

SCURTĂ ISTORIE A TIMPULUI

Stephen W. Hawking s-a născut pe 8 ianuarie 1942, exact în ziua când se împlineau trei sute de ani de la moartea lui Galileo Galilei. După studii la Oxford și un doctorat susținut la Cambridge, Hawking devine titularul Catedrei de matematică de la Cambridge, catedră în fruntea căreia s-a aflat, cu trei secole în urmă, Isaac Newton.

Împreună cu Roger Penrose a elaborat teoria asupra găurilor negre și a demonstrat că, în conformitate cu relativitatea generală, spațiul și timpul trebuie să fi avut un început în marea explozie (Big Bang). În ciuda unei boli care l-a ținut în scaunul cu roțile, Hawking și-a continuat cercetările, aflându-se în prima linie a fizicienilor care caută o teorie unificatoare ce ar explica întregul univers. Pe de altă parte, a publicat lucrări destinate publicului larg, în care a oferit o imagine intuitivă asupra cercetărilor de vârf din fizica fundamentală. Este, probabil, cel mai cunoscut fizician de la Einstein încoace.

La Editura Humanitas au apărut: *Scurtă istorie a timpului* (1994); *Visul lui Einstein și alte eseuri* (1997); *Universul într-o coajă de nucă* (2004); (împreună cu Leonard Mlodinow) *O mai scurtă istorie a timpului* (2007) și *Marele plan* (2012); *Teoria universală. Originea și soarta universului* (2014); (împreună cu Lucy Hawking) *George și cheia secretă a universului* (2009), *George în căutare de comori prin Cosmos* (2010) și *George și Big Bangul* (2012). Biografia sa este relatată și în cartea lui Jane Hawking *Dragostea are 11 dimensiuni: Viața mea cu Stephen Hawking* (trad. rom. Humanitas, 2013); *Scurtă istorie a vieții mele* (trad. rom. Humanitas, 2015).

STEPHEN W. HAWKING

SCURTĂ ISTORIE A TIMPULUI

DE LA BIG BANG LA GĂURILE NEGRE

Traducere din engleză de
Michaela Ciodaru

Introducere de
Carl Sagan

Ilustrații de
Ron Miller

 HUMANITAS
BUCUREȘTI

Cuprins

<i>Mulțumiri</i>	5
<i>Introducere</i>	9
1. Imaginea noastră despre univers	13
2. Spațiul și timpul	28
3. Universul în expansiune	52
4. Principiul de incertitudine	72
5. Particulele elementare și forțele naturii	82
6. Găurile negre	101
7. Găurile negre nu sunt așa de negre	120
8. Originea și soarta universului	136
9. Sensul timpului	166
10. Unificarea fizicii	177
11. Concluzii	194
Albert Einstein	199
Galileo Galilei	201
Isaac Newton	203
<i>Glosar</i>	205

Mulțumiri

Am hotărât să încerc să scriu o carte de popularizare despre spațiu și timp după ce am ținut cursurile Loeb la Harvard, în 1982. Exista deja un număr considerabil de cărți privind începuturile universului și găurile negre, variind de la foarte bune, cum ar fi cartea lui Steven Weinberg *Primele trei minute*, până la foarte proaste, pe care nu le voi numi. Totuși, am simțit că nici una dintre ele nu răspunde întrebărilor care m-au condus la efectuarea cercetărilor în cosmologie și teoria cuantică: De unde vine universul? Cum și când a început? Va ajunge la un sfârșit, și dacă da, cum? Acestea sunt întrebări care ne interesează pe toți. Știința modernă a devenit însă atât de tehnică încât numai un număr foarte mic de specialiști sunt capabili să stăpânească matematica utilizată pentru descrierea lor. Totuși, ideile de bază privind originea și soarta universului pot fi enunțate fără utilizarea matematicii, într-o formă pe care o pot înțelege oamenii care nu au educație științifică. Este ceea ce am încercat să fac în această carte. Cititorul trebuie să judece dacă am reușit.

Cineva mi-a spus că fiecare ecuație pe care o includ în carte va înjumătăți vânzările. Prin urmare, am hotărât să nu existe ecuații. Totuși, în cele din urmă, *am introdus* o ecuație, faimoasa ecuație a lui Einstein, $E = mc^2$. Sper ca aceasta să nu sperie jumătate din cititorii mei potențiali.

În afară de faptul că am fost destul de ghinionist să am ALS, sau boala neuro-motorie, am avut noroc în aproape

toate celelalte privințe. Ajutorul și sprijinul pe care le-am primit de la soția mea Jane și de la copiii mei Robert, Lucy și Timmy au făcut posibil să duc o viață cât se poate de normală și să am o carieră reușită. Am mai fost norocos pentru că am ales fizica teoretică, deoarece aceasta este toată numai gândire. Astfel că invaliditatea mea nu a reprezentat un handicap serios. Colegii mei din domeniul științei mi-au fost, fără excepție, de cel mai mare ajutor.

În prima fază „clasică” a carierei mele, asociații și colaboratorii mei principali au fost Roger Penrose, Robert Geroch, Brandon Carter și George Ellis. Le sunt recunoscător pentru ajutorul pe care mi l-au dat și pentru lucrările pe care le-am realizat împreună. Această fază a fost rezumată în cartea *The Large Scale Structure of Spacetime* pe care Ellis și cu mine am scris-o în 1973. Nu sfătuiesc cititorii prezentei cărți să consulte acea lucrare pentru informații suplimentare: este foarte tehnică și aproape de necitit. Sper că de atunci am învățat cum să scriu într-un mod mai ușor de înțeles.

În a doua fază „cuantică” a activității mele, din 1974, colaboratorii mei principali au fost Gary Gibbons, Don Page și Jim Hartle. Le datorez foarte mult lor și studenților mei din cercetare, care mi-au fost de mare ajutor atât în sens concret, cât și din punct de vedere moral. Faptul că a trebuit să țin pasul cu studenții mei a reprezentat un mare stimulent și m-a împiedicat, sper, să mă înțepenesc în rutină.

Pentru această carte am avut un mare ajutor de la Brian Whitt, unul din studenții mei. În 1985, după ce am schițat primul proiect al cărții, am făcut pneumonie. A trebuit să fac o operație de traheotomie datorită căreia nu am mai putut să vorbesc și care m-a făcut să-mi fie aproape imposibil să comunic. Am crezut că nu voi putea să termin cartea. Totuși, Brian nu numai că m-a ajutat să o revizuiesc, dar m-a făcut să utilizez un program de comunicare numit Living Center care mi-a fost donat de Walt Wolosz de la Words Plus Inc., din Sunnyvale, California. Cu acesta am putut

să scriu cărți și lucrări și să vorbesc cu oamenii utilizând un sintetizator de vorbire donat de Speech Plus, tot din Sunnyvale, California. Sintetizatorul și un mic computer personal au fost montate pe scaunul meu cu roțile de David Mason. Acest sistem a schimbat totul: de fapt, pot să comunic acum mai bine decât înainte de a-mi pierde vocea.

Am primit sugestii privind modul de îmbunătățire a cărții de la un mare număr de persoane care au văzut versiunile preliminare. În special Peter Guzzardi, editorul meu de la Bantam Books, mi-a trimis pagini întregi de comentarii și întrebări despre punctele pe care credea că nu le-am explicat cum trebuie. Trebuie să admit că am fost destul de iritat când am primit lista lungă cu lucrurile care trebuiau modificate, dar a avut dreptate. Sunt sigur că această carte este mai bună ca urmare a faptului că m-a pus la treabă.

Sunt foarte recunoscător asistenților mei, Colin Williams, David Thomas și Raymond Laflamme; secretarelor mele Judy Fella, Ann Ralph, Cheryl Billington și Sue Masey; și echipei mele de asistente medicale. Nimic din acestea nu ar fi fost posibil fără suportul acordat pentru cheltuielile mele de cercetare și medicale de Gonville and Caius College, Science and Engineering Research Council (Consiliul de Cercetare Științifică și Tehnică) și Fundațiile Leverhulme, McArthur, Nuffield și Ralph Smith. Le sunt foarte recunoscător.

STEPHEN HAWKING
20 octombrie 1987

Introducere

Ne vedem de viața noastră zilnică neînțelegând aproape nimic despre lume. Ne gândim prea puțin la mecanismul care generează lumina soarelui ce face posibilă viața, la gravitația ce ne ține pe un Pământ care altfel ne-ar trimite învârtindu-ne în spațiu, sau la atomii din care suntem făcuți și de a căror stabilitate depindem fundamental. Cu excepția copiilor (care nu știu destul pentru a nu pune întrebări importante) puțini dintre noi își petrec mult timp întrebându-se de ce natura este așa cum este: de unde vine cosmosul sau dacă a fost întotdeauna acolo; dacă într-o zi timpul va curge înapoi și efectul va preceda cauza; sau dacă există limite ultime pentru ceea ce poate cunoaște omul. Există chiar copii, și eu am întâlnit pe unii dintre ei, care vor să știe cum arată o gaură neagră; care este cea mai mică particulă de materie; de ce ne amintim trecutul și nu viitorul; cum se face, dacă la început a fost haos, că acum există, aparent, ordine; și de ce există un univers.

În societatea noastră încă se mai obișnuiește ca părinții și profesorii să răspundă la majoritatea acestor întrebări cu o ridicare din umeri, sau făcând apel la precepte religioase amintite vag. Unii sunt incomodați de asemenea subiecte, deoarece ele expun atât de viu limitele înțelegerii umane.

Dar multe din rezultatele filozofiei și științei au fost obținute datorită unor astfel de întrebări. Un număr din ce în

ce mai mare de adulți doresc să pună întrebări de acest fel și uneori obțin niște răspunsuri surprinzătoare. La distanță egală față de atomi și stele, noi ne extindem orizonturile de cercetare pentru a le cuprinde pe amândouă: infinitul mic și infinitul mare.

În primăvara lui 1974, cu circa doi ani înainte ca nava spațială Viking să coboare pe Marte, am fost în Anglia, la o întrunire sponsorizată de Societatea Regală din Londra, privind problema modalităților de căutare a vieții extraterestre. Într-o pauză am observat că o întrunire mult mai mare avea loc într-o sală alăturată, în care am intrat din curiozitate. Curând mi-am dat seama că asistam la un vechi ritual: învestitura de noi membri ai Societății Regale, una dintre cele mai vechi organizații științifice ale planetei. În rândul întâi, un tânăr într-un scaun cu roțile își semna, foarte încet, numele într-o carte care purta pe primele pagini semnătura lui Isaac Newton. Când în sfârșit a terminat, au izbucnit ovații emoționante. Încă de atunci Stephen Hawking era o legendă.

Hawking este acum profesor de matematică la Universitatea Cambridge, un post deținut odată de Newton și apoi de P.A.M. Dirac, doi cercetători celebri ai infinitului mare și infinitului mic. El este vrednicul lor succesor. Această primă carte pentru nespecialiști a lui Hawking cuprinde recompense de multe feluri pentru cititorul nespecializat. Tot așa de interesantă ca și conținutul variază al cărții este imaginea pe care o dă asupra funcționării gândirii autorului. În această carte există revelații lucide asupra frontierelor fizicii, astronomiei, cosmologiei și curajului.

Aceasta este, de asemenea, o carte despre Dumnezeu... sau, poate, despre absența lui Dumnezeu. Cuvântul Dumnezeu umple aceste pagini. Hawking pornește în căutarea răspunsului la faimoasa întrebare a lui Einstein dacă Dumnezeu a avut de ales în crearea universului. Hawking încear-

că, așa cum afirmă explicit, să înțeleagă gândirea lui Dumnezeu. Și aceasta face cu atât mai neașteptat rezultatul efortului, cel puțin până acum: un univers fără margini în spațiu, fără început sau sfârșit în timp, și nimic de făcut pentru Creator.

CARL SAGAN
Universitatea Cornell
Ithaca, New York

Imaginea noastră despre univers

Un savant bine cunoscut (unii spun că a fost Bertrand Russell) a ținut odată o conferință publică de astronomie. El a arătat cum pământul se învâртеște în jurul soarelui și cum soarele, la rândul său, se învâртеște în jurul centrului unei colecții vaste de stele numită galaxia noastră. La sfârșitul conferinței sale, o bătrânică din fundul sălii s-a ridicat și a spus: „Ceea ce ne-ați spus sunt prostii. În realitate, lumea este un disc așezat pe spatele unei broaște țestoase gigantice.“ Savantul a avut un zâmbet de superioritate înainte de a replica: „Și pe ce stă broasca țestoasă?“ „Ești foarte deștept, tinere, foarte deștept,“ a spus bătrâna doamnă. „Dar sunt broaște țestoase până jos.“

Majoritatea oamenilor ar găsi ridicolă imaginea universului nostru ca un turn infinit de broaște țestoase, dar de ce credem că noi știm mai bine? Ce știm despre univers, și cum o știm? De unde vine universul și încotro merge? Are universul un început și dacă da, ce s-a întâmplat *înainte* de acesta? Care este natura timpului? Va ajunge el la un sfârșit? Progrese recente ale fizicii, posibile în parte datorită unor tehnologii fantastice, sugerează răspunsuri la unele dintre aceste întrebări vechi. Poate că într-o zi aceste răspunsuri vor părea tot atât de evidente ca și mișcarea pământului în jurul soarelui — sau poate tot așa de ridicole ca un turn de broaște țestoase. Numai timpul (oricare ar fi acesta) ne va spune.

Încă din anul 340 î. Cr., filozoful grec Aristotel, în cartea sa *Despre ceruri*, a putut să ofere două argumente în spri-

jinul credinței că pământul este o sferă rotundă și nu un disc. În primul rând, el și-a dat seama că eclipsele de lună erau produse de pământ, care se afla între soare și lună. Umbra pământului pe lună era întotdeauna rotundă, ceea ce ar fi adevărat numai dacă pământul ar fi sferic. Dacă pământul ar fi fost un disc plat, umbra ar fi fost alungită și eliptică, în afară de cazul în care eclipsa s-ar fi produs întotdeauna în momentul în care soarele era chiar sub centrul discului. În al doilea rând, grecii știau din călătoriile lor că Steaua Polară apare mai jos pe cer când se vede din sud decât când se vede din regiunile mai nordice. (Deoarece Steaua Polară se găsește deasupra Polului Nord, ea îi apare unui observator aflat la Polul Nord chiar deasupra, dar pentru cineva care privește de la ecuator ea pare să se afle chiar la orizont.) Aristotel a efectuat chiar, din diferența dintre pozițiile aparente ale Stelei Polare în Egipt și în Grecia, o evaluare a distanței din jurul pământului, de 400 000 stadii. Nu se știe exact care era lungimea unei stadii, dar probabil a avut circa 200 iarzi, ceea ce face ca estimarea lui Aristotel să fie de două ori mai mare decât cifra acceptată în mod curent. Grecii aveau chiar și un al treilea argument că pământul este rotund, pentru că altfel de ce se văd mai întâi pânzele unei corăbii deasupra orizontului și numai după aceea se vede copastia?

Aristotel credea că pământul era fix, iar soarele, luna, planetele și stelele se deplasează pe orbite circulare în jurul lui. El credea astfel deoarece simțea, din motive mistice, că pământul era centrul universului și că mișcarea circulară era perfectă. Această idee a fost elaborată de Ptolemeu în secolul al doilea d. Cr. într-un model cosmologic complex. Pământul stătea în centru, înconjurat de opt sfere care purtau luna, soarele, stelele și cele cinci planete cunoscute în acel moment: Mercur, Venus, Marte, Jupiter și Saturn (fig. 1.1). La rândul lor planetele se mișcau pe cercuri mai mici atașate unor sfere, pentru a explica traiectoriile lor mai complicate pe cer. Sfera exterioară purta așa-numitele stele fixe, care

stau întotdeauna în aceleași poziții unele față de celelalte, dar care se rotesc împreună pe cer. Ceea ce se găsea dincolo de ultima sferă nu a fost niciodată foarte clar, dar în mod

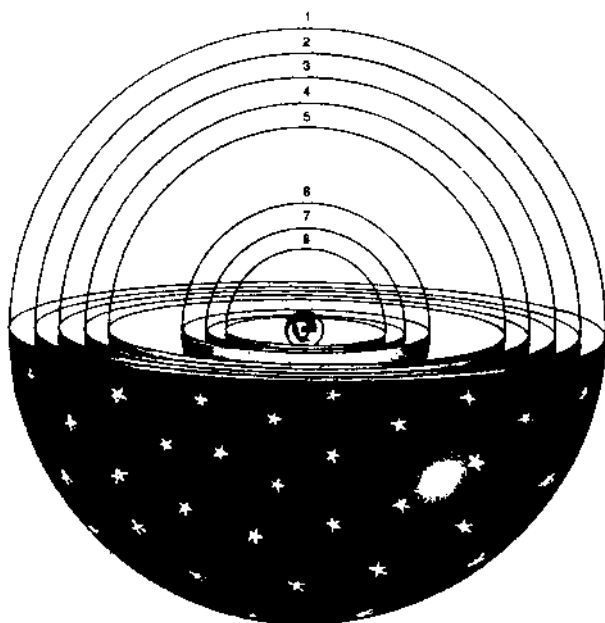


FIGURA 1.1

- | | | |
|------------------------|---------------------|----------------------|
| 1. Sfera stelelor fixe | 2. Sfera lui Saturn | 3. Sfera lui Jupiter |
| 4. Sfera lui Marte | 5. Sfera Soarelui | 6. Sfera lui Venus |
| 7. Sfera lui Mercur | 8. Sfera Lunii | |

sigur nu făcea parte din universul observabil al umanității. Modelul lui Ptolemeu dădea un sistem destul de precis pentru precizarea pozițiilor corpurilor cerești pe cer. Dar, pentru a prezice corect aceste poziții, Ptolemeu a trebuit să facă ipoteza că luna urma o traiectorie care o aducea în unele cazuri la o distanță de două ori mai aproape de pământ decât în altele. Și aceasta însemna că luna trebuia să fie în unele

le cazuri de două ori mai mare decât în altele. Ptolemeu a recunoscut acest punct slab dar, cu toate acestea, modelul era acceptat în general, deși nu universal. El a fost recunoscut de Biserica creștină ca o imagine a universului care era în conformitate cu Scriptura, deoarece avea marele avantaj că lăsa, în afara sferei cu stelele fixe, o mulțime de spațiu pentru rai și iad.

Totuși, în 1514 un preot polonez, Nicholas Copernic, a propus un model mai simplu. (La început, poate de frică să nu fie stigmatizat ca eretic de biserica sa, Copernic a pus anonim în circulație modelul său.) Ideea sa era că soarele era staționar în centru și planetele se mișcă pe orbite circulare în jurul soarelui. A trecut aproape un secol înainte ca această idee să fie luată în serios. Atunci, doi astronomi — germanul Johannes Kepler și italianul Galileo Galilei — au început să sprijine public teoria lui Copernic, în ciuda faptului că orbitele pe care le-a prezis nu se potriveau exact cu cele observate. Lovitura de grație i s-a dat teoriei aristoteliano-ptolemeice în 1609. În acel an, Galilei a început să observe cerul nopții cu un telescop, care tocmai fusese inventat. Când a privit la planeta Jupiter, Galilei a observat că ea era însoțită de câțiva sateliți mici, sau luni, care se roteau în jurul ei. Aceasta însemna că nu orice corp trebuia să se învârtă în jurul pământului, așa cum credeau Aristotel și Ptolemeu. (Desigur, era încă posibil să se creadă că pământul era fix în centrul universului și că lunile lui Jupiter se mișcau pe traiectorii extrem de complicate în jurul pământului, dând aparența că ele se rotesc în jurul lui Jupiter. Totuși, teoria lui Copernic era mult mai simplă.) În același timp, Johannes Kepler a modificat teoria lui Copernic, sugerând că planetele nu se mișcă pe orbite circulare ci eliptice (o elipsă este un cerc alungit). Acum prezicerile se potriveau în sfârșit cu observațiile.

În ceea ce-l privește pe Kepler, orbitele eliptice erau doar o ipoteză ad-hoc, și încă una respingătoare, deoarece elipsele

erau mai puțin perfecte decât cercurile. Descoperind aproape accidental că orbitele eliptice se potrivesc bine observațiilor, el nu a putut să le împace cu ideea sa că planetele erau determinate de forțe magnetice să se miște în jurul soarelui. O explicație a fost dată abia mult mai târziu, în 1687, când Sir Isaac Newton a publicat cartea sa *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, probabil cea mai importantă lucrare care a fost publicată vreodată în științele fizice. În aceasta nu numai că Newton a prezentat o teorie privind modul în care se mișcă corpurile în spațiu și timp, dar a dezvoltat și aparatul matematic complicat, necesar pentru analiza acelor mișcări. În plus, Newton a postulat o lege a gravitației universale conform căreia fiecare corp din univers era atras spre oricare alt corp cu o forță care era cu atât mai mare cu cât corpurile erau mai masive și cu cât erau mai aproape unele de altele. Era aceeași forță care producea căderea obiectelor spre pământ. (Povestea că Newton a fost inspirat de un măr care l-a lovit în cap este aproape sigur apocrifă. Tot ceea ce Newton însuși a spus vreodată a fost că ideea gravitației i-a venit atunci când se afla „într-o stare contemplativă” și „a fost ocazionată de căderea unui măr“.) Conform acestei legi, Newton a arătat că forța gravitațională determină luna să se miște pe o orbită eliptică în jurul pământului, iar pământul și planetele să urmeze traiectorii eliptice în jurul soarelui.

Modelul lui Copernic a renunțat la sferile celeste ale lui Ptolemeu și, o dată cu ele, la ideea că universul are limite naturale. Deoarece „stelele fixe” nu par să-și modifice pozițiile în afară de o rotație pe cer cauzată de rotația pământului în jurul axei sale, a părut natural să se presupună că stelele fixe erau obiecte ca și soarele nostru, dar la distanțe foarte mari.

Newton a înțeles că, în conformitate cu teoria sa privind gravitația, stelele trebuie să se atragă unele pe altele, astfel încât părea că ele nu pot rămâne nemișcate. Nu ar trebui

să cadă toate într-un punct ? Într-o scrisoare din 1691 către Richard Bentley, un alt gânditor de primă mărime din vremea sa, Newton argumenta că aceasta s-ar întâmpla într-adevăr dacă ar exista numai un număr finit de stele distribuite pe o regiune finită a spațiului. Dar el a gândit că dacă, pe de altă parte, ar exista un număr infinit de stele, distribuite mai mult sau mai puțin uniform în spațiul infinit, acest lucru nu s-ar întâmpla, deoarece nu ar exista un punct central către care acestea să cadă.

Acest argument este o ilustrare a capcanelor pe care le puteți întâlni când vorbiți despre infinit. Într-un univers infinit, fiecare punct poate fi privit ca un centru, deoarece fiecare punct are un număr infinit de stele de fiecare parte a sa. Abordarea corectă, care s-a realizat mult mai târziu, este de a considera situația finită în care stelele cad fiecare una pe alta, și apoi de a întreba cum se modifică lucrurile dacă se adaugă mai multe stele distribuite aproape uniform în afara acestei regiuni. Conform legii lui Newton, stelele în plus nu vor produce, în medie, modificări celor inițiale, astfel că stelele vor cădea tot atât de repede. Putem adăuga cât de multe stele dorim, dar ele se vor prăbuși întotdeauna pe ele însele. Știm acum că este imposibil să avem un model static infinit al universului în care gravitația este întotdeauna forță de atracție.

O reflecție interesantă asupra climatului general al gândirii dinaintea secolului al douăzecilea este că nimeni nu a sugerat că universul era în expansiune sau în contracție. Era general acceptat că universul a existat dintotdeauna într-o stare nemodificată sau că el a fost creat la un anumit moment de timp în trecut, mai mult sau mai puțin așa cum îl observăm astăzi. Aceasta s-a putut datora în parte tendinței oamenilor de a crede în adevăruri eterne, ca și mângâierii pe care au găsit-o la gândul că ei pot îmbătrâni și muri, dar universul este etern și nemodificat.