

**REȚELELE
DE INFORMAȚIE
ȘI MISTERUL
VIEȚII**

Paul Davies s-a născut la Londra în 1946. După ce a obținut doctoratul la University College, și-a început cariera academică la Cambridge, sub îndrumarea lui Fred Hoyle. La 34 de ani a fost numit profesor de fizică teoretică la Universitatea din Newcastle. Din 1990 a început să colaboreze cu universități australiene (Adelaide și Macquarie), iar în prezent e profesor la Universitatea de Stat din Arizona și director al Centrului pentru Concepte Fundamentale în Știință. Activitatea științifică a lui Paul Davies cuprinde un spectru larg: fizică teoretică, cosmologie (cu importante contribuții în domeniul stărilor cuantice ale vidului și în cel al găurilor negre) și astrobiologie (în 2005 a fost numit la conducerea Institutului SETI, care studiază posibilitatea existenței vieții în univers). Paul Davies este unul dintre cei mai renumiți popularizatori ai științei. A realizat seriale TV pentru BBC și televiziunea australiană și publică frecvent articole în ziare și reviste de mare tiraj. Pentru această activitate a primit în 2001 Medalia Kelvin din partea Institutului de Fizică al Regatului Unit, iar în 2002, Premiul Michael Faraday din partea Societății Regale. Printre cele peste 25 de cărți de popularizare scrise de Paul Davies se numără *The Runaway Universe*, *Other Worlds*, *The Edge of Infinity*, *The Last Three Minutes* (*Ultimele trei minute*, Humanitas, 2008), *The Mind of God*, *The Cosmic Blueprint*, *Superforce*, *How to Build a Time Machine*, *The Origin of Life*, *Information and the Nature of Reality: From Physics to Metaphysics*.

PAUL DAVIES
REȚELELE
DE INFORMAȚIE
ȘI MISTERUL
VIEȚII

Traducere din engleză
de George Arion Jr.

 HUMANITAS
BUCUREȘTI

Redactor: Alexandru Anghel
Coperta: Ioana Nedelcu
Tehnoredactor: Manuela Măxineanu
Corector: Cristina Jelescu
DTP: Dragoș Dumitrescu, Dan Dulgheru

Tipărit la Artprint

Paul Davies

The Demon in the Machine.

How hidden webs of information are solving the mystery of life

First published in 2019 by Allen Lane, an imprint of Penguin Books

Copyright © Paul Davies, 2019

The moral right of the author has been asserted.

© HUMANITAS, 2021, pentru prezenta versiune românească

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

Davies, Paul

Rețelele de informație și misterul vieții / Paul Davies;

trad. din engleză de George Arion jr. – București: Humanitas, 2021

Index

ISBN 978-973-50-7276-6

I. Arion, George, jr. (trad.)

57

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

Rămâne curiozitatea [...] de a înțelege mai limpede cum aceeași materie care în fizică și chimie prezintă proprietăți ordonate, reproductibile și relativ simple se aranjează în cele mai uimitoare chipuri imediat ce e atrasă în orbita organismului viu. Cu cât privim mai îndeaproape aceste reprezentații ale materiei în organisme vii, cu atât mai impresionant devine spectacolul. Chiar și cea mai răuvoitoare celulă vie devine o cutie enigmatică magică plină de molecule elaborate și dinamice. —Max Delbrück*

* Max Delbrück, *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, vol. 38, 173–190 (decembrie 1949).

CUPRINS

<i>Prefață</i>	9
1. Ce <i>este</i> viața?	15
2. Demonul intră în scenă	41
3. Logica vieții	88
4. Darwinism 2.0	138
5. Viața fantomatică și demonii cuantici	181
6. Aproape un miracol	208
7. Fantoma din mașină	230
Epilog	261
<i>Note</i>	273
<i>Lecturi suplimentare</i>	285
<i>Creditele ilustrațiilor</i>	291
<i>Indice</i>	293

PREFAȚĂ

Există multe cărți despre ce face viața. Cartea aceasta discută ce *este* viața. Sunt fascinat de funcționarea organismelor, de ceea ce permite materiei vii să realizeze lucruri atât de uimitoare, lucruri de care materia neînsuflețită nu e capabilă. De unde provine diferența? Până și o umilă bacterie realizează lucruri atât de uluitoare, atât de surprinzătoare, încât nici un inginer nu le poate egala. Viața pare să fie ceva magic, un fenomen ale cărui taine sunt învăluite într-o mantie de impenetrabilă complexitate. În ultimele decenii, descoperirile uriașe din biologie nu au făcut decât să sporească misterul. Ce anume dă ființelor acel imbold enigmatic care le diferențiază de alte sisteme fizice, făcându-le remarcabile și deosebite? Și de unde se trage tot acest caracter aparte?

Sunt multe întrebări, și multe sunt întrebări mari. De ele m-am ocupat în cea mai mare parte a vieții mele profesionale. Nu sunt biolog, ci fizician și cosmolog, astfel încât abordez marile întrebări evitând multe dintre amănunțele tehnice și concentrându-mă asupra principiilor fundamentale. Exact asta fac și în cartea de față. Am încercat să mă concentrez asupra enigmelor și conceptelor care contează cu adevărat, în încercarea de a răspunde întrebării arzătoare: *Ce este viața?* Nu sunt primul fizician care își pune această întrebare: îmi iau ca punct de plecare o serie celebră de prelegeri (intitulate „Ce este viața?“)

prin care marele fizician Erwin Schrödinger, specialist în fizică cuantică, căuta să răspundă în urmă cu trei generații la o întrebare pe care Darwin o evitase. Însă cred că acum suntem pe cale să găsim un răspuns întrebării lui Schrödinger, iar răspunsul va aduce după sine o nouă eră a științei.

Marea prăpastie care separă fizica și biologia (tărâmul atomilor și moleculelor de tărâmul organismelor vii) rămâne de netrecut dacă nu ne folosim de concepte fundamentale noi. Organismele vii au obiective și scopuri (produsul a miliarde de ani de evoluție), în timp ce atomii și moleculele urmează orbește legile fizicii. Totuși, cumva, una trebuie să provină din cealaltă. Deși mare parte din comunitatea științifică recunoaște nevoia de a reconceptualiza viața drept fenomen *fizic*, oamenii de știință minimizează frecvent cât de dificilă s-a dovedit încercarea de a înțelege pe deplin natura și originea vieții.

Căutarea „verigii lipsă“ care să facă legătura dintre non-viață și viață într-un cadru unitar a condus la apariția unui domeniu științific complet nou aflat la interfața dintre biologie, fizică, informatică și matematică. Este un domeniu extrem de promițător, nu doar pentru că ar putea explica în cele din urmă viața, ci și pentru că ar putea deschide calea spre aplicații care vor transforma nanotehnologia și vor duce la progrese uriașe în medicină. Conceptul unificator care se află la baza acestei transformări este *informația*, nu în sensul ei prozaic, cotidian, ci în sensul unei cantități abstracte care, asemenea energiei, are capacitatea să anime materia. Tiparele fluxului de informație pot căpăta efectiv viață proprie: ele străbat celulele și creierul și formează rețele în cadrul a întregi ecosisteme și societăți, dezvoltându-și propria dinamică sistematică. Din fermentul bogat și complex al informației apare capacitatea de a acționa, alături de legăturile sale cu conștiința, liberul-arbitru și alte enigme greu de dezlegat. Tocmai acest fel în care sistemele vii aranjează informația în tipare organizate produce ordinea definitorie a vieții din haosul lumii moleculare.

Oamenii de știință abia acum încep să înțeleagă puterea informației în calitate de *cauză* ce poate avea un impact real în lume. Legile care întrepătrund informația, energia, căldura și lucrul mecanic au fost aplicate recent asupra organismelor vii, mergând de la nivelul ADN-ului, al mecanismelor celulare, al neuroștiințelor și al organizării sociale până la cel planetar. Dacă privim prin lentila teoriei informației, vom vedea o imagine a vieții mult diferită de cea tradițională oferită de biologie, care pune accent pe anatomie și fiziologie.

Multe persoane m-au ajutat să pun laolaltă conținutul acestei cărți. O mulțime dintre ideile pe care le veți descoperi aici sunt inspirate de colega mea Sara Walker, director-adjunct al Beyond Center for Fundamental Concepts in Science, care mi-a influențat mult gândirea în ultimii cinci ani. Sara îmi împărtășește entuziasmul de a căuta o mare teorie unificatoare a fizicii și biologiei, organizată în jurul conceptului de informație. „Viața este următoarea mare frontieră a fizicii!” spune ea. De asemenea, de un mare folos mi-au fost discuțiile cu studenții și postdoctoranzii din grupul nostru de la Universitatea de Stat din Arizona (ASU). Îi menționez aici în special pe Alyssa Adams, Hyunju Kim și Cole Matthis. Dintre numeroșii mei colegi străluciți de la ASU, Athena Aktipis, Ariel Anbar, Manfred Laublicher, Stuart Lindsay, Michael Lynch, Carlo Maley, Timothea Newman (care acum predă la Universitatea din Dundee) și Ted Pavlic m-au ajutat în mod deosebit. Mai departe, pun mare preț pe discuțiile purtate de-a lungul mai multor ani cu Christoph Adami, de la Universitatea de Stat din Michigan, Gregory Chaitin, de la Universitatea Federală din Rio de Janeiro, James Crutchfield, de la Universitatea din California, Davis, Andrew Briggis, de la Universitatea Oxford, David Chalmers, de la Universitatea din New York, Lee Cronin, de la Universitatea din Glasgow, Max Tegmark, de la MIT, Steven Benner, de la Fundația pentru Evoluție Moleculară Aplicată, Michael Berry, de la Universitatea din Bristol, George Ellis, de

la Universitatea din Cape Town, Piet Hut, de la Institutul Științelor Pământului și Vieții, Tokyo, și de la Institutul pentru Studii Avansate, Princeton, Stuart Kauffman, de la Institutul Biologiei Sistemelor, Charles Lineweaver, de la Universitatea Națională Australiană, care polemizează în spirit de glumă cu aproape tot ce spun și scriu, și Christopher McKay, de la NASA Ames.

Tot în Australia, Derek Abbott, de la Universitatea din Adelaide, mi-a limpezit câteva aspecte despre fizica vieții, iar John Mattick, vizionarul director al Institutului Garvan din Sydney, m-a învățat că genetica și microbiologia nu sunt domenii finalizate. De la Paul Griffiths, Universitatea din Sydney, am primit amănunte profunde despre natura evoluției și epigeneticii, în vreme ce Mihail Prokopenko și Joe Lizier, de la aceeași universitate, mi-au modelat gândirea despre teoria rețelelor și mi-au oferit impresii critice. Johnjoe McFadden și Jim Al-Khalili, de la Universitatea din Surrey, Birgitta Whaley, de la Universitatea din California, Berkeley, și Philip Ball, autor al unor lucrări de popularizare a științei, mi-au oferit comentarii valoroase asupra capitolului 5. Peter Hoffmann, de la Universitatea de Stat din Wayne, a avut amabilitatea să-mi explice anumite subtilități ale clișeilor. Giulio Tononi, de la Universitatea din Wisconsin, Madison, și colegii săi, Larissa Albantakis și Erik Hoel, aflat acum la Universitatea Columbia, au încercat să mă lămurească cu privire la informațiile integrate. Institutul din Santa Fe a fost și el o sursă de inspirație: David Krakauer și David Wolpert m-au uluit cu erudiția lor. Michael Levin, de la Universitatea Tufts, este un colaborator pe care-l prețuiesc foarte mult, dar și unul dintre cei mai cetezători biologi pe care-i cunosc. Am profitat, de asemenea, de pe urma unor schimburi extrem de vii cu informaticianul și consultantul în afaceri Perry Marshall.

Incursiunea mea în domeniul oncologiei a avut drept rezultat formarea unei rețele bogate și distinse de gânditori străluciți care m-au ajutat să înțeleg cancerul în particular și viața

în general. La ASU am lucrat îndeaproape cu Kimberly Bussey și Luis Cisneros asupra unor proiecte legate de cancer și am primit un ajutor important de la Mark Vincent, Universitatea din Ontario, și Robert Austin, de la Universitatea Princeton. Cunoștințele mele despre genetica cancerului au fost sporite mult în urma discuțiilor cu David Goode și Anna Trigos, de la Centrul Peter MacCallum, Melbourne, dar și cu James Shapiro, de la Universitatea din Chicago. Am fost influențat de Mina Bissell, Brendon Coventry și Thea Tlsty prin lucrările lor, dar și de mulți alții, prea mulți ca să-i enumăr aici. Trebuie să mulțumesc și Institutului Național al Cancerului, care a susținut cu generozitate, timp de cinci ani, mare parte dintre cercetările din domeniul oncologiei despre care discut în carte, și NantWorks, care încă le sprijină. Viziunea Annei Barker, fost director-adjunct al Institutului Național al Cancerului și acum colegă a mea la ASU, a fost cea care m-a împins în direcția cercetărilor din domeniul oncologiei. În plus, Templeton World Charity Foundation a fost un susținător puternic al grupului nostru de cercetare despre originea vieții prin intermediul programului „Power of Information“.

Aș dori să mulțumesc și Penguin Books, editura mea loială, și mai ales lui Tom Penn, Chloe Currens și Sarah Day pentru splendida lor contribuție redacțională.

În încheiere, trebuie să-i mulțumesc lui Pauline Davies, care a citit cu atenție trei variante întregi ale cărții și mi le-a trimis înapoi, pe rând, însemnate din belșug, spre revizuire. Am discutat cu ea despre multe aspecte tehnice ale cărții în fiecare zi în ultimul an, iar conținutul volumului de față a fost mult îmbunătățit cu ajutorul său. Fără sprijinul ei neșovăitor, fără aprecierile ei și fără mintea ei ascuțită, proiectul de față nu ar fi fost niciodată dus la bun sfârșit în mod mulțumitor.

PAUL DAVIES

Sydney și Phoenix, decembrie 2017

1. CE ESTE VIAȚA?

În februarie 1943, fizicianul Erwin Schrödinger a ținut o serie de prelegeri la Trinity College, Dublin, cu titlul *Ce este viața?* Schrödinger era o vedetă, laureat al Premiului Nobel și recunoscut la nivel mondial drept părintele mecanicii cuantice, cea mai de succes teorie științifică din istorie. La puțin timp de la formularea sa în anii '20, această teorie explicase deja structura atomilor, proprietățile nucleilor atomici, radioactivitatea, comportamentul particulelor subatomice, legăturile chimice, proprietățile termice și electrice ale corpurilor solide și stabilitatea stelelor.

Propria contribuție a lui Schrödinger în domeniul mecanicii cuantice începuse în 1926 cu o ecuație nouă care încă îi poartă numele și care descrie mișcarea și interacțiunea electronilor și a altor particule subatomice. Următorii zece ani au reprezentat o epocă de aur pentru fizică, cu progrese foarte importante pe aproape toate fronturile: de la descoperirea antimateriei și a expansiunii universului până la anticiparea neutrinilor și a găurilor negre, datorată în mare parte puterii mecanicii cuantice de a explica lumea atomică și subatomică. Însă această perioadă prolifică s-a sfârșit brusc când lumea a fost aruncată în vârtoarea celui de-al Doilea Război Mondial. Mulți oameni de știință au fugit din Europa nazistă în Marea Britanie sau Statele Unite ca să sprijine tabăra Aliaților. Schrödinger a luat și

el parte la exod, părăsind Austria natală după ocupația nazistă din 1938, dar a hotărât să-și găsească un cămin în neutra Irlandă. În 1940, președintele Irlandei, Éamon de Valera, el însuși fizician, a întemeiat un nou Institut de Studii Avansate la Dublin. Chiar de Valera a fost cel care l-a invitat pe Schrödinger în Irlanda, unde acesta a rămas vreme de 16 ani, însoțit de soție și amantă sub același acoperiș.

În anii '40, biologia se afla cu mult în urma fizicii. Amănuntele despre procesele de bază ale vieții rămăneau în mare parte un mister. În plus, însăși natura vieții părea să sfideze una dintre legile fundamentale ale fizicii (a doua lege a termodinamicii), conform căreia există o tendință universală spre degenerare și dezordine. În prelegerile sale din Dublin, Schrödinger a prezentat problema așa cum o vedea el: „Cum pot fi explicate de fizică și chimie evenimentele din spațiu și timp care au loc în interiorul limitelor spațiale ale unui organism viu?” Cu alte cuvinte, pot proprietățile uluitoare ale organismelor să fie în cele din urmă reduse la fizica atomică, sau mai există și altceva în spatele lor? Schrödinger evidențiază tocmai această chestiune fundamentală. Pentru ca viața să genereze ordine din dezordine și să ocolească a doua lege a termodinamicii, trebuie să existe o entitate moleculară care cumva *acodat* instrucțiunile pentru construirea unui organism, o entitate suficient de complexă încât să cuprindă o cantitate vastă de informații și suficient de stabilă încât să reziste la efectele degradării postulate de termodinamică. Acum știm că această entitate este ADN-ul.

În lumina observațiilor pătrunzătoare ale lui Schrödinger, publicate sub formă de carte în anul următor, domeniul biologiei moleculare a explodat. Elucidarea structurii ADN-ului, spargerea codului genetic și contopirea geneticii cu teoria evoluționistă au urmat la foarte puțin timp după aceea. Succesele biologiei moleculare erau atât de rapide și de fulminante, încât mulți oameni de știință au adoptat o perspectivă puternic re-

ducționistă: părea că proprietățile uimitoare ale materiei vii pot fi explicate în cele din urmă numai în termeni de fizică atomică și moleculară și că nu era nevoie de ceva fundamental nou. Schrödinger era însă mai puțin optimist: „Materia vie, cu toate că nu eludează «legile fizicii» așa cum au fost stabilite până acum, poate să implice «alte legi ale fizicii», încă necunoscute”.¹ Nu era singurul care avea această părere. Alți colegi și părinți ai mecanicii cuantice, precum Niels Bohr și Werner Heisenberg, erau și ei de părere că materia vie are nevoie de o fizică nouă.

Reducționismul puternic e încă dominant în biologie. Perspectiva consacrată rămâne aceea că nu avem nevoie decât de fizica pe care o cunoaștem acum pentru a explica viața, chiar dacă majoritatea detaliilor nu au fost încă lămurite. Eu nu sunt de acord. Asemenea lui Schrödinger, cred că organismele vii manifestă principii fizice noi și profunde și că suntem pe cale să descoperim și să exploatăm aceste principii. Motivul pentru care a durat atâtea decenii să descoperim adevăratul secret al vieții este acela că noua fizică nu e pur și simplu o chestiune care ține de un tip suplimentar de forță (o „forță vitală”), ci de ceva cu totul mai subtil, ceva care întrețese materie și informații, întreguri și părți, simplitate și complexitate.

Acest „ceva” constituie subiectul central al cărții de față.

CASETA 1: CUTIA ENIGMATICĂ MAGICĂ

Dacă întrebăm „Ce este viața?”, încep să ni se prezinte o mulțime de calități. Organismele vii se reproduc, sunt capabile de transformări fără limite prin evoluție, inventează sisteme și structuri complet noi navigând prin spațiul posibilităților de-a lungul unor traiectorii imposibil de prezis, folosesc algoritmi sofisticăți pentru a calcula strategii de supraviețuire, creează ordine din haos mergând împotriva curentului cosmic al degenerării și descompunerii, dau dovadă de scopuri clare și exploatează diverse surse de energie pentru a le atinge, formează rețele de o complexitate inimaginabilă, cooperează și concurează între ele și așa mai

departe. Pentru a răspunde la întrebarea lui Schrödinger trebuie să cuprindem *toate* aceste proprietăți, unind punctele din întreg spectrul științific pentru a formula o teorie organizată. Este o aventură intelectuală care întretese fundamentele logicii și matematicii, paradoxurile autoreferențiale, teoriile computaționale, știința motoarelor termice, progresele nanotehnologiei, domeniul emergent al termodinamicii stărilor aflate departe de echilibru și enigmaticul domeniu al fizicii cuantice. Trăsătura care unește toate aceste subiecte este *informația*, concept deopotrivă familiar și pragmatic, dar și abstract și matematic, aflat la temelia biologiei și fizicii.

Charles Darwin afirma la un moment dat că „este interesant să privim malul unei ape, acoperit cu numeroase plante de diferite specii, cu păsări cântând în tufișuri, cu numeroase insecte zburând prin aer și cu viermi târându-se pe pământul umed și să ne gândim că toate aceste forme, atât de admirabil construite, atât de diferite între ele și depinzând într-un mod atât de complex unele de altele, au fost toate produse de legi care au acționat în jurul nostru”². Lucrul de care nu și-a dat seama Darwin e că această complexitate materială (hardware-ul vieții) este pătrunsă de o și mai surprinzătoare complexitate *informațională* (software-ul vieții), care e nevăzută și care călăuzește adaptarea și formarea structurilor noi. Aici, în domeniul informației, întâlnim adevărata putere creatoare a vieții. În momentul de față, oamenii de știință îmbină hardware-ul și software-ul într-o nouă teorie a vieții ce are ramificații uriașe în domenii care merg de la astrobiologie la medicină.

Adio, forță vitală

De-a lungul istoriei, s-a observat că organismele vii au puteri ciudate, cum ar fi capacitatea de a se mișca autonom, de a-și rearanja mediul și de a se reproduce. Filozoful grec Aristotel a încercat să surprindă această alteritate printr-un concept cunoscut drept *teleologie* (derivat din grecescul *telos*, „țel“ sau „finalitate“). Aristotel a observat că organismele au comportamente motivate de scopuri și că acționează conform unui plan sau proiect presta-