

CE A FOST ÎNAINTE
DE BIG BANG?

Martin Bojowald s-a născut în 1973 la Jülich, în Germania. A studiat fizica la Universitatea din Aachen, unde și-a susținut și doctoratul în anul 2000. După ce a lucrat câțiva ani la Institutul Max Planck pentru Fizica Gravitației de la Potsdam, a obținut o bursă postdoctorală la Universitatea de Stat din Pennsylvania, unde în prezent este profesor. A avut contribuții de pionierat în gravitația cuantică cu bucle și este inițiatorul cosmologiei cuantice cu bucle.

MARTIN BOJOWALD

CE A FOST ÎNAINTE
DE BIG BANG?

O istorie întregă a universului

Traducere din engleză de
VLAD ZOGRAFI

 HUMANITAS
BUCUREȘTI

Redactor: Oana Bârna
Coperta: Ioana Nedelcu
Tehnoredactor: Manuela Măxineanu
Corector: Ioana Vilcu
DTP: Corina Roncea, Dan Dulgheru

Lucrare executată la Tipografia Everest

Martin Bojowald
Once Before Time. A Whole Story of the Universe
Originally published in German as
Zurück vor den Urknall. Die Ganze Geschichte des Universums
Copyright © S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 2009
All rights reserved.

© HUMANITAS, 2016, pentru prezenta versiune românească

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
Bojowald, Martin
Ce a fost înainte de big bang?: O istorie întreagă a universului /
Martin Bojowald; trad.: Vlad Zografi. – București: Humanitas, 2016
ISBN 978-973-50-4859-4
I. Zografi, Vlad (trad.)
531.5

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: 0372 743 382; 0723 684 194

Prefață

...iar dacă n-o face doar pentru propria-i plăcere, nu-i un artist adevărat.

Oscar Wilde, *Sufletul omului în socialism*

Sunt o mulțime de motive ca un om de știință să scrie o carte adresată publicului larg, și o mulțime de motive să n-o facă. În știință, cercetarea are întâietate, prin ea se făuresc cariere și se dobândesc onoruri. Tot restul înseamnă pierderea unui timp prețios – cel puțin în ochii multor colegi care într-o bună zi ar putea fi puși să-ți evalueze munca.

Dar la ce bun tot progresul științific dacă nu poate fi comunicat? Înțelegem oare cu adevărat lumea dacă n-o putem explica fără să pretindem studii îndelungate și dificile? Să înveți o materie complicată adeseori înseamnă pur și simplu să-i accepti elementele și principiile esențiale, să te obișnuiești cu metodele ei standard de calcul. Adevăratul test al înțelegerii noastre îl trecem abia când cunoștințele pot fi explicate unui neînțiat receptiv, lipsit de idei preconcepute. În acest sens, mecanica cuantică, în ciuda nenumăratelor ei succese și aplicații tehnologice, e departe de a fi înțeleasă (după cum se va vedea în capitolul 3 al cărții de față). A scrie o carte de popularizare este deci un exercițiu de importanță capitală pentru munca unui om de știință.

Mai mult, o carte adresată publicului larg e prilejul cel mai nimerit pentru a ilustra unitatea științei, literaturii și artei. În toate aceste domenii încercăm să ne făurim o reprezentare a lumii și s-o comunicăm. Această unitate, desigur, nu există în realitate, e doar un ideal. Dar o carte ce-și propune să fie larg accesibilă are dreptul să năzuiască spre acest ideal. De aceea

le sunt recunoscător acelora care m-au ajutat să intuiesc acest ideal. În ce privește arta, îi mulțumesc lui Gianni Caravaggio*, cu care am purtat câteva discuții lămuritoare, iar unele dintre lucrările lui sunt reproduse aici. Îi mulțumesc, de asemenea, lui Rüdiger Vaas**, care, de-a lungul anilor, m-a ajutat să înțeleg și să comunic ce am înțeles. El a fost printre primii care au găsit că rezultatele mele științifice merită să prezente publicului larg. Mulți alții, pe care spațiul nu-mi îngăduie să-i pomenesc aici, m-au îndemnat mereu să ies din turnul de fildeș strașnic fortificat al științei.

Această carte n-ar fi apărut fără propunerea lui Jörg Bong, de la Editura S. Fischer, de a o scrie și fără sprijinul permanent al lui Alexander Roesler. Le sunt recunoscător lui Gisele Bendor, Maryam Shaeri și Hannah Williams pentru că au citit părți din manuscris și mi-au făcut sugestii utile. Mulțumesc Departamentului de Fizică al Universității de Stat din Pennsylvania, care creează o atmosferă extrem de plăcută și de stimulative pentru membrii săi. Mi-a acordat un semestru liber, fără să cunoască planurile mele de a scrie o carte! Institutul pentru Graviție și Cosmos al universității mi-a oferit prilejul unor discuții și cercetări multidisciplinare legate de subiectele din această carte. Competența multor colegi de-ai mei a intrat, cel puțin pe căi subliminale, în scrisul meu.

Le mulțumesc lui Elisabeth și Stefan Bojowald pentru lectura critică a primei versiuni a cărții și pentru unele indicații, cum sunt cele privind reprezentările ciclice din arta egipteană. Frumusețea peisajului din munții Eifel, unde își au ei cabana, m-a inspirat în unele pasaje.

Colegiul de Stat, Pennsylvania
aprilie 2008

* Gianni Caravaggio (n. 1968) este un artist plastic italian stabilit în Germania. (N. t.)

** Rüdiger Vaas este un jurnalist german specializat în știință. (N. t.)

Introducere

Cu cât mai abstract e adevărul pe care vrei să-l faci cunoscut, cu atât mai multă osteneală trebuie-va să depui pentru a-ți seduce simțurile de partea lui.

Nietzsche, *Dincolo de bine și de rău**

Știința a urmărit dintotdeauna să ajungă la o cunoaștere cât mai cuprinzătoare a legilor lumii noastre, la o descriere cât mai limpede a ceea ce vedem și experimentăm, să se apropie cât mai mult de ceea ce poate fi considerat adevărul – pe o cale nesubiectivă, singura pe care o ia în considerare.

În cursul ultimului secol, cercetările din fizică au izbutit să clădească edificii teoretice impunătoare: mecanica cuantică și relativitatea generală. A devenit posibilă înțelegerea naturii la scară mare și la scară mică, de la întregul univers, în cosmologie, până la molecule, atomi, ba chiar și particule elementare, prin mijloacele teoriei cuantice. Au rezultat descrieri precise și pătrunzătoare ale unui spectru larg de fenomene, confirmate spectaculos de observații. Cosmologia universului timpuriu a cunoscut, mai cu seamă în ultimul deceniu, un succes impresionant.

Dincolo de relevanța lui tehnologică în aproape toate aspectele vieții de zi cu zi, progresul științific se vedește limpede în faptul că anumite domenii ale cercetării au atins probleme care, tradițional, țineau de filozofie (dând naștere termenului „metafizică experimentală“, creat de fizicianul și filozoful Abner Shimony). De la Aristotel încoace, rostul tuturor teoriilor a fost

* Traducere de Francisc Grünberg, Editura Humanitas, București, 1991. (N. t.)

să lămurească fenomenele generale și să explice cauzele lor, iar nu să adune fragmente de cunoaștere disparate. Pe de altă parte, filozofia e în căutarea celor mai adânci origini și principii a tot ce există. În acest sens, contopirea unor teme din fizică și din filozofie poate fi considerată o trăsătură distinctivă a progresului științific. Când conduce la asemenea probleme, fizica dobândește un statut care o îndreptățește să participe la dezbateri de interes mult mai larg și cu consecințe mult mai profunde. În contextul combinării cosmologiei cu teoria cuantică, principala problemă este cea a apariției universului și a fazelor sale timpurii, o problemă care a frământat omenirea de la începuturile filozofiei, ba chiar dinainte.

Alte probleme care i-au preocupat pe gânditori de-a lungul veacurilor, și care rămân de mare însemnătate în teoria cuantică și în relativitatea generală, sunt legate de rolul jucat de observator și de ce anume poate fi observat. În cosmologie, introducerea metodelor de cercetare din fizică a condus la apariția scenariilor empiric testabile pentru întregul univers. Modelul big bang se întemeiază pe relativitatea generală – ca descriere a spațiului, timpului și forței gravitaționale – și pe teoria cuantică, indispensabilă pentru înțelegerea proprietăților materiei în universul timpuriu. Din acestea rezultă o explicație uimitoare pentru apariția întregii materii – nuclee, atomi și toate obiectele compuse, până la galaxii – din faza inițială extrem de fierbinte.

Ajunși în acest stadiu, limitele teoriilor în vigoare devin vizibile. În pofida tuturor succeselor lor, relativitatea generală și mecanica cuantică, așa cum le aplicăm astăzi, nu oferă o descriere completă a universului. Când rezolvăm ecuațiile relativității generale, în speranța de a găsi un model al evoluției în timp a universului și al istoriei lui pe termen lung, ajungem în mod inevitabil într-un punct – așa-numita *singularitate big bang* – în care temperatura universului era infinită. Nu e de

mirare că universul era foarte fierbinte în faza big bang-ului – universul era pe-atunci mult mai mic și mai dens decât acum, deci avea o temperatură mult mai ridicată. Totuși, când o teorie fizică dă un rezultat infinit, înseamnă că ea a fost împinsă dincolo de limitele ei; în aceste condiții, ecuațiile ei își pierd orice semnificație. În cazul modelului big bang, punctul în care ecuațiile își pierd sensul nu trebuie confundat cu începutul lumii, deși adesea lucrurile așa sunt prezentate. Un punct în timp la care ecuațiile matematice dau o valoare infinită nu e începutul (și nici sfârșitul) timpului, ci un loc în care teoria își arată limitele. În ciuda succeselor ei în alte domenii, teoria dată de combinarea relativității generale cu teoria cuantică a materiei rămâne să fie extinsă.

Problema constă în faptul că revoluția din fizica ultimului secol nu a fost încheiată. Teoria cuantică e folosită pentru a descrie materia din univers, dar nu și gravitația și spațiul-timp însuși. Acestea din urmă țin de relativitatea generală, în mare măsură independentă de fizica cuantică. O combinație reușită a teoriei cuantice cu relativitatea generală, chiar și în domeniile spațiului și timpului, ar extinde mult teoriile cunoscute. O asemenea combinație – *gravitația cuantică* – e mai cu seamă importantă pentru descrierea fazei fierbinți big bang a universului, și sperăm să poată explica ce s-a întâmplat la infinitul singularității big bang. Este oare aceasta originea lumii și a timpului, sau a existat ceva înainte? Iar dacă a existat ceva înainte de big bang, ce anume a fost?

Din păcate, gravitația cuantică e extrem de complicată. Chiar și luate separat, relativitatea generală și teoria cuantică se disting printr-un aparat matematic necunoscut ramurilor fizicii dinaintea lor. Mai mult, aceste două domenii folosesc metode matematice foarte diferite. Combinarea teoriilor fizice necesită și unificarea principiilor matematice subiacente, sporind și mai mult gradul lor de dificultate. Din acest motiv, în ciuda deceniilor

de cercetări stăruitoare ale fizicienilor, nu dispunem încă de o teorie cuantică a gravitației complet formulată. Totuși, au apărut, mai ales în ultimii ani, numeroase indicii promițătoare privind proprietățile gravitației cuantice, care pot fi deja analizate. Așa cum se întâmplă adesea în cercetare, situația seamănă cu primele etape din asamblarea unui puzzle, când putem bănuși ce imagine va rezulta, dar ne putem afla și pe o pistă falsă. Cunoștințele actuale ne arată ce ne-ar putea aduce o completare a teoriei fizice – ne permit să întrezărim ce s-a întâmplat pesemne la big bang, ba chiar și înainte de el. Ni se îngăduie să aruncăm o privire către primele momente ale universului și, pentru prima dată, putem analiza felul în care, probabil, a apărut.

În această carte sunt explicate rezultate recente ale teoriei și planuri pentru observațiile prin satelit, subliniindu-se cât de mult ar putea ele schimba perspectiva noastră. Gravitația cuantică cu bucle [*loop quantum gravity*], unul dintre candidații pentru combinarea relativității generale cu teoria cuantică, ne-a oferit primele rezultate privind o descriere nesingulară a big bang-ului. Conform ei, universul a existat înainte de big bang și putem estima în linii mari cum se deosebea el de ceea ce vedem acum. Prin influența ei asupra etapelor ulterioare de expansiune cosmică, detectabile în observații de mare finețe, această preistorie a universului poate fi explorată. Cartea de față consemnează cercetările autorului în această direcție, după care urmează o discuție privind găurile negre, care prezintă, de asemenea, efecte fascinante. Capitolele de la sfârșit se referă și la alte teme ținând de înțelegerea generală a universului, între care cosmogonia, problema timpului și a direcției sale și așa-numita „teorie universală“. În paralel cu prezentarea progresului științific, va apărea, din perspectivă personală, și latura umană a cunoașterii, prin exemple din cercetările actuale.

Deși teoria implicată aici face apel la o matematică avansată, multe calcule pot fi de pe-acum înțelese intuitiv. Intuiția nu e

folositoare doar în explorarea unui teritoriu necunoscut, ci permite și explicații simple. După cum sugerează citatul din Nietzsche de la începutul introducerii, această carte își poate atinge ținta fără a recurge la formalismul matematic, cu excepția unei singure ecuații esențiale din capitolul 4. Cu toate că nu

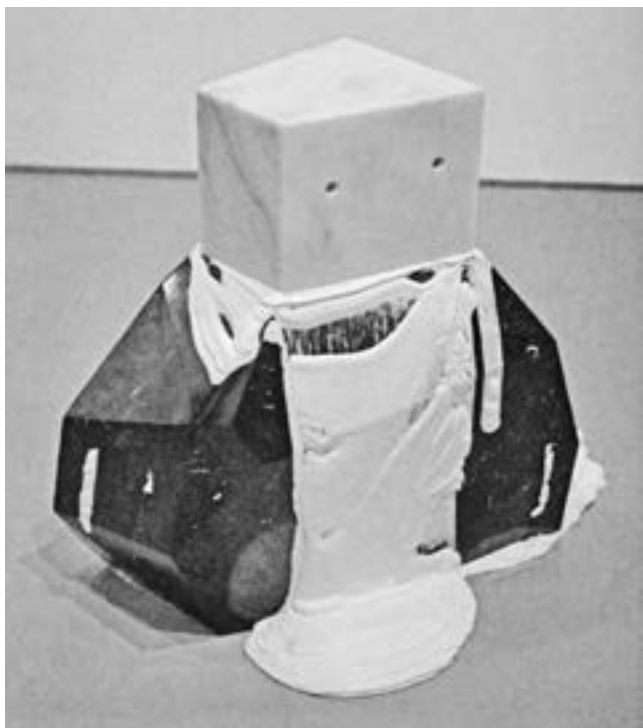


Figura 1. *Piatra filozofală se topește. La o cercetare mai atentă, ceea ce credem că e o cunoștință certă s-ar putea dovedi că necesită corecții. Evaluarea rezultatelor sau perspectivelor științei trebuie să țină cont de limitele ei. Deseori, aceste limite sunt mai importante chiar decât rezultatele stabilite, căci ele ne arată calea spre noi descoperiri.* (Sculptură de Gianni Caravaggio: Spreco di energia assoluta [Irosire absolută de energie], 2006. Fotografie de Robert Marossi.)

ne putem dispensa de matematică dacă vrem să înțelegem până la capăt problemele care stau la baza acestei cărți, o percepere intuitivă e posibilă fără un efort prea mare. Nu întotdeauna va fi evident de ce lucrurile stau într-un fel, și nu în altul, dar, dacă aveți încredere în călăuza care vă însoțește, legăturile pot fi întrezărite.

Se cuvine totuși să facem o precizare. Multe domenii de cercetare din gravitația cuantică rămân încă la nivelul speculațiilor. Spre deosebire de prima jumătate a secolului trecut, perioada în care s-au dezvoltat relativitatea generală și mecanica cuantică, nu există deocamdată observații care să fie coroborate cu formulările teoretice ale gravitației cuantice. Ceea ce stimulează acum cercetarea e un ansamblu eterogen de considerații conceptuale privind incompletitudinea relativității generale și de condiții de consistență matematică în formularea ecuațiilor. De pildă, nu există nici o garanție că din combinarea unor metode matematice, așa cum le folosim în relativitatea generală și în fizica cuantică, vor rezulta soluții pentru o descriere realistă a universului. Instrumentele matematice sunt atât de restrictive, încât formularea unei teorii cu soluții rezonabile ar reprezenta în sine un succes imens. Dacă pot exista și alte teorii rezonabile este o altă problemă, neînțeleasă pe deplin deocamdată. Aceasta demonstrează fragilitatea pilonilor pe care se susține în prezent gravitația cuantică. Avem totuși motive de optimism, căci numeroase dovezi independente, cum sunt cele prezentate în această carte, sunt convergente. Mai mult, ne așteptăm ca observațiile cosmologice din viitorul nu prea îndepărtat să poată dezvălui fenomene prezise de gravitația cuantică. Aceste posibile observații, prezentate și ele în cartea de față, ar putea face în cele din urmă din gravitația cuantică o teorie testată empiric.

Stadiul actual al gravitației cuantice seamănă cu etapele de început ale dobândirii unui nou teritoriu. Matematica săvârșește opera de pionierat de a deschide noi domenii dincolo de

frontierele stabilite. În cazul nostru, aceste frontiere sunt cele ale universului și timpului. Matematica servește, de asemenea, la explorarea pământurilor cucerite, dar, într-o știință empirică așa cum e fizica, aceste pământuri pot fi luate în stăpânire și deveni sigure doar prin observații. Sarcina aceasta rămâne de îndeplinit pentru gravitația cuantică, un teritoriu încă primejdios, în care te poți lesne rătăci sau poți fi înghițit în mlaștinile speculației.

Pentru a stăpâni un asemenea teritoriu e nevoie de o smerenie față de natură, care nu se manifestă întotdeauna. Deseori, fizicienii vorbesc cu o încredere excesivă (uneori chiar cu aroganță), dar, atunci când e vorba de o lege a naturii, nu trebuie să uităm că: „S-ar putea să fie corectă, s-ar putea să fie greșită. Dacă nu e corectă, omul de știință e de vină, nu natura.“¹ Fizicianul construiește legile naturii și e răspunzător dacă ele nu funcționează. Nimeni nu se supune fizicianului, și cu atât mai puțin natura. Acest lucru e adevărat mai cu seamă pentru schițe teoretice așa cum e gravitația cuantică. Până când observațiile ne vor arăta dacă natura manifestă măcar un minim respect față de legile care i se impun, intuiția ne va fi călăuză în acest teritoriu necunoscut – într-o cutezătoare călătorie în timp care ne va duce înainte de big bang.

CAPITOLUL 1

Gravitația

Atracția masei

De-mi cade de la geam ceva
(oricât de mic ar fi), ce tare,
o, legea gravitației, așa
ca vântul mării, peste-oricare
balon sau bob se-azvârle, ca
în mijlocul pământului să-l ia.

Rainer Maria Rilke, *Ceaslovul**

Pe distanțe mari, universul e guvernat de legea gravitației. În fizică, acțiunea unei forțe e cauza mișcării sau a oricărei forme de transformare. Repausul total e posibil doar atunci când nu acționează nici o forță netă. Acest lucru se poate întâmpla, de pildă, în absența oricărei materii – o stare numită vid. Numai că materia există, iar masa ei face să apară forțe gravitaționale care acționează asupra altor mase. Pentru a se ajunge, cel puțin aproximativ, la stări de repaus, toate forțele care acționează trebuie să se compenseze reciproc. În afară de gravitație, trebuie să ținem cont de forțele electrică și magnetică, precum și de două tipuri de forțe numite interacția tare și interacția slabă, care domnesc pe tărâmul particulelor elementare.

Forța electrică e compensată pe distanțe mari datorită existenței sarcinilor pozitive și negative, care se neutralizează reciproc, iar forțele care apar în interiorul nucleelor acționează doar la distanțe extrem de scurte. Prin urmare, la distanțe mari se simte numai efectul gravitației. Ea guvernează atracția generală a maselor și a distribuțiilor de energie din spațiu, dictând astfel

* Traducere de Mihai Nemeș, Editura Paralela 45, Pitești, 2007. (N. t.)

comportamentul universului însuși. Spre deosebire de cazul electricității, nu există mase negative: atracția gravitațională nu poate fi complet compensată. Odată ce se formează obiecte masive, cum sunt stelele sau galaxiile, interacția gravitațională rezultantă controlează tot ce se întâmplă. Proprietățile acestei atât de bine cunoscute forțe – de multe ori ignorată în cercetările recente, dar care în cosmologie și în problemele legate de găurile negre produce efecte stranii – sunt subiectul cărții de față.

Legea newtoniană a gravitației: Acțiunea la distanță și un neajuns fatal

Prima lege generală a gravitației a fost formulată de Isaac Newton. Așa cum s-a întâmplat cu multe descoperiri importante din domeniul gravitației, dezvoltarea teoriei a presupus o perspectivă comună asupra bine cunoscutelor fenomene de pe Pământ și asupra unui mare număr de observații complicate ale obiectelor din spațiu – Luna și unele planete. Acestea din urmă au fost posibile grație unor tehnologii care, la vremea aceea, erau foarte sofisticate, iar cercetările teoretice, la rândul lor, au stimulat crearea de noi instrumente. În multe domenii ale științei, și în special în cercetările legate de gravitație, combinarea întrebărilor fundamentale cu aplicațiile tehnologice s-a dovedit mereu fructuoasă.

Încă înainte de Newton, mulțimea datelor acumulate de astronomi precum Tycho Brache și Johannes Kepler a fost ordonată sub forma unui model al sistemului solar. De la Copernic și Kepler, în linii mari, modelul a rămas neschimbat până în zilele noastre: planetele orbitează în jurul Soarelui de-a lungul unor traiectorii care, cu o bună aproximație, pot fi considerate elipse (cercuri ușor turtite). Dar ce anume propulsează planetele

Cuprins

<i>Prefață</i>	5
Introducere	7
1. Gravitația	15
2. Teoria cuantică	50
3. Un interludiu despre rolul matematicii.	81
4. Gravitația cuantică	90
5. Cosmologia observațională	154
6. Găurile negre	198
7. Săgeata timpului	255
8. Cosmogonia	270
9. O singură lume	300
10. O teorie universală?	317
11. Limitele științei și noblețea naturii.	324
Note	331