

ORIGINI
POVEȘTEA
ȘTIINȚIFICĂ
A CREAȚIEI

Jim Baggott (n. 1957) a studiat la Universitatea din Manchester, a obținut titlul de doctor în chimie fizică la Universitatea Oxford și a predat la Universitatea din Reading. A publicat cărți de știință și filozofie a științei, între care *The Meaning of Quantum Theory*, *Beyond Measure: Modern Physics, Philosophy and the Meaning of Quantum Theory*, *The Quantum Story: A History in 40 Moments*, *Higgs: The Invention and Discovery of the 'God Particle'* (Higgs. *Inventarea și descoperirea „Particulei lui Dumnezeu“*, Humanitas, 2016), *Farewell to Reality: How Fairy-tale Physics Betrays the Search for Scientific Truth*. A fost distins cu Medalia Marlow a Societății Regale de Chimie și cu Premiul Glaxo al Asociației Britanice a Autorilor de Știință.

JIM BAGGOTT

ORIGINI
POVESTEA
ȘTIINȚIFICĂ
Ă CREAȚIEI

Traducere din engleză de
Tudor Avram

 HUMANITAS
BUCUREȘTI

*Pentru Grace (7 ani),
care vrea să devină geofizician*

CUPRINS

| | |
|---|-----|
| Mulțumiri | 9 |
| Lista ilustrațiilor | 11 |
| Prefață | 17 |
| | |
| 1. LA „ÎNCEPUT“ | |
| Originea spațiului, timpului și energiei | 29 |
| 2. RUPEREA SIMETRIEI | |
| Originea masei | 58 |
| 3. ULTIMA SUPRAFAȚĂ DE ÎMPRĂȘTIERE | |
| Originea luminii | 88 |
| 4. LUMINAREA FIRMAMENTULUI | |
| Originea stelelor și galaxiilor | 118 |
| 5. SINTEZA | |
| Originea complexității chimice | 157 |
| 6. SOL | |
| Originea Soarelui și a planetelor | 186 |
| 7. TERRA FIRMA | |
| Originea unui Pământ locuibil | 216 |
| 8. IMPERATIVUL COSMIC | |
| Originea vieții | 251 |
| 9. SIMBIOZA | |
| Originea celulelor complexe și a organismelor pluricelulare | 292 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 10. CÂNTEC DE GHEAȚĂ ȘI FOC | |
| Originea speciilor | 335 |
| 11. AMPRENTA UMANĂ | |
| Originea omenirii | 372 |
| 12. COGITO ERGO SUM | |
| Originea conștiinței umane | 407 |
| Epilog | 438 |
| Anexă | 445 |
| Note | 447 |
| Bibliografie | 463 |

1. LA „ÎNCEPUT“

Originea spațiului, timpului și energiei

Nu vă lăsați amăgiți. Indiferent ce veți fi citit în unele cărțile de popularizare sau articole recente și oricât de convingătoare vi se vor fi părut, vă asigur că *nimeni* nu știe cum a început universul. Și nici măcar dacă „început“ e un cuvânt potrivit. Iar asta dintr-un motiv întemeiat. După cum vom vedea în cele ce urmează, știm că universul se extinde. Extrapolând către trecut, știm deci că trebuie să fi existat un moment în istorie când întreaga energie din univers era compactată într-un punct infinit de mic, din care a izbucnit în ceea ce numim „big bang“.

De unde știm? Capitolul de față va da unele răspunsuri la această întrebare, iar eu voi oferi dovezi în favoarea big bang-ului și a expansiunii universului în următoarele capitole, care tratează evoluția universului în primii săi 380 000 de ani. E de-ajuns să spunem că ceva de genul big bang-ului *trebuie* să se fi petrecut, iar cea mai bună estimare este că a avut loc acum 13,8 miliarde de ani, cu o marjă de eroare de câteva sute de milioane de ani.

A prezenta însuși „începutul“ universului e problematic pur și simplu fiindcă nici una dintre teoriile noastre nu poate face față acestei sarcini. Noi încercăm să înțelegem evoluția spațiului, timpului, masei și energiei aplicând relativitatea generală a lui Albert Einstein. Această teorie funcționează excelent, dar când avem de-a face cu obiecte foarte mici, trebuie să apelăm la o structură complet diferită, numită teoria cuantică. Relativitatea

generală poate trata anumite lucruri așa cum teoria cuantică n-o poate face, și vice versa. Dar când încercăm să punem laolaltă aceste două teorii pentru a crea o teorie unificată, vedem că ele nu se potrivesc, iar întreaga structură se prăbușește. Deocamdată totul rămâne speculativ și nu există un consens privind felul în care trebuie să arate o teorie cuantică a gravitației.

Și mai e ceva. Extrapolările noastre pornind din prezent ne spun că energia unui big bang fierbinte trebuie să fi fost mult, mult mai mare decât orice energie pe care putem spera s-o recreăm pe Pământ într-un accelerator de particule. Așadar, chiar dacă într-o bună zi vom avea o teorie pe care s-o aplicăm cu oarece încredere, niciodată nu vom fi în stare să construim un dispozitiv pentru a efectua experimentele și observațiile prin care să testăm predicțiile unei asemenea teorii.* Nu ne rămâne decât să ne bazăm pe ce putem descoperi în universul observabil și să deducem din teoriile noastre ce s-ar fi *putut* întâmpla în trecutul îndepărtat.

Asta înseamnă că începutul propriu-zis al universului (dacă *început* e cuvântul potrivit) se află dincolo de domeniul științei în viitorul previzibil, dacă nu cumva pentru totdeauna. Ceea ce, desigur, nu ne împiedică să facem speculații, și există multe teorii care dau diverse variante ale originii universului. În unele dintre ele, universul apare „din nimic“ într-o fluctuație cuantică**. În altele, universul e doar unul dintr-un număr mare (poate infinit) de bule spațio-temporale expandate într-un „multivers“ de posibilități. În altele, big bang-ul rezultă din colapsarea universului anterior, când butonul cosmic de „reset“ e iarăși apăsat într-o succesiune ciclică eternă.

Nu există nici o dovadă empirică pentru vreuna dintre aceste idei. E posibil ca unele teorii să fie dezvoltate până în punctul în care să prezică fenomene fizice subtile, detectabile în universul

* Ceea ce e foarte bine. Nu vreau să mă gândesc ce s-ar întâmpla dacă am putea recrea pe Pământ condițiile din timpul big bang-ului. (*N. a.*)

** „Nimic“ e un concept cu puternice conotații filozofice, și e mai bine să-l evităm dacă nu vrem să intrăm în dezbateri semantice. (*N. a.*)

nostru folosind instrumente de pe Pământ sau din sateliți (dar cred că e o posibilitate îndepărtată). Chiar și atunci însă, după cum am spus, predicția unor fenomene observabile azi ne permite doar să deducem ce s-ar fi putut petrece la momentul big bang-ului sau înaintea lui. Alegerea unui scenariu va rămâne o chestiune de credință.

„Despre ceea ce nu se poate vorbi trebuie să se tacă”¹, spunea Ludwig Wittgenstein. E un sfat bun, dar cum v-am promis o carte despre origini, în acest capitol mă voi afla la granița dintre știința acceptată (ceea ce știm și putem dovedi) și teoretizarea speculativă (ceea ce putem doar presupune pe baza unor principii științifice care au o oarecare valabilitate). La momentul potrivit voi trage semnale de alarmă pentru a nu cădea în capcane metafizice.

Povestea creației începe cu originea spațiului, timpului și energiei, iar aici ne întâlnim cu prima noastră provocare. Ce sunt spațiul, timpul și energia? Cum le putem concepe?

Natura spațiului și a timpului

Stau la birou și scriu aceste cuvinte la o tastatură conectată *wireless* la un laptop, privind cum frazele mele iau formă pe un ecran. Dacă-mi iau ochii de pe ecran și privesc în jurul meu văd o cameră obișnuită cu patru pereți. Doi dintre ei, în stânga și în spatele meu, sunt acoperiți cu rafturi în care se află modesta mea colecție de cărți, iar în dreapta e o canapea pentru oaspeții care rămân peste noapte la mine (și pe care azi, în mod excepțional, nu se află cărți). La fel ca voi, nu ezit să conchid că lucrurile din camera mea sunt obiecte în spațiu.

Dar ce anume e spațiul? Mă pot mișca prin el, însă nu-l pot vedea și nu-l pot atinge. Spațiul nu e ceva ce percepem direct. Percepem obiecte (ecrane, cărți, canapele), iar între aceste obiecte există anumite relații pe care le numim relații spațiale: aici în stânga, acolo în dreapta. Dar spațiul însuși nu face parte din

conținutul experiențelor noastre nemijlocite. Interpretăm că obiectele există într-un spațiu tridimensional ca rezultat al sintezei semnalelor electrice din creier transformate în percepții vizuale de mintea noastră.

În mod asemnător, mă deplasez în timp (într-o direcție), dar nu-l pot vedea și nu-l pot atinge. Timpul nu este un obiect palpabil. Percepția timpului pare să rezulte din percepția sinelui și a obiectelor din jur care își schimbă pozițiile relative (asta *era* în stânga, acum *e* în dreapta) sau își schimbă natura de la un tip de lucruri la altul.

Există în această cameră spațiul independent de obiectele din ea? Există timpul independent de lucrurile care se petrec? Cu alte cuvinte, sunt spațiul și timpul lucruri-în-sine „absolute”? În dezvoltarea teoriei mecanicii, pe care o prezintă în capodopera sa *Principiile matematice ale filozofiei naturale* (1687), Isaac Newton era dispus să recunoască relativitatea esențială a spațiului și timpului în ceea ce el numea „experiența comună”. Era dispus să accepte că obiectele se mișcă apropiindu-se sau îndepărtându-se unele de altele, schimbându-și poziția relativă în spațiu și timp. Aceasta e mișcarea relativă, care poate fi definită simplu prin relațiile dintre obiecte. Dar teoria lui Newton impunea existența unei mișcări absolute care, susținea el, trebuie să implice un spațiu și un timp absolute alcătuind un fel de recipient în care obiectele există și lucrurile se întâmplă. Chiar dacă scoatem toate obiectele din univers, recipientul gol rămâne: tot va mai exista „ceva”.

Einstein era de altă părere. Și-a pus problema asta pe când lucra ca „expert tehnic de gradul trei” la Biroul Elvețian de Brevete din Berna, cu peste două secole mai târziu, în 1905. El a conchis că spațiul și timpul absolute nu pot exista, concluzie ce decurge din teoria relativității speciale. Această teorie se bazează pe două principii fundamentale. Primul, numit *principiul relativității*, afirmă că observatorii care se găsesc în stări de mișcare relativă cu viteze diferite (dar constante) *trebuie* să observe exact aceleași legi fundamentale ale fizicii.

Pare perfect rezonabil. Să presupunem că eu fac un set de măsurători aici, pe Pământ, din care deduc unele legi ale fizicii. Tu faci aceleași măsurători la bordul unei nave spațiale care se îndepărtează cu mare viteză de Pământ. Concluziile pe care le tragem din cele două seturi de măsurători trebuie să fie identice. Nu pot exista un set de legi ale fizicii pentru mine și altul pentru observatorul din spațiu, fiindcă altminteri n-ar mai fi legi. Putem pune problema invers. Dacă legile fizicii sunt aceleași pentru toți observatorii, atunci nu există nici o măsurătoare care să ne spună care observator se mișcă în raport cu celălalt. Se poate la fel de bine ca tu să fii în repaus, iar eu să mă îndepărtez cu mare viteză. Nu putem face diferența folosind măsurători fizice.

Al doilea principiu al lui Einstein se leagă de viteza luminii. Pe când Einstein lucra la relativitatea specială, fizicienii fuseseră obligați să conchidă că viteza luminii e constantă, independent de viteza sursei de lumină. Dacă eu măsoz viteza luminii emise de o sursă staționară de pe Pământ, iar tu măsozi viteza luminii emise de aceeași sursă de la bordul unei nave spațiale deplasându-se cu mare viteză, ne așteptăm să obținem exact același rezultat. În loc să încerce să-și explice *de ce* viteza luminii e independentă de viteza sursei, Einstein a acceptat acest lucru ca pe un fapt. El a presupus că viteza luminii e o constantă universală, și s-a apucat să deducă ce decurge de aici.

O consecință imediată este că nu există timp absolut. Iată de ce. Să presupunem că observi un eveniment ieșit din comun. În timpul unei furtuni vezi două trăsnete care lovesc pământul simultan, unul în stânga ta, celălalt în dreapta. Te afli în repaus, așa încât faptul că îi ia un timp luminii celor două trăsnete pentru a ajunge la tine nu are consecințe reale. Lumina călătorește foarte repede, iar tu vezi ambele trăsnete în momentul în care cad. Eu însă văd altceva. Mă deplasez cu mare viteză – jumătate din viteza luminii – de la stânga la dreapta. Trec prin dreptul tău chiar în momentul în care faci observațiile. Deoarece mă mișc atât de repede, timpul în care lumina trăsnetelor ajunge la mine are

consecințe măsurabile. Când ajunge la mine lumina de la fulgerul din stânga, eu m-am mișcat mult spre dreapta, așa încât lumina are de străbătut o distanță mai mare. Dar lumina de la fulgerul din dreapta are o distanță mai mică de parcurs, fiindcă m-am apropiat de ea. Rezultatul e că văd trăsnetul din dreapta lovind primul (figura 1). Tu vezi trăsnetecele lovind simultan, eu nu. Cine are dreptate?

Amândoi avem dreptate. Principiul relativității cere ca legile fizicii să fie aceleași, indiferent de mișcarea relativă a observatorului, și nu putem folosi măsurători fizice pentru a spune care din noi doi se mișcă. Trebuie deci să conchidem că nu există simultaneitate absolută. Nu există nici un sistem de referință hotărâtor sau privilegiat în care să putem spune că aceste lucruri au loc exact în același timp. Ele se pot petrece simultan în acest sistem de referință, după cum se pot petrece la momente diferite

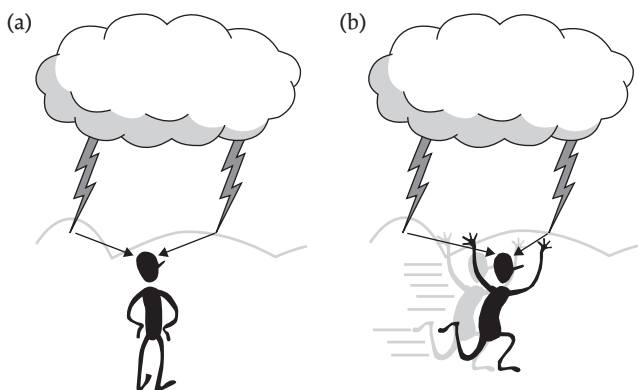


Figura 1. Observatorul staționar din (a) vede trăsnetecele lovind simultan, fiindcă lumina ambelor trăsnete călătorește atât de repede, încât ele par instantanee. Însă observatorul din (b), deplasându-se cu o fracțiune importantă din viteza luminii, vede altceva. El se deplasează cu jumătate din viteza luminii de la stânga la dreapta, așa încât atunci când lumina de la trăsnetul din stânga ajunge la el, el s-a deplasat spre dreapta. Lumina de la trăsnetul din dreapta are de parcurs o distanță mai mică. Observatorul din (b) vede deci că trăsnetul din dreapta lovește primul.

în alt sistem, iar toate sistemele sunt la fel de valabile. Prin urmare, nu poate exista un timp „real“ sau absolut. Percepem evenimentele diferit, pentru că timpul e relativ.

Einstein a elaborat un set asemănător de argumente pentru a demonstra că și spațiul e relativ. Consecințele stranii ale relativității speciale sunt bine cunoscute. Condiția ca legile fizicii să apară la fel tuturor observatorilor dintr-un univers în care viteza luminii e fixă face ca intervalele de timp (duratele) să se poată dilata, iar intervalele spațiale (distanțele) să se poată contracta. Asta înseamnă că observatori diferiți călătorind cu viteze diferite vor măsura durate și distanțe diferite.

Dar nu e totul pierdut. Dilatarea timpului și contracția distanței sunt ca două fețe ale aceleiași monede. Ele sunt legate prin raportul dintre viteza observatorului care face măsurătorile și viteza luminii. Combinând spațiul și timpul într-un *spațiu-timp* cvadridimensional, intervalele măsurate în acest spațiu-timp nu sunt afectate de relativitate. În intervalele spațio-temporale, dilatările tipului sunt compensate de contracțiile distanțelor, și vice versa.

Rezultă oare de aici că, deși spațiul și timpul sunt relative, spațiul-timp e absolut? Unii fizicieni contemporani cred că da, alții cred că nu. Important pentru noi e să înțelegem că trebuie să abandonăm ideea noastră simplistă, de bun-simț, că spațiul și timpul sunt independente, și să acceptăm că în universul nostru ele sunt inextricabil legate.

Masa și energia

Articolul lui Einstein din 1905 despre realtivitatea specială era extrem de simplu, dar avea implicații profunde. El a continuat să se gândească la consecințele teoriei, iar la câteva luni a publicat o scurtă completare în aceeași revistă. În al doilea articol considera cazul în care un obiect în mișcare emite două fascicule de lumină

în direcții opuse. Întreaga energie inițială a obiectului e sub forma energiei de mișcare (energie cinetică). Fiecare fascicul luminos preia aceeași cantitate de energie de la obiect, $\frac{1}{2} E$. Cum energia totală trebuie să se conserve, energia cinetică a obiectului trebuie să scadă cu E , ceea ce e perfect logic, odată ce lumina transportă energie, iar energia trebuie să vină de undeva.

Și-a imaginat apoi ce ar măsura doi observatori, unul deplasându-se împreună cu „sistemul de referință de repaus“ al obiectului (față de care obiectul se află în repaus), iar celălalt deplasându-se cu viteză constantă în raport cu acest sistem de referință. Observatorii măsoară diferența de energie a obiectului înainte și după emisia luminii. Einstein a găsit, deloc surprinzător, că observatorii obțin rezultate diferite. După câteva calcule, a ajuns la o expresie matematică din care decurgea o concluzie remarcabilă. Energia fasciculelor de lumină provine din energia cinetică a obiectului, care poate fi calculată din masa și viteza sa.² Din diferența dintre cele două seturi de rezultate, Einstein a dedus că energia emisă nu provine de la viteza obiectului (cum era de așteptat), ci de la masa lui.

Dacă energia totală transportată de lumină este E , Einstein a conchis că masa m a obiectului trebuie să scadă cu E/c^2 , unde c este viteza luminii. Nu contează cu ce fel de obiect avem de-a face, e un rezultat general, universal aplicabil. Masa inerțială a unui obiect (o măsură a rezistenței sale la accelerare) e în același timp o măsură a cantității de energie pe care o conține. Astăzi ne-am grăbi pesemne să rearanjăm ecuația din articolul lui Einstein pentru a obține celebra formulă $E = mc^2$. Dar Einstein n-a făcut-o. Deși nu era sigur că acest lucru va putea fi vreodată testat experimental, era pregătit să accepte ipoteza că într-o bună zi transformarea masei în energie va fi observată la substanțele radioactive cum e radiul.

Teoria specială a relativității pune în dificultate ideile noastre de bun-simț privind realitatea fizică a spațiului și timpului, a materiei și energiei. Spațiul și timpul sunt relative, ele sunt

definite de lucrurile pe care le conțin și de evenimentele care au loc, dar spațiul-timp *ar putea* fi absolut. Masa e energie, iar din energie poate izvorî masă. Aceste modificări ale ideilor noastre comune sunt importante dacă vrem să înțelegem ce anume a apărut la big bang. Mai e însă și o altă modificare de care trebuie să ținem cont. Spațiul-timp și masa-energie nu sunt complet independente una de alta. Ele sunt prinse într-un dans elegant descris de teoria generală a relativității a lui Einstein.

Gravitația și geometria

Gravitația e o forță pe care o cunoaștem bine. Când dau drumul unui obiect, el cade pentru că e supus forței gravitaționale. Ne luptăm cu această forță în fiecare dimineață când ne sculăm din pat sau când ridicăm ceva greu. Gravitația e de vină când ne împiedicăm și ne lovim la genunchi. Ne e atât de familiară, încât suntem tentați să presupunem că știința trebuie să fi răspuns de mult la toate întrebările legate de ea.

Și într-adevăr, învățăm la școală legea atracției universale a lui Newton. Obiectele materiale se atrag reciproc cu o forță proporțională cu produsul maselor și invers proporțională cu pătratul distanței dintre ele.³ Deși legea lui Newton a fost o mare realizare, în interpretarea ei apar unele dificultăți cunoscute din vremea lui Newton, dar pe care el n-a reușit să le rezolve. În universul mecanic descris de legile newtoniene ale mișcării, interpretăm forța ca pe ceva care e exercitat sau imprimat de obiecte care se lovesc unele de altele. O piatră nu se mișcă dacă nu-i tragem un șut sau n-o aruncăm, accelerând-o până la o viteză finală cu care pornește prin aer. Dar ce anume menține Luna în îmbrățișarea gravitațională a Pământului? Cum produce Luna marea? Când un pahar cu cocktail alunecă printre degetele unui invitat, ce îl apucă și îl izbește de podea? Newton era nedumerit. Forța gravitației părea să implice o stranie „acțiune la distanță“. Obiectele

se influențează reciproc la mari distanțe prin spațiu gol, fără să pară că se transmite ceva între ele. Criticii l-au acuzat că introduce „elemente oculte“ în mecanica sa.

O parte din soluția acestei probleme a găsit-o Einstein în noiembrie 1907, pe când se afla la Biroul de Brevete, unde fusese promovat în funcția de „expert tehnic de gradul doi“. „Stăteam pe scaun în biroul meu de la Berna. Brusc, am fost fulgerat de un gând: «Dacă un om e în cădere liberă, nu-și simte greutatea»“, avea să-și amintească el mai târziu.⁴ Cu această observație uimitor de simplă, Einstein a înțeles că, local, resimțim gravitația la fel ca accelerația – idee pe care a numit-o principiul echivalenței. Pentru a calcula consecințele ei a muncit încă opt ani și a trebuit să facă o legătură spectaculoasă între gravitație și geometrie.

Geometria pe care o învățăm la școală se numește geometrie euclidiană, după matematicianul grec Euclid din Alexandria. În această geometrie, dreptele paralele nu se intersectează niciodată, suma unghiurilor unui triunghi este de 180 de grade, iar circumferința unui cerc e dublul razei înmulțit cu π . Este o geometrie asociată cu un tip de spațiu tridimensional pe care matematicienii îl numesc „plat“. Noi învățăm geometria euclidiană fiindcă spațiul-timp din universul nostru se întâmplă să fie plat.

Într-un spațiu plat, distanța cea mai mică între două puncte e linia dreaptă pe care o trasăm între ele. Care e însă cea mai mică distanță dintre Londra și Sydney? Răspunsul pe care îl găsim este 10 553 de mile, numai că această distanță nu e o linie dreaptă. Suprafața Pământului e curbă, iar distanța cea mai mică dintre două puncte de pe ea este de fapt o linie curbă numită *geodezică*.

Urmează un salt uimitor în imaginație: și dacă spațiul-timp din apropierea unui obiect masiv nu e „plat“? Ce s-ar întâmpla dacă ar fi curb? Einstein și-a dat seama că putea scăpa de acțiunea la distanță implicată de gravitația newtoniană înlocuind-o cu un spațiu-timp curb. Un obiect cu o masă-energie mare deformează spațiul-timp din jurul lui, iar obiectele din apropiere urmează drumul cel mai scurt determinat de acest spațiu-timp curb.