discurs evolutiu per la interacció d'un fantasma no canviaria



René Thom a Figueres: "la ciència és una tradició cultural en la qual és pràcticament impossible la innovació radical".

aquests discurs, encara que abans potser caldrà verificar la veritat lògica d'aquesta experiència.

Certament, la irreversibilitat ha fomentat una renovació en el plantejament científic del temps, com ho demostra l'augment de publicacions referides a aquesta qüestió d'uns anys ençà.

L'horitzó de la ciència

Les explicacions científiques, per a ésser defensades responsablement, requereixen confirmació; un tipus de confirmació la naturalesa de la qual el context teòric de l'explicació pre-determina com ha de ser per poder ser considerada legal. Fets i teoria estan íntimament lligats. Segons com, pot semblar que una determinada teoria condiciona les experiències de manera que el context ja fa possible la confirmació de les generalitzacions fetes respecte del sistema de principis directors que el conformen. En conseqüència, no es podria plantejar mai la pregunta sobre la veritat o falsedat de les lleis científiques. Els principis serien convencionals, arbitraris o indemostrables com a tals convencions. En la teoria quàntica, el principi d'incertesa seria inherent a la naturalesa de la teoria, independentment de la realitat. De fet, algunes teories han caigut com a conseqüència de fenòmens i explicacions aliens a la teoria.

Segons els deterministes, les accions humanes no poden explicar-se científicament, ja que aleshores quedarien pre-determinades i són, no obstant, voluntàries. En canvi, paral·lelament, segons les lleis estadístiques, és possible que un fet predit no s'esdevingui, ja que només té una probabilitat finita. En el col·loqui de Figueres, Peter T. Landsberg es preguntava com pot transformar-se la probabilitat en certesa i arribava a la conclusió que l'empresa científica no podia aportar respostes definitives al problema del determinisme. El mateix Landsberg citava el teorema de Gödel, segons el qual hi ha veritats matemàtiques que no podem provar en el marc dels recursos d'un sistema formal dissenyat precisament per fornir aquestes proves; és a dir, àdhuc els sistemes formals consistents que contenen aritmètica són sempre incomplets.

Un dels tipus d'explicació científica és el de la reducció, segons la qual les lleis d'un gènere de fenòmens es poden explicar per les lleis dels fenòmens d'un altre gènere,



Ewry Shatzman, pare de l'Astrofísica francesa, també va ser present a les Jornades.

més senzill. Aleshores, els fenòmens del primer gènere es poden descompondre en fenòmens del segon gènere. Per exemple, les propietats del líquid aigua s'expliquen a partir de les molècules d'aigua i la molècula a partir dels àtoms d'hidrogen i oxígen. Però alguns fenòmens semblen ser emergents respecte d'altres, si no fos així, totes les ciències es reduirien a una sola. Tanmateix, sembla que en el procés de reducció, els conceptes que són de bell nou definits en funció dels termes de nivell més bàsic perden les qualitats secundàries i els àtoms, posem per cas, no expliquen la sensació d'apaivagament que sent qui beu aigua.

Si bé és veritat que la ciència, la ciència actual, s'autolimita perquè tracta només d'unes propietats i d'uns fenòmens i n'ignora d'altres

—essencialment s'ocupa de propietats quantitatives i fenòmens espàcio-temporals i margina les propietats qualitatives tant com pot—, renunciarem implícitament al què és la ciència si acceptem cegament alguns d'aquests plantejaments, el valor epistemològic dels quals no es pot negar. Potser la ciència també abraçarà les qüestions més qualitatives... És una esperança.

Remarquem, a més a més, que de fet només hauríem de parlar de tesis deterministes, que poden tenir diferents graus d'intensitat. L'indeterminisme no renuncia a la capacitat d'explicar i de predir, encara que només sigui probabilísticament: és un determinisme feble, davant d'altres que són forts o molt forts, com ara la mecànica newtoniana.

El salt epistemològic d'aquestes tesis, deterministes o no, fins a la llibertat humana no està justificat. L'ètica i la moral són coses possibles, i valuoses, per als representants d'ambdós grups. I no em puc estar de recordar que per a Spinoza era la coacció la que s'oposava a la llibertat, mentre que actuar lliurement era actuar segons la pròpia naturalesa.

La ciència empírica almenys està limitada per la realitat i, com a tret ontològic, potser també és limitada respecte de la realitat, en la qual cosa rau el seu valor filosòfic. Però això ja li convé, al seu caràcter dinàmic.



BIBLIOGRAFIA

- John D. Bernal, *La libertad de la necesidad*, Ayuso, Madrid, 1975.
 Niels Bohr, *Física i coneixement humà*, Edicions 62, Barcelona, 1967.
 Mario Bunge, *Materialismo y ciencia*, Ariel, Barcelona, 1976.
 A.F. Chalmers, *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, Siglo XXI, Madrid, 1984.
 Kenneth G. Denbigh, *Three concepts of time*, Springer-Verlag, Berlín, 1981.
 K.G. Denbigh, J.S. Denbigh, *Entropy in relation to incomplete knowledge*, Cambridge U.P. Cambridge, 1985.
 Albert Einstein, *La relativité*, Payot, París, 1972.
 Albert Einstein, Adolf Grünbaum, A.S. Edington, *La teoría de la relatividad*, Alianza, Madrid, 1973.
 Richard Feynman, *El carácter de la ley física*, A. Bosch, Barcelona, 1983.
 K. Gödel, *Sobre completud y consistencia*, en *Obras Completas*, Alianza, Madrid, 1981.
 W. Heisenberg, *Diálogos sobre la física atómica*, B.A.C., Madrid, 1975.
 W. Heisenberg, *La imagen de la naturaleza en la física actual*, Ariel, Barcelona, 1976.

- J.M. Jauch, *Sobre la realidad de los cuantos*, Alianza, Madrid, 1985.
 Alexandre Koyré, *Du monde clos à l'univers infini*, Gallimard, París, 1973.
 Karel Lambert, Gordon G. Brittan, *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Guadarrama, Madrid, 1975.
 Jean Marc Lévy-Leblond, *La ideología de la física contemporánea*, Anagrama, Barcelona, 1975.
 Max Planck, *El coneixement del món físic*, Edicions 62, Barcelona, 1969.
 Ilya Prigogine, *From being to becoming*, W.H. Freeman & Co., S. Francisco, 1980.
 Ilya Prigogine, Isabelle Stengers, *La nueva alianza*, Alianza, Madrid, 1983.
 Ilya Prigogine, *¿Tan sólo una ilusión?*, Tusquets, Barcelona, 1983.
 Erwin Schrödinger, *Mente y materia*, Tusquets, Barcelona, 1983.
Science et synthèse, Gallimard, París, 1967.
 Gerard Vassalls, *La ciencia no piensa*, Edicions 62, Barcelona, 1975.
 Marx W. Wartofsky, *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Alianza, Madrid, 1973.
 G.J. Whitrow, *The natural philosophy of time*, Clarendon P., Oxford, 1980.
 John Ziman, *La credibilidad de la ciencia*, Alianza, Madrid, 1981.