

### La incomprendible comprensibilitat de la natura

De la paradoxa a la realitat.  
Fritz Rohrlich; 239 pàg.; Biblioteca universitària, núm. 19, Ed. Enciclopèdia Catalana (Barcelona, 1994)

El llibre que comentem és una excel·lent traducció d'una obra relativament nova, ja que l'original fou editat el 1987 per la Cambridge University Press. L'autor, Fritz Rohrlich, és professor de la Universitat de Syracuse (EUA), on imparteix des de fa anys el curs titulat "Conceptes de la física contemporània", dirigit específicament a estudiants de carreres no científiques, que divulga les bases conceptuals en què es basen els coneixements científics actuals.

El mateix autor esmenta, en un prefaci on exposa clarament els objectius de l'obra, que "aquest no és un text de física", sinó més aviat "una base per a la discussió dels nous conceptes sorprenents i les necessitats que hi han portat". Es tracta, doncs, d'un llibre que es vol que "ajudi a desfer malentesos com a mínim en dos temes sovint malinterpretats: la relativitat i la mecànica quàntica". I afegeix: "aquest intent és més aviat presentar en un llenguatge no tècnic les revolucions conceptuals per les quals ha passat la comunitat científica per tal de poder acceptar la *física moderna*. I lluny de fer-ho sota el punt de vista històric, es prendrà la perspectiva d'una persona enfrontada a noves, estranyes i sovint paradoxals evidències experimentals." I continua amb una engrescadora afirmació: "... aquesta és exactament la mena d'aventura intel·lectual que mostra la recerca científica en tota la seva esplendor".

Però no pensi el lector que ens trobem davant un llibre metafísic! Res d'això. El text desgrana les bases conceptuals de la relativitat i la teoria quàntica i s'atura a deixar clars els conceptes que més sorprenen el lector acostumat a pensar en termes d'experiència quotidiana. En cada cas, procura començar describint els principals experiments que condueixen a cada concepte "difícil", els analitza força profundament, i fa evident la necessitat d'introduir-hi el mencionat concepte. A banda d'això, cal celebrar també tota una part dedicada a la "filosofia" de la ciència. És a dir, a fer un concís però ample repàs del significat que tenen les "teories científiques" en el context del coneixement humà, i dels criteris i procediments que caracteritzen el "mètode científic". En aquest sentit, el llibre es pot rela-

cionar amb l'article de James W. Lett que publicàvem al número anterior de la Revista, "Una guia de camp per al pensament crític". L'autor procedeix, a més, amb un exquisit capteniment d'humilitat científica, ben lluny del to pedant o escandalós que prenen molts autors d'obres pseudocientífiques.

El llibre està dividit en tres parts. A la primera, comenta els principis de la filosofia de la ciència. Comença esmentant les limitacions humanes en la percepció de la "realitat" envoltant: limitacions per principi (influència de l'observador en la mesura), per la pròpia condició humana (que només viu en un rang molt estret de condicions, per la qual cosa es necessiten instruments, considerats com a extensions sensibles de l'ésser humà), i per la complexitat (una limitació evident però introduïda en la filosofia de la ciència força recentment, i que manifesta els diferents "nivells de realitat" per als quals cal elaborar teories adients). En segon lloc, l'autor se centra en el paper de les matemàtiques dins les teories científiques. Aprofita per deixar establerta la definició del que és una "teoria científica" amb tots els ets i uts, per després internar-se en l'a *priori* incomprendible matemàticitat que mostren els fenòmens naturals, un tema que ja des de Galileu constitueix matèria filosòfica de primera magnitud. El tercer capítol tracta de l'objectivitat científica i dels mecanismes d'evolució de les teories científiques, els criteris d'acceptabilitat de les teories proposades, i la condició d'universalitat o irrellevància de l'observador específic. Aquest és precisament el capítol que més concorda amb l'article de J. W. Lett mencionat abans. Finalment, acaba la primera part del llibre explicant els objectius que ha de tenir una teoria científica: d'una banda l'explicació dels fets coneguts i la predicció de nous fenòmens i, de l'altra la tendència unificatòria que les teories "noves" han d'exercir sobre les preexistents i "establertes".

Una bona característica d'aquest capítol és la definició de "teoria establerta". Relacionant-la amb les limitacions per complexitat i els diferents "nivells de realitat" comentats al capítol primer, tota "teoria establerta", sigui quin sigui el seu rang d'aplicabilitat i el seu nivell de realitat, és igualment important; en altres paraules, és peça essencial en el que anomenem "coneixement científic". El fet que, per exemple, la teoria de la reflexió de Snell estigui englobada en la teoria electromagnètica de Maxwell, i aquesta en la teoria electrodinàmica quàntica, no vol dir —com moltes vegades es té tendència a pensar— que les primeres siguin obviabils, sinó que —com molt bé recordava Ian Stewart als "Mathematical Recreations" de juliol del 1994 del *Scientific American*— la complexitat dels sistemes fa que sovint la possessió de les lleis bàsiques dels seus elements no sigui suficient per conèixer-ne el comportament global. De vegades, els filòsofs de la ciència, o els mateixos físics teòrics tenen tendència

a menysprear el valor conceptual de les “teories establertes” que fan referència a “nivells de realitat” més propers a l'experiència quotidiana, en benefici de les “teories globals” a nivell cosmològic o de partícules. Un dels valors del llibre de Fritz Rohrlich que més hem apreciat és precisament que totes les teories es consideren maons “essencials” en la globalitat del coneixement científic.

La segona part del llibre està dedicada als conceptes de la teoria de la relativitat. És d'agrair que en aquest cas no hagi utilitzat una estratègia explicativa històrica, sinó purament conceptual. D'aquesta manera, unes idees porten a uns experiments, aquests evidencien nous conceptes, i de mica en mica l'autor ens transmet el bagatge “ideològic” subjacent a la teoria. Primerament al capítol 5 ens introdueix els conceptes de relativitat en les teories de Galileu i Newton. Després, al capítol sisè (el més extens de tot el llibre), ens desenvolupa la teoria de la relativitat especial. Comença per la proposta de l'èter —que discuteix conceptualment i experimentalment—, continua amb la paradoxa de la velocitat de la llum i la manca de simetria que genera en la quarta llei de Maxwell (la d'inducció de Faraday), continua amb la intuïció d'Einstein d'imposar la constància de  $c$ , i tot seguit discuteix els conceptes de simultaneïtat, les “paradoxes a primera vista” sobre rellotges i patrons, l'equivalència entre massa i energia i la seva superació pel concepte d'energia en repòs, i acaba introduint els conceptes de geometria de l'espai temps i de la invariància de Poincaré. Al setè capítol ens introdueix la relativitat general. Comença també a partir dels conceptes continguts en la teoria de la gravitació de Newton, parla dels motius d'Einstein per cercar una nova teoria (el fet que la relativitat especial fos vàlida per a totes les forces excepte per a la gravitatòria, impossibilitava de definir sistemes inercials en presència de la gravitació), introdueix els principis d'equivalència feble (massa inercial igual a massa gravitatòria) i forta (tots els fenòmens físics són més indistingibles en un sistema accelerat que en un sistema sotmès a gravetat), i acaba introduint i discutint els conceptes d'espai-temps corb, relativitat general, radiació gravitatòria i forats negres. En aquests tres capítols (5, 6 i 7) i fins al final del llibre, l'autor utilitza dos nivells explicatius: un nivell conceptual, que es pot seguir sense saber gaire àlgebra, i un altre nivell, un xic més demostratiu, amb l'ajuda d'abundants notes a peu de pàgina, que utilitza el llenguatge matemàtic per aclarir i fonamentar els conceptes enunciats. En qualsevol cas, és d'agrair que no refusi la utilització de les matemàtiques (a un nivell senzill, és clar) en el discurs.

La segona part acaba amb una represa de la filosofia de la ciència (capítol vuitè), a la llum de l'experiència esbossada en el tema de la relativitat, i parla de les “teories establertes” i les “revolucions científiques”, en

realitat unes “revolucions sense revolucions”. Se centra, sobretot, a fer entendre la idea de “superació” d'una teoria, oposant-la a la de “substitució”.

La darrera part del llibre (capítols 9 a 12) està dedicada a la teoria quàntica. En aquest cas l'exposició adopta un discurs una mica més històric, potser perquè la dificultat dels nous conceptes aconsella una introducció parella al seu desenvolupament. Al capítol novè ens introdueix els límits del món clàssic (els fenòmens en què aquest comença a fallar i el descobriment de la quantització), mentre que al desè entra ja de ple als conceptes nous introduïts per la teoria quàntica. Aclareix els conceptes d'ona i “partícula” clàssiques, i n'introdueix la dualitat. En aquest punt, no s'està de criticar la desafortunada expressió de “dualitat”, ja que les noves “entitats quàntiques” no són ni “ona” clàssica ni “partícula” clàssica, sinó un nou concepte que les supera: les “partícules quàntiques”, que es manifesten de manera comparable o bé a les “ones” clàssiques o bé a les “partícules” clàssiques, segons l'experiment. A partir de la introducció d'aquestes noves entitats quàntiques exposa el concepte d'indeterminació, remarcant-ne el caràcter ontològic, i explicita el principi d'indeterminació de Heisenberg, a partir del qual arriba a l'establiment de la complementarietat de les variables. Acaba el capítol reprenent la temàtica filosòfica amb el “lligam essencial” que la teoria quàntica té amb les “teories establertes” clàssiques: el principi de correspondència de Bohr.

El capítol onzè, titulat precisament “De la paradoxa aparent a una nova realitat”, està dedicat gairebé totalment a la discussió dels nous conceptes introduïts per la teoria quàntica, en i especialment sobre la seva interpretació. Ens parla dels sistemes quàntics, dels observables i mesurables, de la paradoxa aparent del “gat de Schrödinger”, de la contrainterpretació d'Einstein, de la interpretació de Copenhague..., tot plegat emmarcat en el debat entre realisme i instrumentalisme, un debat del qual menciona exhaustivament les bases conceptuals, i en què discuteix fins al final els “experiments mentals” crucials per entendre la teoria. Acaba el capítol amb una menció a la “lògica quàntica” (de la qual ens diu que “no fa cap contribució al problema més profund de l'ontologia del món quàntic”, però que ajuda a evidenciar la diferència amb el món clàssic) i dels fenòmens quàntics macroscòpics (superconductivitat i superfluids, bàsicament).

Al darrer capítol, dedicat a l'estat actual de la tasca de recerca, comenta sumàriament l'enllaç entre la mecànica quàntica i la relativitat especial (teoria quàntica de camps), retroba els “nivells de realitat” de diferent complexitat que formen el món físic que ens envolta, i acaba repassant els darrers coneixements en matèria de partícules elementals. Elements no inclosos pròpiament al discurs, però presents al llibre, són un

glossari de termes tècnics utilitzats (elaborat precisament amb vista als possibles lectors no-físics), i especialment una generosa bibliografia separada per capítols, amb cites tan importants des del punt de vista filosòfic com el clàssic de T. Kuhn, *The structure of scientific revolutions*, el sempre sorprenent *Powers of ten* de P. Morrison, i els necessaris *The left hand of the electron* d'Asimov i *The Feynman lectures on Physics*, de Feynman, Leighton i Sands. En definitiva, un llibre molt útil per a tots aquells estudiants de física, o públic en general, interessats a conèixer les bases del nostre coneixement actual del món físic.

Josep Campmany

---

## Txernòbil

Fredereik Pohl.  
Ediciones B, Grupo Z. Novembre 1987

Aquesta novella de Fredereik Pohl, autor conegut per la seva dedicació a escriure obres de ciència-ficció, és, des del punt de vista científic, una novella històrica basada en l'informe que els soviètics van enviar en plena època de la *glasnost* a l'Agència Internacional d'Energia Atòmica de Viena, el setembre de 1986. La ficció, doncs, no és científica i només es dona en la vida d'uns personatges que ben poc deuen diferir dels personatges i de la societat que va viure la catàstrofe.

El risc que comporten les centrals nuclears, encara que teòricament sigui petit, pot significar accidents de conseqüències molt grans. El relat de la novella es refereix a l'accident més greu sofert mai per una central nuclear i, per tant, exposa un cas límit d'aquest risc. L'autor no jutja les causes de l'accident i només el descriu amb gran realisme, és evident, però, que la manca de càpsula de contenció del nucli del reactor es magnifica, tant en les conseqüències locals com en les de contaminació mediambiental. Obviant aquest fet, que pertant al disseny i no a l'explotació, queda clar que l'accident no es va produir per fallades de materials, avaries, o mancances del personal, és a dir, per causes tècniques, sinó per causes de comportament humà, i especialment del comportament vinculat amb el poder. Es pot dir i es tindrà raó en fer-ho, que aquestes causes són més freqüents en règims no democràtics, però no es pot oblidar que qualsevol tipus de jerarquització basada més en el poder que en el coneixement i la professionalitat és un factor de risc molt més important i menys previsible que els de caràcter estrictament tècnic.

Aquestes són les idees que es desprenen de la novella, que reeix en la descripció del clima d'exigència,

cansament i sorpresa del personal d'explotació, concentrat a la sala de control a la 1.23 de la matinada per realitzar una prova que s'havia decidit ajornar, i li supera en la descripció dels fets ocorreguts en els primers moments i en les primeres hores —les que van provocar més víctimes entre el personal—, quan els esdeveniments van fer ineficaç qualsevol intervenció d'emergència.

A Moscou, la URSS disposava, i esperem que ara Rússia i els altres països amb centrals nuclears de l'antiga Unió —la mateixa Ucraïna, per exemple— encara en puguin disposar, d'un ministeri d'energia nuclear d'elevada professionalitat, segons es desprèn del relat. Personal d'aquest ministeri es féu càrrec hores després de la situació i s'encarregà de l'evacuació de la zona en un radi de trenta quilòmetres entorn de la central. També a Moscou la URSS hi tenia l'hospital especialitzat en accidentats per radiació, que es féu càrrec de 299 persones, les més afectades, el tractament de les quals va rebre el suport d'especialistes nord-americans que s'oferiren immediatament per ajudar i practicar els trasplantaments de moll d'os necessaris.

En un país com el nostre, amb elevats nivells de nuclearització, convé de tant en tant refrescar la memòria del risc inherent a les centrals nuclears i la novella de Frederik Pohl hi ajuda molt eficaçment.

Potser convé recordar, ara, que el cas de Txernòbil en referència al seu impacte als Països Catalans es va tractar en les Sisenes Jornades sobre Recerca Experimental a l'UCE de l'estiu del 1987. En el volum X, núm. 2 del *Butlletí de les Societats Catalanes de Física, Química, Matemàtiques i Tecnologia* es recullen les ponències i el manifest que demana potenciar amb mitjans humans i materials l'Institut de Tècniques Enèrgètiques de la UPC, el Laboratori de Radiologia Ambiental de la UB i l'Institut de Física Corpuscular de la Universitat de València, per millorar la vigilància del medi ambient, dotar les estructures de la Seguretat Social dels Països Catalans de serveis de radiotoxicologia, i difondre tècniques d'assistència immediata mitjançant l'edició d'una monografia de primers auxilis als afectats per la radiació, que encara està pendent. Seria interessant poder difondre avui les millores que en el curs d'aquests set anys s'han introduït en aquests organismes, encara que només sigui un consol a la manca de competències que respecte a la seguretat nuclear tenen els nostres governs.

Francesc Gacia