

**ANTONIO PADILLA**

**NUMERE  
FANTASTICE  
și unde  
se găsesc**

**O AVENTURĂ COSMICĂ  
DE LA ZERO LA INFINIT**

Traducere din limba engleză de  
**Bogdan Ghiurco**

**3**  
**TREI**

# Cuprins

*Un capitol fără număr* .....9

## **Numere mari**

1,000000000000000858 .....21

Goana după relativitate.....21

Challenger Deep.....41

O privire în abis .....56

Un googol .....66

Poveștile lui Gerard Grant .....66

Temnicerul entropic.....70

Un googolplex .....93

Vrăjitorul cuantic.....93

Unde este sosia ta? .....126

Numărul lui Graham .....137

Colapsul capului într-o gaură neagră .....137

Prea multă informație .....152

Gândește-te la un număr .....168

TREE(3) .....179

Jocul arborilor.....179

Resetarea cosmică.....196

Adevărul holografic.....206

## Numere mici

Zero.....	224
Un număr frumos .....	224
O istorie a nimicului.....	232
Zero este simetrie .....	259
În căutarea lui zero .....	265
0,0000000000000001 .....	276
Surprinzătorul boson Higgs.....	276
Particularități ale particulelor.....	285
Inevitabilul boson Higgs .....	294
Practic vorbind, este ceva nenatural.....	322
The Scarlet Pimpernel .....	330
$10^{-120}$ .....	337
Un număr stâjenitor.....	337
Cea mai dificilă relație a lui Albert Einstein .....	347
Biletul de aur .....	365
Fantoma lui sir Isaac Newton .....	373
<b>Infinitul</b>	
Zei infiniți .....	382
Alef și omega.....	396
Întâlnire de gradul infinit .....	422
Teoria întregului.....	434
<i>Note</i> .....	457
<i>Mulțumiri</i> .....	463

## Un capitol fără număr

Aveam numărul chiar acolo, sub ochii mei, privindu-mă sfidător, batjocoritor, de pe foaia ponosită de hârtie, așezată atent pe masa veche de stejar: zero. Nu mai primisem niciodată zero puncte la un test de matematică, dar nota nu lăsa loc de interpretări. Cifra era mâzgălită agresiv cu roșu în partea de sus a lucrării pe care o predasem cu o săptămână și ceva în urmă. Era prima mea teză trimestrială ca student la matematică, la Cambridge. Mi-am imaginat cum fantomele marilor matematicieni ai universității șușotesc între ele cu dispreț. Eram un impostor. Nu știam asta atunci, dar teza s-a dovedit un punct de cotitură. Mi-a schimbat relația cu matematica, dar și cu fizica.

Teza presupunea o demonstrație matematică. Demonstrațiile încep de obicei de la niște ipoteze, pe baza cărora poate fi dedusă o concluzie logică. De exemplu, dacă știm că Donald Trump este roșcat și a fost președintele Statelor Unite, putem conchide că a existat un președinte roșcat al Statelor Unite. Bineînțeles, teza mea nu avea nici în clin, nici în mână cu președinții roșcați, ci implica o serie de afirmații matematice pe care le-am unit printr-un argument clar și coerent. Profesorul de la Cambridge a fost de acord — oferisem toate argumentele necesare —, dar, cu toate acestea, m-a notat cu zero. Problema lui era, se pare, modul în care așezasem totul pe bucata aia de hârtie ponosită.

Am fost nemulțumit. Mă străduisem să gădesc soluția problemei, iar obiecția lui mi s-a părut meschină. Era

ca și cum aș fi marcat un gol spectaculos, dar profesorul verificase reluarea cu ajutorul Arbitrului Video (VAR) și îl anulasă pentru un ofsaid marginal. Dar acum știu de ce a făcut-o. A încercat să îmi dea o lecție despre rigoare, să învăț că pedanteria matematică este o parte esențială a trusei de instrumente a matematicienilor. Fără prea multă tragere de inimă, am devenit pedant, dar, în același timp, mi-am dat seama că matematica trebuia să îmi ofere mai mult. Îmi doream să aibă personalitate. Mi-au plăcut întotdeauna cifrele, dar am vrut să le aduc la viață — să le dau un scop — și așa am descoperit fizica. Acesta este subiectul cărții de față: personalitatea numerelor, care transpare strălucitor în lumea fizică.

Să luăm, de exemplu, numărul lui Graham. Este un monstru, o cifră atât de mare, încât a ocupat cândva un loc de cinste în *Cartea Guinness a Recordurilor Mondiale*, fiind cel mai mare număr apărut vreodată într-o demonstrație matematică. Poartă numele matematicianului (și jonglerului) american Ron Graham, care l-a folosit cu multă pedanterie. Dar nu pedanteria a insuflat viață numărului lui Graham. El își datorează viața — sau, mai bine spus, moartea — fizicii. Vezi tu, dacă ar fi să îți imaginezi numărul lui Graham — până la ultima zecimală —, creierul tău s-ar transforma într-o gaură neagră. Este o boală cunoscută sub numele de *moartea creierului printr-o gaură neagră*, o boală care nu are leac.

În această carte îți voi explica de ce.

De fapt, nu mă voi opri aici. Te voi conduce într-un loc în care te vei îndoi de anumite lucruri pe care le-ai crezut întotdeauna bătute în cuie. Călătoria *Numerelor fantastice* începe cu cele mai mari cifre din univers și cu

încercarea de a înțelege așa-zisul *adevăr holografic*. Cele trei dimensiuni sunt doar o iluzie? Suntem captivi într-o hologramă?

Pentru a înțelege întrebarea, lovește cu pumnul aerul din jur. Bine, asigură-te că nu ai pe nimeni în preajmă când începi să împarți pumni în stânga și-n dreapta, înainte și-napoi, în sus și-n jos. Lovește cu pumnul cele trei dimensiuni spațiale, în trei direcții perpendiculare. Poți? Conform adevărului holografic, una dintre dimensiuni este falsă. Este ca și cum lumea ar fi un film 3D. Imaginile reale sunt captate pe un ecran bidimensional, dar atunci când spectatorii își pun ochelarii, se formează brusc o lume tridimensională. În fizică, după cum voi explica în prima jumătate a acestei cărți, ochelarii 3D sunt oferiți de gravitație. Gravitația creează iluzia celei de-a treia dimensiuni.

Putem deveni conștienți de magia gravitației doar dacă o ducem la extrem. Iar cartea de față este una a extremelor. Expediția noastră în căutarea adevărului holografic va începe, inevitabil, cu Albert Einstein, cu geniul său, cu frumusețea bolnăvicioasă a relativității și cu structura subiacentă a spațiului și timpului. Bineînțeles, am pregătit o cifră pentru geniul lui: 1,0000000000000000858. Și, da, este o cifră mare. Dacă ai îndoieli, sper să te conving că este un număr uriaș, cel puțin din perspectiva fizicii: el reprezintă capacitatea umană de a jongla cu timpul. Pentru a înțelege motivele acestui lucru, vom alerga umăr la umăr cu legendarul sprinter jamaican Usain Bolt. Vom coborî în Oceanul Pacific, în cea mai adâncă zonă a Gropiilor Marianelor. Vom merge până la limitele fizicii, dansând

periculos de aproape de o gaură neagră monstruoasă, care înghite hulpav stelele și planetele din centrul unei galaxii îndepărtate.

Dar relativitatea și găurile negre sunt doar începutul. Pentru a descoperi adevărul holografic, avem nevoie de încă patru monștri — numere realmente gargantu-ești, care prind viață de fiecare dată când se ciocnesc cu lumea fizică. Googolul, googolplexul, numărul lui Graham și TREE(3) sunt cifre uriașe, care sfidează limitele fizicii. Ele ne vor călăuzi în aventura noastră de cunoaștere. Ne vor învăța ce înseamnă entropia, care descrie fizica turbulentă a secretului și a dezordinii și este adesea greșit înțeleasă. Ne vor sluji ca introducere în mecanica cuantică, stăpâna microlumilor, unde nimic nu este sigur și totul este un joc al întâmplării. Vom spune povești despre sosii de pe tărâmurii îndepărtate și vom fi atenți la avertismentele despre resetarea cosmică, când universul va reveni, inevitabil, la starea inițială.

În cele din urmă, pe acest tărâm al uriașilor, vom găsi realitatea holografică. Realitatea noastră.

Sunt o creație a adevărului holografic. Ideea a început să se dezvolte în perioada în care primeam nota zero la matematică, însă, pe atunci, nu știam nimic despre subiect. Peste vreo cinci ani, când mi-am început doctoratul, a devenit cu rapiditate cea mai importantă idee dezvoltată în fizica fundamentală din ultima jumătate de secol. Toată lumea din domeniu vorbea despre ea. Și vorbește *în continuare*. Fizicienii își pun întrebări profunde și fundamentale despre găurile negre și gravitația cuantică și găsesc răspunsuri în adevărul holografic.

În acele vremuri, pe măsură ce ne apropiam de începutul unui mileniu nou, mai exista un subiect despre care vorbea toată lumea: misterul surprinzătorului nostru univers, extrem de fin reglat. Trăim într-un univers care pur și simplu nu ar trebui să existe. Este un univers care, în pofida tuturor probabilităților, ne-a oferit o șansă la viață, la supraviețuire. În partea a doua a cărții, ne vom aventura în această direcție, ghidați nu de uriași, ci de buclucașele numere mici.

Numerele mici scot la iveală lucruri surprinzătoare. Pentru a înțelege acest lucru, să ne imaginăm că aș câștiga emisiunea *X Factor*. Ar fi un lucru uluitor, pentru că sunt un cântăreț groaznic, atât de groaznic, încât, într-un musical din liceu, profesorii m-au rugat să nu mă apropiu de microfoane. Ținând cont de acest lucru, șansele mele de a câștiga un concurs național de interpretare vocală sunt, cu aproximație, de:

$$\frac{1}{\text{numărul de locuitori ai Marii Britanii}} \approx 0,000000015$$

Este o cifră infimă. Însă, după cum spuneam, succesul meu ar fi complet surprinzător.

Universul nostru este și mai surprinzător de atât. Folosind numerele mici pe post de ghizi, vom explora această lume neașteptată. Nu vom coborî mai jos de zero, numărul urât care mi-a pătat foaia matricolă în facultate. Disprețul pe care l-am simțit în acea zi pentru cifra zero s-a repetat de-a lungul istoriei. Zero a fost cel mai surprinzător și cel mai temut număr dintre toate. Asta fiindcă a fost identificat cu vidul, cu absența lui Dumnezeu și cu răul absolut.

Dar zero nu este nici rău, nici urât; de fapt, este cel mai frumos număr cu putință. Pentru a-i înțelege frumusețea, trebuie să înțelegem eleganța lumii fizice. Pentru fizicieni, cel mai important aspect al cifrei zero este simetria sa când își schimbă semnul: minus zero este identic cu plus zero. Este singurul număr care are această proprietate. În natură, simetria este cheia înțelegerii dispariției lucrurilor, al motivului pentru care sunt egale cu legendarul zero.

Lucrurile încep să se complice atunci când avem de-a face cu numere mici, dar diferite de zero, fiindcă ele reflectă absurditatea modului în care este configurat universul, precum și chinurile noastre de a-l desluși. Vom spune această poveste cu ajutorul a două cifre tulburător de mici, una care dezvăluie misterele microlumii și cealaltă, tainele cosmosului. Prin prisma alarmant de minusculului număr  $0,0000000000000001$ , vom pătrunde în lumea subatomică a fizicii particulelor: gluoni, miuoni, electroni și particule *tau* care plutesc în derivă. Vom descoperi astfel bosonul Higgs — așa-numita particulă a lui Dumnezeu — care le unește pe toate. Bosonul Higgs a stârnit mult entuziasm în vara anului 2012, când a fost descoperit. A fost declarat un triumf teoretic și experimental, care a pus capăt unei perioade de aproape cincizeci de ani de așteptare a confirmării existenței particulei. Dar, dincolo de surle și trâmbițe, a existat un secret: socoteala nu s-a potrivit exact. S-a dovedit că bosonul Higgs este de  $0,0000000000000001$  de ori mai ușor decât se preconiza. Este o cifră foarte mică. Ea ne arată că microlumea ascunsă, din care suntem alcătuiți noi și tot ce ne înconjoară, este realmente surprinzătoare.

Când vom ajunge la  $10^{-120}$ , vom constata că universul este și mai neașteptat de atât. Putem vedea acest lucru în lumina stelelor îndepărtate, dispărute, care au explodat. Lumina lor este mai slabă decât ne așteptam, ceea ce sugerează că sunt mai îndepărtate decât am crezut inițial. Trăim într-un univers surprinzător, a cărui viteză de expansiune este în creștere, spațiul dintre galaxii sporind în ritm accelerat.

Majoritatea fizicienilor cred că la originea expansiunii universului se află însuși vidul spațial. Sună ciudat, cum poate spațiul gol să îndeapărteze între ele galaxiile? Adevărul este că, dacă îl privim din perspectiva mecanicii cuantice, acest spațiu nu este chiar atât de gol. Este umplut cu o supă primordială de particule cuantice, care apar și dispar ca niște bule. Supa primordială este cea care determină expansiunea universului. Putem să calculăm forța sa de împingere și, în acest punct, lucrurile încep să o ia razna. După cum vom vedea, expansiunea universului este determinată de o cifră mică, de o fracțiune din numărul preconizat pe baza concepției actuale despre fizica fundamentală. Această cifră este de doar  $10^{-120}$ , mai puțin de o parte dintr-un googol, și este cea mai spectaculoasă măsurătoare a universului nostru surprinzător.

Avem un noroc incredibil. Dacă ar fi fost „împins” atât de tare pe cât sugerează calculele noastre, universul ar fi dispărut, iar galaxiile, stelele și planetele nu s-ar fi format niciodată. Noi doi nu am fi existat. Universul nostru surprinzător este o binecuvântare, dar și un motiv de stânjeneală de proporții cosmice, fiindcă nu avem deocamdată capacitatea de a-l înțelege corect. Este o

enigmă care mi-a dominat întreaga carieră și continuă să o domine.

Dar, dincolo de aceste lucruri, există ceva mai amplu și mai profund decât demersul nostru de căutare a adevărului holografic sau de înțelegere a acestui univers surprinzător. Pentru a-l descoperi, vom avea nevoie de numărul nostru final, un număr care nu este întotdeauna o cifră și, în același timp, are multe valori diferite. Este numărul care i-a zăpăcit pe matematicieni de-a lungul istoriei, împingându-i pe unii la ridicol, pe alții la nebunie: infinitul.

După cum spunea matematicianul german David Hilbert, unul dintre părinții mecanicii cuantice și ai relativității: „Infinitul! Nicio altă întrebare nu a mișcat mai puternic spiritul omului“. Infinitul va fi poarta noastră către Teoria Întregului — teoria care stă la baza întregii fizici și ar putea într-o zi să descrie creația universului.

Georg Cantor, un proscris al mediului academic german de la sfârșitul secolului al XIX-lea, a fost cel care a îndrăznit să urce în turnul infinitului, nivel după nivel, până la infiniții de dincolo de infinit. După cum vom vedea, el a dezvoltat limbajul atent al mulțimilor, al seturilor de elemente diferite, care i-a permis să ajungă cu rigurozitate până la ceruri, clasificând un nivel de infinit după altul. Bineînțeles, lupta cu numerele care au mai multe în comun cu sfera divină decât cu cea fizică l-a dus în pragul nebuniei. Dar cum rămâne cu sfera fizică? Ea conține infinitul? Este universul infinit?

Demersul de înțelegere a fizicii la nivelul său fundamental, de o puritate microscopică, este un demers de cucerire a celor mai neîmblânziți infiniți ai săi. Este

vorba despre infiniții pe care îi întâlnim în miezul unei găuri negre, în așa-numita singularitate, unde spațiul și timpul sunt contorsionate și destrămate la infinit, iar marea gravitațională sunt infinit de puternice. Este vorba, totodată, despre infiniții pe care îi întâlnim în momentul creației, în momentul Big Bangului. Adevărul este că, deocamdată, acești infiniți nu au fost cucerți și înțeleși pe deplin, dar avem promisiuni din partea unei simfonii cosmice — a unei Teorii a Întregului, în care particulele sunt înlocuite cu mici corzi ce vibrează în armonie perfectă. După cum vom descoperi, cântecul corzilor răsună prin spațiu și timp, ba mai mult, el *este* spațiul și timpul.

Mari, mici și înspăimântător de infinite. Acestea sunt *Numerele fantastice*, cifre semețe, cu personalitate, care ne-au condus până la limitele fizicii, dezvăluindu-ne o realitate remarcabilă: un adevăr holografic, un univers surprinzător, o Teorie a Întregului.

A sosit timpul să le descoperim.