

ORICE
VIATĂ
A'RDE

CUM
EXPLICĂ
TERMODINAMICA
ORIGINEA
FORMELOR
DE VIAȚĂ

Traducere din engleză de
Smaranda Nistor

JEREMY
ENGLAND

CO-LECȚIA
DE ȘTIINȚĂ

PUBLICA

Titlul și subtitlul originale:
EVERY LIFE IS ON FIRE:
How Thermodynamics Explains the
Origins of Living Things
Autor: Jeremy England

Copyright © 2020 by Jeremy England

Copyright © Publica, 2021 pentru prezenta
ediție

Toate drepturile rezervate. Nicio parte din această
carte nu poate fi reprodusă sau difuzată în orice
formă sau prin orice mijloace, scris, foto sau video,
exceptând cazul unor scurte citate sau recenzii, fără
acordul scris din partea editorului.

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
ENGLAND, JEREMY

Orice viață arde : cum explică termodinamica
originea celei mai frumoase forme de viață / Jeremy England ;
trad. din lb. engleză de Smaranda Nistor. - București :
Publica, 2021

ISBN 978-606-722-470-2

I. Nistor, Smaranda (trad.)

53

EDITORI: Cătălin Muraru, Silviu Dragomir

DIRECTOR EXECUTIV: Adina Vasile

REDACTOR-ȘEF: Ruxandra Tudor

DESIGN COPERTĂ: Alexe Popescu

REDACTOR: Anca Lepădatu

CORECTORI: Rodica Crețu, Paula Rotaru

DTP: Dragoș Tudor

CUPRINS

Introducere	9
1. Toiag și șarpe	21
2. Zăpadă și țărăină	55
3. Râu și sânge	93
4. Munte și sabie	131
5. Flacăra și copac	159
6. Vânt și răsufare	191
7. Glas și cuvânt	217
Mulțumiri	241
Referințe și note	243



Toiag și șarpe

Și a aruncat Moise toiagul jos și s-a făcut toiagul șarpe.

— **EXODUL 4:3**

Ideea următoare este, pur și simplu, evident rezonabilă: dacă orice formă de viață se compune din atomi care se supun unor ecuații precise pe care le cunoaștem – ceea ce pare a fi adevărat –, atunci existența vieții ar putea fi doar o consecință ulterioară a acestor legi, pe care noi încă nu știm cum să le anticipăm. În esență, cam așa gândește un fizician și, spre meritul său, acest mod de gândire ne-a ajutat mult să înțelegem cum funcționează lucrurile vii. Mulțumită unor pionieri ai științei ca Max Delbrück, care a trecut granița dinspre fizică spre biologie pe la jumătatea secolului XX, influența analizelor cantitative din științele exacte a ajutat la apariția unor abordări mecaniciste, moleculare, în biologia celulară și în biochimie, care au dus la numeroase descoperiri revoluționare. Tehnicile imagistice precum cristalografia cu raze X, rezonanța magnetică nucleară și microscopia cu superrezoluție ne-au oferit un portret clar și sugestiv al ADN-ului, al proteinelor și al altor structuri mai mici decât celula, care fac viața să palpitate la sca-

ră moleculară.¹ Mai departe, prin descifrarea codului genetic am fost capabili să supunem voinței noastre mașinăria celulelor vii, prin asamblarea unor macromolecule concepute de noi. Pe măsură ce am dobândit o imagine din ce în ce mai exactă a modului în care cele mai infimizezimale și simple elemente primare ale vieții se îmbină pentru a forma întregul, a devenit tot mai ispititor pentru noi să ne închipuim că enigmele cele mai dificile ale biologiei nu pot fi dezlegate decât după ce vom descoperi cum să le abordăm în termenii științei fizicii.

Numai că abordarea subiectului vieții cu această atitudine ne va dezamăgi, din cel puțin două motive. Primul motiv s-ar putea numi „eroarea logică a reducționismului”. Reducționismul este prezumția că orice bucată de univers am alege să studiem, aceasta funcționează ca un soi de mașinărie mecanică străveche pe care o întorci cu cheița, astfel încât va fi ușor (sau măcar foarte posibil) să prezici comportamentul întregului, după ce ai aflat regulile care guvernează felul în care fiecare din componentele sale le împinge pe celelalte și se mișcă împreună cu ele. Visul de a explica și de a prezice orice, plecând de la doar câteva reguli simple, a captat imaginația multor savanți, îndeosebi fizicieni. Și, de ce să nu recunoaștem, o foarte mare parte din știința veritabilă a fost impulsionată de setea neostoită a unor cercetători după o explicație cât mai reductivă a fenomenului care îi interesează. La urma urmei, *chiar* există lucruri pe lumea asta care *pot* fi înțelese ca rezultat al unor interacțiuni cunoscute între diverse elemente mai simple. De la fluxul și refluxul oceanelor determinate de atracția gravitațională a Lunii până la felul în care unele boli genetice pot fi puse în legătură cu evenimente moleculare produse de reacțiile chimice modificate ale unui minuscule porțiuni de pe suprafața unei proteine, câteodată

lucrul pe care îl studiem arată ca o sumă comprehensibilă a părților sale.

Din păcate, speranța că toate enigmele științifice vor fi cucerite prin reducționism a fost mai populară printre fizicieni înainte să intre în scenă secolul XX. De atunci încoace, numeroși laureați ai Premiului Nobel pentru Fizică (precum și nenumărați alții) au explicat cu luciditate cum și de ce gândirea reducționistă este deseori falimentară.² Nu poți folosi legile lui Newton sau teoria cuantică pentru a prezice piața bursieră, nici pentru a prezice chiar și mult mai simplele proprietăți ale sistemelor „cu multe particule”, cum ar fi un fluid turbulent sau un magnet superrăcit.³ În toate cazurile de acest fel, legile fizice despre care se presupune că „gvernează” totul sunt copleșite de imensitatea a ceea ce nu știm, nu putem măsura sau nu avem capacitatea de a calcula în mod direct. După cum vom vedea, fizica rămâne mai departe valabilă în cazul unor asemenea sisteme, dar nu exclusiv prin raportarea la ecuațiile fundamentale care guvernează comportamentul părților microscopice.

A doua greșală în modul în care oamenii priveau granița dintre însuflețit și neînsuflețit continuă să se producă nestingherită și în ziua de azi, avându-și originea în felul cum folosim limbajul. Mulți, foarte mulți oameni își închipuie că, dacă înțelegem fizica îndeajuns de bine, vom reuși până la urmă să înțelegem ce este viața ca fenomen fizic, la fel cum înțelegem astăzi de ce apa îngheață sau fierbe. Într-adevăr, deseori pare că ne așteptăm ca o teorie fizică destul de bună să poată deveni noul standard-de-aur pentru a hotărî ce este viu și ce nu. Dar voi încerca să arăt că această abordare nu ține seama că propriul rol în a da nume fenomenelor lumii precedă capacitatea noastră de a arăta, cât de cât clar, cel puțin ce

înseamnă să spunem despre ceva că este *viu*. Un fizician care vrea să conceapă teorii despre cum se comportă sau cum iau naștere lucrurile vii trebuie să înceapă prin a face alegeri intuitive pentru traducerea într-un limbaj fizic a caracteristicilor exemplarelor de viață pe care le cunoaștem. Odată ce a făcut acest lucru, devine evident că granița dintre ce este viu și ce nu reprezintă ceva care să fi fost deja trasat de la bun început, printr-un mod diferit de vorbire decât cel oferit de știința fizicii. Prin urmare, țelul adecvat al explicației date de un fizician ar trebui să fie acela de a găsi un mod prin care să descrie acea graniță în termeni fizici preciși, astfel încât să putem dobândi o nouă înțelegere asupra modului în care materia ar putea fi făcută să se miște dintr-o parte a graniței în cealaltă.

Într-o anumită măsură, o înclinație promițătoare spre reducționism se vede exprimată în însuși faptul că ne întrebăm de unde vine viața. Privim un organism viu și nu putem să nu ne întrebăm dacă un asemenea succes senzațional în formă și funcție chiar poate fi rezultatul unui cumul de componente mai simple, de bază, care s-au ciocnit unele de altele ca niște bile de biliard la fel de simple și de previzibile. Să mai existe oare și altceva în mașinărie, în afară de piesele care vibrează mute? Dacă nu există, asta n-ar trebui să însemne că putem până la urmă să înțelegem felul în care totul se îmbină? Altfel spus, nu ar trebui ca orice explicație propusă pentru apariția vieții să descompună întregul proces într-o succesiune de etape formulate rațional, unde fiecare etapă decurge în mod rezonabil și previzibil din precedentă? Dacă da, de ce n-ar fi același lucru cu a spune că vrem să reducem viața la condiția de reușită coregrafică, regizată și dirijată de un set simplu și calculabil de reguli fizice cunoscute?

Cum spuneam, trebuie admis că fizicienii au identificat deja unele reguli care se dovedesc capabile de predicții corecte, în sisteme care altădată păreau iremediabil și misterios de complicate. Mulțumită ideilor unor ca Newton și Kepler, mișcarea corpurilor cerești este acum ca o carte deschisă pentru noi, iar capacitatea noastră de a calcula unde se duc aceste luminițe strălucitoare de pe cer este de o banalitate neremarcabilă, încât poți să faci studii extinse de fizică la numeroase universități reputele fără a te îngropa în reprezentarea de specialitate a mecanicii orbitale riguroase. Imaginați-vă totuși că sunteți un filosof naturalist sclipitor, în orice moment din cea mai mare parte a istoriei omenirii, și vă minunați în fața complexității aparent insurmontabile a felului în care Soarele, Luna și stelele par să se reazeze neîncetat pe firmament, odată cu trecerea zilelor și a anilor. Ideea că o pereche lapidară de ecuații, care descriu gravitația și mișcarea determinată de forțe, ar putea aduce galaxii îndepărtate, planete rătăcitoare și niște cutii atârinate de arcuri elicoidale într-unul și același cadru teoretic cuprinzător trebuie să fi fost de neconceput chiar și pentru cele mai mărețe genii ale tuturor epocilor, de-a lungul a mii de ani. Anvergura și semnificația revoluției care a demarat odată cu Newton și cu contemporanii lui sunt imposibil de apreciat.

După care a venit secolul XX! Einstein a început prin a contempla ecuațiile care descriu deplasarea luminii, iar apoi, cu simpla putere a intuiției, a sfârșit prin a reimagina originile gravitației, astfel încât să explice, în sfârșit, ultima enigmă rămasă în privința mișcării planetare, de care Newton nu s-a putut atinge (planeta Mercur). În paralel, ecuația cuantică a mecanicii ondulatorii a lui Erwin Schrödinger a dezlegat taina atomului, oferind o elegantă explicație cantitativă pentru

culorile luminii emise de diverse tipuri de gaze electrizate. Aceasta a fost o teorie bizară și contraintuitivă despre mecanismele matematice interioare ale obiectelor prea mici ca să poată fi văzute sau atinse, dar care reușea să corespundă uluitor de exact cu măsurătorile experimentale. În siajul acestor grandioase victorii științifice, pot fi iertați unul-doi savanți stingheri cărora li se părea că orice urmă de imprevizibilitate s-ar putea să fie îndepărtată, pe măsură ce aveau să se nască teorii mai noi și încă și mai geniale.

Însă la o privire mai atentă, această defilare triumfală a reușitelor în favoarea științei teoretice reductive dă la iveală un anumit subiectivism aprioric. Ce au în comun acestea și multe alte exemple de teorii fizice reușite este că dau cele mai bune rezultate când încearcă să prezică o porțiune clar izolată de lume, descrisă printr-o formulare matematică relativ simplă, bazată pe câteva lucruri pe care le putem măsura: sistemul solar cu o singură planetă, atomul unic și solitar de hidrogen și așa mai departe. În fiecare dintre aceste cazuri, teoria își atinge scopul prin filtrarea și îndepărtarea restului universului, concentrându-și atenția pe câteva ecuații care descriu cu acuratețe relațiile dintre nu prea multe cantități fizice. Pe de altă parte, dacă ne uităm un pic mai îndeaproape la aceleași modele, ne putem face o idee despre locul unde gândirea reductivă se va clătina.

Uneori modelele noastre ne dezamăgesc fiindcă nu reușesc să capteze ceva fundamental pentru comportamentul sistemului pe care încearcă să-l descrie. De exemplu, așa cum menționam mai sus, gravitația Soarelui este resimțită atât de puternic de planeta Mercur, încât legea gravitației formulate de Newton se dovedea insuficientă pentru a prezice forma orbitei, așa cum era observată; abia cu subtilitatea teoriei ge-

nerale a relativității s-a putut umple acel gol. Totuși există numeroase situații în câmpuri gravitaționale mai slabe, în care, în principiu, legea lui Newton se aplică perfect. În mod remarcabil însă, chiar și când modelul pe care îl folosim reprezintă o enunțare absolut corectă a regulilor după care se comportă sistemul de interes, problema predicției poate fi în continuare una alunecoasă.

Cu o singură stea și o singură planetă, ecuațiile mișcării sunt splendid de simple și, după un pic de efort în care creionul face cunoștință cu hârtia, ele produc exact legile lui Kepler, pe care planetele le respectă. De aceea a prezice forma orbitei unei planete luată separat se consideră a fi o sarcină relativ ușoară. Sarcina devine însă mai dificilă când adaugi chiar și un singur obiect care orbitează și te lovești de faimoasa problemă a celor trei corpuri, care nu mai admite o soluție în termenii unor ecuații exacte scrise pe tablă. Ca să te lupți cu un asemenea sistem ești nevoit fie să apelezi la trucuri matematice pentru aproximarea unei soluții care poate în continuare să fie derivată cu creionul pe hârtie, fie să apelezi la computere pentru tabelarea „prin forță brută” a rezultatelor numerice. Mai mult decât atât, cu cât studiezi mai mult, cu atât devine din ce în ce mai clar că instanțele în care fiecare element este ușor de identificat, putând fi scris de la început până la sfârșit pe un șervețel, sunt mai degrabă excepții de la regulă. Din când în când, simetriile speciale și cazurile particulare, de genul sistemului solar cu o singură planetă, fac posibilă o rezolvare elegantă a lucrurilor în doar câteva ecuații. Norma este totuși aceea că sistemele cu multe componente care interacționează între ele trebuie să fie rezolvate cu un program de computer. Cu enorma putere de procesare a informației de care dispunem azi, a devenit posibil să facem

predicții newtoniene, extrem de precise și de fidele realității observate, despre mișcările orbitale care implică mult mai mult decât trei corpuri cerești. Cu toate acestea, lecția generală și extraordinar de influentă din mecanica orbitală, încă de când a fost dezvoltată ca domeniu teoretic, este aceea că sistemele cu mai multe componente sunt mai greu de studiat decât sistemele cu mai puține și că, prin formularea și testarea unor predicții despre comportamentul cazurilor mai simple, putem înțelege mai bine legile care le guvernează pe cele mai complexe.

Conform celor spuse până aici, reducționismul ar putea fi totuși corect – doar că s-ar putea să fie cam plictisitor și costisitor să aflăm răspunsul, așteptând un sistem de computere să afișeze soluția. Înarmat cu astfel de instrumente, un reducționist extrem ar spune că toată știința teoretică trebuie să procedeze astfel: pornim de la legile fundamentale ce par să guverneze micile componente separate ale lumii, legi care descriu corect mici grupuri de obiecte interactive, după care, cu mare efort, adăugăm mai multe variabile în calcul, pentru a prevedea ce ar trebui să facă sistemele mai complicate. Acum câteva secole, când absența totală a computerelor făcea ca nimeni să nu le înțeleagă îndeajuns de bine limitele, se prea poate să fi fost mai rezonabil să-ți închipui că toate predicțiile teoretice reușite vor urmări exact acest tipar. Dar, în ultimii două sute de ani, o foarte mare parte din cunoașterea științifică dobândită a venit cu rezultate foarte diferite de așteptările inițiale, din motive deopotrivă practice și filosofice.

Să ne gândim, spre exemplu, la un ibric cu apă pus pe o plită încinsă: știe toată lumea că există o anumită temperatură de la care ne așteptăm ca apa să fiarbă și să se transforme în abur. Pentru un reducționist, această temperatură de fierbere

depinde de o listă scurtă de lucruri fundamentale, pe care le cunoaștem deja despre apă la nivel microscopic. Moleculele de apă se compun din particule încă și mai minuscule, numite electroni și nucleii, iar noi știm o sumedenie de lucruri despre cât cântăresc ele și ce fel de forțe exercită unele asupra celorlalte. Ca urmare, ecuația lui Schrödinger ne oferă un model excelent pentru ceea ce permite acestor componente să se lege în ceea ce numim H_2O . În acest caz, am putea spune că, pentru a afla temperatura de fierbere, nu trebuie decât să scriem o ecuație Schrödinger care să descrie cele un trilion de trilioane de molecule care umplu un vas cu apă, după care să calculăm probabilitatea ca acele molecule să rămână în vas, în funcție de viteza cu care se agită în toate direcțiile.

Această abordare de tip forță brută eșuează spectaculos. Mai întâi de toate, are în față un obstacol logistic evident: chiar și cu supercomputere ultramoderne, volumul de putere de calcul necesar pentru a manevra scările temporale, numărul de particule și rezoluția spațială necesare pentru a face diferența între vapori și lichid, aplicând cu exactitate teoria cuantică, depășește la un nivel monumental, cu multe ordine de mărime, ceea ce putem noi în prezent să gestionăm. Insuficiența puterii noastre de calcul este atât de cumplită, de fapt, încât ne vedem ispitiți s-o spunem pe șleau, admitând că nu vom putea construi niciodată un computer destul de mare – pentru că n-ar încăpea în galaxia noastră! Tentativele prin forță brută de a face o punte între nanoscară și lumea macrodimensională a experienței umane vor rămâne dincolo de puterile noastre, în viitorul previzibil – dacă nu chiar pentru totdeauna.

Dar există căi ocolite. Nu este nevoie de o precizie perfectă în fiecare detaliu ca să stoarcem răspunsuri corecte din abordarea reducționistă și s-ar putea să ne descurcăm doar