PĂMÂNTUL – O EXCEPȚIE?

Mario Livio (n. 1945, la București) e un astrofizician care a lucrat la proiectul Telescopului Spațial Hubble și a publicat peste patru sute de articole despre supernove, găuri negre, formarea sistemelor planetare, energia întunecată, apariția vieții în univers etc. Mario Livio a scris și cărți de popularizare a științei: *Secțiunea de aur* (pentru care a primit Premiul Peano și Premiul Internațional Pitagora), *Ecuația care n-a putut fi rezolvată*, *Este Dumnezeu matematician?* (aleasă de *Washington Post* drept una dintre cele mai bune cărți din 2009), *Gafe strălucite* și *De ce? Ce ne stârnește curiozitatea*, toate apărute în traducere la Humanitas.

Jack Szostak (n. 1952, la Londra) este biolog, profesor la Universitatea din Chicago, unde conduce Centrul pentru descoperirea originii vieții. Cercetările sale s-au concentrat asupra geneticii: a adus contribuții importante la dezvoltarea tehnicilor de manipulare genetică, iar rezultatele sale au fost esențiale pentru desfășurarea Proiectului Genomului Uman. În 2009 a primit Premiul Nobel pentru Fiziologie sau Medicină (împreună cu Elizabeth Blackburn și Carol Gneider) pentru descoperirea modului în care cromozomii sunt protejați de teleomeri.

MARIO LIVIO
ȘI
JACK SZOSTAK

PĂMÂNTUL– O EXCEPȚIE?

ÎN CĂUTAREA VIEȚII EXTRATERESTRE

Traducere din engleză
de Cristian Iscrulescu

HUMANITAS

CUPRINS

1. O întâmplare chimică bizară sau un imperativ cosmic? 7
2. Originea vieții: Lumea ARN 31
3. Originea vieții: de la chimie la biologie 46
Anexă: Structuri și reacții chimice 74
4. Originea vieții: aminoacizi și peptide 80
5. Originea vieții: drumul către protocelulă 89
6. Să punem lucrurile cap la cap: de la astrofizică și geologie la chimie și biologie 124
7. Există viață pe planetele din sistemul nostru solar? 145
8. Există viață pe lunile din sistemul nostru solar? 171
9. Viața de dincolo de noi: explorarea astronomică 192
10. Viața așa cum nu o cunoaștem: alcătuirea formelor de viață naturale și nenaturale 223
11. În căutarea inteligenței: gânduri preliminare 234
12. În căutarea inteligenței: căutările 257
13. Epilog: o revoluție iminentă? 269

Mulțumiri 283
Lecturi suplimentare 285

1. O întâmplare chimică bizară sau un imperativ cosmic?

E vie, de mărime normală și de două ori pe-atâta de naturală.
—Lewis Carroll, *Peripețiile Alisei în Lumea Oglinzii*[*]

În viața de zi cu zi, suntem obișnuiți cu faptul că sensul „săgeții" timpului nostru psihologic ne permite să examinăm, să studiem, să contemplăm și să ne amintim evenimentele din trecut. Suntem la fel de conștienți că nu ne putem aminti viitorul. Putem, cel mult, încerca să facem predicții, să formulăm ipoteze despre viitor sau să ni-l închipuim cu ochii imaginației. Ca să citățm cuvintele poetului Kahlil Gibran: „Pentru că viața nu merge înapoi, nici zăbovește în ziua de ieri."[**]

Oarecum paradoxal, când vine vorba de fenomenul vieții biologice de pe Pământ avem o idee destul de clară despre cum îi va pune în cele din urmă capăt mama natură în viitorul îndepărtat, dar nu știm exact cum a început. Sfârșitul natural al vieții așa cum o cunoaștem (adică nu cel provocat de acțiunile autodistructive ale speciei noastre actualmente dominante) va fi dictat de procese astrofizice și atmosferice relativ bine înțelese și previzibile (dacă nu intervin evenimente cosmice imprevizibile, cum ar fi ciocnirea cu un asteroid sau o explozie de raze gamma în apropierea noastră, care să provoace un sfârșit prematur).

Știm, de exemplu, că în aproximativ cinci miliarde de ani, pe măsură ce Soarele nostru se va extinde enorm și va deveni o stea gigantă roșie, Pământul va fi pârjolit și ar putea fi chiar înghițit de învelișul în curs de expansiune al acestuia. Viața multicelulară

[*] Lewis Carroll, *Peripețiile Alisei în Lumea Oglinzii*, Editura Ion Creangă, București, 1971 (n.t.).

[**] Kahlil Gibran, *Profetul*, Editura Orion, București, 1991 (n.t.).

complexă va dispărea cu mult mai devreme, peste aproximativ un miliard de ani, în timp ce biosfera Pământului va intra într-un declin periculos din cauza creșterii temperaturilor asociate cu stadiile finale ale evoluției Soarelui.

Pe de altă parte, *originea* vieții rămâne încă învăluită în mister. Deși s-au făcut progrese uriașe în înțelegerea elementelor de bază ale biologiei, nu știm încă ce anume a provocat apariția spontană a vieții sau cum au luat naștere dintr-odată primele celule. După cum spunea chimistul britanic John Sutherland, tot ce putem afirma despre acel moment crucial în care chimia a dat naștere biologiei este că viața a apărut „din senin". Cu ironie fină, Sutherland făcea totodată aluzie la „seninul" albastrului asociat cu cianura*, care, după cum vom vedea, a jucat un rol esențial în apariția vieții.

Strâns legată de enigma originii vieții este o altă întrebare care i-a intrigat pe oameni încă de pe vremea pitagoreicilor din Grecia antică: suntem singuri în univers? Sau, într-o variantă mai modernă și oarecum mai practică: este galaxia noastră la fel de plină de viață cum ne fac să credem numeroase creații științifico-fantastice? Cu alte cuvinte, am dori să știm dacă omenirea este în sfârșit pe cale să pună capăt singurătății în sejurul ei în Calea Lactee.

Deși unul dintre noi e astrofizician, iar celălalt chimist și biolog, am fost amândoi fascinați de aceste enigme cosmice de-a lungul întregii noastre cariere științifice. Desigur, aceste întrebări ne-au intrigat, însă multă vreme n-am prea putut face altceva decât să le contemplăm, căci până de curând erau considerate fără răspuns, cel puțin în timpul vieții noastre, și poate chiar aflate la periferia științei. Ele tindeau să fie clasificate în categoria lucrurilor „prea dificile".

Situația s-a schimbat mult în ultimele trei decenii. Încercările de a răspunde exact unor întrebări de genul „Cum a început viața

* Aluzia la culoarea albastră a anumitor complecși ai fierului cu ionul de cianură, cum ar fi albastrul de Berlin (n.t.).

pe Pământ?“ sau „Suntem singuri în galaxia noastră?“ au devenit două dintre cele mai dinamice și mai active avanposturi ale cercetării științifice.

Remarcabil e faptul că răspunsurile la aceste întrebări depind de o a treia întrebare, relativ simplu de formulat, cu siguranță bine definită și (cel puțin în principiu) cu un răspuns posibil: *Cât de probabil este ca viața să apară pe suprafața unei planete potențial locuibile?*

Această ultimă întrebare e abordată prin două direcții de cercetare complet distincte și în mare parte independente. În primul rând, studiile de laborator actuale urmăresc să stabilească dacă viața poate apărea cu adevărat din chimia pură. În al doilea rând, o mare parte a cercetărilor astronomice e dedicată căutării unor semne clare și neechivoce de viață pe alte planete sau luni (fie din sistemul nostru solar, fie din jurul altor stele). Ambele abordări stârnesc în prezent un viu interes și fac obiectul unor eforturi entuziaste din partea comunităților de cercetători pasionați. De fapt, căutarea vieții pe planete din jurul altor stele decât Soarele – exoplanetele – e acum un obiectiv unanim acceptat al comunității astronomice din Statele Unite, după cum se subliniază într-un raport publicat în noiembrie 2021 de Academiile Naționale de Științe, Inginerie și Medicină. Noi, autorii acestei cărți, participăm cu modestie (fiecare în domeniul lui) la aceste căutări.

Unul dintre punctele-cheie pe care dorim să le evidențiem în această carte este că investigarea originii vieții pe Pământ și căutarea vieții extraterestre sunt două aspirații științifice aflate într-o relație puternică de simbioză. Reușita în unul din aceste domenii ar oferi un indiciu extrem de încurajator și o motivație puternică pentru celălalt. Explicația e simplă. Dacă am reuși să identificăm în laborator o cale de la chimie la viață, asta ar însemna că există o șansă reală ca natura, cu imensul său arsenal de medii diverse și cu eternitatea de partea ei, să poată face același lucru, poate chiar în numeroase locuri din univers, inclusiv în galaxia noastră, Calea Lactee. Mai mult, dacă am putea înțelege pe deplin o succesiune convingătoare de evenimente, procese și condiții de

mediu care ar fi putut fi implicate în originea vieții pe Pământ, am putea estima mult mai bine cât de probabil sau improbabil este ca viața să apară spontan pe alte planete sau luni. Asemenea intuiții ar putea, prin urmare, să ne călăuzească în căutarea vieții extraterestre.

Privind în cealaltă direcție, dacă am descoperi prin observații astronomice că viața extraterestră e relativ banală, acest fapt ne-ar întări considerabil convingerea că există o cale geochimică inevitabilă către viață. La rândul ei, această încredere ar motiva puternic eforturile de a descoperi condițiile inițiale potrivite, materialele primare, sursele de energie necesare și rețeaua de reacții chimice care ar putea servi drept condiții pentru apariția vieții. Privind în ansamblu, investigațiile riguroase asupra chestiunilor implicate în misterul originii vieții, pe de o parte, și, pe de altă parte, căutarea vieții extraterestre ne oferă o ocazie unică de a pătrunde într-un spectru vast de domenii, de la astronomie și geologie la chimie și biologie.

Aici nu trebuie să trecem cu vederea un alt aspect semnificativ. Știm că în multe domenii și contexte se aplică așa-numitul principiu zero-unu-infinit (ZUI). Cu alte cuvinte, o entitate ar trebui ori să fie complet exclusă, ori să fie atât de rară, încât să existe în cel mult un singur exemplar, ori, dimpotrivă, să ne așteptăm ca ea să existe într-un număr foarte mare de exemplare. Dacă s-ar descoperi cu ușurință o formă de viață extraterestră complet independentă de viața de pe Pământ (lucru numit *a doua Facere*), asta ar însemna (aplicând principiul ZUI) că e rezonabil să presupunem existența unui număr practic infinit de forme de viață în univers.

Cartea de față istorisește povestea acestor două demersuri fascinante desfășurate în paralel; unul urmărește explicit găsirea în laborator a unei căi de la chimie la viață, iar celălalt vizează descoperirea vieții extraterestre. Aceste căutări colaborează implicit, se află uneori în competiție (pentru a vedea cine ajunge primul la țintă), dar sunt întotdeauna captivante și se completează reciproc în dorința lor de a dezlega enigme esențiale pentru condiția

noastră de oameni – de unde venim? cine suntem? suntem singuri? Altfel spus, cu riscul de a părea puțin bombastici, dorința supremă a acestor demersuri este, în sens literal, aceea de a înțelege originile noastre și locul pe care îl ocupăm în acest univers vast, vechi și complex.

Viața – ce concept fascinant!

Deși întrebările „Cum a început viața?" și „Există viață extraterestră?" au fascinat omenirea încă din cele mai vechi timpuri, pe tot parcursul istoriei consemnate aproape toată lumea a crezut că răspunsul la prima întrebare e simplu: „A făcut-o Dumnezeu." De fapt, până la începutul secolului XIX, chiar și oamenii de știință erau destul de convinși că ființele vii trebuie să fie înzestrate cu un fel de „vitalism" aproape mistic, care le deosebea de materia neînsuflețită. Pe de altă parte, a doua întrebare a provocat o dezbatere aprinsă, cu speculații îndrăznețe datând de milenii, atât în favoarea, cât și împotriva ideii de „pluralitate a lumilor locuite". De exemplu, încă din primul secol înaintea erei noastre poetul roman epicurian Titus Lucretius Carus scria:

[...] tu trebuie
Să spui că sunt și-n alte părți pământuri
*Cu felurimi de oameni și de fiare.**

Un reper evident în această dispută teoretică l-a reprezentat modelul heliocentric al lui Copernic, deoarece oferea nu doar o perspectivă complet nouă asupra semnificației Pământului în marea rânduială a universului, ci și un cadru realist în care existența altor lumi asemănătoare Pământului a devenit cel puțin imaginabilă. Dezvoltând acele concepte copernicane pe atunci noi, călugărul dominican și filozoful italian Giordano Bruno a formulat, la sfârșitul secolului XVI, celebra ipoteză că „în spațiu există nenumărate constelații, sori și planete; noi vedem doar sorii

* Lucrețiu, *Poemul naturii*, Editura Științifică, București, 1965 (n.t.).

pentru că ei luminează; planetele rămân invizibile, fiind mici și întunecate. De asemenea, există un număr nesfârșit de Pământuri care gravitează în jurul propriilor sori, nici mai rele, nici mai puține decât acest glob al nostru". Imaginația perspicace a lui Bruno a anticipat știința modernă și l-a dus chiar mai departe, pentru a conchide că „e cu neputință ca o minte rațională și îndestul de trează să-și poată închipui că ar fi lipsite de locuitori ca noi sau chiar mai buni nenumăratele lumi care se arată ori la fel, ori mai minunate ca aceasta a noastră."* Tragedia a făcut că din cauza tenacității cu care a apărat alte idei morale și teologice neacceptate, considerate pe vremea aceea erezii, Bruno a fost ars pe rug de Inchiziția Romană pe 17 februarie 1600.

În secolul XVII, și alte voci au început să susțină afirmații legate de pluralismul cosmic. Mari oameni de știință, între care astronomii Johannes Kepler și Christiaan Huygens, precum și alți intelectuali influenți, ca autorul francez de lucrări științifice popularizate Bernard Le Bovier de Fontenelle, nu au ezitat să susțină existența ființelor extraterestre. După ce Galileo Galilei a descoperit patru luni care gravitează în jurul lui Jupiter, Kepler a intuit imediat: „Concluzia e cât se poate de limpede. Luna noastră există pentru noi, pe Pământ, nu pentru celelalte globuri. Cele patru mici luni există pentru Jupiter, nu pentru noi. Fiecare planetă, împreună cu locuitorii săi, este înconjurată de propriii săi sateliți. Din acest raționament deducem cu cel mai înalt grad de probabilitate că Jupiter este locuit." Pe de altă parte, însuși Galilei era sceptic în privința pluralității lumilor locuite, remarcând cu prudență: „Eu unul nu aș afirma, nici nu aș nega [viața pe alte planete], ci aș lăsa decizia în seama unor oameni mai înțelepți decât mine."

Concomitent cu vocile care susțineau poziția pluralismului cosmic, au existat și respingeri vehemente ale afirmațiilor privind existența vieții extraterestre. Părerile opuse au apărut în princi-

* Giordano Bruno, *Despre infinit, univers și lumi* (*Opere italiene*, vol. III), Editura Humanitas, București, 2005 (n.t.).

pal fiindcă simpla idee că ar putea exista locuitori pe alte planete avea implicații potențial tulburătoare pentru anumite doctrine ale Bisericii Catolice. Oponenții formulau dileme ecleziastice precum: „dacă într-adevăr ar exista oameni în alte lumi, se trag oare și ei din Adam și Eva?“ sau „era Iisus Hristos și Mântuitorul lor?“.

Având în vedere influența puternică a ideilor religioase de-a lungul unei mari părți a istoriei omenirii, n-ar trebui să ne surprindă că atât credința în „vitalism“, cât și ideea că viața trebuie să fie răspândită în univers s-au bazat inițial mai mult pe argumente teologice decât pe argumente științifice. Vitalismul a fost inspirat în mare măsură de o interpretare literală a textului biblic: „Atunci, luând Domnul Dumnezeu țărână din pământ, a făcut pe om și a suflat în fața lui *suflare de viață* [sublinierea noastră] și s-a făcut omul ființă vie.“* Aristotel a susținut și el că sufletul este „actul prim al corpului natural având ca potență viața“.** Pornind tot de la convingeri religioase, unii gânditori din secolul XIX au susținut existența unor lumi extraterestre locuite, deoarece în caz contrar imensa vastitate a spațiului ar fi putut părea o risipă uriașă a eforturilor Creatorului.

Secolul XX a fost marcat de numeroase tentative de a formula o definiție a vieții, venite din partea filozofilor și a oamenilor de știință, în fața întrebărilor filozofice esențiale. Până și Erwin Schrödinger, unul dintre părinții mecanicii cuantice, a publicat în 1944 o mică lucrare intitulată *Ce este viața?****, care a generat un val de interes pentru descoperirea bazei chimice a eredității. Una peste alta însă, eforturile de a defini viața au dus la aproape tot atâtea definiții câți autori. Specialistul în biofizică moleculară Edward Trifonov a adunat 123 de definiții date de numeroși cercetători și, după ce a analizat vocabularul acestora, a propus în 2011 ceea ce el crede a fi definiția sintetică unanim acceptată:

---

* *Facerea*, 2;7, https://www.bibliaortodoxa.ro/carte.php?id=25&cap=2 (n.t.).

** Aristotel, *Despre suflet*, Editura Humanitas, București, 2005 (n.t.).

*** Erwin Schrödinger, *Ce este viața?* și *Spirit și materie*, Editura Politică, București, 1980 (n.t.).

„Viața este autoreproducere cu variații.“ Divizia de astrobiologie a NASA a adoptat totuși o definiție mai veche care, la fel ca multe altele, a stârnit numeroase dezbateri: „Viața este un sistem chimic autosusținut, capabil de evoluție darwinistă.“ Ceea ce ne interesează aici însă nu e o definiție universală a vieții. Suntem de părere că în general discuția pe tema „Ce este viața?“ nu ne-a ajutat prea mult să înțelegem originea vieții. De asemenea, ea s-a împotmolit în confuzia care se naște din folosirea unui singur cuvânt pentru a cuprinde mai multe fenomene distincte. În realitate, ceea ce credem că contează cu adevărat e identificarea unui traseu prin care biologia să poată apărea din condițiile existente pe o planetă tânără. Provocarea de a descoperi această cale dificil de găsit este amplificată de faptul că deocamdată cunoaștem doar un singur exemplu de viață în întregul univers, cea de pe Pământ. Viața din alte părți ale cosmosului ar putea îmbrăca, în principiu, forme pe care nu le-am recunoaște sau pe care poate nici nu le putem concepe.

Pentru a avansa, biologii au identificat câteva elemente esențiale necesare vieții și un set restrâns de trăsături caracteristice tuturor formelor de viață de pe Pământ. Componentele necesare sunt: (1) o sursă de *energie* pentru reacțiile metabolice, (2) un *solvent lichid* care să faciliteze asemenea reacții (și altele) și (3) *nutrienți* pentru crearea biomasei.

Proprietățile ce caracterizează viața de pe Pământ sunt următoarele: (i) viața e alcătuită din *celule*, (ii) este capabilă de *metabolism* (adică poate extrage energie și substanțe din mediul înconjurător pentru creștere și reproducere), (iii) folosește *catalizatori* pentru a ajuta și accelera reacțiile chimice și (iv) conține un sistem *informațional*. Această ultimă proprietate înseamnă că viața își poate reproduce propriile caracteristici și poate suferi o evoluție darwinistă – ea dispune de instrucțiunile chimice pentru funcționare și de informațiile care pot fi transmise de la o generație la alta. Pe scurt, viața *așa cum o cunoaștem* trebuie să reușească cumva să integreze armonios cele patru subsisteme: compartimentarea (celulele), metabolismul, cataliza și genetica.