MICHIO KAKU

ECUAȚIA *lui* DUMNEZEU

ÎN CĂUTAREA UNEI TEORII A TUTUROR LUCRURILOR

Traducere din limba engleză de
Constantin Dumitru-Palcus

3
TREI

BOOKZONE

Cuprins

Introducere în teoria finală.....9

1. Unificarea — un vis străvechi.....15
2. Einstein în căutarea unificării.....39
3. Ascensiunea lumii cuantice.....58
4. Teoria (aproape) tuturor lucrurilor.....82
5. Universul întunecat.....108
6. Nașterea teoriei corzilor: promisiuni și probleme.....141
7. Găsirea sensului în univers.....180

Mulțumiri.....195
Note.....197
Bibliografie selectivă.....205

BOOKZONE

Introducere în teoria finală

Trebuia să fie teoria finală, un singur cadru general care să unifice toate forțele cosmosului și să guverneze totul, de la mișcarea universului în expansiune până la dansul infinitezimal al particulelor subatomice. Dificultatea era să se scrie o ecuație a cărei eleganță matematică să circumscrie fizica în întregul ei.

Câțiva dintre cei mai mari fizicieni din lume s-au angajat în această căutare. Stephen Hawking chiar a susținut o prelegere cu titlul promițător: „Se întrezărește sfârșitul fizicii teoretice?"

Dacă o astfel de teorie ar avea succes, ar reprezenta capodopera științei. Ar fi Sfântul Graal al fizicii, o formulă unică din care, în principiu, se pot deriva toate celelalte ecuații, începând de la Big Bang și mergând spre sfârșitul universului. Ar fi produsul final a două mii de ani de investigații științifice, încă de când anticii au pus întrebarea: „Din ce e făcută lumea?"

Este o viziune care îți taie respirația.

Visul lui Einstein

Prima oară m-am confruntat cu dificultatea ridicată de acest vis în copilărie, când aveam opt ani. Într-o anumită zi, presa a anunțat că tocmai murise un mare om de

știință. În ziare a fost publicată memorabila fotografie a savantului.

Era o imagine a biroului său, pe care se putea vedea un carnet de însemnări deschis. Sub fotografie scria că cel mai mare om de știință al vremurilor noastre nu reușise să ducă la bun sfârșit munca pe care o începuse. Am fost fascinat. Ce putea fi atât de dificil, încât nici măcar marele Einstein să nu poată rezolva?

Caietul acela conținea versiunea sa privind teoria tuturor lucrurilor, pe care Einstein o numea teoria câmpului unificat. El voia să găsească o ecuație, lungă de cel mult două degete, care să-i permită, după cum s-a exprimat chiar el, „să-i citească mintea lui Dumnezeu".

Fără să pot aprecia enormitatea acestei probleme, am hotărât să merg pe urmele marelui om de știință, cu speranța că voi putea juca un rol cât de mic în încheierea căutărilor sale.

Dar mulți alții au încercat și au eșuat[1]. După cum a spus cândva fizicianul Freeman Dyson, de la Princeton, drumul spre teoria câmpului unificat este presărat cu cadavrele tentativelor eșuate.

Totuși, în zilele noastre, mulți fizicieni de frunte sunt de părere că în sfârșit eforturile tuturor converg spre o soluție.

Principalul (și, în opinia mea, singurul) candidat se numește teoria corzilor, potrivit căreia universul nu este alcătuit din particule punctiforme, ci din corzi minuscule care vibrează, iar fiecare „notă" corespunde unei particule subatomice.

Dacă am avea un microscop suficient de puternic, am putea vedea că electronii, quarcurile, neutrino etc. nu

sunt nimic altceva decât vibrații ale unor bucle minuscule care seamănă cu niște benzi de elastic. Dacă „ciupim“ banda elastică de un număr suficient de ori și în feluri diferite, în cele din urmă vom crea toate particulele subatomice cunoscute din univers. Aceasta înseamnă că toate legile fizicii pot fi reduse la armonii ale acestor corzi. Chimia reprezintă melodiile pe care cineva le poate cânta la aceste corzi. Universul este o simfonie. Iar mintea lui Dumnezeu, despre care Einstein scria cu elocință, este muzica acestui cosmos ce rezonează prin spațiu-timp.

Aceasta nu este doar o problemă abstractă. De fiecare dată când oamenii de știință au descoperit un nou tip de forțe, acest lucru a schimbat cursul civilizației și a modificat destinul omenirii. De exemplu, descoperirea de către Newton a legilor mișcării și a gravitației a pus bazele epocii mașinilor și pe cele ale Revoluției Industriale. Explicarea de către Michael Faraday și James Clerk Maxwell a electricității și a magnetismului a netezit calea pentru iluminatul orașelor și ne-a pus la dispoziție puternicele motoare și generatoare electrice, precum și comunicarea instantanee prin intermediul radioului și al televiziunii. Ecuația lui Einstein $E = mc^2$ a explicat puterea stelelor și ne-a ajutat să descoperim forța nucleară. Când Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg și alții au descifrat secretele teoriei cuantice, ne-au oferit revoluția *high-tech* din zilele noastre, cu supercomputere, lasere, internet și toate dispozitivele fabuloase din locuințele fiecăruia dintre noi.

În ultimă instanță, toate minunile tehnologiei moderne își datorează originea oamenilor de știință care au descoperit treptat forțele fundamentale ale lumii. Acum, eforturile acestora s-ar putea să conveargă spre teoria

care să unifice aceste patru forțe ale naturii — gravitația, forța electromagnetică și forțele nucleare (slabă și puternică) — într-o teorie unică. În final, această teorie ar putea să ofere răspunsuri la unele dintre cele mai profunde mistere și întrebări ale științei, cum ar fi:

- Ce s-a întâmplat înainte de Big Bang? Și, în primul rând, de ce s-a produs această explozie?
- Ce se află de cealaltă parte a unei găuri negre?
- Este posibilă călătoria în timp?
- Există găuri de vierme care să ducă spre alte universuri?
- Există dimensiuni superioare?
- Există un multivers, format din universuri paralele?

Subiectul acestei cărți îl constituie strădania de a găsi această teorie ultimă și toate meandrele a ceea ce reprezintă, fără îndoială, unul dintre cele mai stranii capitole din istoria fizicii. Vom analiza toate revoluțiile precedente, care ne-au dat minunățiile tehnologice, începând cu revoluția newtoniană și continuând cu stăpânirea forței electromagnetice, dezvoltarea relativității și a teoriei cuantice și ajungând la teoria corzilor din zilele noastre. Și vom explica modul în care această teorie ar putea să deslușească și cele mai profunde mistere ale spațiului și timpului.

O armată de critici

Totuși, obstacole rămân. Cu tot entuziasmul stârnit de teoria corzilor, criticii nu au întârziat să-i scoată în

evidență defectele. Și, uite așa, după toată publicitatea și nebunia generate, progresul s-a oprit.

Problema cea mai bătătoare la ochi este dată de faptul că, în ciuda articolelor de presă măgulitoare care laudă frumusețea și complexitatea teoriei, nu avem nicio dovadă solidă, testabilă. La un moment dat, s-a sperat că Large Hadron Collider (LHC) din apropierea orașului elvețian Geneva, cel mai mare accelerator de particule din istorie, va găsi dovezi concrete pentru teoria finală, dar acestea și-au păstrat caracterul eluziv. LHC a reușit să găsească bosonul Higgs (sau particula lui Dumnezeu), dar această particulă era doar o minusculă piesă-lipsă din teoria finală.

Deși s-au făcut propuneri ambițioase pentru construirea unui succesor și mai puternic al LHC, nu există nicio garanție că aceste instalații costisitoare vor găsi ceva. Nimeni nu știe cu certitudine la ce valoare a energiei vom găsi noi particule subatomice care să poată verifica teoria.

Dar poate că cea mai importantă critică adusă teoriei corzilor este aceea că prezice un multivers, o mulțime de universuri. Einstein a spus cândva că întrebarea-cheie este: a avut Dumnezeu de ales când a creat universul? Este universul unic? În sine, teoria corzilor este unică, dar probabil că are o infinitate de soluții. Fizicienii numesc asta problema peisajului — faptul că universul nostru ar putea fi doar o soluție dintr-un ocean de alte soluții la fel de valabile. Dacă universul nostru este una dintre multele posibilități, atunci care dintre acestea este el? De ce trăim în acest univers și nu în altul? Și atunci care este puterea predictivă a teoriei corzilor? Este o teorie a tuturor lucrurilor sau o teorie a oricărui lucru?

Recunosc că am o miză în această căutare. Lucrez la teoria corzilor încă din 1968, de când a ieșit la iveală accidental, neanunțată și totalmente neașteptată. Am văzut evoluția remarcabilă a teoriei, care s-a dezvoltat de la o singură formulă într-o disciplină cu o întreagă bibliotecă de articole științifice. Astăzi, teoria corzilor formează baza unei mari părți din cercetările care se efectuează în cele mai importante laboratoare ale lumii. Sper ca această carte să vă ofere o analiză echilibrată și obiectivă a succeselor și limitărilor teoriei corzilor.

De asemenea, va explica de ce această căutare a pus stăpânire pe imaginația celor mai de seamă oameni de știință și de ce această teorie a generat atâta pasiune și atâtea controverse.

BOOKZONE

1.

Unificarea — un vis străvechi

Când privești la splendoarea magnifică a cerului nopții, înconjurat de toate stelele care strălucesc în înaltul lui, este ușor să te simți copleșit de maiestuozitatea sa impresionantă. Preocupările noastre se îndreaptă spre unele dintre întrebările cele mai încărcate de mister.

Există un mare plan pentru univers?

Cum putem înțelege un cosmos aparent fără de înțeles?

Există o rațiune pentru existența noastră sau totul este fără noimă?

Îmi vine în gând un poem de Stephen Crane:

Un om i-a spus universului:
— Domnule, eu exist!
— Totuși, a răspuns universul,
Acest lucru nu m-a făcut să mă simt obligat în vreun fel.

Grecii au fost printre primii care au făcut încercări serioase de a aduce puțină ordine în haosul lumii din jurul nostru. Filosofi ca Aristotel credeau că totul poate fi redus la o combinație de patru ingrediente fundamentale: pământ, aer, foc și apă. Dar cum reușesc aceste patru elemente să dea naștere bogatei complexități a lumii?

Grecii au propus cel puțin două răspunsuri la această întrebare. Primul a fost dat de filosoful Democrit, chiar înainte de Aristotel. El credea că totul poate fi redus la niște particule minuscule, invizibile și indestructibile pe

care le-a denumit atomi („indivizibil“, în greacă). Totuși, criticii au arătat că era imposibil de obținut dovada directă a existenței atomilor, deoarece aceștia erau prea mici pentru a fi observați. Dar Democrit a putut să prezinte dovezi indirecte convingătoare.

Să ne gândim la un inel din aur, de exemplu. De-a lungul anilor, inelul începe să se uzeze. Ceva este pierdut. În fiecare zi, fragmente minuscule de materie se desprind de pe inel. Prin urmare, deși atomii sunt invizibili, existența lor poate fi măsurată indirect.

Chiar și în zilele noastre, cea mai mare parte a activității științifice se desfășoară indirect. Cunoaștem compoziția Soarelui, structura detaliată a ADN-ului și vârsta universului, toate datorită unor măsurători de acest tip. Știm toate aceste lucruri, deși nu am vizitat niciodată stelele, n-am intrat într-o moleculă de ADN și nici n-am fost martori ai Big Bangului. Distincția dintre dovezile directe și cele indirecte va deveni esențială când vom discuta încercările de a demonstra o teorie a câmpului unificat.

O a doua abordare a fost propusă de marele matematician Pitagora.

Pitagora a avut intuiția să aplice o descriere matematică unui fenomen lumesc precum muzica. Potrivit legendei, el a observat similarități între sunetul emis la ciupirea unei corzi de liră și rezonanțele scoase la lovirea cu ciocanul a unei bare metalice. El a constatat că acestea creau frecvențe muzicale care vibrau în anumite raporturi. Așadar ceva plăcut din punct de vedere estetic, precum muzica, își are originea în matematica rezonanțelor. În opinia lui, aceasta ar putea demonstra că diversitatea obiectelor pe care le vedem în jurul nostru trebuie să se supună aceloraşi reguli matematice.

Așadar cel puțin două mari teorii privind lumea noastră au luat naștere în Grecia antică: ideea că totul constă din atomi invizibili și indestructibili și faptul că diversitatea naturii poate fi descrisă prin matematica vibrațiilor.

Din păcate, odată cu prăbușirea civilizației clasice, aceste discuții și dezbateri filosofice s-au pierdut. Conceptul potrivit căruia ar putea exista o paradigmă care să explice universul a fost uitat timp de aproape o mie de ani. Întunericul s-a așternut asupra lumii occidentale și investigația științifică a fost înlocuită în mare măsură de credința în superstiții, magie și vrăjitorie.

Renașterea din perioada Renașterii

În secolul al XVII-lea, câțiva mari oameni de știință s-au ridicat împotriva ordinii împământenite și au investigat natura universului, dar s-au lovit de o opoziție înverșunată și de persecuție. Johannes Kepler, unul dintre primii oameni care au aplicat matematica la mișcarea planetelor, era consilier imperial al împăratului Rudolf al II-lea și probabil că a scăpat de persecuție prin includerea cu pioșenie a unor elemente religioase în opera sa științifică.

În schimb, fostul călugăr Giordano Bruno nu a fost la fel de norocos. În 1600, el a fost judecat și condamnat la moarte pentru erezie. Cu un căluș la gură, a fost plimbat dezbrăcat pe străzile Romei și, în cele din urmă, ars pe rug. Principala lui crimă? Faptul că a declarat că viața ar putea exista și pe planete care se rotesc în jurul altor stele.

Marele Galileo Galilei, părintele științei experimentale, aproape că a avut aceeași soartă. Dar, spre deosebire de Bruno, sub amenințarea morții, Galileo s-a dezis de

propriile teorii. Totuși, el a lăsat în urmă o moștenire durabilă, telescopul, probabil cea mai revoluționară și mai rebelă invenție din întreaga istorie a științei. Cu ajutorul telescopului poți să vezi cu ochii tăi că Luna este împânzită de cratere; că fazele lui Venus sunt în concordanță cu mișcarea sa pe orbita circumsolară; că Jupiter are sateliți naturali, toate acestea fiind considerate idei eretice.

Din păcate, Galileo a fost pus în arest la domiciliu, nu i s-a permis să aibă vizitatori și, în cele din urmă, a orbit. (S-a spus că din cauza faptului că odată s-a uitat cu telescopul direct la Soare.) Galileo a murit ca un om înfrânt. Dar, chiar în anul morții sale, în Anglia se năștea un copil care la maturitate va ajunge să definitiveze teoriile neterminate ale lui Galileo și Kepler, dându-ne astfel o teorie unificată a cerurilor.

Teoria newtoniană a forțelor

Isaac Newton este, probabil, cel mai mare om de știință care a trăit vreodată. Într-o lume obsedată de magie și de vrăjitorie, el a îndrăznit să scrie legile universale ale cerurilor și să aplice o nouă ramură a matematicii, pe care a inventat-o ca să studieze forțele: analiza matematică. După cum a afirmat fizicianul Steven Weinberg: „Isaac Newton este cel cu care visul modern al unei teorii finale începe cu adevărat“.[2] La vremea sa, a fost considerată teoria tuturor lucrurilor — adică teoria care descria tot ceea ce înseamnă mișcare.

Totul a început când avea 23 de ani. Universitatea din Cambridge era închisă din cauza epidemiei de ciumă bubonică. Într-o zi a anului 1666, pe când se plimba pe proprietatea sa de la țară, a văzut un măr căzând. Atunci și-a pus întrebarea care avea să modifice cursul istoriei umane.

Dacă un măr cade, atunci și Luna cade?

Înainte de Newton, biserica ne învăța că există două tipuri de legi. Primul tip, legile găsite pe Pământ, care erau corupte de păcatele muritorilor. Al doilea tip era alcătuit din legile pure, perfecte și armonioase ale cerurilor.

În esență, Newton a avut ideea de a propune o teorie unificată care să cuprindă și cerul, și Pământul.

În carnetul său de însemnări, el a desenat o imagine profetică (vezi figura 1).

Dacă o ghiulea este trasă cu tunul de pe un vârf de munte, aceasta parcurge o anumită distanță înainte de a atinge solul. Dar dacă ghiuleaua este expediată cu viteze din ce în ce mai mari, distanțele parcurse până la atingerea solului sunt tot mai mari, până când aceasta va ocoli complet Pământul și va reveni pe vârful de munte. El a conchis că aceeași lege naturală care guvernează merele și ghiulelele, gravitația, ține și Luna pe orbita sa circumterestră. Fizica terestră era aceeași cu fizica cerului.

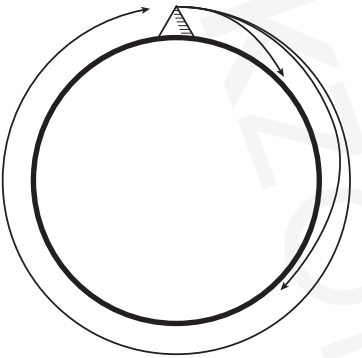

Figura 1. O ghiulea poate fi trasă cu energie crescândă, astfel încât în cele din urmă ocolește complet Pământul și revine în punctul de start. Newton a afirmat că așa se poate explica orbita Lunii, unificând astfel legile fizicii terestre cu legile corpurilor cerești.

Pentru a realiza acest lucru, Newton a introdus conceptul de forță. Obiectele se mișcă pentru că sunt trase sau împinse de forțe care sunt universale și pot fi măsurate precis și matematic. (Anterior, unii teologi erau de părere că obiectele se mișcă datorită dorințelor, astfel încât obiectele cădeau deoarece tânjeau să se unească cu Pământul.)

Astfel, Newton a introdus conceptul-cheie de unificare.

Dar Newton, notoriu pentru caracterul său retras, își ținea în secret o mare parte din rezultatele muncii sale. Avea puțini prieteni, era incapabil de bârfe mărunte și adesea era angajat în lupte înverșunate cu alți oameni de știință, legate de prioritatea descoperirilor sale.

În 1682, a avut loc un eveniment senzațional care a schimbat cursul istoriei. O cometă a traversat cerul de deasupra Londrei. Toată lumea, de la regi și regine până la cerșetori, era preocupată de această veste. De unde venea cometa? Unde se ducea? Ce nenorociri prevestea?

Unul dintre cei interesați în mod deosebit de această cometă a fost astronomul Edmond Halley. El a călătorit la Cambridge pentru a se întâlni cu celebrul Isaac Newton, deja cunoscut pentru teoria luminii. (Făcând să treacă raze de lumină solară printr-o prismă de sticlă, Newton a arătat că lumina albă se separă în toate culorile curcubeului, demonstrând prin urmare că lumina albă este o culoare compozită. De asemenea, el a inventat un nou tip de telescop, ce folosea oglinzi reflectorizante în locul lentilelor.) Când Halley l-a întrebat de cometa despre care toată lumea vorbea, a fost șocat să audă că Newton putea să demonstreze că toate cometele se mișcă pe traiectorii

eliptice în jurul Soarelui și că putea chiar să le prezică traiectoria cu ajutorul propriei teorii gravitaționale. De fapt, chiar le urmărise cu ajutorul telescopului inventat de el și acestea se deplasaseră așa cum prezisese Newton.

Halley a rămas înmărmurit.

Imediat și-a dat seama că era martorul unei descoperiri științifice epocale și s-a oferit să achite costurile legate de tipărirea a ceea ce avea să devină una dintre marile capodopere din întreaga știință, *Principiile matematice ale filosofiei naturale* — sau, mai simplu, *Principiile*.

Mai mult, dându-și seama că Newton prezicea revenirea cometelor la intervale regulate, Halley a calculat: cometa din 1682 avea să se întoarcă în 1758. (Cometa lui Halley a navigat deasupra Europei în ziua de Crăciun a anului 1758, pecetluind postum reputația celor doi savanți, Halley și Newton.)

Teoria newtoniană a mișcării și gravitației se detașează ca una dintre cele mai mari realizări ale minții umane, un principiu care unifică legile cunoscute ale mișcării. Alexander Pope a scris:

Natura și legile Naturii stăteau ascunse în noapte:
Dumnezeu a spus: Să fie Newton!
Și totul a fost lumină.

Chiar și astăzi, legile lui Newton sunt cele care permit inginerilor de la NASA să ghideze sondele spațiale prin sistemul solar.