

regals. De la mateixa manera que hi ha una obligació implícita de no rebutjar un regal, hi ha també una obligació de no rebutjar l'expressió de remordiment i la petició de perdó. A diferència dels intercanvis comercials, tant els regals com el perdó no tenen una utilitat immediata, però serveixen per a formar i refermar els llaços socials. Així, el perdó restaura la relació entre ofès i ofensor. Però no significa l'oblit ni l'esborrament de l'ofensa. Simplement la tatxa, la qual cosa vol dir que se la recorda i se la rebutja a la vegada. Per tant, si bé no hi ha una obligació general d'oblidar, sí que cal superar el ressentiment que ens acompanya quan ens sentim ofesos. I això és així, segons ens diu encertadament Margalit, perquè ens permet viure millor amb nosaltres mateixos i amb aquells amb qui volem formar comunitats de cura. □

## Metafísica experimental

*Jesús Navarro*

*Els dèficits de la realitat i la creació del món*

Ramon Lapiedra  
248 pp., 2004, PUV

Molts dels temes clàssics de la reflexió filosòfica no es poden abordar actualment sense tenir en compte els resultats de les ciències de la naturalesa, particularment de la física i de la biologia. Després de l'adveniment de la teoria de la relativitat, les idees sobre l'espai i el temps van ser profundament modificades i durant el primer terç del segle XX van ser àmpliament discutides. Contràriament a una llegenda que encara perdura en l'imaginari popular, els conceptes bàsics de la física relativista poden ser entesos amb uns coneixements rudimentaris de matemàtiques, la qual cosa no vol dir, ni de bon tros, que siguin intuïtius. Una vegada acceptada la hipòtesi, verificada fins ara pels experiments, que la velocitat de la llum en el buit és independent de l'observador que la mesure, no és difícil entendre i acceptar que dos observadors poden obtenir diferents resultats en les mesures d'interval temporal i espacial. Tampoc no cal ser expert en allò que en matemàtiques es diu matrius i tensors per a entendre que l'espai i el temps són entitats que no poden existir sense la matèria.

La situació és més complicada pel que fa a la mecànica quàntica. Aquesta es basa en

un quadre formal inevitable i no fàcilment simplificable, i duu a resultats que escapen a la intuïció més imaginativa, on la realitat es mescla amb les seues representacions i interpretacions. Sembla clar que l'ús d'un formalisme poc evident i encara menys intuïtiu faça absolutament necessària una interpretació. La qüestió en el cas de la mecànica quàntica és, però, que aquesta interpretació no és una mera traducció de termes matemàtics, sinó que d'alguna manera forma part essencial de la teoria. Avui encara aquesta interpretació és objecte de debat, continuació de l'iniciat ja en la dècada dels anys 1920 per protagonistes tan conspicus com ara Niels Bohr i Albert Einstein. El llibre de Ramon Lapiedra aporta certament elements interessants per a entendre els termes d'aquest debat. Més de la meitat del llibre es dedica als problemes relacionats amb la interpretació de la mecànica quàntica, com aborda el coneixement de la realitat objectiva, i quines en són les implicacions. Amb aquests elements, l'autor comença considerant dues qüestions epistemològiques clàssiques: determinisme i realisme. Està tot prèviament determinat per uns antecedents? Existeix una realitat prèvia a l'experiència i independent d'aquesta?

La mecànica quàntica és el marc teòric que ha permès la comprensió d'una gran quantitat de nous fenòmens, i que ha obert el pas a l'aparició de noves tècniques i nous invents. A més a més, està associada amb el major poder predictiu mai assolit en la ciència: en alguns casos, l'acord entre prediccions teòriques i mesures experimentals coincideix en onze xifres significatives. Però aquesta construcció intel·lectual tan reeixida té conseqüències conceptuals que poden repugnar a la nostra visió de la reali-

tat. Que imagine el lector que en una caixa s'ha col·locat una moneda. Després de fer-li unes quantes sacsejades, el lector té un 50 % de possibilitats d'encertar en quin «estat» (per utilitzar la terminologia quàntica) es trobarà la moneda: cara o creu. Però segurament no dubtarà mai que la moneda estarà en una d'aquestes dues possibilitats (a condició, naturalment, d'haver sacsejat prou la caixa per a evitar que la moneda quede plantada), i afirmarà que el fet d'obrir la caixa no servirà més que per a saber si ha encertat o no. Les coses no serien tan senzilles si la moneda fóra un objecte quàntic: la mecànica quàntica diria que l'estat cara o creu de la moneda no està definit, i és el procés de mesura (l'obertura de la caixa) el que el determina. En paraules tècniques, la situació de la moneda es caracteritzaria per una funció matemàtica, que conté ambdues possibilitats (cara i creu), i l'acte de mesura, que d'alguna manera implica una interacció entre l'objecte quàntic i un sistema macroscòpic, determina allò que en termes tècnics s'anomena el «col·lapse de la funció d'ona» a una de les dues possibilitats. Aquesta situació contraintuïtiva va dur Schrödinger a imaginar un experiment mental on, en comptes d'una moneda, es té un gat i, mitjançant un dispositiu adient, s'arriba a una superposició de gat viu i gat mort, cosa que és una aberració per a la nostra intuïció. Lapiedra dedica un capítol sencer a analitzar aquest experiment tan sàdic i a mostrar que encara que hi conté les dificultats conceptuals de la mecànica quàntica, de fet, l'anomenada paradoxa del gat de Schrödinger no és tal.<sup>1</sup>

La idea del gat era mostrar una situació paradoxal en el món macroscòpic, però la qüestió es pot plantejar en termes d'objectes quàntics, com fa Lapiedra amb experiments

que involucren l'espín de l'electró. L'espín és una característica dels objectes quàntics que es manifesta en presència d'un camp magnètic, i fa que aquests s'orienten com si foren brúixoles microscòpiques. Convé aclarir que l'espín no és l'única propietat quàntica que desafia la nostra intuïció sobre la realitat, però sí que és aquella que permet dissenyar experiments relativament senzills, tot i mantenir la complexitat conceptual de què parlem. En el cas de l'electró, l'espín val  $\frac{1}{2}$  i només hi ha dues possibilitats d'orientació, indicades com + o - (podria haver-se dit nord i sud, però aquests signes estan associats a operacions matemàtiques que generalitzen aquest cas particular). Aleshores, si ens preguntem en quin estat + o - es troba l'orientació de l'espín de l'electró, la resposta de la mecànica quàntica és que la pregunta no té sentit. Fins que no es faci una mesura per determinar-la, l'espín de l'electró no tindrà cap orientació, és el procés de mesura el que la crearà. Això significa, en paraules de Lapiedra, que darrere de qualsevol observació no hi ha sempre una realitat que funcione com un antecedent exhaustiu d'aquella observació, perquè la mateixa observació pot produir una part de la realitat observada. La realitat està en part determinada (el valor de l'espín), i en part és inexistent abans de la mesura (la projecció de l'espín). Amb una imatge suggestiva, l'autor parla d'una «realitat foradada», la realitat quàntica conté deficiències ontològiques.

En el llarg debat mantingut per Einstein i Bohr, el primer va imaginar un altre experiment mental. Juntament amb Podolski i Rosen, el 1935 van publicar un article intítulat «Pot la descripció quàntica de la realitat ser considerada completa?», que va originar els anomenats experiments EPR, per

les inicials dels seus autors. En aquest article s'analitza el cas de dos partícules amb una correlació d'espín tal que si la projecció d'una d'elles és + la de l'altra és -. La intenció era mostrar que la mecànica quàntica és incompleta, en el sentit que li falta alguna informació per a descriure el sistema; aquesta incompletesa de la teoria evitaria la disjuntiva paradoxal que sembla contenir la funció d'ona. Però Bohr va mostrar que les correlacions quàntiques fan que l'estat d'una partícula no pugui sempre ignorar els seus orígens, de manera que el debat no es va acabar. Val a dir que aquest tipus de qüestions, tot i que siguin fonamentals des d'un punt de vista conceptual, no ocupen ni preocupen la majoria dels físics en la seua tasca quotidiana. En general, els científics s'interessen per qüestions que puguen dur a prediccions, que hauran de ser verificades o falsejades per l'experiència o per la consistència interna de la mateixa teoria. En cas contrari, es tracta de qüestions que van més enllà del que pot fer la física, són qüestions meta-físiques en el sentit literal. D'alguna manera és el que volia dir Newton amb la seua frase «Hipotesis non fingo», quan confessava que no tenia cap explicació a l'origen de la gravetat.

Però el 1964, gràcies als treballs de Bell, aquests problemes es van plantejar en termes que poden arribar a ser contrastats pels experiments, així que es pot abordar l'estudi experimental de la metafísica. Bell va imaginar una sèrie de mesures de projeccions, segons tres direccions diferents, de l'espín de dos partícules. Si existeix una realitat d'aquestes projeccions prèvies a la mesura, tal com ens diria una estricta actitud realista, aleshores els conjunts de mesures haurien de satisfer una desigualtat, que Lapiedra demostra en apèndix. Però

aquesta desigualtat serà violada si l'embolic<sup>2</sup> de la funció d'ona fa que els espins de les partícules continuïn correlacionats encara que aquestes s'allunyïn a grans distàncies. Lapiedra discuteix a bastament en un capítol específic la desigualtat i les seues conseqüències. A partir de 1984, els experiments iniciats per Aspect han mostrat que no se satisfà la desigualtat de Bell, cosa que desautoritza la hipòtesi del realisme i confirma l'existència de la «realitat quàntica foradada per dèficits ontològics»: l'experiment sí que crea una part de la realitat. Com el lector pot imaginar, encara que Lapiedra no ho esmente per raons d'espai i per no desviar-se de la seua exposició, el debat sobre aquestes qüestions encara continua. Alguns físics pensen que potser una teoria a un nivell més profund que la mecànica quàntica podrà conciliar les nostres intuïcions sobre la realitat i les teories físiques, però de moment les coses són com són.

Una vegada discutit el problema fonamental del realisme i del col·lapse de la funció d'ona, Lapiedra dedica un capítol a discutir la possibilitat que els efectes quàntics puguen ser amplificats pel cervell humà i tenir conseqüències sobre el determinisme i el lliure albir. Aquesta és la part més original i més especulativa del llibre, amb reflexions i suggeriments personals, no deduïts inevitablement de la mecànica quàntica, però sí inspirats en les anàlisis que se n'han fet. És possible que darrere del funcionament del nostre cervell hi haja present la indeterminació quàntica? Deu tenir aquesta indeterminació res a veure amb el lliure albir? En un intent de plantejar aquestes qüestions en termes físics, parla l'autor d'una desigualtat semblant a la de Bell, amb l'ajut de la qual es podria mesurar el grau de

determinisme en els humans. Malauradament, no dona informació sobre quins són aquests experiments amb actes mentals ni quina és la desigualtat. Pensa potser en experiments telepàtics? No ho sabem, i l'autor ens deixa amb les ganes de conèixer-ne els detalls. L'últim capítol del llibre conté un bon resum divulgatiu sobre l'origen de l'univers, segons les teories cosmològiques actuals. Hom disposa actualment d'un esquema prou clar a partir de temps de l'ordre de  $10^{-43}$  segons (temps de Planck, en llenguatge tècnic) després del gran esclafit o *big bang* inicial. I què hi havia abans? I abans de l'abans? La indeterminació quàntica impedeix parlar d'un no-res absolut, i les fluctuacions quàntiques permeten crear i aniquilar contínuament energia, en intervals de temps donats per les relacions d'incertesa. Les teories actuals no poden anar més enllà del temps de Planck, perquè cal una teoria quàntica de la gravitació. Sens dubte el lector deu haver sentit parlar de «teories de cordes» o «teories de tot», que són els intents actuals per acomplir el vell somni d'Einstein, d'unificar en un únic corpus teòric les quatre interaccions fonamentals de la naturalesa. Per a alguns, aquesta unificació, que representaria una teoria quàntica de la gravetat, resoldria tots els problemes conceptuals. Tot això és possible, però encara no s'ha arribat a construir la teoria.

El llibre es dirigeix a filòsofs, professionals o *amateurs*, en general a persones interessades en aquests vells interrogants. Per això l'autor evita escriure moltes expressions matemàtiques, i això fa que l'estil siga de vegades molt prolix. També, l'autor ha tingut presents físics interessats en qüestions conceptuals, entre la física i la filosofia. Però en aquesta relació de lectors potencials

del llibre caldria afegir de manera destacada els estudiants de física. Tenint en compte que aquests temes meta-físics no se solen tractar en els cursos de llicenciatura, hi trobaran una introducció senzilla i suggeridora a l'estudi dels fonaments de la mecànica quàntica. □

1. La figura que acompanya l'anàlisi de la paradoxa del gat conté un error trivial: tal com està representada, no existeix cap raig reflectit sinó dos raigs transmesos. Basta fer que el raig incident arribi de l'esquerra, com és la convenció usual, perquè tot siga correcte. Alternativament, es pot girar l'espill en un angle de  $90^\circ$ . Aquest error no afecta la discussió sobre la paradoxa, però pot complicar les coses al lector no familiaritzat amb els esquemes habituals dels físics.
2. *Embolic* és l'afortunada traducció que fa Lapiedra de la paraula anglesa «entanglement». Amb aquest terme s'indiquen certs tipus de correlacions quàntiques que fan que un sistema siga més que la suma de les seues parts: no és possible assignar un estat quàntic definit a cada part per separat. La computació i la criptografia quàntiques trauen partit d'aquest embolic.

# No te'n quedis al marge

## Els Marges

NÚMERO 76 - PRIMAVERA DE 2005



Vuit poemes

Vladimir Holan

Sobre poesia i sobre la meua poesia

Toni Clapés

Rilke pensat per Heidegger

Manuel Carbonell

Giđe o Dostojevski?

Jordi Malá i Peguerols

La poètica postcubista de Josep M. Junoy

Jordi Mas i López

Manuel Milá i Fontanals, traductor clandestí de Giambattista Casti

M. Nieves Moliz Moliz

Cartes de Salvador Espriu a Vilama Devi i a Manuel de Seabra

Victor Martínez-Gil

*Cami de sirgu* que no es pot recórrer a peu

Simeon Skarbec

tercera època

## INFORMACIÓ I SUBSCRIPCIONS

[www.elsmarges.com](http://www.elsmarges.com)

[www.lavenc.com](http://www.lavenc.com)

[elsmarges@lavenc.com](mailto:elsmarges@lavenc.com)

Consell de Cent, 278 1r 2a

08007 Barcelona

tel 93 488 34 82

fax 93 487 47 76

Distribució: Enlace