

CE NE SPUNE
FIZICA
DESPRE LUME

Jim Al-Khalili (n. 1962) este profesor de fizică teoretică la Universitatea din Surrey, Marea Britanie. Pe lângă cariera de cercetare în fizică nucleară, s-a dedicat popularizării științei prin articole, cărți, emisiuni radio și TV, devenind una dintre cele mai cunoscute persoane publice din Marea Britanie care prezintă publicului larg cercetările actuale din fizică și cosmologie. Pentru activitatea de popularizare a științei a fost distins cu Medalia Hawking pentru Comunicare Științifică, Premiul Faraday și Medalia Kelvin. Între cărțile sale amintim: *Nucleus: A Trip into the Heart of Matter*, *Quantum: A Guide for the Perplexed*, *Paradox: The Nine Greatest Enigmas in Science* și *Black Holes, Wormholes and Time Machines* (apărută la Editura Humanitas cu titlul *Găuri negre, găuri de vierme și călătoria în timp*).

JIM AL-KHALILI

CE NE SPUNE
FIZICA
DESPRE LUME

Traducere din engleză
de Vlad Zografi

 HUMANITAS
BUCUREȘTI

Redactor: Alexandru David
Coperta: Angela Rotaru
Tehnoredactor: Manuela Măxineanu
Corector: Alina Dincă
DTP: Corina Roncea, Dan Dulgheru

Tipărit la Artprint

Jim Al-Khalili

The World According to Physics

Copyright © by Jim Al-Khalili

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the Publisher.

© HUMANITAS, 2022, pentru prezenta versiune în limba română

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

Al-Khalili, Jim

Ce ne spune fizica despre lume / Jim Al-Khalili; trad. din engleză
de Vlad Zografi. – București: Humanitas, 2022

ISBN 978-973-50-7367-1

1. Zografi, Vlad (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 email: vanzari@libhumanitas.ro

Comenzi telefonice: 0723.684.194

Cuprins

| | |
|--|-----|
| Prefață | 7 |
| 1. Miracolul înțelegerii | 13 |
| 2. Scara | 26 |
| 3. Spațiul și timpul | 42 |
| 4. Energie și materie | 59 |
| 5. Lumea cuantică | 74 |
| 6. Termodinamica și săgeata timpului | 91 |
| 7. Unificarea | 107 |
| 8. Viitorul fizicii | 122 |
| 9. Utilitatea fizicii | 148 |
| 10. A gândi ca un fizician | 160 |
| Mulțumiri | 175 |
| Sugestii de lectură | 177 |

Prefață

Această carte este o odă închinată fizicii.

M-am îndrăgostit de fizică pe când eram adolescent. În parte, recunosc, pentru că mi-am dat seama că eram bun la fizică. Părea un amestec amuzant de rezolvare a enigmelor și simț comun. Îmi plăcea să mă joc cu ecuațiile, manevrând simboluri algebrice și dându-le valori numerice pentru ca ele să dezvăluie secretele naturii. Mi-am dat seama însă și că, pentru a căpăta răspunsuri mulțumitoare la întrebările despre natura universului și semnificația existenței, care frământau mintea mea de adolescent, trebuia să studiez fizica. Voiam să știu: Din ce suntem alcătuiți? De unde venim? Are universul un început sau un sfârșit? Are o mărime finită, sau se întinde la infinit? Ce era acel lucru numit mecanică cuantică, despre care tata îmi pomenise? Care e natura timpului? Căutarea răspunsurilor la aceste întrebări a făcut să-mi petrec viața studiind fizica. La unele întrebări am găsit răspunsul, la altele încă îl caut.

Unii oameni se îndreaptă către religie sau alte sisteme ideologice ori de credință ca să găsească răspuns la misterele vieții. Pentru mine însă nimic nu poate înlocui atenta formulare a ipotezelor, testare și deducere a datelor privind lumea, care sunt esența metodei științifice. Înțelegerea felului în care e alcătuită și funcționează lumea, înțelegere dobândită prin

știință – și în special prin fizică –, este după părerea mea nu doar una dintre numeroasele căi egal valabile de a ajunge la „adevărul“ despre realitate, ci este *singura* cale demnă de încredere de care dispunem.

Evident, mulți oameni nu s-au îndrăgostit de fizică așa cum mi s-a întâmplat mie. Pesemne că ei înșiși au hotărât să ocolească știința, ori poate li s-a spus că e un domeniu dificil sau nepotrivit. De altfel, nu încapе îndoială că subtilitățile mecanicii cuantice riscă să-ți dea dureri de cap. Pe de altă parte însă, minunile universului nostru pot și trebuie să fie cunoscute de toată lumea, iar dobândirea unei înțelegeri elementare nu presupune o viață întregă de studiu. În cartea de față vreau să arăt de ce fizica e atât de pasionantă, de ce e o știință fundamentală și de ce e esențială pentru înțelegerea lumii. E uimitor cât de multe ne oferă fizica de azi: știm din ce e alcătuit și cum e menținut laolaltă (aproape) tot ce vedem în lume; putem reconstitui evoluția întregului univers până la fracțiuni de secundă după nașterea spațiului și timpului; prin cunoașterea legilor fizice ale naturii am conceput tehnologii care ne-au schimbat viața. Scriind toate acestea mă întreb cum e posibil să *nu* îndrăgești fizica.

Această carte se vrea a fi o introducere în temele fundamentale ale fizicii, dar subiectele pe care le tratez aici nu sunt cele pe care le-ai întâlni la școală. Pentru unii cititori, cartea ar putea să fie o primă invitație către fizică – și să-i incite să afle mai multe, urmând, poate, de-a lungul întregii vieți o călătorie de studii și descoperiri, așa cum mi s-a întâmplat mie. Pentru alții, care au avut pesemne un prim contact nefericit cu fizica, ar putea sluji drept o reintroducere mai agreabilă. Pentru mulți, ar putea fi un prilej de uimire aflând cât de departe a ajuns omenirea în încercarea de a înțelege.

Ca să prezint cunoștințele pe care ni le oferă fizica despre natura lumii noastre am ales câteva dintre cele mai importante

concepte ale fizicii moderne, arătând cum sunt legate între ele. Vom examina acest vast peisaj conceptual, de la fizica celor mai mari scări cosmice la cea de la nivelul cuantic; de la încercarea fizicienilor de a unifica legile naturii la căutarea celor mai simple principii fizice posibile care guvernează viața; de la frontierele speculative ale cercetării teoretice la fizica ce stă la baza tehnologiilor și experiențelor noastre cotidiene. Voi oferi de asemenea cititorilor câteva noi experiențe: idei pe care fizicienii au învățat să le accepte, dar nu prea sunt în stare să le transmită celor din afara cercului de experți. De pildă, la scara subatomică, particule separate comunică între ele instantaneu, deși se află la distanță una de alta, într-un fel care ne contrariază intuițiile. Această proprietate, numită caracter nelocal, ne-ar putea obliga în cele din urmă să ne revizuim întregul mod de a înțelege structura spațiului însuși. Din păcate însă, mulți nefizicieni – ba chiar și unii fizicieni – înțeleg sau interpretează greșit ce înseamnă asta în realitate.

Multe cărți de popularizare a științei care tratează conceptele fundamentale din fizică sunt criticate (mai ales de teoreticieni) pentru că nu-l ajută mereu pe cititorul neinițiat să priceapă ce înseamnă de fapt acele concepte. Cred că asta se întâmplă fiindcă fizicienii care înțeleg cu adevărat conceptele, scriu articole de cercetare și propun noi teorii nu se pricep neapărat să-și explice ideile celor neinițiați. În schimb, cei care au mai multă experiență și se pricep mai bine să-și comunice rezultatele publicului s-ar putea să nu înțeleagă suficient de profund anumite concepte pentru a trece dincolo de analogii simple. Chiar dacă înțelegi fizica și poți comunica cu nefizicienii, nu-i o sarcină ușoară să explici termeni precum invarianță la etalonare, dualitate, inflație eternă, principiu holografic, teorii de câmp conforme, spații anti-de Sitter și energia vidului într-un mod care surprinde cu adevărat fizica implicată, fără să apelezi la complicații matematice. Eu m-am străduit, dar

vor fi pesemne cititori care să simtă că o puteam face mai bine. Ceea ce, desigur, va fi adevărat.

Dacă veți dori totuși să aprofundați anumite teme pe care le tratez aici pe scurt, aveți la dispoziție multe lucrări excelente. La sfârșitul cărții am dat o listă a celor care cred că sunt cele mai accesibile și mai lămuritoare. Multe dintre ele prezintă evoluția fizicii de-a lungul mileniilor, începând cu grecii antici, descoperirile făcute și felul în care teoriile și ipotezele au fost propuse și respinse. Adesea, asemenea cărți se concentrează asupra revoluțiilor care au răsturnat concepțiile anterioare privind universul și prezintă figurile marcante din aceste relatări istorice. Aici însă, cartea mea fiind scurtă, nu voi privi în urmă către drumul străbătut, nici nu voi vorbi despre drumul rămas de parcurs (bănuiesc că va fi lung, dar nu știu cât de lung), limitându-mă să spun în capitolul 8 ce *știm* că nu știm.

Nici nu am vreo teorie căreia să-i fac în mod special reclamă. De pildă, când e vorba de reconcilierea mecanicii cuantice cu relativitatea generală (Sfântul Graal al fizicii teoretice moderne), nu susțin nici una din cele două direcții principale – teoria corzilor și gravitația cuantică cu bucle¹ –, fiindcă nu intră în domeniul meu de specialitate; când e vorba de interpretarea semnificației mecanicii cuantice, nu sunt nici „copenhagist“, nici un entuziast al „lumilor multiple“.² Dar asta nu mă va împiedica să discut din când în când aceste subiecte.

Voi încerca de asemenea să nu mă implic în cugetări filozofice sau metafizice, deși ești tentat s-o faci când discuți despre cele mai profunde idei din avangarda fizicii, fie că e vorba despre natura spațiului și timpului, de diferitele interpretări ale mecanicii cuantice sau de semnificația realității înseși. Nu vreau să spun prin asta că fizica n-are nevoie de filozofie. Pentru

1. Voi explica, desigur, mai târziu ce înseamnă acești termeni (n. a.).

2. De asemenea, voi explica mai târziu (n. a.).

a vă face o idee despre felul în care filozofia pătrunde în subiectul meu la nivel fundamental, aflați că fizicienii încă nu pot cădea de acord asupra sarcinii fizicii: să înțeleagă cum e lumea în realitate, așa cum credea Einstein – să ajungă la un adevăr ultim care așteaptă să fie descoperit –, sau să construiască modele ale lumii și să ofere cele mai bune variante pentru *ceea ce putem spune* despre realitate, o realitate pe care s-ar putea să nu ajungem niciodată s-o cunoaștem cu adevărat. În privința asta, sunt de partea lui Einstein.

Aș spune că fizica ne oferă instrumentele pentru a înțelege întregul univers. Studiul fizicii e o căutare a explicațiilor, dar pentru a urma această căutare, trebuie mai întâi să punem întrebările potrivite, lucru la care filozofii se pricep foarte bine.

Ne vom începe așadar călătoria cu modestie, pornind de la ideea că nu știm, așa cum, dacă suntem onești, se cuvine cu toții s-o facem. Gândindu-ne la ceea ce deocamdată nu știm, ne putem gândi la calea cea mai bună de a afla. Numeroasele întrebări pe care ni le-am pus în cursul istoriei sunt cele care ne-au oferit o imagine tot mai precisă asupra lumii.

Iată așadar ce ne spune fizica despre lume.

1. Miracolul înțelegerii

Deși poveștile vor rămâne mereu o parte esențială a culturii umane chiar și în știință – iar viețile noastre ar fi mai sărace fără ele –, știința modernă a înlocuit multe mitologii antice și credințele superstițioase care le-au însoțit. Un bun exemplu privind felul în care am demistificat abordarea înțelegerii lumii sunt miturile creației. De la începuturile istoriei omenirea a inventat povești despre originile lumii noastre și divinități jucând un rol esențial în crearea ei, de la Anu, zeul sumerian al cerului, la zeița pământului Gaia din mitologia greacă, născută din haos, și la miturile genezei din religiile avraamice, luate încă *ad litteram* drept adevăruri în multe societăți. Dacă n-ai o pregătire științifică ai putea crede că teoriile cosmologice moderne despre originile universului nu sunt cu nimic mai bune decât mitologiile religioase pe care le-au înlocuit – iar anumite idei cu caracter speculativ din fizica teoretică modernă ar părea că îți dau dreptate. Dar prin analiză rațională și observație atentă – un proces dificil de testare și acumulare a dovezilor științifice, în loc de a accepta cu credință oarbă povești și explicații – putem spune acum cu un grad ridicat de încredere că știm destul de multe despre universul nostru. Putem spune și că nu-i nevoie să punem misterele rămase pe seama supranaturalului. Sunt fenomene pe care încă nu le

înțelegem – și sperăm că le vom înțelege într-o bună zi prin cercetare rațională și prin... fizică.

Împotriva a ceea ce unii ar putea susține, metoda științifică *nu* este doar un alt mod de a privi lumea, nici doar o altă ideologie culturală sau un alt sistem de credințe. Este calea de a cunoaște natura prin încercări și eșecuri, experiment și observație, fiind pregătiți să înlocuim ideile care se dovedesc a fi greșite sau incomplete cu idei mai bune, căutând tipare în natură și frumusețe în ecuațiile matematice care descriu aceste tipare. În tot acest timp ne aprofundăm înțelegerea și ne apropiem de acel „adevăr“ – felul în care este lumea *în realitate*.

Nu încapem îndoială că oamenii de știință au aceleași visuri și prejudecăți ca toți ceilalți, și au concepții care pot să nu fie pe de-a-ntregul obiective. Ceea ce unii savanți numesc „consens“ pentru alții e „dogmă“. Ceea ce pentru o generație e adevăr stabilit următoarea generație arată că e o neînțelegere naivă. La fel ca în religie, politică sau sport, în știință au avut loc mereu dispute. Apare adesea pericolul ca, atunci când un subiect științific rămâne nelămurit sau când asupra lui planează vreo îndoială, pozițiile adoptate de fiecare tabără să devină ideologii ferme. Fiecare punct de vedere poate fi nuanțat și complex, iar adepții lui pot fi la fel de încăpățânați ca în orice altă dezbateră ideologică. La fel ca în cazul atitudinii societății față de religie, politică, cultură, rasă sau gen, uneori e nevoie să apară o nouă generație care să se rupă de trecut și să împingă dezbateră mai departe.

Există însă o deosebire crucială între știință și alte discipline. O singură observație atentă sau un singur rezultat experimental poate arunca în desuetudine o concepție științifică sau o teorie bine încetățenită, făcând să apară noi perspective. Acele teorii și explicații ale fenomenelor naturale care au supraviețuit testului timpului sunt așadar cele în care avem cea mai mare încredere. Pământul se învâрте în jurul Soarelui, nu invers;