

ACUM

Richard A. Muller (n. 1944) este unul dintre cei mai importanți fizicieni experimentatori ai epocii noastre, dar e preocupat deopotrivă de aspectele teoretice și filozofice ale fizicii, precum și de problemele legate de mediu. După absolvirea Universității Columbia, și-a susținut doctoratul la Universitatea Berkeley și a început să efectueze experimente de fizica particulelor sub îndrumarea laureatului Nobel Luis Alvarez, mentorul său. A lucrat apoi și în domeniul astrofizicii și cosmologiei, având contribuții decisive la măsurarea radiației cosmice de fond și la determinarea faptului că universul se extinde accelerat. S-a ocupat de asemenea de problemele legate de climă, studiind glaciațiunile și confirmând tendința încălzirii globale. În 1978 a primit Premiul Alan T. Waterman din partea Fundației Naționale pentru Știință (SUA).

RICHARD MULLER

ACUM

**Fizica
timpului**

Traducere din engleză
de Adam Jinaru



HUMANITAS
BUCUREȘTI

Cuprins

Introducere	7
-------------------	---

PARTEA I. UIMITORUL TIMP

1 O enigmă întortocheată	15
2 Întoarcerea lui Einstein în copilărie	25
3 Salturile lui <i>acum</i>	39
4 Contradicții și paradoxuri	56
5 Limita vitezei luminii și subterfugiul ei	67
6 Timpul imaginar.....	76
7 Spre infinit și dincolo de el	91

PARTEA A II-A. SĂGEATA FRÂNTĂ

8 O săgeată a dezordinii	105
9 Demistificarea entropiei.....	111
10 Mistificarea entropiei	120
11 Timpul explicat	132
12 Universul nostru improbabil.....	138
13 Universul erupe.....	149
14 Sfârșitul timpului.....	165
15 Sacrificarea entropiei.....	176
16 Alte variante de săgeți	190

PARTEA III. FIZICA FANTOMATICĂ

17	O pisică și vie, și moartă	209
18	Gâdilând fantoma cuantică.	219
19	Einstein și fantoma.	234
20	Observarea călătoriei înapoi în timp	251

PARTEA A IV-A. FIZICA ȘI REALITATEA

21	Dincolo de fizică	277
22	Cogito ergo sum.	289
23	Liberul-arbitru	299

PARTEA A V-A. ACUM

24	Big bang-ul 4D	317
25	Semnificația lui <i>acum</i>	331

Anexa 1

Matematica relativității	337
--------------------------------	-----

Anexa 2

Timpul și energia.	352
-------------------------	-----

Anexa 3

Demonstrația că $\sqrt{2}$ este irațional	357
---	-----

Anexa 4

Creațiunea.	359
------------------	-----

Anexa 5

Matematica incertitudinii	362
---------------------------------	-----

Anexa 6

Fizica și Dumnezeu	365
--------------------------	-----

<i>Mulțumiri</i>	371
------------------------	-----

<i>Credite fotografice.</i>	373
-----------------------------------	-----

Introducere

Acum – acest moment enigmatic și efemer care își schimbă înțelesul în fiecare clipă – a intrigat pe bună dreptate preoți, filosofi și fizicieni. Înțelegerea lui *acum* necesită cunoștințe privind teoria relativității, entropie, fizică cuantică, antimaterie, călătoria înapoi în timp, intricare cuantică*, big bang și energie întunecată. Abia *acum* avem la dispoziție întreaga fizică pentru înțelegerea lui *acum*!

Semnificația incertă a lui *acum* a fost o piedică în dezvoltarea fizicii. Înțelegem dilatarea timpului datorată vitezei și gravitației, chiar și inversarea ordinii temporale în teoria relativității, dar n-am făcut nici un progres în explicarea celor mai frapante aspecte ale timpului: curgerea sa și semnificația lui *acum*. Reprezentarea grafică elementară din fizică, diagrama spațiu-timp, ignoră aceste chestiuni, iar fizicienii tratează uneori omisiunea

* Din engleză: *entanglement*. Termenul tehnic e curent în fizica cuantică, însă nu are o traducere bine fixată în limbă română. S-ar traduce prin „întortocheare“, „încâlcire“, „complicație“ etc., iar alte traduceri aduc în discuție termeni precum „corelare cuantică“, „intercorelare“, „cuplaj cuantic“, „inseparabilitate cuantică“. Am preferat termenul „intricare cuantică“, pentru că e sugestiv, și voi folosi forma simplă „intricare“ în această traducere. (N. t.)

în chip pervers drept un punct forte, și conchid că scurgerea timpului e o iluzie. Lucrurile stau exact invers. Câtă vreme ne scapă semnificația lui *acum*, progresul în înțelegerea timpului – aspect-cheie al realității – va continua să fie blocat.

Scopul cărții de față este de a pune laolaltă elementele esențiale din fizică, de a asambla piesele ca într-un joc de puzzle, până apare o imagine limpede a lui *acum*. Pentru ca metoda să funcționeze, trebuie de asemenea să găsim și să îndepărtăm acele piese de puzzle care au fost înghesuite în locuri nepotrivite.

Spectrul larg al fizicii relevante explică de ce puzzle-ul a rămas necompletat. Fizica nu e simplă și liniară, așa încât, în chip necesar, cartea de față acoperă un material imens, pesemne prea vast pentru un singur volum. Cartea poate fi citită și ca un roman polițist în care se acumulează treptat indiciile, pentru a se ajunge la un deznodământ remarcabil.

Specialitatea mea e fizica experimentală, construirea și folosirea de noi dispozitive pentru măsurarea și uneori descoperirea unor adevăruri fizice încă nedesluite. Două dintre proiectele la care am lucrat au fost direct legate de înțelegerea timpului: o măsurare a microundelor rămase de la big bang și o determinare precisă a expansiunii universului din trecut, incluzând descoperirea energiei întunecate care accelerează acea expansiune. Deși recunosc că am scris câteva articole pur teoretice, am făcut-o mai ales când fondurile pentru experimente erau diminuate, sau când credeam că teoria o ia razna. Din câte știu, aceasta e deocamdată singura carte despre timp scrisă de un fizician adânc implicat în activitatea experimentală, și voi încerca să vorbesc și despre provocările și nemulțumirile pe care le aduce cu sine munca mea.

Calea către înțelegerea lui *acum* presupune cinci părți.

În Partea I, *Uimitorul timp*, încep prin a discuta unele aspecte ale timpului solid fundamentate, și totuși surprinzătoare, des-

coperite în principal de Albert Einstein. Timpul nu numai că se întinde, se curbează și își inversează momentele, dar acest comportament ne influențează viața de zi cu zi. GPS-ul, sistemul satelitar care ne ajută să nu ne rătăcim, depinde în particular de ecuațiile relativității lui Einstein, de aceste stranii proprietăți ale timpului. Relativitatea e cea care ne-a făcut să ne gândim la un spațiu-timp 4-dimensional. Cel mai important mesaj al Părții I este că înțelegem multe despre timp, iar comportamentul timpului nu e simplu, dar e bine stabilit. Ritmul timpului depinde de condițiile locale de viteză și gravitație, iar nici ordinea evenimentelor – ce eveniment s-a produs mai întâi – nu e universal stabilită. Mai mult, teoria relativității a lui Einstein ne oferă o bună parte din structura necesară pentru a înțelege semnificația lui *acum*.

În Partea a II-a, *Săgeata frântă*, îndepărtez o piesă din puzzle care a fost înghesuită în locul greșit – teoria care a inhibat cel mai mult progresul în înțelegerea lui *acum*. Această piesă de puzzle greșit plasată e teoria fizicianului Arthur Eddington, care pretindea că oferă o explicație a săgeții timpului, faptului că trecutul determină viitorul, nu invers. Voi prezenta mai întâi cea mai bună pledoarie pentru teoria sa, pentru ca apoi să-i arăt erorile fatale.

Eddington a pus curgerea timpului pe seama creșterii *entropiei*, o măsură a dezordinii din univers. Știm acum mult mai multe despre entropia universului decât știa Eddington în 1928, când a propus teoria, și voi arăta că Eddington a înțeles pe dos. Curgerea timpului face ca entropia să crească, nu invers. Producerea entropiei nu exercită tirania care îi este adesea atribuită. Controlul asupra drumului urmat de entropie se dovedește a fi esențial pentru înțelegerea lui *acum*.

Partea a III-a, *Fizica fantomatică*, aduce un alt element important pentru înțelegerea lui *acum*: misterioasa știință a fizicii cuantice. Fizica cuantică este probabil cea mai de succes teorie

din toate timpurile – cu un acord între predicții și observații de până la a zecea zecimală –, dar e deconcertantă și tulburătoare. Comportamentul fantomatic al undelor cuantice și măsurătorile lor încalcă flagrant principiile relativității lui Einstein, dar nu într-un mod care să poată fi direct observat sau exploatat. Comportamentul undelor cuantice ne pune la încercare și ne extinde simțul realității, un simț care se va dovedi esențial pentru lămurirea lui *acum*. Una dintre cele mai tulburătoare – sau poate izbăvitoare – consecințe ale fizicii cuantice este că trecutul nu mai determină viitorul, cel puțin nu complet. Unele dintre cele mai neintuitive aspecte ale fizicii cuantice, în special o trăsătură stranie numită *intricare*, au fost verificate experimental, iar rezultatul experimental sugerează că posibilitatea limitată de a prezice viitorul va rămâne pe veci un neajuns fundamental al fizicii.

În Partea a IV-a, *Fizica și realitatea*, explorez limitările fizicii. Nu vă îngrijorați – timpul și *acum* nu intră în acest domeniu; ele își au într-adevăr originea în fizică, dar felul în care le percepem depinde de simțul realității de care dispunem, un simț ce se prelungește dincolo de fizică. Matematica reprezintă o lume a realității care nu poate fi verificată prin experimente de fizică, nici măcar ceva atât de simplu precum caracterul de număr irațional al rădăcinii pătrate a lui 2. Mai sunt însă și alte chestiuni reale, dar care nu țin de domeniul fizicii, întrebări de genul „Cum arată culoarea albastră?”. Contestarea adevărurilor non-fizice și non-matematice a fost numită de filosofi *fizicalism*. Fizicalismul e întemeiat pe credință, și conține deci toate capcanele religiei înseși. Din păcate, în ciuda speranțelor lui Einstein, dovezile conduc la concluzia că fizica e incompletă, că nu va putea niciodată descrie întreaga realitate.

În Partea a V-a, *Acum*, toate indiciile converg pentru a completa puzzle-ul și a oferi o imagine unificată a motivului pentru care timpul curge, precum și a înțelesului acestui moment

efemer pe care-l numim *acum*. Soluția se află într-o abordare de tip big bang 4-dimensional (4D). Explozia universului creează în permanență nu doar spațiu nou, ci și timp nou. Linia frontului timpului aflată în expansiune este ceea ce numim *acum*, iar curgerea timpului este crearea continuă de noi *acum*-uri. Percepem noul moment în mod diferit de cele precedente fiindcă e singurul în care ne putem exercita alegerea, liberul-arbitru, pentru a influența și modifica viitorul. În pofida argumentelor filozofilor clasici, știm că liberul-arbitru e compatibil cu fizica; cei care susțin contrariul se bazează pe religia fizicalismului. Putem influența viitorul folosind nu doar cunoașterea științifică, dar și pe cea non-fizică (empatia, virtutea, etica, cinstea, justiția) pentru a dirija curgerea entropiei către edificarea civilizației sau către distrugerea ei.

Analizez două posibile teste pentru acest model 4D al curgerii timpului. Expansiunea accelerată a universului, recent observată și legată de *energia întunecată*, ar trebui să fie însoțită de o accelerare a ritmului timpului. Această teorie prezice că în prezent timpul curge mai repede decât în trecut, ceea ce conduce la existența unei noi dilatări a timpului (eventual observabilă), o nouă deplasare spre roșu. Efecte ar putea fi sesizate și în studiul primelor momente de după big bang, era *inflației*, o epocă pe care sperăm s-o examinăm prin detectarea undelor gravitaționale emise atunci, unde pe care le putem observa indirect prin studiul tiparelor de polarizare din radiația de microunde.

Al treilea test a fost conceput în 2016, când LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory – Observatorul de Unde Gravitaționale prin Interferometrie Laser) a anunțat uimitoarea detectare a fuziunii a două găuri negre mari. Asemenea evenimente creează spațiu nou, iar conform teoriei 4D, și timp nou, timp care ar putea provoca o întârziere în partea de la sfârșit a pulsului care ar fi observat dacă evenimente viitoare

mai violente sau mai apropiate ar fi detectate cu un semnal mai puternic.

Pentru cei care își doresc mai multă matematică, detalii privind teoria relativității și rezultate matematice se găsesc în anexe, împreună cu o poezie și gânduri despre realitatea non-fizică.

Să începem asamblarea pieselor de puzzle.

Partea I

UIMITORUL TIMP

O enigmă întortocheată

*Timpul i-a contrariat profund pe marii filozofi,
dar fizica ne-a redat speranța că poate fi înțeleș.*

Timpul zboară ca vântul –
Fructul zboară ca bananele.*

— Calambur al copiilor

Iată ceva despre tine, unul dintre lucrurile pe care puțini le știu – poate nimeni în afară de tine: chiar acum citești această carte. De fapt, pot fi și mai precis: citești cuvântul *acum* chiar acum.

Mai mult, am afirmat un lucru despre care știai că e adevărat, dar pe care eu personal nu-l știam și nici nu-l știu. Citești cuvântul *acum* chiar acum, dar eu nu-mi dau seama de asta – dacă nu cumva stau în spatele tău, iar tu urmărești cu degetul cuvintele pe măsură ce citești.

Acum e o noțiune extrem de simplă, și totuși fascinantă și misterioasă. Știi ce înseamnă, dar e greu de definit fără să intri într-un cerc vicios. „*Acum* e momentul care separă prezentul de viitor.“ E în regulă, însă dacă încerci să definești trecutul și viitorul fără să folosești cuvântul *acum*, ceea ce înțelegi prin trecut și viitor se schimbă permanent. Cu puțin timp în urmă, citirea acestui paragraf era în viitor. Acum, cea mai mare parte a lui e deja în trecut.

Acum întreg acel paragraf e în trecut (dacă nu cumva ai sărit peste el). *Acum* se referă la un anumit timp, dar timpul la

* În original: *Time flies like the wind / Fruit flies like bananas*. Joc de cuvinte, al doilea vers poate fi citit și ca: „Musculițelor le plac bananele“. (N. red.)

care se referă se schimbă neîncetat. De aceea folosim ceasuri. Ele ne dau numărul asociat cu *acum*; se numește timpul prezent. De regulă, ceasurile actualizează constant fiecare secundă. Întărirea timpului e implacabilă. Putem sta nemișcați în spațiu, dar nu și în timp. Ne mișcăm în timp, dar nu avem nici un control asupra acestei mișcări – dacă nu cumva călătoria în timp se dovedește posibilă.

Semnificația lui *acum* e doar unul dintre numeroasele mistere ale aceluia ciudat fenomen pe care îl numim timp. Este remarcabil că înțelegem atât de mult despre timp, mai ales straniile și contraintuitivele aspecte legate de teoria relativității a lui Einstein, dar e remarcabil și că înțelegem atât de puțin despre aspectele fundamentale ale timpului – ce este și care e raportul lui cu realitatea. Cartea de față este despre timp – ce știm și ce nu știm.

Timpul *curge*? Pe 18 aprilie, 1906, la ora 5:12 a.m., un puternic cutremur a zguduit orașul San Francisco. Timpul aceluia eveniment rămâne imobil, poate fi găsit pe Wikipedia. Ceea ce se mișcă, ceea ce curge, e semnificația lui *acum*. *Acum* înaintează, se schimbă, avansează prin timp.

Sau poate ar fi mai corect să spunem că timpul curge dincolo de *acum*. Problema „mișcării” e delicată. Când afirmăm că un automobil se deplasează, observăm poziția lui la un moment de timp, apoi poziția lui la alt moment. Viteza este distanța parcursă împărțită la timpul scurs – dată, de exemplu, în kilometri pe oră. Această abordare în descrierea lui *acum* eșuează jalnic. *Acum* e chiar acum; oprește-te pentru o clipă, iar *acum* e tot chiar acum. Se mișcă? Da, mișcarea timpului e ilustrată de faptul că semnificația lui *acum* se schimbă neîncetat. Ce ce viteză se mișcă timpul? O secundă pe secundă.

Există și o a treia perspectivă – ideea că se generează timp nou în fiecare moment, iar acest timp nou-creat constituie *acum*. Diferențele dintre perspective sunt de ordin filozofic, sau

de ordin fizic? E doar o chestiune de alegere, sau vreuna dintre ele e încărcată cu mai mult adevăr și mai mult sens? Cartea de față își pune asemenea întrebări.

Să presupunem că timpul s-a oprit. Ai observa asta? Cum? Să presupunem că înaintează cu intermitențe sau într-un ritm total diferit. Ai detecta diferența? Nu cu ușurință, cel puțin dacă accepți felul în care e prezentat timpul în filme ca *Dark City*, *Click*, *Interstellar* sau *Lara Croft: Tomb Raider*. Percepția umană asupra mișcării lui *acum*, curgerea timpului, pare să fie determinată de numărul de milisecunde necesare pentru transmiterea unui semnal de la ochi, ureche sau vârful degetului la creier, și înregistrarea, observarea și memorarea lui. La oameni, asta durează câteva zecimi de secundă; la muște, câteva miimi de secundă. De aceea unui om îi e greu să prindă o muscă. Pentru o muscă, mâna ta se apropie cu încetinitorul – ca în filmul *Clockstoppers*.

Ritmul timpului nu e doar un subiect de SF. Relativitatea ne oferă exemple concrete, de pildă în *paradoxul gemenilor*. Pentru unul din gemeni, călătorind cu o viteză apropiată de cea a luminii, timpul e mai scurt decât pentru cel rămas acasă, dar nu simte nici o diferență; cei doi gemeni percep timpul la fel, deși curgerea lui e diferită. Vom reveni în detaliu asupra acestui straniu comportament.

Speranța de a-l înțelege pe *acum* se bazează pe imensul progres al fizicii în secolul XX. Să privim însă în urmă către dificultățile cu care s-au confruntat cei din vechime.

INDESCRIPTIBILUL ACUM

Fizica lui Aristotel a dominat știința din Antichitate până în Renaștere. A fost biblia științifică a Bisericii Catolice în Evul Mediu. Negarea unor afirmații din această carte l-a trimis pe

Galilei în fața judecătorilor. Aristotel a dedicat patru capitole din *Fizica* noțiunilor de timp și de *acum*, și a rămas dezorientat:

Pe de altă parte, momentul [acum] nu este parte, pentru că partea este o măsură a întregului, iar întregul trebuie să constea din părți, iar timpul nu pare că este compus din părțile care există acum [din momentele „acum“]; mai mult, momentul de față, care pare că desparte trecutul de viitor, nu este ușor de văzut dacă este unul și același lucru și dacă rămâne mereu sau este altul și altceva. Într-adevăr, dacă este mereu altceva, nu există nimic în timp, parte și altă parte, care să nu învăluiască și să nu fie învăluită, așa cum timpul mai mic ar fi învăluit de timpul mai mare, iar ceea ce nu este acum, dar era mai înainte, în mod necesar, a pierit, și ceea ce este acum nu va fi laolaltă [momentele „acum“ nu pot fi simultane], de vreme ce, în mod necesar, ceea ce a fost mai înainte s-a distrus.*

Sunt aceste gânduri adânci, sau doar confuze? În încercarea de a fi precis în privința lui *acum*, Aristotel s-a încurcat în propriile-i cuvinte. Ne poate consola oarecum faptul că un gânditor atât de mare a găsit că subiectul e atât de dificil.

În *Confesiuni*, Augustin deplânge neputința sa de a înțelege curgerea timpului: „Ce este deci timpul? Dacă nu-mi pune nimeni această întrebare, atunci știu ce este timpul. Dar dacă aș vrea să-l lămuresc pe cel care întreabă, nu mai știu.“** Această lamentație, așternută pe hârtie în secolul V, rezonază cu noi, cei din secolul XXI. Da, *știm* ce este timpul. Atunci, de ce nu-l putem descrie? Ce fel de cunoaștere e cea la care am ajuns?

* Aristotel, *Fizica*, Editura Științifică, București, 1966. Între paranteze drepte sunt intervenții care fac legătura cu traducerea în engleză a *Fizicii* lui Aristotel citată de autor. (N. red.)

** Sfântul Augustin, *Confesiuni*, Editura Humanitas, București, 2018 – pentru acest citat și următoarele. (N. red.)

Paradoxul lui Augustin decurge în parte din axioma lui după care Dumnezeu e atotputernic, atotcunoscător și atot-toate-cele. El mai face în plus un salt conceptual surprinzător: Dumnezeu trebuie să fie și *atemporal*. Acest gând remarcabil pregătește scena fizicii moderne – fizica ce descrie comportamentul obiectelor în timp prin diagrame spațio-temporale care nu se referă la faptul că timpul curge sau că există un *acum*.

Pentru oameni, spune Augustin, nu există trecut sau viitor, ci doar trei forme de *prezent*: „prezentul lucrurilor trecute este memoria, prezentul lucrurilor prezente este contemplarea directă, iar prezentul lucrurilor viitoare este starea de așteptare.“ (S-a inspirat oare de aici Dickens pentru *Colinda de Crăciun*?) Se simte totuși că e nemulțumit de această perspectivă. Augustin spune mai departe: „Spiritul meu se mistuie în dorința aprinsă de a rezolva această întortocheată enigmă.“

Albert Einstein a fost tulburat de noțiunea de *acum*. În a sa *Autobiografie intelectuală*, filozoful Rudolf Carnap scrie:

Einstein spunea că problema lui Acum îl preocupa în mod serios. El a explicat că trăirea lui Acum înseamnă pentru om ceva deosebit, ceva esențialmente diferit de trecut și de viitor, dar că această importantă diferență nu apare și nu poate apărea în cadrul fizicii. Confruntat cu neajunsul că această trăire nu poate fi surprinsă de știință, era obligat să se resemneze. El a conchis că „există ceva esențial legat de Acum, care se află pur și simplu în afara domeniului științei“.

Carnap nu e de acord cu concluzia lui Einstein: „Din moment ce, în principiu, știința poate spune tot ce poate fi spus, nu rămân întrebări la care nu se poate răspunde.“ Trebuie să fii însă foarte atent când îl contrazici pe Einstein. E ușor să-i respingi cugetările, preferând să le consideri sentimentale, în loc să-ți dai seama că sunt mai profunde decât ale tale. Afirmările simple ale lui Einstein nu trebuie niciodată luate drept naivități.

Uneori filozofii au senzația că au atins adâncimi abisale născând expresii abracadabrante de genul „fatalism cronogeometric” (care nu e decât presupunerea faptului că viteza luminii e constantă). Dimpotrivă, Einstein avea darul de a vorbi așa încât să fie înțeles și de un copil – talent care a făcut din el cel mai citat om de știință al tuturor timpurilor.

În loc să interpreteze absența curgerii timpului în fizică drept un neajuns (ca Einstein), unii teoreticieni o consideră indiciul unui adevăr mai profund. Brian Greene, de pildă, în cartea sa *The Fabric of Cosmos*, sugerează că relativitatea „afirmă că trăim într-un univers egalitar, în care fiecare moment e la fel de real ca oricare altul”. El spune că trăim o „iluzie persistentă a trecutului, prezentului și viitorului” – idee care amintește de Augustin – și conchide că, deoarece relativitatea nu vorbește despre curgerea timpului, această curgere trebuie să fie o iluzie, nicidecum o parte a realității. Mi se pare că aici el inversează logica. În loc să arate că teoria explică ce observăm, această abordare sugerează că observațiile trebuie deformate așa încât să fie în acord cu teoria.

Ateii l-au luat în râs pe Einstein pentru că, spre sfârșitul vieții, s-a îndepărtat de fizică și s-a apropiat de religie. N-au vorbit însă niciodată despre îngrijorarea lui că știința nu poate aborda nici măcar aceste aspecte esențiale ale lumii: curgerea timpului și semnificația lui *acum*. Mulți oameni de știință presupun că un lucru care nu poate fi sondat de fizică nu aparține realității. E o afirmație testabilă, sau o credință religioasă? Filozofii numesc această dogmă *fizicalism*. Există vreun mod de a testa, de a demonstra credința că fizica cuprinde totul? Nu cumva ne așteptăm ca toți fizicienii să împărtășească această credință, la fel cum un candidat la președinția Statelor Unite trebuie să fie creștin, deși nu-i o cerință oficială? Dacă pui sub semnul întrebării fizicalismul, riști oare să fii luat în râs pentru că ai alunecat spre religie, la fel ca Einstein?

Dincolo de numeroasele sale contribuții experimentale și teoretice, Arthur Eddington este celebru printre fizicieni mai ales pentru explicarea *săgeții* timpului, misteriosul fapt (pentru cei care se gândesc la asemenea lucruri) că ne amintim trecutul, dar nu și viitorul. Deși a dat o explicație pentru direcția timpului, Eddington a fost uimit de curgerea lui. În cartea din 1928, *Natura lumii fizice*, scria: „Ce e remarcabil la timp este că merge înainte.“ Apoi se lamenta: „Dar acesta e un aspect pe care fizicienii sunt uneori înclinați să-l ignore.“

În *Scurtă istorie a timpului*, Stephen Hawking nici măcar nu pomeneste enigma lui *acum*. Cartea se concentrează asupra a ceea ce înțelegem și asupra activității teoretice curente. Hawking vorbește despre săgeata timpului, dar nu despre curgerea lui, vorbește despre relativitatea timpului, dar nu despre misterul lui *acum*. La fel se procedează practic în majoritatea cărților recente despre timp. Ele se concentrează mai mult asupra teoriilor care încearcă să „unifice“ ecuațiile fizicii decât asupra celor care urmăresc să lămurească semnificația lui *acum* și curgerea timpului.

Există totuși speranțe.

SIMETRIE RUPTĂ

Confruntarea cu noțiunea de *acum* ne invită la o călătorie către o fizică abstractă și fascinantă, fizica timpului, către semnificația realității și examinarea liberului-arbitru. Începem prin a discuta despre minunatul și straniu comportament al timpului, care se învecinează cu incredibilul, dar e temeinic stabilit. Cele mai mari realizări datează de la începutul secolului XX, când Einstein a descoperit că ritmul timpului depinde de viteză, dar și de gravitație. Timpul e flexibil, extensibil, ba chiar și reversibil. Aceste efecte sunt atât de evidente, încât sunt incluse în tehnologia actuală a GPS-ului. Dacă GPS-ul nu ar încorpora