DE CE TEORIA CORZILOR ESTE PROBLEMATICĂ DIN PUNCT DE VEDERE FILOZOFIC?

Autor: Victoria Maria Deliu | 26 ianuarie 2022

1. Introducere

În acest text îmi propun să arăt de ce teoria corzilor este problematică din punct de vedere filozofic. Principalul motiv pentru care această teorie este susținută ca teorie științifică este faptul că rezolvă problema incompatibilității dintre relativitatea generală și mecanica cuantică. Mai întâi, voi arăta, pe scurt, cum soluționează teoria corzilor această problemă a fizicii contemporane. Apoi, voi formula problema de natură filozofică, nu științifică, cu care cred că se confruntă această teorie fizică inovatoare. În continuare, voi prezenta această problemă în termeni mai generali, arătând miza ei mai profundă. La final, voi prezenta concluziile demersului meu.

Astăzi este bine cunoscută problema incompatibilității dintre relativitatea generală și mecanica cuantică. Domeniile de aplicabilitate a celor două teorii sunt diferite: relativitatea generală se aplică în cazurile obiectelor masive – galaxii, însăși structura universului etc. – iar mecanica cuantică se aplică în cazurile obiectelor foarte mici, mai cu seamă, particulelor elementare subatomice. Cu toate acestea, în univers există și cazuri de intersecție, la care ne-am gândi că ar trebui aplicate ambele teorii, într-o formulă care să le reconcilieze: obiecte masive, dar foarte mici. Un astfel de exemplu este punctul central al găurilor negre. Un altul este universul în momentul Big Bang-ului.

Din punctul de vedere al calculului matematic, încercarea de a pune împreună relativitatea generală și mecanica cuantică duce la predicții care conțin probabilități cuantice cu valoarea infinit, și nu cu o valoare între 0 și 1, cum ar trebui să ia de regulă probabilitățile. Din punctul de vedere al cadrului conceptual fizic, incompatibilitatea apare între principiul incertitudinii – principiul central în mecanica cuantică – și modelul de spațiu geometric (și spațiu-timp) neted – principiul central al relativității generale.

Principiul incertitudinii se referă la incapacitatea unui observator de a cunoaște în același timp poziția și viteza particulelor elementare. Cu alte cuvinte, principiul ne spune că energia și impulsul unei particule elementare nu pot fi precizate, deoarece fluctuează între extreme, iar fluctuațiile cresc pe măsură ce dimensiunea spațială și durata temporală în care se face observația scad.[1] Modelul neted al spațiului geometric se referă la faptul că, pentru distanțe mari, la care se aplică relativitatea generală, absența masei implică faptul că spațiul este plat. Asta ar însemna că, și la cele mai mici dimensiuni, spațiul ar trebui să fie tot plat. Iar un spațiu plat, gol implică faptul că câmpul gravitațional ar trebui să fie nul.

Însă la cele mai mici dimensiuni, la care este valabilă mecanica cuantică, și câmpul gravitațional însuși este supus fluctuațiilor de care aminteam mai sus. Valoarea medie a acestor fluctuații este într-adevăr 0, însă valorile reale sunt extreme. Aceste fluctuații cuantice puternice produc niște curburi ale câmpului gravitațional atât de distorsionate, încât câmpul gravitațional nu mai poate fi asemănat cu un obiect geometric cu vagi curburi. Aici rezidă, de fapt, problema: gravitația nu poate fi integrată într-o teorie cuantică de câmp, deși celelalte trei forțe fundamentale din univers – forța electromagnetică, forțele tari și slabe – au putut fi.

Teoria corzilor este cea mai recentă încercare de a reconcilia relativitatea generală și mecanica cuantică. Cum reușește aceasta să facă unificarea între cele două teorii? Mai exact, cum reușește teoria corzilor să integreze gravitația în structura sa? Pentru a putea răspunde, trebuie să ne familiarizăm cu ideile esențiale ale teoriei, pe care le voi reda, succint, în cele ce urmează. În primul rând, teoria corzilor postulează existența constituenților ultimi ai universului *nu* sub formă de particule punctiforme, precum modelul standard din fizica particulelor, ci sub forma unor corzi. Dimensiunea medie a unei astfel de corzi este lungimea Planck, adică 10^{-33} cm. Cu alte cuvinte, teoria susține că, dacă am avea instrumentele tehnologice necesare pentru a putea mări suficient de mult particulele elementare care, observate cu cea mai performantă tehnologie de la ora actuală, par punctiforme, am vedea că ele au, de fapt, formă de corzi.

Aceste corzi fundamentale oscilează sau vibrează în moduri cât se poate de diferite. În funcție de energia oscilațiilor, acestea produc masă și sarcini de forță diferite. Masele și sarcinile de forță sunt atribuite particulelor elementare (electronii, cuarcii, neutrinii, miuonii și particulele tau), dar și particulelor mesager, adică acelor particule care corespund forțelor fundamentale (fotonii – care corespund forței electromagnetice, bosonii – care corespund forței slabe și gluonii – care corespund forței tari). Aici este cheia: există moduri de oscilație ale corzilor care generează exact proprietățile gravitonului, particula mesager corespunzătoare gravitației. În acest fel, gravitația este „elegant” integrată în teoria corzilor.[2]

O implicație extrem de importantă a teoriei corzilor este că reușește să explice

proprietățile particulelor elementare din modelul standard, pe care modelul standard însuși nu le poate explica. Altfel spus, teoria reușește să explice de ce masa electronilor sau masa bosonilor au anumite valori, și nu altele, precum și de ce particulele elementare sunt grupate în exact trei familii de particule.

O altă implicație relevantă a teoriei este postularea existenței mai multor dimensiuni ale universului decât cele pe care le putem observa noi. Aceste dimensiuni suplimentare sunt generate de *direcțiile* în care corzilor pot vibra. Corzile pot oscila în direcția stânga-dreapta, față-spate, sus-jos, deci în cele trei direcții care corespund celor trei dimensiuni vizibile, așa-zis extinse. Timpul este socotit și el, pe urmele lui Einstein, ca a patra dimensiune în care corzile pot oscila. Dar mai există alte șase dimensiuni de mărimea corzilor, prin urmare, invizibile și *încolăcite*, care pot fi parțial modelate matematic după modelul spațiilor Calabi-Yau. Corzile pot, așadar, vibra în nouă direcții spațiale independente, dintre care șase nu se pot detecta momentan cu niciun dispozitiv tehnologic. Aici trebuie adăugat că geometria dimensiunilor suplimentare ajunge să aibă un rol decisiv în determinarea proprietăților fizice fundamentale, precum masa și sarcinile de forță ale particulelor. Cu alte cuvinte, atributele fizice fundamentale ale universului sunt determinate de forma geometrică și mărimea dimensiunilor suplimentare, invizibile.[3]

2. De ce teoria corzilor este problematică din punct de vedere filozofic? De la caracterul științific al teoriei la problema raționalității lumii

Însă de ce contează această teorie din fizica contemporană din punct de vedere filozofic? Prezintă ea probleme sub raport filozofic? Răspunsul pe care îl voi da este afirmativ.

Primul motiv pentru care teoria este discutabilă la o analiză filozofică este incapacitatea de a fi supusă testării experimentale. Or, testabilitatea experimentală este o condiție necesară pentru caracterul științific al unei teorii. Pentru a testa – și confirma sau infirma – prima sa ipoteză, anume că particulele elementare nu sunt punctiforme, ci sunt, de fapt, corzi, ar fi nevoie de inovații tehnologice. În cuvintele lui Greene: „Fără o descoperire tehnologică epocală nu vom fi niciodată în stare să atingem o scară de dimensiuni suficient de mică pentru a vedea direct o coardă.”[4] Pentru a elibera energii suficient de înalte și pentru a le putea concentra asupra unei singure particule, astfel încât corzile să devină vizibile, ar fi necesar un accelerator de particule de mărimea… unei galaxii sau chiar a întregului univers.

Însă Greene propune o soluție la această problemă: testarea indirectă a teoriei corzilor; adică, testarea consecințelor sale indirecte. De pildă, se acceptă că o consecință indirectă a teoriei este organizarea particulelor elementare în *familii* (sigur, familiile pe care le prezintă și modelul standard). Fizicienii au găsit o corespondență între numărul

de familii în care se organizează particulele și numărul de găuri din formele geometrice ale dimensiunilor suplimentare, modelate după spațiile Calabi-Yau. Însă problema incapacității reale de testare rămâne, deoarece „nimeni nu ştie cum să deducă din ecuaţiile teoriei corzilor care dintre formele Calabi-Yau constituie dimensiunile spaţiale suplimentare”[5] – căci există zece mii de forme Calabi-Yau cunoscute.

Un model de spațiu Calabi-Yau șase dimensional, reprezentat bidimensional. *Imagine: Andrew J. Hanson, Indiana University; Sursa: Wikimedia Commons*

După cum spuneam mai sus, teoreticienii corzilor se laudă cu succesul teoriei de a explica proprietățile particulelor fundamentale, precum masele lor sau organizarea în familii, mai ales că aceste explicații nu pot fi furnizate de modelul standard din fizica particulelor. Însă de la Lakatos încoace nu se mai consideră că o teorie este științifică dacă poate oferi *explicații* pentru diverse fenomene, ci dacă are „conținut empiric în exces și parțial coroborat”, adică dacă poate face mai multe *predicții testabile* decât teoria competitoare, iar o parte din ele să și fie *testate* și *confirmate provizoriu*.[6] Or, teoria corzilor nu poate face predicții testabile. Pentru a le face, ar fi necesar ca, mai întâi, să stabilească modul precis în care sunt încolăcite dimensiunile spațiale suplimentare, insesizabile – adică să aleagă un mod dintr-o infinitate de posibilități. Apoi, ar fi necesar ca ipoteza formulată să fie supusă testelor experimentale[7] – am aflat că acest lucru este, momentan, nefezabil din punct de vedere tehnologic. Pe scurt, teoria corzilor nu este (cel puțin, nu încă) o teorie științifică.

Mai mult decât atât, unul dintre obiectivele teoriei corzilor este să arate că spațiul, timpul și dimensiunea nu sunt proprietăți fundamentale ale universului, ci sunt elemente convenționale, care provin dintr-o stare originară, mai profundă. Cu alte cuvinte, teoria corzilor își propune să arate cum și din ce au apărut spațiul și timpul și să descrie starea originară a universului. Cum formulează Greene, „ar trebui să-i permitem teoriei corzilor să-și creeze propria arenă spațio-temporală, pornind de la o configurație fără spațiu și fără timp”[8]. Pentru aceasta însă, geometria obișnuită ar trebui înlocuită cu o geometrie numită „necomutativă”, momentan insuficient dezvoltată. Deci, în prezent, cercetătorii din teoria corzilor încearcă să găsească aparatul matematic adecvat, care nu folosește noțiunile obișnuite de spațiu și timp.

Așadar, observăm din ideile schițate până acum că unul din principalii factori care susțin incapacitatea teoriei de a face predicții testabile este reprezentat de fisurile din aparatul matematic: imposibilitatea (cel puțin momentană) de a deduce din ecuaţiile teoriei care dintre formele Calabi-Yau reprezintă dimensiunile spaţiale suplimentare postulate și imposibilitatea (cel puțin momentană) de a articula complet o geometrie care să nu

recurgă la utilizarea noțiunilor familiare de spațiu și timp.

Cineva ar putea considera respingerea pe criterii metodologice a caracterului științific al teoriei corzilor ca fiind lipsită de importanță filozofică. S-ar putea reproșa că am ridicat o problemă strict metodologică a teoriei corzilor, și nu o problemă care merge la fundamentele filozofice ale teoriei, oricare asumăm că ar fi acelea. În continuare îmi propun să argumentez de ce cred că această problemă metodologică este, în realitate, o problemă filozofică fundamentală.

Aparent, problema metodologică se referă la descrierea matematică a lumii: am văzut mai sus că incapacitatea teoriei de a face predicții testabile provine (și) din neajunsurile aparatului matematic de care uzează teoria. Dar putem accepta că descrierea matematică a lumii este un mod de a înțelege lumea din jurul nostru. În fapt, asta înseamnă că problema metodologică este un alt nume pentru problema raționalității sau inteligibilității lumii, după cum o numește Michael Heller[9]. Este vorba, în esență, despre problema cunoașterii lumii. Dacă fizica contemporană este posibilă ca știință și dacă acceptăm că ea descrie universul, înseamnă că universul poate fi înțeles și cunoscut.

Astfel, atunci când spunem că o teorie nu are caracter științific, adică nu poate face predicții testabile, ceea ce spunem este că nu ne furnizează cunoaștere, că nu ne ajută să înțelegem mai profund universul în care trăim. Problemele metodologice pot fi reduse destul de ușor la probleme epistemologice. Toate disputele din filozofia științei din secolul XX – între pozitiviști și Popper, între Kuhn și Popper, între Popper și Lakatos etc. –, toate aceste încercări de a găsi criteriul corect de producere a cunoașterii științifice sunt încercări de redefinire a criteriului de „justificare” sau „întemeiere” a cunoașterii; adică, pur și simplu, a criteriului în baza căruia delimităm ceea ce este cunoaștere de falsa cunoaștere.

Aminteam mai devreme că teoreticienii corzilor încearcă să găsească aparatul matematic necesar formulării teoriei lor, care să nu folosească noțiunile cunoscute de timp și spațiu. În fața unei asemenea situații, prima întrebare la care ar trebui să răspundă filozoful științei este următoarea: este posibil acest demers? Dacă da, cum anume este el posibil? De ce ar avea universul un caracter matematic specific, anume caracterul matematicii speciale care elimină noțiunile cunoscute de timp și spațiu? Cum ar putea mintea umană să gândească universul fără să gândească în termeni de timp și spațiu? Însă pentru a răspunde pe larg la aceste întrebări, este necesară, evident, o teorie dezvoltată a cunoașterii.

3. Concluzii

Teoria corzilor este susținută astăzi în anumite comunități științifice, deoarece rezolvă

cea mai dificilă problemă a fizicii contemporane: incompatibilitatea dintre teoria relativității generale și mecanica cuantică. Cu toate acestea, am sugerat, prin acest text, că teoria corzilor este problematică sub aspect filozofic. Am pornit de la stratul metodologic, folosindu-mă de criteriul propus de Lakatos pentru acceptarea statutului științific al unei teorii. Astfel, am arătat că teoria corzilor nu este – cel puțin pentru moment – o teorie științifică, deoarece nu are conținut empiric în exces, parțial coroborat. Incapacitatea ei de a face predicții testabile derivă din incompletitudinea – sau incorectitudinea – aparatului matematic pe care încearcă să îl găsească și folosească. În acest fel, am ajuns la stratul mai profund, epistemologic. Am arătat că teoria corzilor nu ne oferă momentan cunoaștere asupra lumii. În final, am sugerat că dificultatea inerentă teoriei corzilor, cea de găsire a aparatului matematic adecvat care să nu facă apel la noțiunile de spațiu și timp, este o problemă în primul rând de natură filozofică. Modul de a soluționa această problemă depinde, întâi de toate, de o teorie a cunoașterii.

NOTE

1. Greene, Brian, *Universul elegant: supercorzi, dimensiuni ascunse și căutarea teoriei ultime*, traducere de Dragoș Anghel și Anamirela-Paula Anghel, București: Humanitas, 2008, pp. 136 – 138 și p. 148. ↑
2. *Ibid.*, pp. 153 – 163. ↑
3. *Ibid.*, pp. 205 – 230. ↑
4. *Ibid.*, p. 236. ↑
5. *Ibid.*, p. 238. ↑
6. Lakatos, Imre, „Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes” în Lakatos, Imre și Musgrave, Alan (ed.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, 1970, p. 116. ↑
7. Woit, Peter, „Is String Theory Even Wrong?” în *American Scientist*, Vol. 90, Nr. 2, martie-aprilie 2002, p. 110. ↑
8. Greene, Brian, *op. cit.*, p. 397. ↑
9. Heller, Michael, *Philosophy in Science: An Historical Introduction*, Heidelberg: Springer, 2011, pp. 158 – 162. ↑

BIBLIOGRAFIE

Greene, Brian, *Universul elegant: supercorzi, dimensiuni ascunse și căutarea teoriei ultime*, traducere de Dragoș Anghel și Anamirela-Paula Anghel, București: Humanitas, 2008.

Heller, Michael, *Philosophy in Science: An Historical Introduction*, Heidelberg: Springer, 2011.

Lakatos, Imre, „Falsifification and the Methodology of Scientific Research Programmes” în Lakatos, Imre și Musgrave, Alan (ed.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, 1970.

Woit, Peter, „Is String Theory Even Wrong?” în *American Scientist*, Vol. 90, Nr. 2, martie-aprilie 2002, pp. 110 – 112.

Imagine: Wassily Kandinsky, „Composition VII” (1913); Sursa: WikiArt