

FIGURI REMARCABILE

Ian Stewart (născut în 1945), membru al Societății Regale din Marea Britanie, profesor la Universitatea din Warwick și autor a peste 170 de articole științifice, este unul dintre matematicienii care s-au adresat constant publicului larg, fiind răsplătit cu Medalia Faraday și cu Medalia de Aur a Institutului de Matematică pentru cele peste douăzeci de lucrări de popularizare a științei. Dintre cărțile lui Ian Stewart, la Editura Humanitas au apărut *Doar șase numere*, *De ce frumusețea este adevărul*, *Dă oare Dumnezeu cu zarul?* și *Îmblânzirea infinitului*.

IAN STEWART

FIGURI REMARCABILE

VIAȚA ȘI OPERA UNOR MATEMATICIENI
DĚSCHIZĂTORI DE DRUMURI

Traducere din engleză
de Liviu Ornea

HUMANITAS

*Lui John Davey, editor și prieten
(19 aprilie 1945–21 aprilie 2017)*

Cuprins

Introducere	9
1. Nu-mi strica cercurile: Arhimede	21
2. Maestrul căii: Liu Hui	32
3. Dixit Algorismi: Muhammad al-Kwarizmi	39
4. Inovatorul infinitului: Madhava din Sangamagrama	48
5. Astrologul cartofor: Girolamo Cardano	56
6. Ultima teoremă: Pierre de Fermat	64
7. Sistemul lumii: Isaac Newton	74
8. Maestrul nostru: Leonhard Euler	89
9. Operatorul termic: Joseph Fourier	100
10. Schele invizibile: Carl Friedrich Gauss	109
11. Linia dreaptă curbată: Nikolai Ivanovici Lobacevski	123
12. Radicali și revoluționari: Évariste Galois	135
13. Vrăjitoarea numărului: Augusta Ada King	147
14. Legile gândirii: George Boole	157
15. Muzicianul numerelor prime: Bernhard Riemann	171
16. Cardinalul continuumului: Georg Cantor	181
17. Prima Mare doamnă: Sofia Kovalevskaia	194
18. Ideile dau năvală: Henri Poincaré	206
19. Trebuie să știm, vom ști: David Hilbert	219
20. Răsturnând ordinea academică: Emmy Noether	230
21. Omul formulelor: Srinivasa Ramanujan	241
22. Incomplet și nedecidabil: Kurt Gödel	255
23. Mașina se oprește: Alan Turing	265
24. Tatăl fractalilor: Benoît Mandelbrot	278
25. Înăuntru și-n afară: William Thurston	291
Matematicienii	301
Note	309
Lecturi suplimentare	311

Introducere

Toate ramurile științei își pot urmări originile până în negura istoriei, dar în cele mai multe domenii istoria e prezentată drept „știm că asta a fost o eroare“ ori „asta era conform principiilor corecte, dar azi avem o perspectivă diferită“. De exemplu, filozoful grec Aristotel credea că un cal nu poate fi niciodată cu totul în aer când merge la trap, ceea ce Eadweard Muybridge a infirmat în 1878, folosind un șir de aparate de fotografiat legate de un fir declanșator. Teoriile lui Aristotel despre mișcare au fost complet răsturnate de Galileo Galilei și Isaac Newton, în timp ce teoriile lui despre minte n-au nici o legătură utilă cu neuroștiințele și psihologia moderne.

Matematica e altfel. Ea rezistă. De când vechii babilonieni au învățat să rezolve ecuații de gradul al doilea – probabil în jurul anului 2000 î.Cr., deși cea mai veche dovadă tangibilă datează din 1500 î.Cr. – rezultatul lor n-a devenit niciodată caduc. Era corect, și ei știau de ce. E corect și azi. Exprimăm simbolic rezultatul, dar raționamentul e același. Există o linie de gândire matematică neîntreruptă care coboară în trecut, de mâine și până în Babilon. Când Arhimede a găsit volumul sferei, nu a folosit simboluri algebrice și nu s-a gândit la un anumit număr π , așa cum facem noi. A exprimat rezultatul geometric, în termeni de proporții, cum se obișnuia pe-atunci în lumea greacă. Ceea ce nu ne împiedică să recunoaștem imediat că e vorba despre $\frac{4}{3}\pi r^3$.

De fapt, există și câteva descoperiri de demult, din afara matematicii, care au supraviețuit. Una este principiul lui Arhimede, conform căruia un obiect scufundat într-un lichid este împins în

sus cu o forță egală cu greutatea volumului de lichid dislocuit, alta e legea pârghiilor, tot a lui Arhimede. Sunt încă în viață și câteva părți din fizica și ingineria grecilor antici. Dar în aceste domenii longevitatea e excepția, pe când în matematică ea este aproape regula. *Elementele* lui Euclid, care pun pe o bază logică geometria, încă merită din plin să fie cercetate atent. Teoremele din cartea asta rămân adevărate, iar multe rămân folositoare. În matematică avansăm, dar nu ne aruncăm la coș istoria.

Înainte să începeți să credeți că matematica ignoră realitatea de azi, trebuie să precizez două lucruri. Unul este că felul în care e percepută importanța unei metode sau teoreme poate varia. Domenii întregi ale matematicii s-au demodat ori au devenit caduce pentru că granițele s-au deplasat sau au apărut tehnici noi. Dar sunt în continuare *adevărate*, și, din când în când, câte un domeniu caduc e revitalizat, de obicei datorită unei conexiuni nou-descoperite cu alt domeniu, unei noi aplicații ori unei schimbări majore de metodologie. Al doilea lucru e acela că, pe măsură ce matematicienii și-au dezvoltat subiectul, nu doar au mers înainte: în același timp, au inventat un corpus enorm de matematică nouă, importantă, utilă și frumoasă.

Acestea fiind spuse, ideea esențială rămâne de necontestat: odată ce o teoremă matematică a fost demonstrată corect, ea devine ceva pe care se poate construi – de-a pururi. Chiar dacă concepția noastră despre demonstrație s-a precizat mult față de vremea lui Euclid, ca să scăpăm de ipotezele tacite, putem umple ceea ce azi considerăm lacune, iar rezultatele rămân în picioare.

*

Cartea de față investighează procesul aproape mistic care aduce la viață matematică nouă. Matematica nu apare din neant: este creată de *oameni*. Printre ei, sunt unii cu o uimitoare originalitate și claritate a minții, oameni pe care îi asociem cu marile progrese – pionierii, deschizătorii de drumuri, figurile remarcabile. Istoricii explică, și pe bună dreptate, că opera celor mari depinde de o vastă distribuție de roluri mărunte care contribuie cu piese și

fragmente minuscule la marele puzzle. Întrebări importante sau fertile pot fi puse de cvasinecunoscuți; unele idei majore pot fi intuite de oameni cărora le lipsește abilitatea tehnică de a le transforma în metode și puncte de vedere noi și puternice. Newton a observat că „stă pe umerii unor uriași“. Era, într-o oarecare măsură, sarcastic; câțiva dintre acești uriași (Robert Hooke mai ales) se plâneau nu atât că Newton stătea pe umerii lor, cât că îi călca pe bătăături, neacordându-le recunoașterea meritată ori asumându-și public meritul, chiar dacă în scris le cita contribuțiile. Newton spunea totuși adevărul: marea sa sinteză a mișcării, gravitației și luminii depinde de un număr enorm de idei ale intelectualilor care l-au precedat. Nu fuseseră cu toții uriași. Oamenii obișnuiți au jucat și ei un rol important.

Oricum, uriașii ies în evidență, deschid calea pentru noi, ceilalți, care-i urmăresc. Prin viețile și operele câtorva figuri remarcabile, putem să ne facem o idee despre cum s-a creat matematică nouă, cine a creat-o și cum au trăit acei oameni. Mă gândesc la ei nu doar ca la pionieri care ne-au arătat calea, ci ca la niște călăuze care au croit poteci accesibile prin hățișul încâlcit al întinsei jungle a gândirii matematice. Și-au petrecut mult timp luptând cu mlaștinile și tufișurile pline de spini, dar din când în când au dat și peste Cetatea Pierdută a Elefanților ori peste vreun El Dorado, scoțând la lumină nestemate ascunse în hățiș. Au pătruns în regiuni ale gândirii până atunci necunoscute omenirii.

Au creat de fapt aceste regiuni. Jungla matematică nu e ca pădurea tropicală amazoniană sau ca aceea din Congo. Deschizătorul de drum matematic nu e un David Livingstone croind un drum de-a lungul fluviului Zambezi sau căutând gurile Nilului. Livingstone „descoperea“ lucruri care erau deja acolo. Băștinașii știau despre existența lor. Dar în vremea aceea europenii interpretau „a descoperi“ drept „europeni aducând la cunoștința altor europeni anumite lucruri“. Deschizătorii de drumuri matematice nu doar explorează o junglă preexistentă. Într-un anumit sens, ei creează acea junglă pe măsură ce înaintează; ca și cum plante noi ar tot răsări pe urmele lor, devenind rapid lăstari, apoi copaci

falnici. Totuși, *impresia* este că jungla preexistă pentru că nu alegi ce plante aduci la viață. Tu hotărăști pe unde calci, dar nu poți hotărî să „descoperi“ un pâlci de arbori de mahon dacă acolo se dovedește a fi o mlaștină cu mangrove.

Cred că aceasta e sursa încă popularei concepții platoniciene despre ideile matematice: adevărurile matematice există „cu adevărat“, dar într-o formă ideală și într-un soi de realitate paralelă care a existat dintotdeauna și va exista de-a pururi. În această concepție, când demonstrăm o teoremă nouă, nu facem decât să găsim ce era acolo dintotdeauna. Nu cred că platonismul trebuie luat *ad litteram*, dar el descrie corect procesul cercetării în matematică. Nu ajungi să alegi: tot ce poți face e să scuturi tufișurile și să vezi dacă pică ceva. În *What is Mathematics, Really?*, Reuben Hersh oferă o concepție mai realistă asupra matematicii: este o construcție mentală umană comună (împărtășită de mulți). Văzută așa, seamănă cu banii. Banii nu sunt „cu adevărat“ bucăți de metal, foi de hârtie sau numere dintr-un calculator; sunt un set comun de convenții despre felul în care schimbăm bucăți de metal, foi de hârtie sau numere dintr-un calculator între noi sau pentru bunuri.

Hersh i-a scandalizat pe unii matematicieni care au pus lupa pe „construcție umană“ și s-au plâns că matematica nu e în nici un caz arbitrară. Relativismul social nu rezolvă problema. Ceea ce e adevărat, dar Hersh a explicat limpede că matematica nu e *orice fel* de construcție umană. Alegem să ne ocupăm de Marea Teoremă a lui Fermat, dar nu alegem dacă e adevărată sau falsă. Construcția umană care e matematica se supune unui sistem riguros de constrângeri logice, și ceva se poate adăuga construcției numai dacă respectă acele constrângeri. Constrângerile ne pot ajuta să deosebim adevărul de fals, dar nu aflăm care dintre calități se aplică doar afirmând sus și tare că numai una dintre ele e posibilă. Marea întrebare este: care anume? Am pierdut șirul situațiilor când cineva căruia nu-i plăcea vreo chestiune controversată de matematică o ataca observând că matematica e o tautologie: orice este nou e consecința logică a ceea ce știam deja.

Da, așa e. Noul e implicit în vechi. Dar truda începe când vrei să-l faci explicit. Întrebați-l pe Andrew Wiles; inutil să-i spui că statutul Marii Teoreme a lui Fermat era complet predeterminat de structura logică a matematicii. Și-a petrecut șapte ani ca să afle care *este* acest statut predeterminat. Până nu faci asta, a fi predeterminat e la fel de folositor ca răspunsul „în Marea Britanie“ la întrebarea „unde-i British Library, vă rog?“.

*

Această carte nu e o istorie organizată a întregii matematici. Am încercat, în schimb, să prezint subiectele matematice care apar într-o manieră coerentă, așa încât conceptele să se construiască sistematic, pe măsură ce cartea avansează. Una peste alta, asta presupune o prezentare cam în ordine cronologică. Ordinea cronologică pe subiecte ar fi de necitit, pentru că am sări întruna de la un matematician la altul, așa încât am ordonat capitolele după data de naștere și, ocazional, am oferit referințe încrucișate.¹

Figurile remarcabile alese sunt 25 la număr, antici și moderni, bărbați și femei, din Orient și din Occident. Poveștile lor personale încep în Grecia antică cu marele geometru și inginer Arhimede, ale cărui izbânzi se întind de la aproximarea lui π și calculul ariei și volumului sferei la șurubul arhimedian pentru a ridica apa și un soi de macara cu care distrugea navele inamice. Urmează apoi reprezentanții Orientului Îndepărtat, unde au avut loc cele mai importante evenimente matematice din Evul Mediu: învățatul chinez Liu Hui, matematicianul persan Muhammad ibn Musa Al-Khwarizmi, a cărui operă ne-a dat cuvintele „algoritm“ și „algebră“, și indianul Madhava din Sangamagrama, primul care a introdus seriile infinite pentru funcțiile trigonometrice, redescoperite în Occident de Newton o mie de ani mai târziu.

Matematica se întoarce în Europa în timpul Renașterii italiene. Aici îl întâlnim pe Girolamo Cardano, unul dintre cei mai mari escroci care au onorat panteonul matematicii. Cartofor și bătăuș, Cardano a scris și unul dintre cele importante texte de algebră tipărite vreodată, a practicat medicina și a dus o viață

ieșită direct din paginile tabloidelor. A făcut și horoscoape. Spre deosebire de el, Pierre de Fermat, celebru pentru Marea sa Teoremă, a fost un jurist pasionat de matematică (ceea ce adesea l-a făcut să-și neglijeze obligațiile). A transformat teoria numerelor într-o ramură recunoscută a matematicii, dar a contribuit și la optică și a dezvoltat idei care anunțau analiza matematică. Subiectul din urmă a fost adus la maturitate de Newton, a cărui capodoperă e *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (*Principiile matematice ale filozofiei naturale*), prescurtată de obicei *Principia*. În ea formulează legile mișcării și gravitației și le aplică la sistemul solar. Newton marchează un punct de cotitură în fizica matematică, transformând-o în studiul matematic organizat a ceea ce el numea „Sistemul lumii“.

Timp de un secol după Newton, centrul matematicii se mută spre Europa continentală și Rusia. Leonhard Euler, cel mai prolific matematician din istorie, publica articole importante în ritm de ziarișt, sistematizând concomitent multe domenii din matematică într-o serie de cărți elegante, foarte clar scrise. Nici o ramură a matematicii nu i-a scăpat. Euler a anticipat și unele dintre ideile lui Joseph Fourier, a cărui cercetare a modului de transmitere a căldurii l-a condus la una dintre cele mai importante tehnici din manualul inginerului modern: analiza Fourier, care reprezintă o undă periodică folosind funcțiile trigonometrice elementare „sinus“ și „cosinus“. Fourier a fost și primul care a înțeles că atmosfera joacă un rol important în echilibrul termic al Pământului.

Matematica pășește în era modernă odată cu cercetările excepționale ale lui Carl Friedrich Gauss, un concurent serios pentru titlul de cel mai mare matematician al tuturor timpurilor. Gauss a început cu teoria numerelor, și-a pecețuit reputația în mecanica cerească, prevăzând reapariția nou-descoperitului asteroid Ceres, a făcut progrese importante în legătură cu numerele complexe, metoda celor mai mici pătrate și geometria neeuclidiană, deși nu a publicat nimic în acest din urmă domeniu, temându-se că ceea ce înțelesese el era mult dincolo de înțelegera contemporanilor, și ar fi devenit ridicol. Nikolai Ivanovici

Lobacevski a fost mai puțin neîncrezător și a publicat mult despre o geometrie alternativă la cea a lui Euclid, numită acum geometrie hiperbolică. El și János Bolyai sunt acum recunoscuți ca întemeietorii de drept ai geometriei neeuclidiene, care poate fi interpretată ca geometria naturală pe o suprafață cu curbura constantă nenulă. În esență însă, Gauss avea dreptate să creadă că ideea o lua cu mult înaintea vremii sale: Lobacevski și Bolyai n-au fost apreciați în timpul vieții lor. Încheiem această perioadă cu povestea tragică a revoluționarului Évariste Galois, ucis la douăzeci de ani într-un duel pentru o femeie. A făcut progrese majore în algebră, care au dus la caracterizarea de azi a conceptului vital de simetrie în termeni de grupuri de transformări.

O nouă temă intră acum în povestea noastră, un drum deschis de prima femeie matematician pe care o întâlnim. Și anume, matematica computațională. Augusta Ada King, contesă de Lovelace, i-a fost asistentă lui Charles Babbage, un tip încâpățânat, care a înțeles importanța mașinilor de calcul. A proiectat Mașina Analitică, un calculator programabil, alcătuit din clișeți și roți dințate, azi un element central al science-fictionului *steampunk*. Ada e considerată de cei mai mulți drept primul programator, chiar dacă afirmația e discutabilă. Tema calculatoarelor continuă cu George Boole, ale cărui *Legi ale gândirii* au pus bazele formalismului matematic pentru logica digitală a computerelor de azi.

Pe măsură ce se diversifică matematica, se diversifică și povestea noastră, croindu-și drum prin noi regiuni ale tot mai întinsei jungle. Bernhard Riemann excela în dezvăluirea ideilor simple, generale din spatele unor concepte aparent complicate. Contribuția sa include bazele geometriei, mai ales „varietățile curbe“ de care depinde teoria revoluționară a gravitației și a relativității generale a lui Albert Einstein. Tot Riemann a făcut pași uriași în teoria numerelor prime, legând teoria numerelor de analiza complexă prin „funcția zeta“. Ipoteza lui Riemann, despre zerourile funcției zeta, e una dintre cele mai mari și importante probleme încă nerezolvate din întreaga matematică, pentru soluția căreia se oferă un premiu de un milion de dolari.