

el lliurament del premi a Harrisson. No fou fins el 1773, sis anys abans de morir, quan ja era un vell cansat i derrotat, que Harrison va rebre el reconeixement i gairebé la totalitat del premi convocat el 1714.

En definitiva, es tracta d'un llibre llegidor i interessant que ens mostra el plantejament i la solució d'un dels problemes principals de la ciència aplicada dels segles dels grans descobriments, així com una biografia de qui el va resoldre.

Josep Campmany

The cosmic code

La física quàntica com a llenguatge de la natura

Heinz R. Pagels
Penguin Books (1983), 336 pàg.

Com confessa l'autor, la decisió d'escriure el llibre que comentem va sortir a finals de 1977 d'un simpòsium fet a la Universitat de Columbia en honor del professor Isidor Rabi, un premi Nobel, físic experimental de la generació de Los Alamos i fundador del Brookhaven National Laboratory i del Centre Europeu de Recerca Nuclear (CERN). Diu que es va sentir renyat pel professor Rabi quan aquest va culpar els físics de no haver sabut comunicar l'entusiasme per la física al gran públic i que en aquest aspecte havien fet més els escriptors de ciència-ficció que no pas els científics. No hi ha dubte que el professor Pagels, que aleshores era adjunt de Física Teòrica de la Rockefeller University, es va sentir alludit i estimulat a emprendre la tasca d'intentar la divulgació de la física moderna.

Sincerament creiem que l'autor no va pas aconseguir divulgar el tema entre gran públic, en canvi, però, va fer possible posar-lo a l'abast de molts estudiosos no especialistes en física teòrica. Aquest fet ens fa creure que val la pena divulgar l'obra —tot i que es va publicar el 1983— ja que ens fa viure l'evolució del pensament des de l'inici de la nova física quàntica, l'evolució de la física dels quanta i, finalment, la vinculació de tot aquest coneixement a la nova cosmologia nascuda de la teoria del Big Bang.

La descripció és un successiu plantejament de preguntes, un descabdellament del coneixement de l'autor, no sempre regular en l'exposició. En algun capítol, el rigor expositiu posa en evidència la dificultat d'haver-se d'expressar sense fer ús de les matemàtiques, i per això en algun capítol la simple descripció et deixa àvid

d'un estudi més aprofundit. Per això es pot dir que també és un llibre adequat per als que estan cursant estudis de física. No tinc cap dubte que la seva lectura, tant d'aquells temes que queden ben explicats com dels que no se n'acaba de treure l'aigua clara —per exemple quan parla de la renormalització de les teories del camp quàntic—, pot ajudar a entendre conceptes que la docència no sempre aconsegueix fer planers a aquells que els veuen per primera vegada.

L'obra està dividida en tres parts. La primera, "El camí cap a la realitat quàntica", és la introducció històrica a la teoria quàntica i al plantejament del concepte de realitat en vista de la nova teoria. Transmet la sensació de transgressió que, sota la rigurosa crítica d'Einstein, va viure el col·lectiu de físics eminents del primer terç de segle en relació amb el determinisme, la realitat objectiva i la causalitat local.

Aquesta primera part, en el seu aspecte més didàctic, deixa entendre les diferències essencials entre el micromón i el macromón. La irreversibilitat del temps en l'aplicació de les lleis de Newton a la termodinàmica estadística genera la divisió entre el macromón, explicat per la física clàssica, i el micromón o món de les partícules elementals, explicat per la mecànica quàntica. De la mà de l'experiment conceptual conegut com "El gat de Schrödinger" s'entra en la discussió filosòfica de si el macromón, el món de les taules i les cadires com diu l'autor, és un món determinat o, per contra, és indeterminat com el món quàntic de les partícules.

Com no podia ser altrament, el plantejament de l'autor en descriure el desenvolupament de l'inici de la física quàntica es manté immers en la relliscosa interpretació de la realitat quàntica. Presenta amb detall l'article EPR (d'Einstein, Podolsky i Rosen), que volia demostrar que la teoria quàntica, tal com estava plantejada, era incompleta —és el problema de les variables amagades— i acaba amb la desigualtat de Bell, el treball que, trenta anys després, aquest físic teòric del CERN presentava per demostrar que la presumpció d'objectivitat i la presumpció de causalitat local, que la desigualtat planteja com a premissa, només es compleix quan l'experiència s'aplica al macromón i mai no es compleix quan s'aplica al món quàntic. Així es demostra, encara que no d'una manera massa clara en el llibre, la no-existència de variables amagades.

Per acabar aquesta primera part, l'autor fa parlar Niels Bohr, que descansa d'una visita al mercat de la realitat, on es pot comprar la realitat que més plagui. No existeix, ens diu Bohr, un món quàntic com el món ordinari i familiar de les taules i les cadires, i no cal entestar-se a trobar-lo. Els components del micromón, els electrons, els protons, i els fotons, certament existeixen, però algunes de les seves propietats, propietats bàsiques com la seva posició en l'espai, només existeixen en caràcter contingent. La realitat quàntica, com el món

clàssic, també té objectes, però juntament amb aquests hi ha una estructura d'informació que, al capdavant, ve reflectida en funció de la mesura. La teoria del mesurament quàntic és una teoria de la informació. Allò que podem conèixer del món quàntic ens ha de venir dels arranjaments experimentals, no hi ha cap altre camí.

Segurament cal reflexionar molt sobre què és la realitat quàntica. L'autor ens hi fa entrar sota el guiatge del seu coneixement, però cal convenir que és un d'aquells temes que, plantejat en termes filosòfics, es fa difícil de dominar. Per això la majoria dels físics teòrics s'han dedicat molt més a la interpretació dels resultats experimentals obtinguts en els laboratoris d'alta energia que no pas a la recerca epistemològica de la realitat quàntica. I és que l'aplicació de la nova teoria quàntica als fenòmens naturals i la interpretació dels resultats experimentals obtinguts ha estat un èxit que ha fet avançar en profunditat el coneixement de la matèria fins arribar al seu constituent més bàsic.

Aquest és el tema de la segona part del llibre, que l'autor tracta en dotze capítols agrupats sota el títol "Viatge a l'interior de la matèria". És un viatge als cinc nivells de la matèria —molècules, àtoms, nuclis, hadrons, i quarks—, en vista de la informació aportada pels laboratoris d'alta energia a partir de la dècada dels anys cinquanta. Tanmateix, l'aportació que fa dels nivells molecular i atòmic és simplement tangencial, si bé els criteris que hi aporta són dels que amplien el coneixement del lector. El que tracta amb amplitud és el tema dels hadrons, els quarks, els leptons i els gluons de forma molt semblant com ho faria un llibre de física quàntica si no fos que l'autor segueix el fil cronològic dels esdeveniments i es deté a explicar-ne els fets més importants. Així s'expliquen els treballs de Murray Gell-Mann, que el van fer mereixedor del Nobel de física de 1969, i els de George Zweig, que, independentment, també explicà que els hadrons estaven formats per partícules més fonamentals, els quarks. És clar que el tema dels quarks és un d'aquells temes que el lector estudiós desitjarà aprofundir, però no per això deixarà d'agrair la llavor conceptual que traurà de la lectura.

Naturalment, en el capítol dedicat als gluons, es defineixen els quatre camps fonamentals d'interacció: el gravitacional, el de la interacció dèbil, l'electromagnètic i el de la interacció forta, i l'autor fa entrar el lector en el somni dels físics teòrics d'unificar-les totes en una sola teoria.

És a partir d'aquest punt que el discurs s'encarrila cap a la teoria del camp quàntic relativista i les idees noves que en deriven —antimatèria, nova física de l'espai buit, els indiscernibles, i la força d'intercanvi i les seves importants conseqüències (principi d'exclusió de Pauli i química quàntica). En aquest punt l'autor fa una descripció, al meu entendre embrollada, de les dificultats que el pensament científic va haver de vèncer

per arribar a finals de la dècada dels quaranta a l'èxit de la teoria de l'electrodinàmica quàntica. El garbuix continua perquè vol assenyalar, també cronològicament, les dificultats per arribar a la meitat de la dècada dels setanta a la cromodinàmica quàntica, la teoria de camp de la interacció forta, que no només va requerir la confirmació experimental que els hadrons estaven compostos de quarks, sinó també el profund desenvolupament de conceptes matemàtics relacionats amb les simetries abstractes.

El marcat sentit didàctic d'un bon nombre de capítols del llibre té l'inconvenient de no poder entrar, atesa la intenció divulgativa de l'obra, en les àlgebres de Lie, i és una llàstima, perquè per mantenir el to divulgatiu, que a aquest nivell el llibre ja ha perdut, ens deixa sense referències sobre les simetries matemàtiques de tan profunda aplicació en les teories de camp quàntic. En el sentit físic de les simetries, però, sí que hi entra de manera prou intuïtiva, i deixa clara la teoria del camp de galga de Yang-Mills. De la necessitat de recuperar la simetria d'un camp quàntic a la necessitat de trobar a la natura un camp de galga i el seu gluó associat, l'autor entra en el concepte de les simetries trencades; la tendència natural de les simetries a trencar-se espontàniament, la idea bàsica amb la qual Glashow, Weinberg, i Salam van obtenir el Nobel de física de 1979 pels seus treballs d'unificació de les interaccions dèbil i electromagnètica, i que van senyalar el camí per aplicar la idea de la simetria de galga de Yang-Mills a la interacció forta, que va tenir com a conseqüència la cromodinàmica quàntica.

Sens dubte el lector es troba en el vèrtex culminant de la intenció divulgativa de l'autor i aquest, conscient de les dificultats de seguiment del lector, dedica el penúltim capítol d'aquesta segona part a sintetitzar els conceptes, presentar la unificació de la teoria de Weinberg-Salam amb la teoria de la cromodinàmica quàntica, i a exposar l'existència, entre els vint-i-quatre gluons de la teoria unificada, de dotze gluons superpesants que tenen el poder de canviar els quarks en leptons, i tot seguit relata el que aquest fet significa en relació a la descomposició del nucli de l'àtom d'hidrogen.

Si bé les descripcions de l'evolució de la física teòrica que l'autor posa a l'abast són necessàries, el concepte més interessant que se'n desprèn és el de la simetria, que en l'últim capítol d'aquesta segona part permet especular agosaradament sobre el que havia de passar en els primers instants del Big Bang. La possibilitat d'un estat originalment simètric, que a mesura que es va expansionant i refredant va trencant simetries i es va fossilitzant, observat des d'un apèndix tan insignificant i tardà d'aquesta evolució com és la vida humana, és senzillament apassionant. Apassionant, però racionalment fatal, tant si l'univers és obert i continua expansionant-se exposat a la degradació protònica, com si és tancat i