

Libris

Respect pentru oameni și cărți

STEPHEN W. HAWKING

TEORIA UNIVERSALĂ

Originea și soarta universului

Traducere din engleză de
MIRELA BĂBĂLÎC



HUMANITAS
BUCUREȘTI

<i>Introducere</i>	5
PRIMA PRELEGERE	
Idei despre univers	7
A DOUA PRELEGERE	
Universul în expansiune	19
A TREIA PRELEGERE	
Găurile negre	41
A PATRA PRELEGERE	
Găurile negre nu-s chiar atât de negre	63
A CINCEA PRELEGERE	
Originea și soarta universului	83
A ȘASEA PRELEGERE	
Direcția timpului	109
A ȘAPTEA PRELEGERE	
Teoria universală	123

Pe la 340 î.Cr., în cartea sa *Despre cer*, Aristotel a prezentat două argumente solide în favoarea ideii că Pământul e o minge rotundă, iar nu un disc întins. Mai întâi, el a înțeles că eclipsele de Lună sunt provocate de trecerea Pământului între Soare și Lună. Umbra Pământului pe Lună e întotdeauna rotundă, ceea ce nu e cu puțință decât dacă Pământul e sferic. Dacă Pământul ar fi un disc plat, umbra lui ar fi alungită și eliptică, cu excepția cazului în care eclipsa s-ar produce de fiecare dată în momentul în care Soarele se află exact deasupra centrului discului.

În al doilea rând, grecii știau din călătoriile lor că Steaua Polară apare mai jos pe cer când e privită din sud decât atunci când e privită din regiunile nordice. Din diferența dintre pozițiile Stelei Polare atunci când e privită din Egipt și atunci când e privită din Grecia, Aristotel a estimat că circumferința Pământului este de patru sute de mii de stadii. Nu știm cu precizie ce lungime avea un stadiu, dar pesemne că era de aproximativ două sute de metri. Aceasta ar face ca estimarea

Respect p valoarea acceptată în prezent.

Grecii aveau și un al treilea argument în favoarea faptului că Pământul trebuie să fie rotund, altminteri de ce atunci când apare o corabie la orizont mai întâi se văd pânzele și abia apoi carena? Aristotel credea că Pământul rămâne nemișcat, iar Soarele, Luna, planetele și stelele se mișcă pe orbite circulare în jurul Pământului. Credința lui se întemeia pe motive mistice: Pământul este centrul universului, iar mișcarea circulară e cea mai desăvârșită.

Ideea a fost dezvoltată de Ptolomeu, în secolul I d.Cr., într-un model cosmologic complet. Pământul era în centru, înconjurat de opt sfere pe care se aflau Luna, Soarele, stelele și cele cinci planete cunoscute la acel moment: Mercur, Venus, Marte, Jupiter și Saturn. Planetele se mișcau pe cercuri mai mici atașate sferelor respective, explicându-se astfel complicatele lor traiectorii observate pe cer. Pe sfera cea mai îndepărtată se găseau așa-numitele stele fixe, care ocupă mereu aceleași poziții unele în raport cu altele, dar se rotesc împreună pe bolta cerului. Ce se afla dincolo de ultima sferă nu era limpede, însă cu siguranță nu ținea de universul pe care omul îl putea observa.

Modelul lui Ptolomeu oferea un sistem suficient de precis pentru a prezice pozițiile corpurilor cerești. Dar, pentru ca predicțiile să fie corecte, Ptolomeu a trebuit să presupună că Luna urmează o traiectorie care o aduce uneori de două ori mai aproape de Pământ decât în alte dăți. Așadar, Luna trebuia să apară uneori de două ori

mai mare decât de obicei. Ptolomeu era conștient de acest neajuns, și totuși modelul său a fost în general acceptat, chiar dacă nu de toată lumea. El a fost adoptat de Biserică drept imagine a universului în conformitate cu Biblia. Avea marele avantaj că lăsa mult spațiu în afara sferei stelelor fixe pentru rai și iad.

Un model mult mai simplu a fost propus în 1514 de un preot polonez pe nume Nicolaus Copernic. La început, temându-se că va fi acuzat de erezie, Copernic și-a publicat modelul sub protecția anonimatului. Ideea lui era că Soarele stă nemișcat în centrul universului, iar Pământul și planetele se deplasează pe orbite circulare în jurul Soarelui. Din păcate pentru Copernic, a trebuit să treacă aproape un secol pentru ca această idee să fie luată în serios. Apoi, doi astronomi – germanul Johannes Kepler și italianul Galileo Galilei – au început să susțină deschis teoria lui Copernic, în ciuda faptului că orbitele pe care le prezicea nu se potriveau perfect cu cele observate. Decesul teoriei aristotelic-ptolomaice a survenit în 1609. În acel an Galileo a început să observe cerul nopții cu telescopul, instrument care tocmai fusese inventat.

Când a privit planeta Jupiter, Galilei a descoperit că era însoțită de câțiva sateliți mici, sau luni, care se roteau în jurul ei. Acest fapt sugera că nu orice corp cereesc trebuia neapărat să se rotească în jurul Pământului, așa cum crezuseră Aristotel și Ptolomeu. Desigur, încă era cu puțință să crezi că Pământul rămânea nemișcat în centrul universului, și că lunile lui Jupiter se deplasau pe traiectorii extrem de complicate în jurul Pământului,

lăsând impresia că se rotesc în jurul lui Jupiter. Totuși, teoria lui Copernic era mult mai simplă.

Cam în aceeași vreme, Kepler a modificat teoria lui Copernic, arătând că planetele nu se mișcă pe cercuri, ci pe elipse. Acum predicțiile erau în sfârșit conforme cu observațiile. În ceea ce-l privea pe Kepler, orbitele eliptice erau doar o ipoteză ad-hoc – una chiar respingătoare, deoarece elipsele nu aveau perfecțiunea cercurilor. După ce a descoperit aproape din întâmplare că orbitele eliptice se potriveau bine observațiilor, nu reușea să se împace cu ideea lui Copernic că planetele se rotesc în jurul Soarelui sub acțiunea unor forțe magnetice.

O explicație a fost dată abia mult mai târziu, în 1687, când Newton și-a publicat *Principiile matematice ale filozofiei naturale*, pesemne cea mai importantă carte din istoria fizicii. Newton nu numai că a propus aici o teorie privind mișcarea corpurilor în spațiu și timp, ci a și elaborat sistemul matematic necesar pentru analiza acestei mișcări. În plus, Newton a postulat o lege a gravitației universale, conform căreia fiecare corp din univers este atras de toate celelalte corpuri cu o forță care e cu atât mai puternică cu cât masele corpurilor sunt mai mari și cu cât distanța dintre ele e mai mică. Era vorba despre aceeași forță care face ca, pe Pământ, corpurile să cadă. Povestea care spune că lui Newton i-ar fi căzut un măr în cap este aproape sigur apocrifă. Tot ce a spus Newton despre asta a fost că ideea gravitației i-a venit pe când reflecta la căderea unui măr. Newton a continuat arătând că, potrivit legii sale, gravitația face ca Luna să se miște pe o orbită

eliptică în jurul Pământului, și ca Pământul și celelalte planete să urmeze traiectorii eliptice în jurul Soarelui. Modelul lui Copernic a scăpat de sferile cerești ale lui Ptolomeu și, odată cu ele, de ideea că universul ar avea o frontieră naturală. Stelele fixe nu păreau să-și schimbe pozițiile relative pe măsură ce Pământul se rotea în jurul Soarelui. Era așadar firesc să presupunem că stelele fixe erau obiecte la fel ca Soarele nostru, dar mult mai îndepărtate, ceea ce ridică o problemă. Newton și-a dat seama că, în conformitate cu teoria sa despre gravitație, planetele ar trebui să se atragă între ele; se părea deci că nu puteau rămâne nemișcate. Nu vor cădea oare toate una peste alta la un moment dat?

Într-o scrisoare din 1691 către Richard Bentley, un alt gânditor de seamă din epoca sa, Newton susținea că acest fenomen chiar s-ar întâmpla dacă ar exista numai un număr finit de stele. S-a gândit însă că, dacă ar exista un număr infinit de stele, distribuite mai mult sau mai puțin uniform într-un spațiu infinit, fenomenul acesta nu s-ar petrece, deoarece n-ar exista un punct central în care să cadă toate. Acest argument este o dovadă a capcanelor care îți pot ieși în cale atunci când vorbești despre infinit.

Într-un univers infinit, fiecare punct poate fi considerat drept centru, deoarece are un număr infinit de stele oriunde ai privi în jurul lui. Abordarea corectă, după cum s-a înțeles abia mult mai târziu, este să consideri situația finită în care toate stelele cad unele peste celelalte. Ne întrebăm atunci cum s-ar schimba

lucrurile dacă am adăuga mai multe stele, distribuite aproximativ uniform în afara acestei regiuni. Conform legii lui Newton, stelele suplimentare nu ar diferi cu nimic de cele inițiale, și astfel stelele ar cădea toate în același loc la fel de repede. Putem adăuga oricât de multe stele vrem, iar acestea vor continua să cadă întotdeauna unele peste altele. Știm acum că e imposibil să avem un model static infinit al universului în care gravitația să fie întotdeauna atractivă.

Faptul că nimeni nu s-a gândit că universul se extinde sau se contractă reflectă atmosfera intelectuală dinaintea secolului XX. Se credea în genere fie că starea universului a fost dintotdeauna aceeași, fie că a fost creat la un anumit moment din trecut, arătând în linii mari la fel ca azi. În parte, aceasta se datora probabil atât tendinței oamenilor de a crede în adevăruri eterne, cât și faptului că oamenii se consoleau cu gândul că, deși ei îmbătrânesc și mor, universul e neschimbător.

Nici măcar cei care și-au dat seama că teoria newtoniană a gravitației arată că universul nu poate fi static nu s-au gândit că acesta ar putea fi în expansiune. Ei au încercat în schimb să modifice teoria, impunând ca forța gravitațională să fie repulsivă la distanțe foarte mari. Acest lucru nu afecta prea mult predicțiile asupra mișcării planetelor, dar permitea o distribuție infinită a stelelor pentru a rămâne în echilibru, forțele de atracție dintre stelele apropiate fiind echilibrate de forțele repulsive față de cele mai îndepărtate.

Cu toate acestea, astăzi credem că un asemenea echilibru ar fi instabil. Dacă stelele dintr-o anumită regiune s-ar apropia doar puțin mai mult unele de altele, forțele de atracție dintre ele ar deveni mai puternice și ar domina forțele de respingere, prin urmare stelele ar continua să cadă unele către altele. Pe de altă parte, dacă stelele s-ar îndepărta doar puțin mai mult unele de altele, forțele de respingere ar domina și le-ar îndepărta și mai mult.

O altă obiecție împotriva unui univers static infinit este de obicei atribuită filozofului german Heinrich Olbers. De fapt, mai mulți contemporani ai lui Newton au pus problema, iar articolul lui Olbers din 1823 nu era nici măcar primul care conținea argumente plauzibile pe această temă, însă a fost primul luat în seamă. Problema este că într-un univers static infinit aproape orice linie ar ajunge pe suprafața unei stele. Astfel, ne-am aștepta ca întregul cer să fie la fel de strălucitor ca Soarele, chiar și noaptea. Contraargumentul lui Olbers era că lumina de la stelele îndepărtate ar scădea, fiind absorbită de materia întâlnită în cale. Dacă s-ar întâmpla însă acest lucru, materia aceea s-ar încălzi în cele din urmă atât de mult, încât ar ajunge la fel de strălucitoare ca stelele.

Singura variantă în care s-ar evita concluzia că întregul cer al nopții trebuie să fie la fel de strălucitor ca suprafața Soarelui ar fi aceea că stelele n-au fost dintotdeauna luminoase, ci s-au aprins cu un timp finit în urmă. În acest caz, materia absorbantă probabil că nu

s-a încălzit încă suficient de mult, sau lumina de la stelele îndepărtate n-a ajuns încă la noi. Iar aceasta ne conduce la întrebarea ce anume ar fi putut provoca aprinderea stelelor.

ÎNCEPUTUL UNIVERSULUI

Despre începutul universului s-a discutat, fără în-doială, de foarte multă vreme. Conform vechilor tradiții iudaice, creștine și islamice, universul a apărut cu un timp finit în urmă, nu foarte îndepărtat. Un argument în favoarea unui astfel de început a fost ideea că era nevoie de o cauză primă care să explice existența universului.

Un alt argument a fost propus de Sfântul Augustin în cartea *Cetea lui Dumnezeu (De civitate Dei)*. El atrăgea atenția asupra faptului că civilizația progresează, iar noi ne amintim cine a săvârșit cutare ispravă sau a născocit cutare procedeu. Astfel, omul și pe-semne și universul nu pot exista de prea mult timp, fiindcă altminteri am fi fost deja mult mai avansați.

Sfântul Augustin accepta o dată a creării universului în jurul anului 5000 î.Cr., în conformitate cu Cartea Facerii. Este interesant că aceasta nu e foarte departe de sfârșitul ultimei ere glaciare, pe la 10 000 î.Cr., când a apărut într-adevăr civilizația. Pe de altă parte, Aristotel și majoritatea celorlalți filozofi greci nu erau de acord cu ideea creației, deoarece presupunea o prea importantă intervenție divină. Ei credeau deci că om-nirea și lumea din jurul ei au existat dintotdeauna și

vor exista pentru totdeauna. Se gândiseră la argumentul progresului, menționat mai sus, iar răspunsul lor era că au existat potopuri periodice sau alte dezastre naturale care au adus în repetate rânduri om-nirea înapoi la începutul civilizației.

Pe vremea când majoritatea oamenilor credeau într-un univers static și neschimbător, întrebarea dacă acesta a avut sau nu un început era considerată de natură metafizică sau teologică. Pe baza observațiilor puteai accepta ambele variante: universul fie a existat dintotdeauna, fie a fost creat și pus în mișcare în urmă cu un timp finit, astfel încât să arate ca și când ar fi existat dintotdeauna. Dar în 1929 Edwin Hubble a făcut observația remarcabilă că, în orice parte ai privi, stelele aflate la mare distanță se îndepărtează rapid de noi. Cu alte cuvinte, universul se află în expansiune. Aceasta înseamnă că la început corpurile cerești au fost mult mai apropiate unele de altele. De fapt, părea să fi existat un moment, cu vreo zece sau douăzeci de miliarde de ani în urmă, când toate erau laolaltă într-un singur loc.

Această descoperire a adus în sfârșit problema începutului universului în sfera preocupărilor științifice. Observațiile lui Hubble sugerau că a existat un moment numit big bang când universul a fost infinit de mic și, prin urmare, infinit de dens. Dacă au existat evenimente anterioare aceluia moment, ele n-ar putea influența ce se întâmplă în prezent. Existența lor poate fi ignorată, deoarece n-ar avea nici o consecință observabilă.

Am putea spune că timpul a avut un început la big bang, în sensul că timpul anterior pur și simplu nu poate fi definit. Trebuie subliniat că acest început al timpului este foarte diferit de cele considerate anterior. Într-un univers neschimbător, un început al timpului poate fi impus doar de o entitate exterioară universului. Din punct de vedere fizic nu este însă necesară existența unui început. Ne putem închipui că Dumnezeu a creat universul în absolut orice moment de timp din trecut. Pe de altă parte, dacă universul se extinde, ar putea exista motive fizice pentru care trebuie să fie un început. Am putea crede mai departe că Dumnezeu a creat universul în momentul big bang-ului. El ar fi putut să-l creeze chiar și la un moment ulterior și să-l facă să pară că a provenit dintr-o mare explozie [*big bang*]. Dar nu ar avea sens să presupunem că a fost creat înainte de big bang. Un univers în expansiune nu exclude un creator, dar impune limite privind momentul în care El ar fi înfăptuit această creație.

A DOUA PRELEGERE

Universul în expansiune