

REALITATEA NU E CEEA CE PARE

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) și *Ordinea timpului* (2014; Humanitas, 2019) s-au bucurat de un mare succes internațional, fiind traduse în patruzeci și una de limbi.

CARLO ROVELLI

REALITATEA
NU E CEEA CE PARE

Structura fundamentală a lucrurilor

Traducere din italiană
de Vlad Russo

 HUMANITAS
BUCUREȘTI

Cuprins

Notă asupra ediției române	7
Nota autorului	9
Cuvânt înainte	13
PARTEA ÎNTÂI	
Rădăcinile	
1. Semințele	23
2. Clasicii	44
PARTEA A DOUA	
Începuturile revoluției	
3. Albert	67
4. Cuantele	104
PARTEA A TREIA	
Spațiul cuantic și timpul relațional	
5. Spațiul-timp e cuantic	135
6. Cuante de spațiu	146
7. Timpul nu există	158
PARTEA A PATRA	
Dincolo de spațiu și timp	
8. Dincolo de big bang	181
9. Confirmări empirice?	188

10. Găuri negre cuantice	198
11. Sfârșitul infinitului	205
12. Informația	211
13. Misterul	229
 Note	 237
Bibliografie comentată	249

Notă asupra ediției române

Traducerea cărții de față a fost făcută după ediția în limba italiană, *La realtà non è come ci appare: La struttura elementare delle cose* (publicată de editura Cortina Raffaello) și a fost confruntată cu ediția în limba engleză apărută la editura Penguin, din care au fost preluate, cu acordul editurii italiene, câteva paragrafe care prezentau mici diferențe față originalul italian.

Editura

Nota autorului

De-a lungul întregii mele cariere științifice, prieteni și oameni pur și simplu curioși mi-au cerut să le explic ce e cu cercetarea în domeniul gravitației cuantice. Cum e posibil să studiezi noi modalități de a concepe spațiul și timpul? Mi s-a cerut de nenumărate ori să scriu o relatare pe înțelesul tuturor a acestor cercetări. În timp ce cărți despre cosmologie sau teoria corzilor existau din abundență, una despre studiul naturii cuantice a spațiului și timpului, în particular despre gravitația cuantică cu bucle, lipsea. Multă vreme am ezitat, fiindcă voiam să mă concentrez asupra cercetării. Acum câțiva ani, după ce mi-am încheiat cartea de specialitate despre acest subiect, am simțit că, prin activitatea colectivă a numeroși oameni de știință, domeniul s-a maturizat îndeajuns pentru a permite o carte de popularizare. Peisajul pe care-l explorăm e fascinant – de ce l-am ținut ascuns?

Am continuat totuși să amân proiectul, fiindcă nu „vedeam” cartea în minte. Cum să explici o lume lipsită de spațiu și timp? Într-o seară din 2012, aflându-mă la volanul mașinii pe o șosea care mă purta din Italia în Franța, mi-am dat seama că singurul mod de a explica pe înțelesul tuturor modificările în curs ale conceptelor de spațiu și timp era să spun întreaga poveste, de la Democrit până la cuantele de spațiu. La urma urmelor, așa înțelegeam eu întreaga istorie. Am început să plănuiesc cartea în minte chiar atunci, la volan, și entuziasmul meu creștea tot

mai mult, până mi-a răsunat în urechi sirena unei mașini de poliție somându-mă să trag pe dreapta: depășisem cu mult viteza legală. Polițistul italian m-a întrebat politicos dacă nu cumva îmi pierdusem mințile de conduceam cu asemenea viteză. I-am explicat că tocmai găsisem ideea pe care o căutam de multă vreme; polițistul m-a lăsat să plec fără să mă amendeze, și mi-a urat succes cu cartea mea. Iat-o!

Cartea a fost scrisă și publicată în italiană la începutul lui 2014. La scurt timp, am scris câteva articole despre fizica fundamentală pentru un ziar din Italia. Un prestigios editor italian, Adelphi, mi-a cerut o versiune mai amplă a acestor articole, pentru a le publica într-o cărțuție. Așa a apărut *Șapte scurte lecții de fizică*, care, spre marea mea surpriză, a devenit un bestseller internațional și a inaugurat un excelent canal de comunicare cu minunații mei cititori de pretutindeni. Cele *Șapte lecții* au fost deci scrise *după* cartea de față și într-o oarecare măsură reprezintă sinteza celor pe care le veți citi aici. Dacă ați citit *Șapte scurte lecții de fizică* și vreți să aflați mai multe lucruri – să vă adânciți în strania lume pe care o schița acea primă carte publicată –, aici le veți găsi.

Deși partea legată de fizica tradițională e prezentată aici din perspectiva mea personală, ea este larg acceptată. Relatarea cercetărilor actuale în gravitația cuantică reflectă însă felul în care înțeleg eu cele mai recente rezultate. Aceasta e regiunea de la granița dintre ceea ce am înțeles și ceea ce încă nu înțelegem, și suntem departe de a ajunge la consens. Unii dintre colegii mei fizicieni vor fi de acord cu ce am scris aici; alții nu. Asta se întâmplă cu orice prezentare a unor cercetări în curs, desfășurate la frontierele cunoașterii, dar eu prefer s-o spun aici clar și fără înconjur: cartea de față nu e o carte despre certitudini, ci una despre aventura unei călătorii în necunoscut. Ea prezintă deci una dintre cele mai spectaculoase călătorii

făcute de umanitate: o călătorie dincolo de limitele viziunii noastre înguste asupra realității, către o înțelegere tot mai vastă a structurii lucrurilor. O călătorie magică dincolo de perspectiva noastră comună asupra lucrurilor – una departe de a se fi încheiat.

Marsilia, 4 mai 2016

O plimbare pe malul mării

Suntem obsedați de noi înșine. Studiem istoria *noastră*, psihologia *noastră*, filozofia *noastră*, literatura *noastră*, zeii *noștri*. Mare parte din știința noastră se învâрте în jurul omului, de parcă el ar fi lucrul cel mai important din univers. De aceea îmi și place fizica, fiindcă deschide o fereastră prin care putem privi în depărtare. Fiindcă îmi dă senzația că în casă pătrunde aer proaspăt.

Ceea ce vedem dincolo de fereastră nu poate decât să ne minuneze. Am aflat extrem de multe lucruri despre univers. De-a lungul secolelor am recunoscut multe dintre erorile pe care le-am făcut. Credeam că Pământul e plat și că stă nemișcat în centrul universului. Că universul e mic și rămâne neschimbat. Credeam că oamenii sunt o specie aparte, neînrudită cu celelalte animale. Am aflat că există cuarci, găuri negre, particule de lumină, unde ale spațiului și formidabile structuri moleculare în fiecare celulă a corpului nostru. Omenirea e ca un copil care crește și descoperă cu stupoare că lumea nu se reduce la odăița lui și la locul lui de joacă, ci e vastă și există nenumărate lucruri de descoperit și de cunoscut, diferite de cele printre care a crescut. Universul e multiform și nesfârșit, iar noi continuăm să-i descoperim mereu alte aspecte. Cu cât aflăm mai multe despre lume, cu atât suntem mai uluiți de varietatea, frumusețea și simplitatea sa.

Dar cu cât descoperim mai multe, cu atât ne dăm seama totodată că ceea ce nu știm încă reprezintă mai mult decât ce

am înțeles deja. Cu cât telescoapele noastre sunt mai puternice, cu atât vedem mai multe ceruri stranii și neașteptate. Cu cât privim mai mult detaliile minuscule ale materiei, cu atât descoperim structuri mai profunde. Astăzi vedem aproape până la big bang, marea explozie din care acum 14 miliarde de ani au luat naștere toate galaxiile de pe firmament; dar începem deja să întrezărim că există ceva dincolo de big bang. Am aflat că spațiul se curbează, și deja începem să întrezărim că acest spațiu e țesut din granule cuantice care vibrează.

Cunoștințele noastre despre gramatica fundamentală a lumii continuă să sporească. Dacă încercăm să punem laolaltă ce am aflat despre lumea fizică de-a lungul secolului XX, indiciile trimit la ceva profund diferit de ideile despre materie și energie, despre spațiu și timp, predate în școală. Se ivește o structură fundamentală a lumii în care nu există timp și nu există spațiu, o structură generată de o forfotă continuă de evenimente cuantice. Câmpurile cuantice desenează spațiul, timpul, materia și lumina, schimbând informație între un eveniment și altul. Realitatea este o rețea de evenimente granulare: dinamica ce le leagă e probabilistică; între un eveniment și altul, spațiul, timpul, materia și energia sunt topite într-un nor de probabilități.

Această nouă și stranie lume își face astăzi apariția treptat din studiul principalei probleme nerezolvate din fizica fundamentală: *gravitația cuantică*. Anume de a sintetiza în chip coerent tot ce am înțeles despre lume prin intermediul celor două mari descoperiri ale secolului XX, relativitatea generală și teoria cuantică. *Gravitației cuantice* și straniei lumi pe care ne lasă s-o întrezărim cercetarea ei îi este dedicată cartea de față.

Cartea relatează pe viu cercetările aflate în curs: ce învățăm, ce știm și ce ni se pare azi că începem să înțelegem despre natura fundamentală a lucrurilor. Ea începe de la originile îndepărtate ale câtorva idei esențiale care ne permit astăzi să

punem ordine în gândurile noastre despre lume. Prezintă cele două mari descoperiri ale secolului XX, teoria relativității generale a lui Einstein și mecanica cuantică, încercând să pună în lumină miezul conținutului lor fizic. Înfățișează imaginea lumii ce se ivește astăzi din cercetările în domeniul gravitației cuantice, ținând seama de ultimele indicii date de natură, cum ar fi confirmările modelului cosmologic standard obținute de satelitul Planck (2011) și faptul că experimentele desfășurate la CERN (2013) n-au reușit să pună în evidență particulele supersimetrice, așteptate de mulți. Discută consecințele următoarelor idei: structura granulară a spațiului, dispariția timpului la scară foarte mică, fizica big bang-ului, originea căldurii găurilor negre, până la rolul pe care pare să-l joace informația în fundamentele fizicii.

În celebrul mit al peșterii, povestit de Platon în Cartea VII din *Republica*, oamenii ținuți în lanțuri în fundul unei peșteri întunecoase nu pot vedea decât umbrele proiectate de un foc aflat în spate pe un perete din fața lor. Ei cred că asta e realitatea. Unul dintre ei reușește să scape, iese afară și descoperă lumina soarelui și lumea nemărginită. La început lumina îl orbește, îl buimăcește: ochii lui nu sunt deprinși cu ea. Dar în cele din urmă reușește să vadă și se întoarce fericit la tovarășii săi pentru a le spune ce a văzut. Tovarășii se lasă greu convingși.

Noi ne aflăm cu toții în fundul unei peșteri, legați cu lanțurile ignoranței, ale prejudecăților noastre, iar slabele noastre simțuri ne arată doar umbre. Încercarea de a vedea mai departe ne buimăcește: nu suntem obișnuiți. Încercăm totuși. Iar știința tocmai asta este. Gândirea științifică explorează și redesenează lumea, oferindu-ne o imagine din ce în ce mai bună asupra ei și învățându-ne s-o concepem în chip mai adecvat. Știința este o continuă explorare a unor forme de gândire. Forța ei constă în capacitatea vizionară de a doborî idei preconcepute, de a dezvălui noi teritorii

ale realului și de a construi noi imagini ale lumii, mai adecvate. Această aventură se sprijină pe întreaga cunoaștere acumulată, dar sufletul ei e schimbarea. Privirea țintește tot mai departe. Lumea e nesfârșită și caleidoscopică; vrem să mergem s-o vedem. Suntem cufundați în misterul și frumusețea ei, iar dincolo de orizont sunt teritorii încă neexplorate. Incertitudinea în care ne aflăm scufundați, precaritatea noastră, suspendată deasupra imensului abis al lucrurilor pe care nu le cunoaștem, nu ne face viața fără rost, ci o face neprețuită.

Am scris această carte pentru a povesti ce reprezintă pentru mine miracolul acestei aventuri. Am scris-o cu gândul la un cititor care nu știe nimic despre fizică, dar e curios să afle ce anume înțelegem astăzi și ce nu din țesătura fundamentală a lumii, și încotro se îndreaptă căutările noastre. Precum și pentru a încerca să transmit acea frumusețe, care îți taie răsuflarea, proprie panoramei asupra realității vizibile din această perspectivă.

Am scris-o și cu gândul la colegii mei, tovarăși de călătorie din întreaga lume, sau la tinerii pasionați de știință care vor s-o apuce pe aceeași cale. Am încercat să prezint panorama generală a structurii lumii fizice, privită în dubla lumină a relativității și fizicii cuantice, așa cum cred eu că ar putea fi combinate. Nu e însă doar o carte de popularizare, ci și una menită să articuleze un punct de vedere coerent, într-un domeniu de cercetare în care caracterul tehnic abstract al limbajului riscă uneori să oculteze viziunea de ansamblu. Știința e alcătuită din experimente, ipoteze, ecuații, calcule și lungi discuții, dar toate acestea nu sunt decât instrumente, aidoma instrumentelor muzicale. Până la urmă, ceea ce contează în muzică e muzica însăși, iar ceea ce contează în știință este înțelegerea lumii pe care știința o poate oferi. Pentru a înțelege semnificația descoperirii că Pământul se învâрте în jurul Soarelui n-avem nevoie să pătrundem în complicatele calcule ale lui Copernic; pentru a înțelege însemnătatea descoperirii potrivit căreia toate ființele vii de pe planeta noastră au aceiași strămoși

nu e nevoie să urmărim complexe argumentări ale cărții lui Darwin. Știința înseamnă a citi lumea dintr-o perspectivă din ce în ce mai amplă.

În această carte înfățișez starea actuală a cercetării acestei noi imagini a lumii, așa cum o înțeleg eu astăzi, încercând să-i pun în lumină nodurile esențiale și legăturile logice. Așa cum aş povesti-o unui coleg și prieten care m-ar întreba: „Care crezi tu că este adevărata natură a lucrurilor?“, în timpul unei plimbări pe malul mării dintr-o lungă noapte de vară.