

FIZICA VIETII

Adrian Bejan e profesor universitar cu importante contribuții în termodinamică. După studii la Institutul de Tehnologie din Massachusetts, și-a început cariera de cercetător la Universitatea din California, Berkeley, și-a continuat-o la Universitatea din Colorado, Boulder, iar în 1984 a fost numit profesor plin la Universitatea Duke, unde ocupă poziția de „Distinguished Professor“. Este autorul a numeroase articole de specialitate și cărți, între care: *Entropy Generation through Heat and Fluid Flow*, *Convection Heat Transfer*, *Advanced Engineering Thermodynamics*, *Entropy Generation Minimization*, *Shape and Structure from Engineering to Nature*, *Design with Constructal Theory*, *Design in Nature: How the Constructal Law Governs Evolution in Biology, Technology and Social Organization* și *The Physics of Life: The Evolution of Everything*. Este laureat al Medaliei Benjamin Franklin, Premiului Humboldt, Premiului Academiei de Științe din Turcia, iar în 2020 i s-a conferit din partea președintelui Franței titlul de Cavaler al Ordinului *Palmes Académiques*.

ADRIAN BEJAN

FIZICA VIETII

Evoluția pretutindeni

Traducere din engleză
de Olivia Preoteasa

 HUMANITAS
BUCUREȘTI

Cuprins

| | |
|---|-----|
| Prefață | 7 |
| 1. Întrebarea privind viața | 13 |
| 2. Ce dorește toată lumea | 36 |
| 3. Bogăția ca mișcare orientată cu scop | 63 |
| 4. Evoluția tehnologiei | 82 |
| 5. Evoluția sportului | 109 |
| 6. Evoluția orașelor | 132 |
| 7. Creșterea | 150 |
| 8. Politică, știință și modificarea configurației | 171 |
| 9. Săgeata timpului | 200 |
| 10. Întrebarea privind moartea | 224 |
| 11. Viața și evoluția ca fizică | 243 |
| | |
| Anexă la capitolul 5 | 265 |
| Mulțumiri | 269 |
| Note | 270 |

Prefață

A trăi sau a nu trăi, aceasta nu-i nici măcar o întrebare. Viața este o tendință universală în natură. Este mișcare fizică având libertate de schimbare. Fiecare lucru care se mișcă, curge și se ciocnește are tendința de a se mișca mai ușor și de a continua să se miște prin modificarea configurației, traiectoriei, ritmului. Această organizare a curgerii* evolutive și sfârșitul ei (moartea) reprezintă natura, deopotrivă domeniul însuflețit și cel neînsuflețit.

Întrebarea e ce este viața, din perspectiva fizicii. De ce au loc viața, moartea și evoluția?

În cartea de față eu răspund la această întrebare. De fapt, dacă n-aș fi cunoscut răspunsul, n-aș fi putut formula întrebarea ce este viața. Pe scurt, tot ce se întâmplă de la sine, pretutindeni și mereu, este natură (sau fizică, φύσις în greacă). Privind prin lentilele noastre minuscule de muritori, asta înseamnă că totul se supune legilor fizicii. Astfel, am în vedere în primul rând legile fizicii pe care le-am învățat cu toții în gimnaziu și liceu, și care, generații de-a rândul, au avut sens pentru cei mai mulți dintre noi.

* Termenul *flow*, esențial în cartea de față, a fost tradus sistematic prin „curgere“, nu prin mai abstractul „flux“. (N. red.)

În natură, nimic nu se mișcă dacă nu e condus, forțat, împins sau tras. Puterea din spatele acestei mișcări e generată de miliarde de „motoare“ naturale care consumă „combustibil“ sub diferite forme, cum ar fi hrana pentru animale, benzina pentru vehicule, căldura Soarelui pentru circulația curenților atmosferici și oceanici, precum și pentru circuitul apei pe planetă. Mișcarea generată își distruge imediat puterea – o disipează în „frâne“ –, în timp ce pătrunde în mediu și produce deplasări în el, iar mediul se opune mișcării. Motoarele și frânele sunt două fenomene naturale la fel de vechi ca Pământul însuși.

Fenomenul vieții și evoluției reprezintă felul în care producerea și disiparea puterii conlucrează pentru a înlesni toate mișcărilor de pe Pământ, însuflețite și neînsuflețite, râuri, vânturi, animale, oameni și mașini. Este un fenomen distinct și un principiu prim al fizicii, care se numește legea constructală.*

A pune întrebarea cu privire la viață în termenii fizicii înseamnă a injecta fizică în descrierea vieții moștenită de la Darwin. Fizica lipsește din această descriere. Pentru a înțelege de ce e nevoie s-o introducem, gândiți-vă la câteva exemple de lucruri care se mișcă și se răspândesc pe o anumită suprafață (animale, epidemii, bazine riverane, extragerea minereurilor și știri). Felul în care se răspândesc urmează bine-cunoscuta curbă în formă de S: de-a lungul timpului, crește încet, apoi mai repede, apoi din nou încet. Modelele existente numesc acest fenomen competiție, luptă pentru supraviețuire și resurse, ritm de reproducere, teritorialitate, șansă etc. Dar în conformitate cu ce lege a fizicii? Într-adevăr, ce luptă pentru supraviețuire, resurse și reproducere poate fi găsită în configurațiile**

* Termenul *constructal law*, explicat în cele ce urmează, a fost introdus de autor în 1996. (N. red.)

** Autorul folosește sistematic termenul *design* cu sensul de „configurație“ sau „imagine“. (N. red.)

de răspândire ale deltei unui fluviu, ale volumului de apă dintr-un fulg de zăpadă sau ale numărului de citări ale unui articol științific?

Din perspectiva fizicii, fenomenul vieții și evoluției pare contraintuitiv la prima vedere. În locul pesimismului privind soarta vieții pe Pământ, legea constructală a fizicii aduce o notă de optimism. Este motivul pentru care am scris această carte. Iată câteva exemple:

Lumea nu și-a epuizat resursele de energie și apă. Există destulă căldură solară în Sahara și destulă apă pluvială în Congo. Pentru ca lumea să continue să se miște (să trăiască, adică să ajungă la „sustenabilitate“), are nevoie de *curgerea* energiei (puterii) utile și apei potabile prin spațiul locuit de oameni. Asta înseamnă centrale electrice (mai multe motoare) pentru teritorii încă lipsite de electricitate, și apă desalinizată pentru vaste regiuni din zonele aride.

Nici un grup nu-și va reduce consumul de combustibil, pentru că nimeni nu preferă sărăcia în locul bogăției, moartea în locul vieții. A aduce argumente împotriva impactului asupra mediului înseamnă a aduce argumente împotriva mișcării, împotriva vieții înseși.

Consumul de combustibil va continua să fie ierarhic pentru că mișcărilor care apar natural, de la bazinul riveran la traficul aerian global, sunt ierarhice, cu puține mișcări mari și multe mici care curg împreună.

Evoluția oricărui lucru care se mișcă pe Pământ, inclusiv mișcarea umană, conduce în mod natural la ierarhizarea mișcării. Lumea e o țesătură fină formată prin suprapunerea „bazinelor riverane“ ale curgerilor care se deosebesc prin ierarhia lor. Puține canale mari curg împreună cu multe canale mici, iar ele depind unele de altele și se susțin reciproc pentru a se mișca eficient și cu putere durabilă.

Două moduri de curgere, rapid și lent, sunt preferabile unuia singur. Cele câteva curgeri mari sunt rapide, în vreme ce numeroasele curgeri mici sunt lente. Astfel se „irigă“ o întreagă suprafață sau un întreg volum. Vedem că această ierarhie apare în mod natural pretutindeni, de la traficul în oraș la transportul de oxigen în plămâni și la gândirea rapidă sau lentă în arhitectura curgerii din creier.

Lumea nu scapă de sub control. De ce? Pentru că fiecare curgere care se răspândește pe o suprafață finită e destinată să aibă un istoric al creșterii în formă de S. Curgerile tinere se răspândesc lent. Curgerile adolescente se răspândesc mai repede. Curgerile mature se răspândesc lent. Nimic nu crește „exponențial“ sau „exploziv“.

În această lume, complexitatea nu crește abrupt, scăpând de sub control. Complexitatea e moderată, stabilă și predicibilă, asemenea celor 23 de niveluri de ramificație ale bronhiilor din plămânii oamenilor. Desigur, un plămân mai mare sau un bazin riveran mai mare e mai complex pentru că e în mod natural ierarhic într-un spațiu mai mare. Curgerea traficului în New York e mai complexă decât cea din Durham. Complexitatea nici uneia dintre ele nu explodează, altminteri curgerea s-ar opri, la toate nivelurile.

Mărimea sistemului în mișcare guvernează viteza, durata de viață și eficiența lui. Vedem asta la tot ce se mișcă: animale, avioane, fluvii, curenți atmosferici, pietre care se rostogolesc și vârtejuri. Observăm această evoluție la tot felul de tehnologii și în atletism. De exemplu, avioanele comerciale au evoluat în mod previzibil pentru a arăta asemenea păsărilor: motoare și rezervoare mai grele la avioanele mai grele, anvergura aripilor egală cu lungimea fuzelajului, rezervoare mai mari, distanțe parcurse mai mari și timp de zbor mai îndelungat pentru avioanele cu gabarit mai mare.

În atletism, proba de 100 de metri plat e dominată de alergătorii înalți care fac câțiva pași mari până la linia de sosire. Usain Bolt și hipopotamul au viteze comparabile pentru că au înălțimi comparabile. Dimensiunea nu e însă singura tendință evolutivă. În alergarea pe distanțe scurte, pe lângă dimensiune, o frecvență mare a pașilor este de asemenea un avantaj. În alergarea pe distanțe lungi, tendința evolutivă opusă (către dimensiuni mai mici) e calea evolutivă spre victorie. Aceste tendințe contradictorii sunt toate predictibile din perspectiva fizicii.

Orașele vor continua să crească după o configurație naturală, nu la întâmplare. Caracteristicile configurației (timpul, locul și dimensiunea) sunt acum previzibile datorită principului fizic: câteva străzi largi alocate unui număr mare de străzi mici, autostrăzi și centuri. Orașele apar, ca toate celelalte configurații pe care oamenii le elaborează fără să-și dea seama, pentru că ele ușurează viața omului: focul, energia, vorbirea, scrisul, știința, statul de drept, banii, comunicațiile și sustenabilitatea.

Ideile bune se răspândesc până departe și continuă să se răspândească. „Bun“ înseamnă această curgere în evoluție a configurației. Măsura fizică a unei idei bune e creșterea mișcării umane care e creată într-un loc prin aplicarea fizică a ideii – modificarea curgerii configurației, evoluția în acel loc, la acel moment.

Cunoașterea, cum e cazul fizicii, înseamnă idei și acțiune, modificarea în virtutea unei configurații mai bune care e pusă în aplicare. Ce funcționează bine e păstrat. De aceea schimbările bune se răspândesc în mod natural. Iată ce înseamnă evoluția și de ce nu se sfârșește ea niciodată.

*

Viața și evoluția sunt fizică. Ele sunt un fenomen mult mai vast și mai important pe Pământ decât ce învățăm noi la

biologie. Cea mai utilă știință, cum sunt legea a doua de mișcare a lui Newton și legile termodinamicii, este cea știință care acoperă incontestabil orice situație imaginabilă. Este cazul fizicii vieții și evoluției.

Sunt convins că deja cunoașteți acest aspect al fizicii, poate sub alte denumiri, cum ar fi auto-organizare, auto-optimizare, selecție naturală, auto-lubrifiere, emergență și multe altele. Sunt încă și mai convins că nu ați înțeles valabilitatea universală a ceea ce știți. Sinele, naturalul și emergentul sunt un fenomen distinct și un principiu prim al fizicii, rezumat acum sub forma legii constructale.

Te încurajez pe tine, dragă cititorule, să vorbești și să scrii despre propriile tale imagini mentale care completează tabloul zugrăvit în aceasta carte.

Adrian Bejan
martie 2016

Întrebarea privind viața

„Ce este viața?” e, desigur, marea întrebare. În 1944, Erwin Schrödinger, fizicianul austriac laureat al Premiului Nobel, a făcut o curajoasă și de-acum clasică încercare de a răspunde la această întrebare în cartea sa intitulată firească *Ce este viața?*, care a preluat întrebarea din punctul de pornire al geneticii și biologiei celulelor vii. E o întrebare derutantă care i-a preocupat permanent pe filozofii și oamenii de știință din cele mai vechi timpuri. Chiar acum câteva luni, jurnalistul de știință Ferris Jabr ne-a informat tocmai în *The New York Times* că știința nu are răspuns la această întrebare elementară. „Ce este viața? Știința nu ne poate spune [...], oamenii de știință au încercat în zadar să dea o definiție precisă, universal acceptată a vieții.” El adaugă că „nimic nu e cu adevărat viu”. Evident, eu nu sunt de acord.

Această carte e încercarea mea de a explora rădăcinile întrebării privind viața prin cercetarea celor mai profunde tendințe* și proprietăți ale tuturor lucrurilor care se mișcă și, în timp ce se mișcă, se modifică liber. Aceasta e natura, și acoperă tot spectrul, de la neînsuflețit (râuri) la însuflețit

* Autorul folosește termenul *urge*, care, în funcție de context, se poate traduce prin „pornire”, „aplecare”, „preferință”, „tendință”. (*N. red.*)

(animale, oameni, organizații sociale). Aceste tendințe ne-au însoțit cu mult înainte de apariția științei: tendința de a trăi mai mult, de a avea hrană, căldură, putere, mișcare și acces liber la semeni și la împrejurimi. Voi cerceta de ce toate acestea sunt „tendințe“, de ce se desfășoară de la sine, natural, și de ce se regăsesc în fiecare dintre noi și în tot ce se mișcă și se transformă liber.

Pornirea de a trăi, întrebarea privind viața (și opusul ei, întrebarea privind moartea, pe care avem tendința s-o evităm), este subiectul cărții de față. Spre deosebire însă de Schrödinger, voi așeza această întrebare ferm pe tărâmul fizicii – știința a tot ce există.

În cartea mea *Design in Nature (Configurația în natură, 2012)*¹ am scris despre fenomenul organizării în natură și principiile lui fizice, pentru care am creat în 1996 termenul „lege constructală“². Conform acestei legi, viața este mișcare evoluând liber, atât în domeniul însuflețit, cât și în cel neînsuflețit. Vii sunt toate configurațiile de curgere în schimbare liberă și ritmurile care înlesnesc curgerea și oferă mai mult acces mișcării. Când mișcarea se oprește, viața încetează. Când mișcarea nu are libertatea de a se modifica și a dobândi mai mult acces, viața încetează.

Conform legii constructale, fenomenul vieții e pretutindeni. Viața unește domeniul neînsuflețit (râuri, fulgere, fulgi de zăpadă, turbulențe aeriene) cu domeniul însuflețit (animale, vegetație, societate și tehnologie). Din această perspectivă mai largă, fenomenul vieții e mai vechi decât biosfera, pentru că sistemele de curgere neînsuflețite ale geofizicii au populat Pământul înaintea sistemelor de curgere însuflețite ale biologiei.

Viața, organizarea și evoluția sunt fizică (lucruri naturale, *physika* în greacă) și sunt guvernate de propria lor lege a fizicii.³ Cunosc din proprie experiență dificultatea cu care se confruntă cei cu educație științifică atunci când aud că viața e un fenomen

fizic, cuprinzând toate sistemele de curgere – neînsuflețite, însuflețite și create de om – care se transformă liber și evoluează către un acces sporit. La urma urmei, cuvântul „biologie“ înseamnă studiul vieții (*bios* în greacă). Chiar și copiii cunosc diferența dintre mișcarea animalelor și cea a restului lumii mișcătoare (râuri, vânt, curenți oceanici, vulcani, ninsoare, ploaie, fulgere și cutremure).

Fizica – tendințele naturale ale tuturor acestor lucruri mișcătoare – e una și aceeași. Dacă în secolul XIX copilul asocia mijlocul de locomoție cu calul însuflețit, copilul din zilele noastre asociază mijlocul de locomoție cu benzina, motorul și banii plătiți de părinți la benzinărie, toate neînsuflețite. După ce va citi această carte, copilul de mâine va pune pe același plan banii, benzina, calul și ovăzul care alimentează calul.

Acesta e felul în care evoluează cunoașterea – de la știință, tehnologie și stat de drept devine, într-un cuvânt, cultură. Ce era evident și înțeles pe bucăți devine o singură entitate, mult mai vastă și mai simplă. Cu fiecare nouă generație, copilul crește și devine un părinte și un profesor mult mai informat, ignorând trecutul aproximativ și dispersat. Cunoașterea e contagioasă și se răspândește natural. Nu văd vreo diferență între artă și știință. Ambele se referă la imagini în mișcare. Plăcerea resimțită e aceeași când creezi o operă de artă care îl inspiră pe privitor sau când descoperi o idee științifică ce declanșează explozii de imagini în mintea aceluiași privitor. Oamenii de știință și artiștii aparțin aceleiași specii.

Mișcarea în transformare liberă e un fenomen macroscopic. Entitatea care se mișcă o face în raport cu restul – mediul ei – care nu se mișcă. Mișcarea e contrast, iar contrastul e vizibil. Noi, observatorii, numim acest fenomen în multe feluri – organizare, configurație, arhitectură, schimbare, evoluție –, denumiri care au sens în mintea noastră pentru că sunt la fel de vechi și de frecvente ca imaginile care ne bombardează