

**GĂURI
ALBE**

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: Structura fundamentală a lucrurilor* (2014; Humanitas, 2019), *Ordinea timpului* (2014; Humanitas, 2019), *Anaximandru din Milet sau nașterea gândirii științifice* (2015; Humanitas, 2023) și *Helgoland: Cum să înțelegem teoria cuantică* (2020; Humanitas, 2021) s-au bucurat de un mare succes internațional, fiind traduse în peste patruzeci de limbi.

**CARLO
ROVELLI**

**GĂURI
ALBE**

ÎNĂUNTRUL ORIZONTULUI

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 Artprint

Carlo Rovelli
Buchi bianchi. Dentro l'orizzonte
Copyright © 2023 Adelphi Edizioni s.p.a. Milano
All rights reserved.

© HUMANITAS, 2024, pentru prezenta versiune în limba română

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
Rovelli, Carlo
Găuri albe: înăuntrul orizontului/
Carlo Rovelli; trad. din italiană de Liviu Ornea. –
București: Humanitas, 2024
ISBN 978-973-50-8251-2
I. Ornea, Liviu (trad.)
52
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

Cuprins

PARTEA ÎNTÂI — 11

PARTEA A DOUA — 59

PARTEA A TREIA — 85

Note — 125

Credite fotografice — 131

*Francescăi, cu care am împărtășit
știința și visurile*

Cea mai frumoasă experiență posibilă e senzația misterului. Este emoția fundamentală, leagănul adevăratei arte și al adevăratei științe. Cine nu știe acest lucru și nu mai e în stare să se mire e ca și mort, ochii lui sunt acoperiți. — Albert Einstein

PARTEA ÎNTÂI

1

Pasul dificil e începutul. Primele cuvinte deschid un spațiu. Asemenea primei priviri ale fetei de care tocmai ne îndrăgostim: într-un surâs abia schițat se joacă o viață. Am ezitat înainte să încep să scriu. Ieșeam la plimbare în pădurea din spatele casei de-aici, din Canada, încă nu știu bine încotro s-o iau.

De câțiva ani, cercetările mele s-au concentrat asupra găurilor albe, surorile mai mici și mai problematice ale găurilor negre. Aceasta e cartea mea despre găurile albe. Încerc să povestesc cum sunt făcute găurile negre, acelea pe care le vedem cu sutele pe cer. Ce se întâmplă la marginea acestor stele ciudate, la *orizont*, acolo unde timpul pare să încetinească până la a se opri, iar spațiul pare să se deșire. Apoi jos, mai înăuntru, în regiunile interioare, până acolo unde timpul și spațiul se contopesc. Până acolo unde pare că ricoșezi înapoi în timp. Până acolo unde se nasc găurile albe.

e povestea unei aventuri în desfășurare. ca în cazul oricărui început de călătorie, nu știu bine unde ne va duce. după acel prim surâs, nu pot întreba unde vom locui împreună... am în minte un plan de zbor: ajungem la marginea orizontului. intrăm. coborâm până la capăt. traversăm fundul – ca alice oglinda –, reintrăm în gaura albă. ne întrebăm ce se întâmplă dacă timpul o ia înapoi... în fine, ieșim din nou să vedem stelele, chiar stelele noastre, după un timp care înseamnă o clipă și totodată milioane de ani. sau timpul necesar pentru a citi aceste puține pagini.

mă urmăriți?

*

La mine în birou, la Marsilia, Hal e în picioare, la tablă. Eu stau la birou, în scaunul meu mare care se înclină, cu coatele pe masă, ochii țintă la el. Pe fereastră intră lumina limpede, orbitoare, a Mediteranei. Așa începe aventura mea cu găurile albe.

Hal e american, cred că are și-un pic de sânge che-rokee. Poate că tocmai acest sânge îi dă blândețea cu care-și temperează strălucirea ideilor. Azi predă într-o facultate, dar pe vremea aceea era încă student. Amabil, precis, o fire liniștită de băiat foarte matur. Încearcă să-mi spună ceva ce eu nu înțeleg. O idee despre ce i se poate întâmpla unei găuri negre atunci când se apropie de capătul lungii sale vieți.

Îmi amintesc cuvintele lui: ecuațiile lui Einstein nu se schimbă dacă ricoșăm timpul; pentru a ricoșa, inversăm timpul și lipim soluțiile. Nu pricep.

Apoi, dintr-odată, înțeleg ce vrea să spună. Wow! (Eu sunt italian, nu stau liniștit ca un cherokee.) Mă duc la tablă și fac un desen. Inima îmi bate cu putere.

Se gândește: da, cam asta e. Eu: e o gaură neagră care se transformă în albă printr-un *efect tunel* cuantic în interior, dar exteriorul poate rămâne la fel... Stă un pic pe gânduri: da... nu știu... ce crezi, ar putea funcționa?

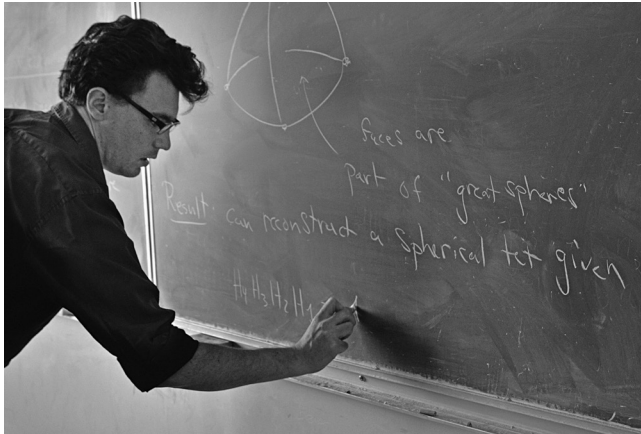
A funcționat. În teorie, cel puțin. Au trecut nouă ani de la discuția aceea în lumina limpede din Marsilia. Am continuat să lucrez la ipoteza conform căreia găurile negre se pot transforma în găuri albe. Alături de mine, colegi și studenți, din ce în ce mai mulți. Ideea mi se pare foarte frumoasă. Despre această idee vreau să povestesc.

Nu știu dacă e corectă. Nici măcar nu știu dacă găurile albe chiar există în realitate. Despre găurile negre știm foarte multe – le vedem –, găuri albe încă n-a văzut nimeni.

Când studiam la Padova pentru doctorat, făceam cursul de fizică teoretică cu Mario Tonin: ne spunea că, în opinia lui, bunul Dumnezeu citește în fiecare săptămână *Physical Review D*, celebra revistă de fizică. Și când găsește o idee pe placul lui, pac!, o pune-n practică, rearanjând legile universale.

Dacă așa stau lucrurile, mi-ar plăcea s-o faci, Doamne: fă Tu ca găurile negre să sfârșească prin a fi găuri albe...

*



Hal

recitesc ce-am scris. povestea primei mele întâlniri cu găurile albe. vreau să explic totul pe-ndelete. ce sunt obiectele despre care vorbim Hal și cu mine. ce știm, ce *nu* știm. cărei probleme încercăm să-i dăm de capăt. care e ideea lui Hal, ce presupune. ce înseamnă să inversezi timpul (nimic complicat) și ce înseamnă că timpul are o direcție (asta e mai complicat).

dacă mă urmărești, ajungem până la marginea orizontului unei găuri negre, intrăm, coborâm până jos, în fund, acolo unde spațiul și timpul se topesc unul în celălalt, traversăm, pătrundem în gaura albă, unde timpul e inversat, și de-acolo ieșim în viitor.

să pornim deci către găurile albe.

Mai degrabă, nu: să pornim către găurile negre. Ca să înțelegem ce sunt găurile albe trebuie mai întâi să știm bine ce sunt cele negre. Ce e o gaură neagră?

Primul care a greșit a fost Einstein. În 1915, după zece ani de studiu nebunesc și disperat, Albert Einstein publică ecuațiile finale ale teoriei sale celei mai importante, relativitatea generală, care se învață azi în toate universitățile lumii.

Nu trec decât puține săptămâni și primește o scrisoare de la un coleg mai tânăr, Karl Schwarzschild, pe-atunci locotenent în armata germană, care avea să moară câteva săptămâni mai târziu din cauza lipsurilor din timpul războiului de pe frontul de est.*

Scrisoarea se încheie cu următoarele cuvinte minunate: „După cum vedeți, în ciuda focurilor de armă care nu încetează o clipă, războiul a fost atât de amabil cu mine ca să-mi îngăduie să mă îndepărtez de toate și să fac această plimbare prin ținutul ideilor dumneavoastră.“ O plimbare prin ținutul ideilor dumneavoastră.

Plimbarea lui Schwarzschild prin ținutul ideilor lui Einstein, în pauzele dintre luptele de pe frontul de est, printre cadavre de tineri germani și ruși măcelăriți de prostia umană, care lovea atunci ca și acum – să mori pentru o graniță, ce poate fi mai

* A murit din cauza unei boli autoimune: *pemphigus*.

stupid? –, produsese o soluție exactă a ecuațiilor pe care Einstein abia le publicase.

Aceste ecuații (singura formulă din cărticica mea *Șapte lecții de fizică*) l-au costat scump: le găsim urma într-o serie de articole, fiecare cu altă versiune a ecuațiilor, toate greșite. Nu devii Einstein dacă n-ai curajul să publici lucruri greșite.

Dar în 1915 ecuațiile sunt, în sfârșit, corecte. Acelea care în deceniile următoare i-au convins pe fizicieni să-și revizuiască ideile despre natura timpului și a spațiului, să înțeleagă că ceasurile merg mai repede pe munți decât la câmpie, că universul se află în expansiune, că există unde de spațiu etc. Ecuațiile pe care le folosim azi ca să studiem cosmosul, probabil cele mai frumoase din fizică.

În aceste pagini vom întreține un raport strâns, dar complicat, cu aceste ecuații: vor fi călăuză noastră, cum e Virgiliu pentru Dante, fiindcă ele rezumă tot ce am înțeles mai bine despre spațiu, timp și gravitație. Sunt instrumentul nostru de cunoaștere. Ne spun la ce să ne așteptăm pe marginea unei găuri negre și în interiorul ei. Ne spun ce sunt găurile albe. Ne arată calea pe care să traversăm peisaje ciudate. Dar întreaga semnificație a poveștii pe care pornesc să v-o spun e să reușim să vedem ce se petrece *acolo unde aceste ecuații nu mai funcționează*. Acolo unde suntem nevoiți să le abandonăm. Așa e știința.

La jumătatea drumului, va trebui să abandonăm călăuzirea liniștitoare a acestor ecuații și să ne lăsăm

fermecați de ceva mai atrăgător. La urma urmei, o face și Dante la jumătatea călătoriei sale: și el îl părăsește pe Virgiliu și se lasă prins de ceva mai atrăgător.

Să revenim la Schwarzschild. Soluția pe care o anunță în scrisoarea către Einstein se află azi în toate manualele universitare. Descrie ce se întâmplă cu spațiul și cu timpul în vecinătatea unei mase; de exemplu, în jurul Soarelui sau al Pământului. Efectul gravitației e curbarea spațiului și timpului (peste puțin voi încerca să spun asta mai precis). Această curbare a spațiului și timpului e responsabilă pentru căderea corpurilor spre Pământ și pentru rotația planetelor în jurul Soarelui: e cauza forței gravitaționale.

Problema studiată de Schwarzschild era felul în care se mișcă lucrurile ca efect al gravitației în jurul a ceva greu, ca Soarele ori Pământul. E aceeași problemă al cărei studiu, cu trei secole în urmă, l-a condus pe Newton să deschidă calea științei moderne. Einstein și Schwarzschild îl corectează pe Newton: îmbunătățesc predicțiile sale despre cum se mișcă obiectele în jurul unor mase.

Însă, dincolo de acea corecție mică privind mișcarea planetelor, soluția găsită de Schwarzschild prescrie și ceva radical nou și foarte ciudat. Dacă masa e extrem de concentrată, în jurul ei se formează o coajă, o suprafață sferică unde totul devine bizar: ceasurile – care întotdeauna încetinesc în apropierea unei mase – aici chiar se opresc. Timpul îngheață. Nu se mai scurge. Cât despre spațiu, acesta se extinde în direcția masei,