

# VIAȚA LA LIMITĂ

Jim Al-Khalili 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*, *Black Holes, Wormholes and Time Machines* (Găuri negre, găuri de vierme și călătoria în timp, Humanitas, 2021) și *The World According to Physics* (Ce ne spune fizica despre lume, Humanitas, 2022).

Johnjoe McFadden este profesor de genetică moleculară la Universitatea din Surrey și editor al unor tratate importante de biologie moleculară și biologie sistemică a tuberculozei. De peste un deceniu s-a specializat în tuberculoză și meningită, inventând primul test molecular de succes pentru meningită și primind premiul Royal Society Wolfson Research Merit pentru descoperirile sale. Este autor al volumului *Quantum Evolution*, coeditor al *Human Nature: Fact and Fiction* și scrie pentru *Guardian* despre subiecte legate de plantele modificate genetic, droguri psihedelice și mecanică cuantică.

JIM AL-KHALILI  
JOHNJOE MCFADDEN

# VIATA LA LIMITA

MATURIZAREA  
BIOLOGIEI CUANTICE

Traducere din engleză  
de Oana-Maria Cojocaru

 HUMANITAS  
BUCUREȘTI

Redactor: Vlad Zografi  
Coperta: Ioana Nedelcu  
Tehnoredactor: Manuela Măxineanu  
Corector: Georgeta-Anca Ionescu  
DTP: Dragoș Dumitrescu, Dan Dulgheru

Tipărit la Master Print Super Offset

Jim Al-Khalili and Johnjoe McFadden  
*Life on the Edge: The Comming of Age of Quantum Biology*  
Copyright © Jim Al-Khalili and Johnjoe McFadden 2014  
All rights reserved

© HUMANITAS, 2023, pentru prezenta versiune în limba română

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României  
Al-Khalili, Jim  
Viața la limită: maturizarea biologiei cuantice /  
Jim Al-Khalili, Johnjoe McFadden; trad. din engleză  
de Oana-Maria Cojocaru. – București: Humanitas, 2023  
ISBN 978-973-50-7881-2  
I. McFadden, Johnjoe  
II. Cojocaru, Oana Maria (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](http://www.libhumanitas.ro)  
Comenzi prin e-mail: [vanzari@libhumanitas.ro](mailto:vanzari@libhumanitas.ro)  
Comenzi telefonice: 0723 684 194

# CUPRINS

Prefață.....	9
1. Introducere .....	11
2. Ce este viața?.....	34
3. Motoarele vieții.....	70
4. Bătaia cuantică.....	112
5. În căutarea lui Nemo.....	146
6. Fluturile, musculița de oțet și măcăleandru cuantic .....	180
7. Genele cuantice.....	212
8. Minte.....	248
9. Cum a început viața .....	283
10. Biologia cuantică: viața la limita unei furtuni .....	307
Epilog: Viața cuantică.....	345

Pentru Penny și Ollie,  
Julie, David și Kate

## PREFAȚĂ

Cartea de față a fost scrisă în decurs de trei ani, dar autorii au colaborat vreme de aproape două decenii în cercetarea acestui domeniu captivant care reunește fizica cuantică, biochimia și biologia. Când e vorba de biologia cuantică, un domeniu științific interdisciplinar, este imposibil să devii vreodată atât de bun cunoscător, încât să explici în amănunt și cu suficientă încredere toată știința necesară pentru a reda întreaga imagine, mai ales la scrierea primei cărți despre acest subiect adresată publicului larg.

Adevărul e că nici unul din autori n-ar fi putut scrie cartea de unul singur – fiecare și-a adus contribuția sa din fizică și, respectiv, biologie. Încă și mai adevărat e faptul că n-am fi putut scrie o carte de care să fim mândri fără ajutorul și sfaturile multor cercetători, majoritatea experți de prim rang în domeniile lor.

Îi suntem recunoscători lui Paul Davies pentru numeroasele discuții rodnice purtate cu noi în ultimii cincisprezece ani despre mecanica cuantică și posibila ei relevanță în biologie. Le suntem îndatorați multor fizicieni, chimiști și biologi, care fac pași mari în acest nou domeniu și a căror expertiză n-am avut-o și n-o avem, în special lui Jennifer Brookes, Gregory Engel, Adam Godbeer, Seth Lloyd, Alexandra Olaya-Castro, Martin Plenio, Sandu Popescu, Thorsten Ritz, Gregory Scholes, Nigel Scrutton, Paul Stevenson, Luca Turin și Vlatko Vedral.

Vrem să-i mulțumim de asemenea Mirelei Dumic, coordonatoarea Institutului de Studii Avansate (IAS) din cadrul Universității din Surrey, care a organizat aproape de una singură în 2012

la Surrey seminarul nostru internațional de mare succes „Quantum Biology: Current Status and Opportunities“, finanțat de IAS, BBSRC (Biotechnology and Biological Sciences Research Council) și proiectul MILES (Models and Mathematics in Life and Social Sciences). Seminarul a reunit mulți reprezentanți de frunte din întreaga lume – domeniul e în curs de dezvoltare, iar numărul celor care lucrează în el e relativ mic – implicați în studiul biologiei cuantice, care ne-au făcut să ne simțim cu adevărat parte din această comunitate de cercetători pasionați.

I-am rugat pe câțiva dintre colegii enumerați mai sus să citească o primă versiune a cărții și să-și spună părerea. Le suntem deci recunoscători în special lui Martin Plenio, Jennifer Brookes, Alexandra Olaya-Castro, Gregory Scholes, Nigel Scrutton și Luca Turin. Vrem de asemenea să le mulțumim lui Philip Ball, Pete Downes și Greg Knowles pentru că au citit parțial sau integral versiunea finală și ne-au oferit comentarii care au îmbunătățit mult cartea. Mulțumiri li se cuvin agentului nostru, Patrick Walsh, fără de care n-am fi început să scriem cartea, și lui Sally Gaminara de la Random House, pentru că a avut încredere în noi și a fost încântată de proiect. Le suntem profund recunoscători lui Patrick și Carrie Plitt de la Conville & Walsh pentru sfaturile privind structura și formatul cărții, și pentru ajutorul dat în redactarea versiunii finale, care e la ani-lumină distanță de forma greoaie inițială. Îi suntem de asemenea recunoscători lui Gillian Somerscales pentru talentul său editorial.

Nu în ultimul rând, le mulțumim familiilor noastre pentru sprijinul permanent, mai ales în perioadele când ne-am confruntat cu termene-limită impuse de noi înșine, dar și de editură, ceea ce a însemnat să lăsăm deoparte toate celelalte obligații și să ne izolăm în fața computerului. Am pierdut nenumărate seri, weekend-uri și vacanțe cu familia în perioada când biologia cuantică a trebuit să fie lucrul cel mai important. Sperăm că această carte a meritat efortul. Sperăm că această călătorie abia a început pentru noi doi și pentru noul domeniu al biologiei cuantice.

Jim Al-Khalili și Johnjo McFadden,  
august, 2014



## 1. INTRODUCERE

În acest an înghețul iernii a sosit devreme în Europa, și un ger pătrunzător se simte în aerul serii. Adânc cuibărite în mintea unei tinere femele măcăleandru, o dorință și o hotărâre odinioară vagi capătă forță.

Pasărea și-a petrecut ultimele săptămâni devorând mult mai mult decât porția normală de insecte, păianjeni, viermi și fructe de pădure, iar acum cântărește aproape de două ori mai mult decât în august, când puii ei și-au luat zborul din cuib. Această cantitate suplimentară reprezintă în mare parte rezervele de grăsime care îi vor sluji drept combustibil în călătoria grea care o așteaptă.

Va fi prima sa migrare departe de pădurea de molid din centrul Suediei, unde și-a trăit scurta ei viață și unde și-a crescut, până acum câteva luni, puișorii. Spre norocul său, iarna trecută n-a fost atât de aspră, căci cu un an în urmă încă nu ajunsese la maturitate, deci nu era suficient de puternică pentru a porni într-o călătorie atât de lungă. Acum însă, nemaivând responsabilități părintești până la primăvara viitoare, se poate gândi doar la ea, și e pregătită să fugă de iarna care stă să vină, îndreptându-se spre sud pentru a căuta o climă mai caldă.

Au trecut două ore de la asfințitul soarelui. În loc să se pregătească de culcare, măcăleandrușul țopăie în beznă, pe vârful unei ramuri aproape de baza copacului uriaș în care și-a făcut cuib încă din primăvară. Se scutură rapid, asemenea unui maratonist care-și relaxează mușchii înainte de cursă. Pieptul ei

portocaliu strălucește în lumina lunii. Efortul și grija cu care și-a construit cuibul – doar la câțiva metri distanță, parțial acoperit de mușchiul care îmbracă scoarța copacului – sunt acum o amintire vagă.

Nu e singura pasăre care se pregătește de plecare, căci alți măcălendri – masculi și femele – s-au hotărât că aceasta e noaptea potrivită pentru a începe lunga lor migrare către sud. În copacii din jur se aud cântece stridente care acoperă sunetele obișnuite ale altor ființe nocturne din pădure. E ca și cum păsările se simt obligate să-și anunțe plecarea, prevenindu-i pe ceilalți locuitori ai pădurii să se gândească de două ori înainte de a invada teritoriul păsărilor și cuiburile goale în timp ce ele sunt plecate. Căci acești măcălendri cu siguranță plănuiesc să se întoarcă la primăvară.

Rotindu-și scurt capul dintr-o parte în alta pentru a se asigura că drumul e liber, își ia zborul către cerul serii. Noaptea au crescut odată cu înaintarea iernii, și va avea zece ore de zbor înainte să se odihnească din nou. Își fixează cursul pe direcția 195° (15° la vest de sudul propriu-zis). În următoarele zile va continua să zboare aproximativ în aceeași direcție, parcurgând într-o zi bună trei sute de kilometri. Nu știe la ce să se aștepte în cursul acestei călătorii și nici nu-și dă seama cât timp îi va lua. Terenul din jur, cu păduri de molid, îi e familiar, dar după câțiva kilometri zboară deasupra unui peisaj lunar străin, cu lacuri, văi și orașe.

Va ajunge la destinație în apropierea Mediteranei; deși nu se îndreaptă undeva anume, se va opri atunci când va ajunge într-un loc prielnic, memorând reperatele pentru a se întoarce în anii viitori. Dacă are putere, poate zbura chiar și până pe coasta nord-africană. Aceasta e însă prima ei migrare, iar acum singura prioritate e să se îndepărteze de gerul iernii nordice care se apropie.

Pare să nu observe măcălendrii din jur care zboară cam în aceeași direcție, dintre care unii făcuseră deja călătoria de mai multe ori. Vederea ei nocturnă e excelentă, dar nu caută vreun reper – așa cum am face noi când întreprindem o asemenea călătorie –, nici nu urmărește tiparul stelelor de pe cerul senin al nopții, consultându-și harta cerească internă, așa cum fac alte

păsări migratoare de noapte. Are în schimb o capacitate remarcabilă, dobândită în milioane de ani de evoluție, grație căreia poate întreprinde ceea ce va deveni o migrare anuală de toamnă, o călătorie de aproape trei mii de kilometri.

Migrarea e un fenomen obișnuit în regnul animal. De pildă, în fiecare iarnă somonul își depune icrele în râurile și lacurile din nordul Europei, lăsând peștișorii după ce ies din ouă să urmeze cursul râului până la mare și în Atlanticul de Nord, unde cresc și ajung la maturitate; trei ani mai târziu, acești somoni tineri se întorc în aceleași râuri și lacuri unde au prins viață pentru a se reproduce. Fluturii monarh din Lumea Nouă migrează toamna mii de kilometri spre sud, de-a lungul întregului teritoriu al Statelor Unite. Ei sau urmașii lor (pe măsură ce se vor reproduce pe drum) se întorc apoi în nord, în aceiași copaci unde au fost pupe primăvara. Țestoasele verzi care își depun ouăle pe țărmurile Insulei Ascension din Atlanticul de Sud înnoată mii de kilometri prin ocean înainte de a se întoarce o dată la trei ani pentru a se reproduce pe aceeași plajă acoperită cu coji de ouă din care ele însele au ieșit. Lista poate continua: multe specii de păsări, balene, cerbi caribu, languste, broaște, salamandre și chiar albine pot întreprinde călătorii care i-ar pune la grea încercare pe cei mai mari exploratori umani.

Modul în care animalele reușesc să-și găsească drumul în jurul globului a fost timp de secole un mister. Acum știm că ele au diverse metode: unele folosesc orientarea după soare în timpul zilei și orientarea după stele în timpul nopții; unele memorează reperele geografice; altele pot chiar să *miroasă* drumul lor în jurul planetei. Dar dintre toate acestea cel mai misterios simț de orientare e acela al măcăleandrului european: capacitatea de a detecta direcția și intensitatea câmpului magnetic terestru, numită și *magnetorecepție*. Deși cunoaștem acum și alte ființe care posedă această capacitate, în povestea noastră ne va interesa cu precădere felul în care măcăleandrul european (*Erithacus rubecula*) își găsește drumul de-a lungul globului.

Mecanismul care permite măcăleandrului nostru să știe cât de departe și în ce direcție să zboare e înscris în ADN-ul moștenit de la părinți. Această capacitate e sofisticată și neobișnuită – un al *șaselea* simț pe care îl folosește pentru a-și stabili ruta. Căci, la fel ca multe alte păsări, insecte și animale marine, poate detecta câmpul magnetic slab al Pământului și extrage din el informații direcționale prin intermediul unui simț de orientare care, în cazul său, presupune un nou tip de busolă chimică.

Magnetorecepția e o enigmă. Câmpul magnetic terestru e extrem de slab – între 30 și 70 de microtesla la suprafață: suficient ca să devieze un ac de busolă foarte bine calibrat și aproape fără frecare, dar de o sută de ori mai slab decât cel al unui magnet de frigider. Pentru ca un animal să poată detecta câmpul magnetic terestru trebuie ca acesta să influențeze cumva o reacție chimică în corpul animalului – în fond, așa percep toate ființele vii, inclusiv oamenii, orice semnal exterior. Cantitatea de energie dată de interacțiunea câmpului magnetic terestru cu moleculele din celulele vii e însă mai mică decât o miliardime din energia necesară pentru a desface sau forma o legătură chimică. Cum poate măcăleandrul simți câmpul magnetic?

Oricât de mici ar părea, misterele sunt fascinante pentru că există întotdeauna posibilitatea ca soluțiile lor să ducă la o schimbare fundamentală în felul în care înțelegem lumea. De pildă, în secolul XVI, reflectând la o problemă relativ minoră legată de geometria modelului geocentric ptolemeic al sistemului solar, Copernic a ajuns să mute centrul gravitației întregului univers în afara Pământului. Obsesia lui Darwin pentru distribuția geografică a speciilor de animale și încercarea de a înțelege de ce speciile de cinteze și păsări cântătoare din insulele izolate tind să fie atât de specializate l-au determinat să propună teoria evoluționistă. Iar soluția fizicianului german Max Planck pentru misterul radiației corpului negru legat de felul în care obiectele încălzite emit căldură i-a sugerat ideea că energia e alcătuită din pachete discrete numite „cuante“, ceea ce a condus la nașterea teoriei cuantice în anul 1900. Așadar, lămurirea felului în care păsările

își găesc drumul în jurul globului poate duce oare la o revoluție în biologie? Răspunsul, oricât de bizar ar părea, este da.

Asemenea mistere sunt însă și o obsesie a pseudosavanților și misticilor. „Studiul efectelor câmpului magnetic asupra reacțiilor chimice a fost multă vreme un loc de zbunguială pentru șarlatani“, spunea în 1976 chimistul Peter Atkins.<sup>1</sup> Au fost propuse tot felul de explicații exotice pentru mecanismele de ghidare ale păsărilor migratoare – de la telepatie și străvechile linii „ley“ (căi invizibile care leagă diferite situri arheologice sau geografice ce se presupune a fi înzestrate cu energie spirituală) la conceptul de „rezonanță morfică“ născocit de parapsihologul Rupert Sheldrake. Reticența lui Atkins din anii '70 este de înțeles, ea reflectând scepticismul predominant al oamenilor de știință din acea vreme în fața oricărei bănuieli că animalele ar putea simți câmpul magnetic terestru. Pur și simplu nu părea să existe nici un mecanism molecular – cel puțin din domeniul convențional al biochimiei – care să permită unui animal să facă asta.

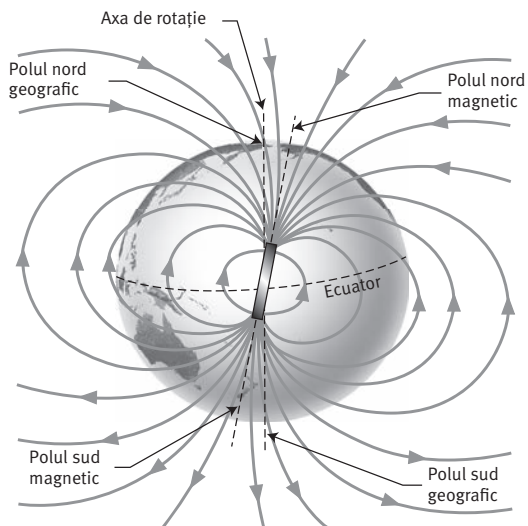
Dar, în același an în care Peter Atkins își exprima scepticismul, Wolfgang și Roswitha Wiltschko, un cuplu german de ornitologi din Frankfurt, publicau în *Science*, una dintre cele mai importante reviste academice din lume, un articol inovator care stabilea fără dubiu că măcăleandrii pot într-adevăr detecta câmpul magnetic terestru.<sup>2</sup> Mai mult, ei au arătat că simțul păsărilor nu pare să funcționeze ca o busolă normală. Căci, în vreme ce busolele indică diferența dintre polii magnetici nord și sud, un măcăleandru poate distinge doar între pol și ecuator.

Pentru a înțelege cum ar putea funcționa o asemenea busolă, trebuie să luăm în considerare liniile câmpului magnetic, traseele invizibile care definesc direcția unui câmp magnetic și de-a lungul cărora un ac de busolă se va alinia atunci când e plasat oriunde

---

1. P. W. Atkins, „Magnetic field effects“, *Chemistry in Britain*, vol. 12 (1976), p. 214.

2. S. Emlen, W. Wiltschko, N. Demong și R. Wiltschko, „Magnetic direction finding: evidence for its use in migratory indigo buntings“, *Science*, vol. 193 (1976), pp. 505–508.



**Figura 1.1** Câmpul magnetic terestru

în acel câmp – cunoscut din școală ca modelul format de pilitura de fier pe o bucată de hârtie așezată deasupra unui magnet. Să ne imaginăm Pământul ca un uriaș magnet, cu liniile câmpului ieșind din polul sud, radiind spre exterior și curbându-se în bucle pentru a intra în polul nord (vezi figura 1.1). Direcția liniilor de câmp lângă fiecare pol e aproape verticală când intră în Pământ sau ies din el, dar ele tind să devină orizontale și paralele cu suprafața planetei pe măsură ce se apropie de ecuator. Așadar, o busolă care măsoară unghiul de înclinare dintre liniile de câmp magnetic și suprafața Pământului, numită și *inclinometru*, poate distinge între direcția spre un pol și direcția spre ecuator, dar nu poate distinge între polul nord și polul sud, pentru că liniile de câmp formează același unghi cu Pământul la cele două capete ale globului. Studiul soților Wiltschko din 1976 a stabilit că simțul magnetic al măcăleandrului funcționează ca un inclinometru. Problema era că nimeni nu știa cum ar putea funcționa un asemenea inclinometru biologic, fiindcă la acea vreme nu se cunoștea