

ŞAPTE SCURTE
LECȚII DE FIZICĂ

Carlo Rovelli s-a născut în 1956 la Verona și, după ce a studiat fizica la Universitatea din Bologna, și-a susținut doctoratul la Universitatea din Padova, pentru a lucra apoi în Statele Unite și în Franța. Prin cercetările sale, Carlo Rovelli a adus contribuții importante la construirea unei teorii cuantice a gravitației – probabil cea mai dificilă problemă cu care se confruntă fizica în zilele noastre.

CARLO ROVELLI

ȘAPTE SCURTE
LECTII DE FIZICĂ

Traducere din engleză de
Vlad Zografi

 HUMANITAS
BUCUREȘTI

Notă asupra ediției române

Sette brevi lezioni di fisica a apărut în 2014 la Editura Adelphi, și la scurt timp a fost tradusă în peste treizeci de limbi. Ediția engleză (traducere de Simon Carnell și Erica Segre) a fost publicată de Penguin Books, sub titlul *Seven Brief Lessons on Physics*. Din motive care țin de terminologia deja încetățenită în fizică, am ales, cu acordul editurii italiene, să traducem versiunea engleză, coroborând-o totodată cu cea originală.

Prefață

Aceste lecții au fost scrise pentru cei care știu puțin sau nu știu nimic despre știința modernă. Împreună, ele oferă o privire de ansamblu concentrată asupra celor mai fascinante aspecte ale marii revoluții săvârșite în fizică în secolul XX și ale întrebărilor și misterele pe care această revoluție le-a adus la lumină. Căci știința ne arată nu doar cum să înțelegem mai bine lumea, dar și cât de vastă e dimensiunea a ceea ce încă nu cunoaștem.

Prima lecție este dedicată relativității generale a lui Albert Einstein, „cea mai frumoasă dintre teorii”. A doua, mecanicii cuantice, în care se ascund cele mai derutante aspecte ale fizicii moderne. A treia e dedicată cosmosului: arhitectura universului în care trăim. A patra, particulelor elementare. A cincea se ocupă de gravitația cuantică: încercările aflate în curs de a crea o sinteză a marilor descoperiri din secolul XX. A șasea este despre probabilități și căldura găurilor negre. În încheiere, ultima secțiune a cărții se întoarce la noi înșine, punându-și problema cum putem privi

propria noastră existență în strania lume descrisă de această fizică.

Lecțiile sunt dezvoltări ale unei serii de articole publicate de autor în suplimentul duminical al ziarului italian *Il Sole 24 Ore*. Țin să-i mulțumesc în mod special lui Armando Massarenti, care a avut meritul de a deschide către știință paginile culturale ale suplimentului, punând astfel în evidență rolul științei de componentă esențială a culturii.

LECTȚIA ÎNTÂI
Cea mai frumoasă dintre teorii

În tinerețe, Albert Einstein a trăndăvit vreme de un an. Nu ajungem nicăieri dacă nu „pierdem“ timpul – iată un lucru pe care părinții adolescenților de azi îl ignoră adesea. Se afla la Pavia. Venise acolo pentru a se alătura familiei, după ce-și abandonase studiile în Germania, unde nu putuse suporta rigorile liceului. Era la începutul secolului XX, iar Italia își începea revoluția industrială. Tatăl lui, inginer de profesie, lucra la instalarea primelor centrale electrice în Câmpia Padului. Albert citea din Kant și se ducea uneori la cursurile Universității din Pavia – o făcea de plăcere, fără să fie înscris ca student și fără să-i pese de examene. Așa se formează marii oameni de știință.

S-a înscris apoi la Universitatea din Zürich și s-a cufundat în studiul fizicii. Câțiva ani mai târziu, în 1905, a trimis trei articole către cea mai prestigioasă revistă științifică din acea vreme, *Annalen der Physik*. Fiecare dintre ele merita un premiu Nobel. Primul arăta că atomii există cu adevărat. Al doilea deschidea calea către mecanica cuantică, despre care voi vorbi

în lecția următoare. Al treilea prezenta prima sa teorie a relativității (numită azi „relativitate specială” sau „relativitate restrânsă”), conform căreia timpul nu se scurge identic pentru toți: doi gemeni descoperă că au vârste diferite dacă unul din ei a călătorit cu viteză mare.

Einstein a devenit brusc un savant de renume și a primit oferte de angajare din partea mai multor universități. Ceva însă îl nemulțumea: în ciuda succesului ei fulgerător, teoria relativității nu se potrivea cu ceea ce se știa despre gravitație, mai exact cu felul în care cad obiectele. Și-a dat seama de asta atunci când a scris un articol în care își prezenta pe scurt teoria, și a început să se întrebe dacă legea „universală a gravitației”, așa cum a fost formulată de însuși Isaac Newton, părintele fizicii, nu trebuia cumva revizuită pentru a deveni compatibilă cu noua noțiune de relativitate. S-a dedicat cu totul acestei probleme, și au trecut zece ani până s-o rezolve. Zece ani de muncă frenetică, încercări, erori, confuzii, articole greșite, idei strălucite, piste false.

În cele din urmă, în noiembrie 1915, a trimis spre publicare un articol în care oferea soluția completă: o nouă teorie a gravitației, pe care a numit-o „teoria relativității generale”, capodopera sa, „cea mai frumoasă dintre teorii”, după cum o numea marele fizician rus Lev Landau.

Sunt capodopere absolute care ne trezesc o emoție intensă: *Requiemul* lui Mozart, *Odissea* lui Homer, *Capela Sixtină*, *Regele Lear*. Este nevoie, poate, de

o ucenicie îndelungată pentru a percepe întreaga lor splendoare, dar recompensa e frumusețea ultimă. Și mai e ceva: ele ne oferă o nouă perspectivă asupra lumii. Giuvaierul lui Einstein, teoria relativității generale, e o asemenea capodoperă.

Țin minte tulburarea care m-a cuprins când am început s-o înțeleg. Era vară. Mă aflam pe plaja de la Condofuri, în Calabria, scăldat de soarele Mediteranei elenice, în ultimul an de studii universitare. Vacanța e cea mai bună perioadă ca să înveți, fiindcă nu ești distras de obligațiile școlare. Studiam o carte cu marginile roase de șoareci, pentru că noaptea mă foloseam de ea ca să astup găurile acestor biete făpturi din ruina de casă în stil hipiot de pe un deal din Umbria, acolo unde obișnuiam să mă refugiez ca să scap de plictiseala cursurilor universitare de la Bologna. Îmi ridicam din când în când ochii din carte și priveam lucirea mării: mi se părea că văd aievea curbura spațiului și timpului imaginată de Einstein.

A fost ca o vrajă, de parcă un prieten mi-ar fi șoptit la ureche un extraordinar adevăr ascuns, ridicând brusc vălul realității, pentru a scoate la iveală o ordine mai profundă și mai simplă. De când știm că Pământul e rotund și se învâрте nebunește ca un titirez, am înțeles că realitatea nu e ce pare a fi: de fiecare dată când întrezărim un nou aspect al ei, simțim o emoție puternică. A căzut încă un văl.

Dar dintre toate salturile succesive care au dus mai departe cunoașterea noastră în cursul istoriei, cel al

lui Einstein este probabil fără egal. De ce? În primul rând, fiindcă, odată ce-ai înțeles cum funcționează, teoria devine de o simplitate stupefiantă. Voi prezenta aici pe scurt ideea.

Newton a încercat să explice motivul pentru care lucrurile cad și planetele se rotesc. El și-a imaginat existența unei „forțe” care atrage toate corpurile materiale unul către altul și a numit-o „forță gravitațională”. Nu se știa ce anume face această forță pentru a atrage obiecte aflate la distanță unul de altul, fără ca între ele să fie ceva – și marele părinte al științei moderne nu s-a aventurat să sugereze o ipoteză. Newton și-a imaginat de asemenea că obiectele se mișcă prin spațiu, iar spațiul e un imens recipient gol, o cutie uriașă care conține universul, o structură vastă prin care obiectele se deplasează în linie dreaptă, până când o forță le curbează traiectoria. Din ce este alcătuit acel „spațiu”, recipientul lumii închipuit de el, Newton nu putea spune.

Dar, cu câțiva ani înainte de nașterea lui Einstein, doi mari fizicieni britanici, Michael Faraday și James Maxwell, au adăugat lumii reci a lui Newton un ingredient esențial: câmpul electromagnetic. Acest câmp este o entitate reală care, răspândit pretutindeni, transmite undele radio, umple spațiul, poate vibra și oscila ca suprafața unui lac și „transportă” forța electrică. Einstein a fost fascinat din tinerețe de acest câmp electromagnetic care pune în mișcare rotoarele centralelor electrice construite de tatăl său, și a înțeles

curând că, la fel ca electricitatea, gravitația trebuie să se propage și ea printr-un câmp: trebuie să existe un „câmp gravitațional“, analog „câmpului electric“. El și-a propus să înțeleagă felul în care acționează „câmpul gravitațional“ și cum poate fi descris cu ajutorul ecuațiilor.

Iar atunci i-a venit o idee extraordinară, care numai unui geniu îi putea veni: câmpul gravitațional nu e răspândit prin spațiu, câmpul gravitațional e spațiul însuși. Aceasta e ideea relativității generale. „Spațiul“ lui Newton, prin care se mișcă obiectele, și „câmpul gravitațional“ sunt unul și același lucru.

A fost un moment de iluminare. O simplificare spectaculoasă a lumii: spațiul nu mai e ceva diferit de materie, ci este una dintre componentele „materiale“ ale lumii. O entitate care se undulează, se încovoie, se curbează, se răsuțește. Nu ne aflăm în interiorul unei infrastructuri rigide, ci suntem cufundați într-o uriașă scoică flexibilă. Soarele curbează spațiul în jurul său, iar Pământul nu se rotește în jurul lui pentru că e atras de o forță misterioasă, ci pentru că se deplasează drept într-un spațiu care se înclină, ca o bilă care se rotește într-o pâlnie. Nu există forțe misterioase generate în centrul pâlniei; natura curbă a pereților este cea care face ca bila să se rotească. Planetele orbitează în jurul Soarelui și obiectele cad pentru că spațiul se curbează.

Cum putem descrie această curbura a spațiului? Cel mai celebru matematician al secolului XIX, Carl

Friedrich Gauss, cel căruia i s-a spus „prințul matematicii“, a găsit formule matematice pentru a descrie suprafețe bidimensionale ondulate, cum sunt suprafețele dealurilor. I-a cerut apoi unuia dintre studenții lui talentați să generalizeze teoria pentru a cuprinde spații cu trei sau mai multe dimensiuni. Studentul, Bernhard Riemann, a produs o teză de doctorat impresionantă, care ai fi zis că e complet inutilă. Concluzia tezei lui Riemann era că proprietățile unui spațiu curb sunt înglobate într-un obiect matematic pe care astăzi îl numim curbura lui Riemann și îl notăm cu R . Einstein a scris o ecuație care spune că R este proporțională cu energia materiei. Altfel spus, spațiul se curbează acolo unde există materie. Asta e tot. Ecuația încapă pe o jumătate de rând, atât și nimic mai mult. O idee – spațiul se curbează – a devenit o ecuație.

Dar în această ecuație se ascunde un întreg univers. Iar bogăția magică a teoriei deschide calea către un șir fantasmagoric de predicții care seamănă cu delirul unui nebun, însă toate au fost verificate experimental.

Pentru început, să spunem că ecuația descrie felul în care se curbează spațiul în jurul unei stele. Curbura face nu numai ca planetele să orbiteze în jurul stelei, dar are efecte și asupra luminii: în loc să se deplaseze în linie dreaptă, traiectoria luminii e deviată. Această deviere a fost măsurată în 1919, iar predicția a fost confirmată.

Cuprins

<i>Notă asupra ediției române</i>	5
<i>Prefață</i>	7
LECȚIA ÎNTÂI Cea mai frumoasă dintre teorii ...	9
LECȚIA A DOUA Cuante	21
LECȚIA A TREIA Arhitectura cosmosului	31
LECȚIA A PATRA Particule.	41
LECȚIA A CINCEA Grăunțe de spațiu.	51
LECȚIA A ȘASEA Probabilitate, timp și căldura găurilor negre.	63
ÎN ÎNCHEIERE Noi înșine.	77