

HELGOLAND

Carlo Rovelli este un fizician teoretician cu importante contribuții în fizica spațiului și timpului. A lucrat în Italia și Statele Unite, iar în prezent conduce grupul de cercetări privind gravitația cuantică de la Centrul de Fizică Teoretică din Marsilia. Cărțile sale *Șapte scurte lecții de fizică* (2014; Humanitas, 2016), *Realitatea nu e ceea ce pare* (2014; Humanitas, 2019) și *Ordinea timpului* (2014; Humanitas, 2019) s-au bucurat de un mare succes internațional, fiind traduse în peste patruzeci de limbi.

CARLO
ROVELLI
HELGOLAND
CUM SĂ
ÎNȚELEGEM TEORIA
CUANTICĂ

Traducere din italiană
de Liviu Ornea

 HUMANITAS
BUCUREȘTI

Redactor: Vlad Zografi
Coperta: Ioana Nedelcu
Tehnoredactor: Manuela Măxineanu
Corector: Alina Dincă
DTP: Dragoș Dumitrescu, Dan Dulgheru

Tipărit la Master Print Super Offset

Carlo Rovelli
Helgoland
Copyright © 2020, Adelphi Edizioni s.p.a. Milano
All rights reserved.

© HUMANITAS, 2021, pentru prezenta versiune românească

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
Rovelli, Carlo
Helgoland: cum să înțelegem teoria cuantică/
Carlo Rovelli; trad. din italiană de Liviu Ornea. –
București: Humanitas, 2021
ISBN 978-973-50-7058-8
I. Ornea, Liviu (trad.)
53

EDITURA HUMANITAS
Piața Presei Libere 1, 013701 București, România
tel. 021.408.83.50, fax 021.408.83.51
www.humanitas.ro

Comenzi online: www.libhumanitas.ro
Comenzi prin e-mail: vanzari@libhumanitas.ro
Comenzi telefonice: 0723.684.194

*Pentru Ted Newman, care m-a făcut să
înțeleg că nu înțeleg mecanica cuantică*

Cuprins

Să arunci o privire în abis	9
-----------------------------------	---

PARTEA ÎNTÂI

I. „Privind către un interior de o frumusețe stranie“	15
1. Ideea absurdă a foarte tânărului Werner Heisenberg: <i>observabilele</i>	17
2. Derutanta ψ a lui Erwin Schrödinger: <i>probabilitatea</i>	29
3. Granularitatea lumii: <i>cuantele</i>	37

PARTEA A DOUA

II. Un bestiar amuzant de idei extreme	47
1. Superpoziții	49
2. A lua unda ψ în serios: lumi multiple, variabile ascunse și colaps fizic	59
3. Acceptând nedeterminarea	67
III. E posibil ca un lucru să fie real pentru tine, dar nu și pentru mine?	71
1. A fost o vreme când lumea părea simplă.	73
2. Relații	75
3. Lumea fragilă și rarefiată a cuantelor	81

IV. Rețeaua de relații care țese realitatea	87
1. Corelația cuantică	89
2. Dansul în trei care țese relațiile lumii	96
3. Informație	99

PARTEA A TREIA

V. „Descrierea lipsită de ambiguitate a unui fenomen include obiectele față de care se manifestă acel fenomen“	111
1. Aleksandr Bogdanov și Vladimir Lenin	113
2. Naturalism lipsit de substanță	125
3. Fără bază? Năgărjuna	130
VI. „Pentru natură, e o problemă deja rezolvată“	141
1. Simplă materie?	143
2. Ce înseamnă „semnificație“?	148
3. Lumea văzută din interior	158
VII.	167
E cu adevărat posibil?	169
<i>Note</i>	179

Să arunci o privire în abis

Časlav și cu mine ne-am așezat pe nisip, la câțiva pași de mare. Am discutat ore-n șir. Era după-amiaza liberă a conferinței și venisem pe insula Lamma, în dreptul Hong-Kong-ului. Časlav e unul dintre cei mai renumiți experți în mecanica cuantică. La conferință, prezentase o analiză a unui experiment ideal complex. L-am discutat și rediscutat pe cărarea care merge pe lângă junglă până la plajă, apoi aici, pe țârm. Am ajuns să fim practic de acord. Pe plajă – un lung moment de tăcere. Privim marea. E pur și simplu de necrezut, murmură Časlav, cum să crezi așa ceva? De parcă n-ar exista... realitatea...

Aici am ajuns cu cuantele. După un secol de rezultate răsunătoare, după ce ne-a dăruit tehnologia contemporană și bazele pentru întreaga fizică a secolului XX, când privim cu atenție teoria științifică cu cel mai mare succes încă suntem copleșiți de uimire, confuzie, neîncredere.

A existat un moment în care gramatica lumii părea lămurită: la rădăcina tuturor diferitelor forme de realitate păreau să se afle numai particule de materie călăuzite de câteva forțe. Omenirea avea dreptul să creadă că ridicase

vălul Mayei: văzuse adâncurile realității. Dar n-a durat mult, destule fapte nu se potriveau.

Până când, în vara lui 1925, un tânăr german de 23 de ani s-a dus să petreacă niște zile de agitată solitudine pe o insulă bătută de vânturi din Marea Nordului: Helgoland, Insula Sfântă. Acolo, pe insulă, i-a venit o idee care i-a permis să explice toate faptele recalcitrante și să construiască structura matematică a mecanicii cuantice, „teoria cuantelor“. Probabil cea mai mare revoluție științifică din toate timpurile. Numele tânărului era Werner Heisenberg. Povestea din cartea asta cu el începe.

Teoria cuantelor a lămurit bazele chimiei, funcționarea atomilor, a corpurilor solide, a plasmelor, culoarea cerului, neuronii din creierul nostru, dinamica stelelor, originea galaxiilor... mii de aspecte ale lumii. Ea stă la baza celor mai recente tehnologii, de la calculatoare la centralele nucleare. Ingineri, astrofizicieni, cosmologi, chimiști și biologi o folosesc în fiecare zi. Rudimente ale acestei teorii se studiază la liceu. N-a dat greș niciodată. E inima pulsând a științei de azi. Rămâne totuși profund misterioasă. Tulburătoare într-un mod foarte subtil.

A distrus imaginea realității alcătuită din particule care se deplasează pe traiectorii bine definite, dar fără să ne spună cum altfel trebuie să privim lumea. Matematica sa nu descrie realitatea, nu ne spune „ce există“. Ca prin farmec, obiecte aflate la distanță par să se afle în legătură unele cu altele. În locul materiei, avem fantasmatică unde de probabilitate.

Oricine își ia răgazul să se întrebe ce ne spune teoria cuantelor despre lumea reală rămâne perplex. Einstein, care chiar anticipase ideile teoriei arătându-i lui Heisenberg direcția corectă, n-a acceptat-o niciodată; Richard Feynman,

marele fizician teoretician din a doua jumătate a secolului XX, a scris că nimeni nu înțelege cuantele.

Dar asta e știința: explorarea unor noi moduri de a înțelege lumea. E capacitatea noastră de a pune în discuție iar și iar conceptele pe care le avem. E forța vizionară a unui gând rebel și critic, capabil să-și modifice propriile baze conceptuale, capabil să descrie din nou lumea de la zero.

Dacă straniețea teoriei ne tulbură, tot ea ne deschide și noi perspective de înțelegere a realității. O realitate mai subtilă decât cea a materialismului simplist al particulelor în spațiu. O realitate alcătuită mai degrabă din relații decât din obiecte.

Teoria sugerează căi noi prin care să regândim marile întrebări, de la structura realității până la natura experienței, de la metafizică, poate, până la natura conștiinței. Toate acestea sunt azi subiect de dezbatere aprinsă între oamenii de știință și între filozofi – și despre toate acestea vorbesc în paginile care urmează.

Pe insula Helgoland, golașă, inospitalieră, bătută de vântul din Nord, Werner Heisenberg a ridicat un vâl care stătea între noi și adevăr; dincolo de acel vâl s-a căscat un abis. Povestea din cartea aceasta pornește din insula pe care Heisenberg și-a conceput germenii ideii sale și se desfășoară treptat către problemele din ce în ce mai vaste deschise de descoperirea structurii cuantice a realității.

*

Am scris aceste pagini mai ales pentru cine nu cunoaște mecanica cuantică și e curios să înțeleagă, pe cât se poate, ce anume este și ce implică ea. Am încercat să fiu pe cât de concis posibil, trecând peste toate detaliile care nu sunt necesare pentru a intra în miezul problemei. Am încercat

să fiu pe cât de clar mi-a stat în putință, vorbind despre o teorie care se află în centrul obscurității științei. Poate că, mai curând decât să explic cum trebuie înțeleasă mecanica cuantică, explic doar de ce e ea atât de greu de înțeles.

Dar cartea e gândită și pentru colegi, oameni de știință și filozofi, care, pe măsură ce aprofundează teoria, sunt tot mai uimiți; pentru a continua dialogul privind semnificația acestei fizici uluitoare și pentru a înainta către o perspectivă generală. Cartea are numeroase note destinate celor care cunosc deja bine mecanica cuantică. Ele spun mai precis ce încerc să spun în text într-o formă mai accesibilă.

Scopul principal al cercetărilor mele din fizică a fost să înțeleg natura cuantică a spațiului și timpului. Să pun de acord teoria cuantică cu descoperirile lui Einstein despre spațiu și timp. Am ajuns să reflectez permanent asupra cuantelor. Textul acesta e punctul în care am ajuns azi. Nu ignoră opiniile diferite de ale mele, dar e fără îndoială părținitor: e centrat pe viziunea pe care o consider eficace și în măsură să deschidă căile cele mai interesante, interpretarea „relațională” a teoriei.

Un avertisment, înainte de a porni la drum. Abisul necunoscutului e întotdeauna magnetic și abrupt. Dar a lua în serios mecanica cuantică, a cugeta la implicațiile ei e o experiență aproape psihedelică: impune renunțarea, într-un fel sau altul, la ceva ce ni se părea solid și inatacabil în modul nostru de a înțelege lumea. Ne cere să acceptăm că realitatea e profund diferită de cea pe care ne-o imaginăm. Ne cere să aruncăm o privire în acel abis, fără teama că ne-am putea prăbuși într-o lume de nepătruns.

Lisabona, Marsilia, Verona, London Ontario
2019–2020

PARTEA ÎNTÂI

I

„PRIVIND CĂTRE UN INTERIOR DE O FRUMUSEȚE STRANIE“

*Cum s-a întâmplat ca un tânăr german, fizician,
să dea peste o idee cu adevărat stranie,
dar care descria lumea foarte, foarte bine,
și despre marea harababură care a urmat.*

1. Ideea absurdă a foarte tânărului Werner Heisenberg: *observabilele*

„Era cam trei dimineața când mi-a apărut în față rezultatul final al calculelor mele. Eram profund emoționat. Eram atât de agitat încât nici nu se punea problema să dorm. Am ieșit din casă și am început să merg agale prin întuneric. M-am cățărat pe-o stâncă deasupra mării, la capătul insulei, și-am așteptat acolo răsăritul...”¹

M-am întrebat adesea care vor fi fost gândurile și emoțiile tânărului Heisenberg cocoțat pe stânca aceea care se ivea din mare, în Helgoland, insula vântoasă și golașă din Marea Nordului, pe când privea imensitatea valurilor, după ce mai înainte fusese primul care aruncase o privire asupra unuia dintre cele mai amețitoare secrete ale Naturii întrevăzute vreodată de omenire.

Se afla acolo ca să-și calmeze alergia de care suferea. Helgoland – numele se traduce prin „Insula Sfântă” – este practic lipsită de copaci, așa că e foarte puțin polen. „Helgoland, cu unicul său copac” o numește Joyce în *Ulisse*. Se afla acolo mai ales ca să se adâncească în problema de care era obsedat. Cartoful fierbinte pe care i-l pusese în palme Niels Bohr. Dormea foarte puțin, își petrecea timpul în

singurătate, încercând să calculeze ceva care să justifice regulile de neînțeles ale lui Bohr. Se întrerupea din când în când ca să se cațere pe stâncile de pe insulă. În scurtele momente de pauză, învăța pe de rost poezii din *Divanul occidental-oriental* de Goethe, culegerea în care cel mai mare poet german își cântă dragostea pentru Islam.

Niels Bohr era deja un om de știință faimos. Scrisese formule simple, dar ciudate, care preziceau proprietățile elementelor chimice încă înainte de a fi măsurate. Preziceau, de exemplu, frecvența luminii emise de elementele încălzite: culoarea pe care o capătă. Un succes notabil. Dar formulele erau incomplete: nu permiteau calculul intensității luminii emise.

Mai presus de toate însă, aceste formule aveau ceva cu adevărat absurd: presupuneau, fără nici un motiv, că electronii din atomi se roteau în jurul nucleului doar pe anumite orbite precise, aflate la anumite distanțe precise de nucleu, cu anumite energii precise; pentru ca apoi să „salte“ ca prin farmec de pe o orbită pe alta. Primele „salturi cuantice“. De ce tocmai acele orbite? Ce anume sunt aceste „salturi“ misterioase de pe o orbită pe alta? Ce forță necunoscută poate împinge un electron la un comportament atât de bizar?

Atomul e cărămida elementară a tot ce există. Cum funcționează? Cum se mișcă electronii în interiorul lui? Trecură mai bine de zece ani de când Bohr și colegii lui se învârteau în jurul acestor întrebări. Zadarnic.

La Copenhaga, Bohr îi adunase în jurul său pe cei mai străluciți tineri fizicieni pe care reușise să-i găsească, lucrând împreună cu ei, ca în atelierul unui pictor renascențist, la descifrarea misterelor atomului. Printre ei se afla Wolfgang Pauli, excepțional, extrem de inteligent, arogant, obraznic, prieten și coleg de școală cu Heisenberg. În ciuda