

LBRIS

We know

STEPHEN HAWKING

Universul într-o coajă de nucă

Traducere din engleză de
GHEORGHE STRATAN, OVIDIU ȚÎNȚĂREANU, ANCA VIȘINESCU

Coordonatorul ediției
GHEORGHE STRATAN



HUMANITAS
BUCUREȘTI

CUVÎNT ÎNAINTE ~ VII

CAPITOLUL 1 ~ pagina 3

Scurtă istorie a relativității

*Cum a pus Einstein bazele celor două teorii fundamentale ale secolului XX:
relativitatea generală și teoria cuantică.*

CAPITOLUL 2 ~ pagina 29

Forma timpului

*Teoria generală a relativității a lui Einstein dă timpului o formă.
Cum poate fi acest fapt pus de acord cu teoria cuantică.*

CAPITOLUL 3 ~ pagina 67

Universul într-o coajă de nucă

Universul are istorii multiple, fiecare dintre ele fiind determinată de o nucă mică.

CAPITOLUL 4 ~ pagina 101

Prezicând viitorul

*Pierderea informației în găurile negre poate reduce capacitatea noastră
de a prezice viitorul.*

CAPITOLUL 5 ~ pagina 131

Protejind trecutul

*Este posibilă călătoria în timp? Ar putea o civilizație avansată
să se întoarcă în timp și să schimbe trecutul?*

CAPITOLUL 6 ~ pagina 155

Va fi sau nu ca în Star Trek viitorul nostru?

*Cum vor continua să se dezvolte în complexitate, într-un ritm tot mai susținut,
viața biologică și cea electronică.*

CAPITOLUL 7 ~ pagina 173

„Brană lume” nouă

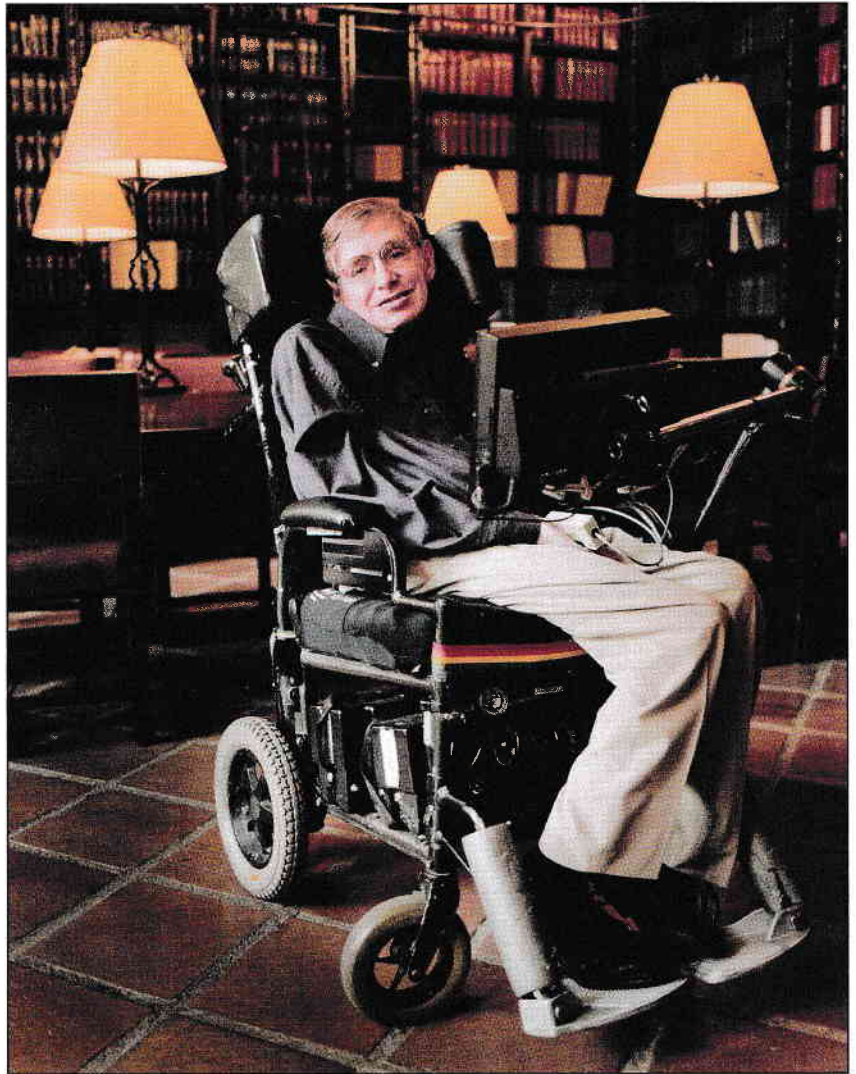
Trăim pe o brană sau sîntem doar holograme?

GLOSAR

SUGESTII BIBLIOGRAFICE

CREDIT FOTOGRAFIC

*Stephen Hawking
în 2001,
© Stewart Cohen*



CAPITOLUL 1-

Scurtă istorie a relativității

Cum a pus Einstein bazele celor două teorii fundamentale ale secolului XX: relativitatea generală și teoria cuantică.



Profesor Einstein



Albert Einstein™

low

A. Einstein

Albert Einstein, descoperitorul teoriilor relativității speciale și generale, s-a născut la Ulm, în Germania, în 1879, dar în anul următor familia lui s-a mutat la München, unde tatăl său Hermann și unchiul Jakob au pus pe picioare o mică afacere cu produse electrice, care n-a prea avut succes. Albert n-a fost un copil minune, dar afirmațiile că ar fi fost un elev slab par exagerate. În 1894, afacerea tatălui a dat faliment, iar familia s-a mutat la Milano. Părinții au hotărât ca el să rămână pentru a-și termina școala, dar fiului nu-i plăcea învățământul autoritar, astfel că, după câteva luni, Albert a plecat după părinți la Milano. Mai târziu, și-a completat studiile la Zürich, absolvind în anul 1900 prestigioasa Școală Politehnică Federală, cunoscută și sub denumirea de ETH. Înclinația sa către dispută și contestarea autorității n-au făcut să fie îndrăgit de profesorii de la ETH, astfel că nici unul dintre ei nu i-a oferit postul de asistent, calea firească pentru o carieră academică. Doi ani mai târziu, a reușit în sfârșit să-și găsească un post de stagiar la Biroul elvețian de brevete din Berna. Pe când lucra acolo, în 1905, a scris trei lucrări care au făcut din el unul dintre savanții de frunte ai lumii și care au declanșat două revoluții conceptuale — revoluții ce au schimbat înțelegerea noastră asupra timpului, spațiului și realității înseși.

Către sfârșitul secolului XIX, oamenii de știință credeau că se află aproape de descrierea completă a universului. Ei își imaginau că spațiul e umplut de un mediu continuu, numit „eter”. Razele de lumină și semnalele radio erau considerate unde în acest eter, exact la fel cum sunetul reprezintă unde de presiune în aer. Pentru a se ajunge la o teorie completă, nu era nevoie decât să se măsoare cu acuratețe proprietățile elastice ale eterului. De fapt, anticipând astfel de măsurători, Laboratorul Jefferson de la Universitatea Harvard a fost construit în întregime fără cuie din fier, așa încât să nu aibă loc interferențe cu măsurătorile magnetice sensibile. Proiectanții au uitat însă că zidul din cărămizi brun-roșcate al laboratorului, la fel ca cele mai multe clădiri de la Harvard, conține mari cantități de fier. Clădirea este folosită chiar și acum, deși la Harvard încă nu se știe câtă greutate va mai suporta etajul bibliotecii fără cuie din fier.

LBRIS

We know
books

SCURTĂ ISTORIE A RELATIVITĂȚII



Albert Einstein, TM

Albert Einstein în 1920



(Fig. 1.1, sus)

TEORIA ETERULUI IMOBIL

Dacă lumina ar fi o undă într-un material elastic numit eter, viteza luminii ar trebui să pară mai mare pentru cineva aflat într-o navă spațială **(a)** care se deplasează spre lumină și mai mică pentru cineva aflat într-o navă spațială **(b)** care se deplasează în același sens cu lumina.

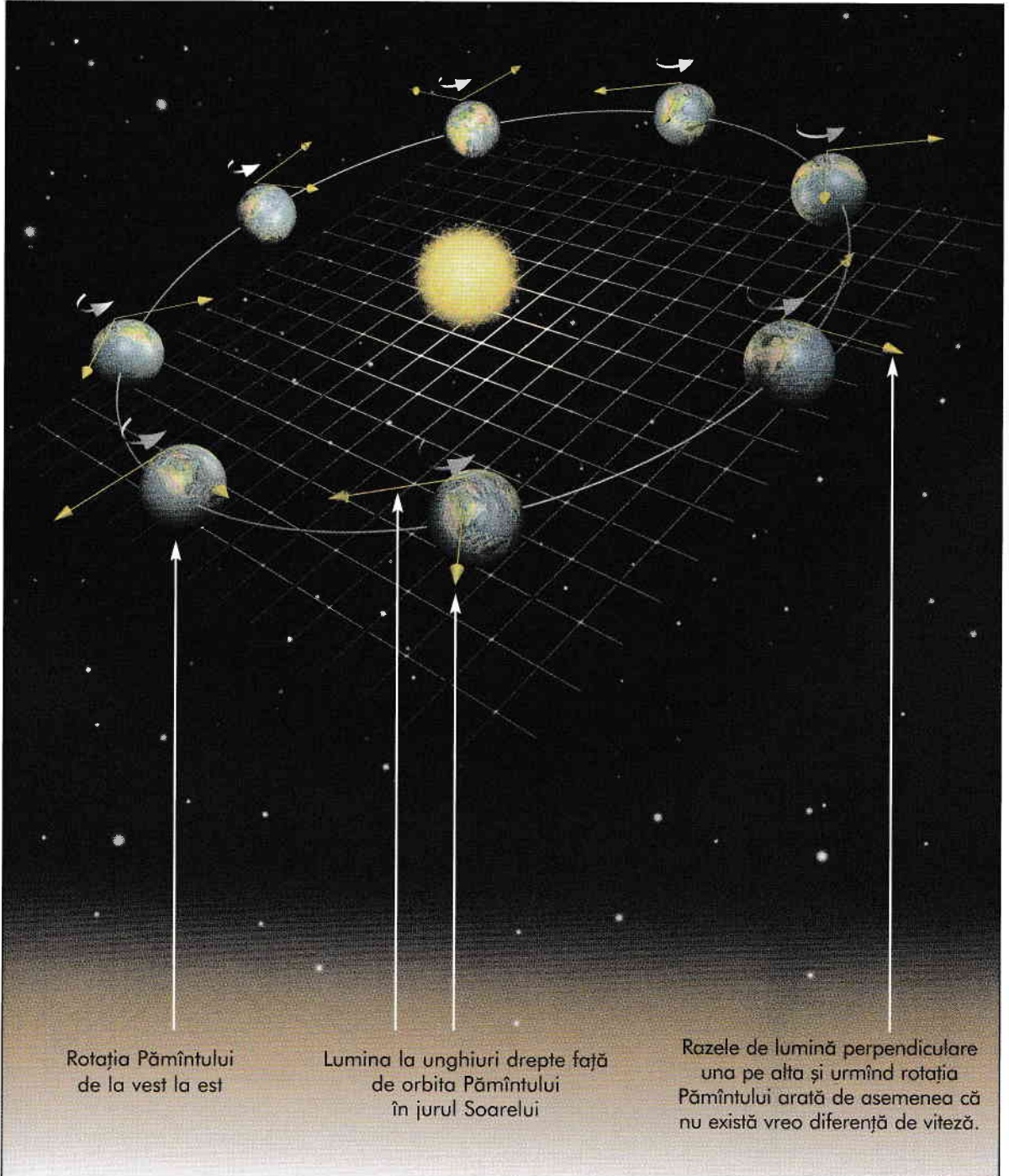
(Fig. 1.2, pag. 7)

Nu s-a găsit vreo diferență între viteza luminii în direcția orbitei Pământului și cea în direcția perpendiculară pe aceasta.

Către sfârșitul secolului, au început să apară dezacorduri în raport cu ideea unui eter omniprezent. Era de așteptat ca lumina să călătorească prin eter cu o viteză fixă, dar dacă v-ați deplasa prin eter în aceeași direcție cu lumina, viteza ei ar părea mai mică, în timp ce dacă v-ați deplasa în direcția opusă, viteza ei ar părea mai mare (Fig. 1.1).

O serie de experimente care să confirme această idee au eșuat însă. Cel mai îngrijit și mai precis dintre ele a fost efectuat de Albert Michelson și Edward Morley la Școala de Științe Aplicate „Case” din Cleveland, Ohio, în 1887. Ei au comparat viteza a două raze de lumină aflate la unghiuri drepte una față de alta. O dată cu Pământul care se rotește în jurul axei sale și orbitează în jurul Soarelui, aparatul se mișcă prin eter după direcții și cu viteze diferite (Fig. 1.2). Dar Michelson și Morley n-au găsit nici o diferență diurnă sau anuală între cele două raze de lumină. Totul era ca și când lumina ar călători mereu cu aceeași viteză față de observator, oriunde s-ar afla el și indiferent de viteza și direcția mișcării sale (Fig. 1.3, pag. 8).

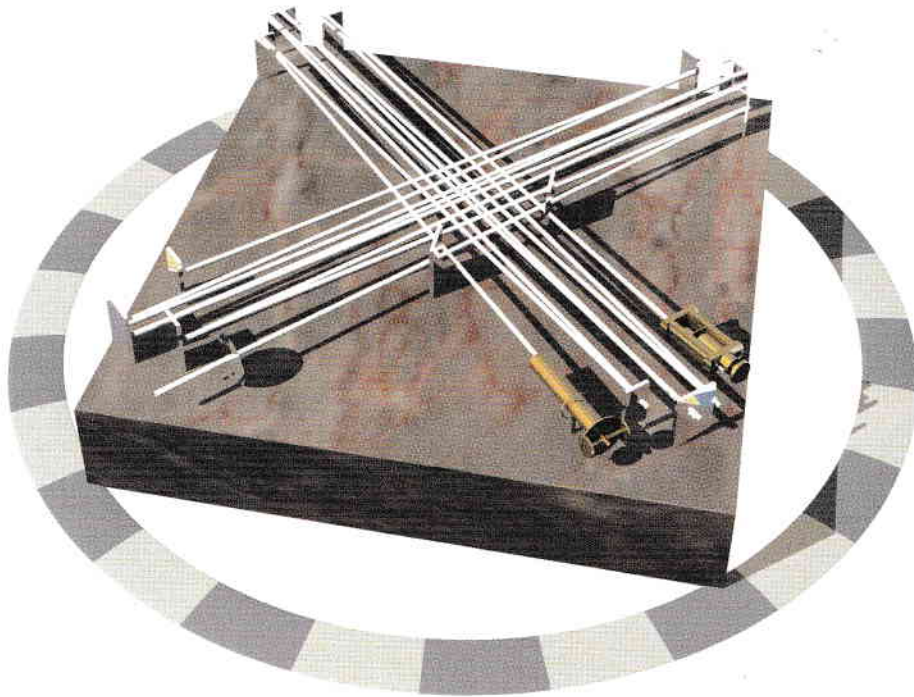
Pe baza experimentului Michelson și Morley, fizicianul irlandez George FitzGerald și fizicianul olandez Hendrik Lorentz au sugerat că toate corpurile care se mișcă prin eter se vor contracta, iar ceasurile vor rămâne în urmă. Această contracție și încetinirea ceasurilor ar avea loc astfel încât oamenii ar măsura aceeași viteză a luminii, oricum s-ar mișca în raport cu eterul. (FitzGerald și Lorentz mai considerau încă eterul o substanță reală.) Dar, într-o lucrare scrisă în iunie 1905, Einstein a arătat că, din



Rotația Pământului
de la vest la est

Lumina la unghiuri drepte față
de orbita Pământului
în jurul Soarelui

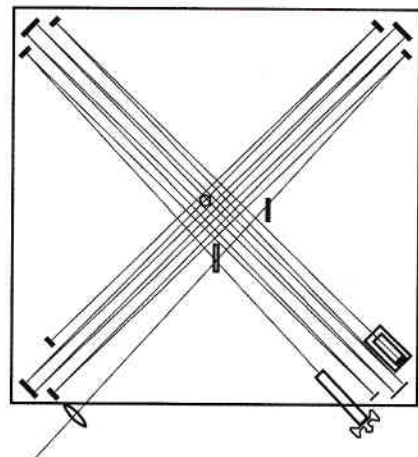
Razele de lumină perpendiculare
una pe alta și urmînd rotația
Pământului arată de asemenea că
nu există vreo diferență de viteză.

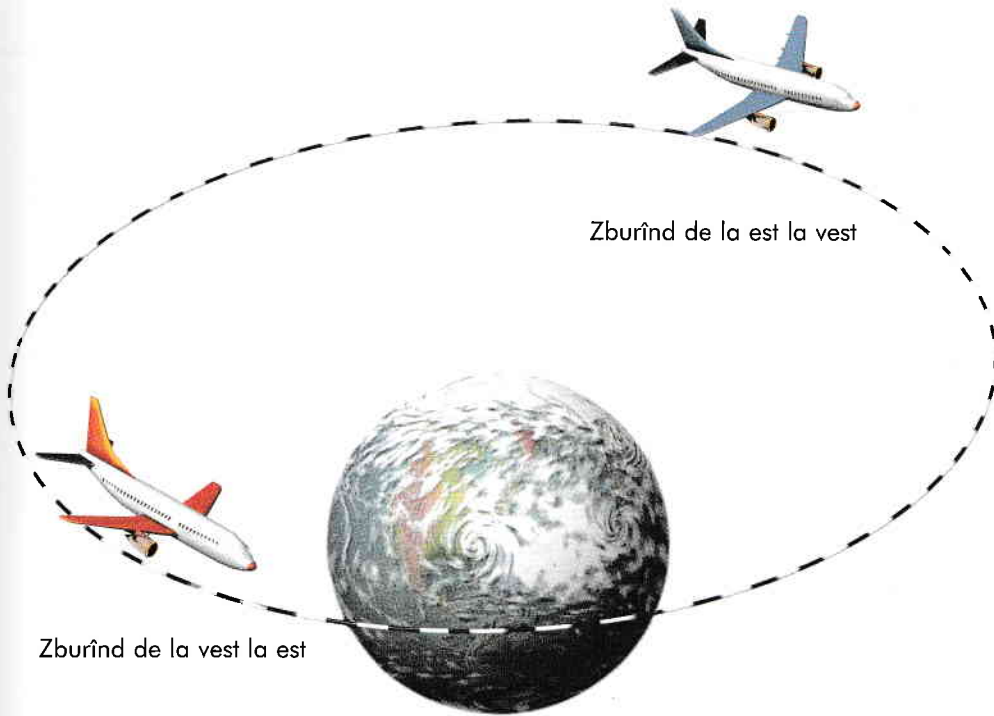


(Fig. 1.3) MĂSURÎND VITEZA LUMINII

În interferometrul lui Michelson și Morley, lumina de la o sursă e despărțită în două raze de o oglindă semi-argintată. Cele două raze de lumină călătoresc pe direcții perpendiculare și apoi sînt combinate într-o singură rază trecînd încă o dată prin oglinda semiargintată. O diferență între vitezele luminii în cele două direcții ar însemna că maximele unei unde ar veni în același timp cu minimele celeilalte, anulîndu-se reciproc.

Dreapta: Diagrama experimentului reconstituită după cea apărută în *Scientific American* din 1887.





Ceasul din avionul care zboară spre vest măsoară mai mult timp decât ceasul frate geamăn care zboară în sens opus.

Pentru pasagerii din avionul care zboară spre est, ceasul arată mai puțin timp decât pentru cei care zboară spre vest.

moment ce nu se poate determina dacă ceva se mișcă sau nu prin spațiu, eterul era o noțiune inutilă. El a pornit în schimb de la postulatul conform căruia legile științei trebuie să apară identice tuturor observatorilor aflați în mișcare uniformă. În particular, ei trebuie să măsoare aceeași viteză a luminii, indiferent de viteza cu care se mișcă ei înșiși. Viteza luminii e independentă de mișcarea lor și e aceeași în toate direcțiile.

Aceasta impunea abandonarea ideii că există o cantitate universală numită timp, pe care o măsoară toate ceasurile. În schimb, fiecare ar avea propriul lui timp. Timpurile a două persoane ar fi aceleași dacă persoanele s-ar afla în repaus una față de alta, dar nu și dacă ele s-ar afla în mișcare relativă.

Afirmația de mai sus a fost confirmată de un șir de experimente, inclusiv unul în care două ceasuri precise au zburat în direcții opuse în jurul lumii. La întoarcere, ceasurile au indicat o ușoară diferență de timp (Fig. 1.4). Aceasta sugerează că, dacă vrem să trăim mai mult, trebuie să zburăm întruna spre răsărit, așa încât viteza avionului să se adauge rotației pământului. Frațiunea de secundă câștigată n-ar compensa însă mesele oferite de liniile aeriene.

(Fig. 1.4)

O versiune a paradoxului gemenilor (Fig. 1.5, pag. 10) a fost verificată experimental trimițând să zboare în jurul lumii, în sensuri opuse, două ceasuri precise.

La întoarcere, s-a constatat că ceasul care a zburat spre est a înregistrat ceva mai puțin timp.



(Fig. 1.5 stînga)

PARADOXUL GEMENILOR

În teoria relativității, fiecare observator are propria măsură a timpului, ceea ce duce la așa-numitul paradox al gemenilor.

Unul din cei doi gemeni (**a**) pleacă într-o călătorie spațială deplasîndu-se cu o viteză apropiată de cea a luminii (**c**), iar fratele său (**b**) rămîne pe Pămînt.

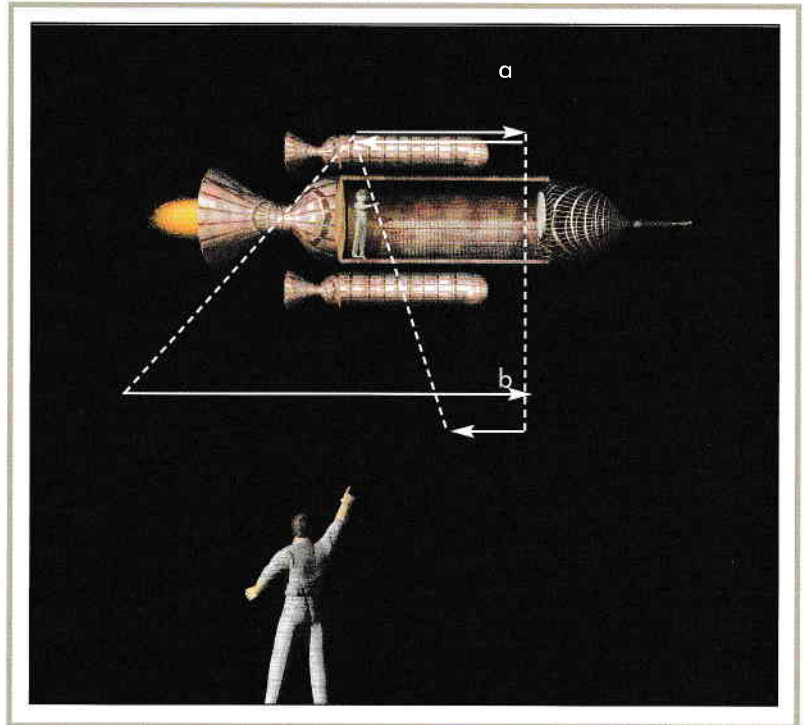
Datorită mișcării lui (**a**), timpul din nava spațială, așa cum e observat de geamănul de pe Pămînt, trece mai lent. După întoarcerea din spațiu, călătorul (**a2**) își va găsi fratele geamăn (**b2**) mai îmbătrînit decît el.

Deși pare contrar bunului simț, un număr de experimente arată că în scenariul prezentat geamănul călător va fi cu adevărat mai tînăr.

(Fig. 1.6 dreapta)

O navă spațială trece pe lîngă Pămînt de la stînga la dreapta cu o viteză de patru cincimi din viteza luminii. Dintr-un capăt al cabinei e emis un puls de lumină care se reflectă de celălalt capăt (**a**).

Lumina e observată de oamenii de pe Pămînt și de pe navă. Din cauza mișcării navei, observatorii nu vor cădea de acord cu privire la distanța pe care a parcurs-o lumina după reflectare (**b**). Ei nu cad de acord nici în privința timpului de deplasare a luminii, deoarece, conform postulatului lui Einstein, viteza luminii e aceeași pentru toți observatorii care se mișcă uniform.



Postulatul lui Einstein, conform căruia legile naturii trebuie să apară la fel tuturor observatorilor care se mișcă liber, a constituit baza teoriei relativității, numită astfel fiindcă presupune că doar mișcarea relativă are relevanță. Frumusețea și simplitatea teoriei i-au convins pe mulți gînditori, dar mai rămîneau destui opozanți. Einstein a înlăturat două dintre absoluturile secolului XIX, repausul absolut, așa cum era el reprezentat de eter, și timpul absolut, sau universal, pe care ar fi trebuit să-l măsoare toate ceasurile. Mulți au considerat inacceptabil acest concept. Rezulta oare de aici, se întrebau oponenții, că *totul* era relativ, că nu mai există standarde morale absolute? Aceste dificultăți s-au perpetuat de-a lungul anilor '20 și '30. În 1921, Einstein a primit Premiul Nobel pentru o lucrare importantă, dar, prin comparație (după standardele lui), minoră, apărută tot în 1905. Nu era menționată deloc relativitatea, considerată prea controversată. (Eu încă mai primesc două-trei scrisori pe săptămînă care susțin că Einstein a greșit.) Acum teoria relativității e însă acceptată de comunitatea științifică, iar previziunile ei au fost verificate în nenumărate aplicații.



Fig. 1.7



O consecință foarte importantă a relativității e relația dintre masă și energie. Din postulatul lui Einstein conform căruia viteza luminii trebuie să fie aceeași pentru toți, rezultă că nimic nu se poate deplasa mai repede decât lumina. Dacă se folosește energie pentru a accelera un corp, fie că e o particulă, fie că e un vehicul spațial, masa corpului crește, astfel încât e tot mai greu să-l accelerezi în continuare. Accelerarea unei particule pînă la viteza luminii ar fi imposibilă, fiindcă ar cere o cantitate infinită de energie. Masa și energia sînt echivalente, după cum rezumă celebra ecuație a lui Einstein $E = mc^2$ (Fig. 1.7). Aceasta e probabil singura ecuație din fizică recunoscută de orice trecător de pe stradă. Printre consecințele sale a fost înțelegerea faptului că, dacă nucleul atomului de uraniu fisionează în două nuclee cu masa totală ceva mai mică, acest proces va elibera o cantitate impresionantă de energie (vezi paginile 14-15, Fig. 1.8).

În 1939, sub amenințarea unui nou război mondial, un grup de oameni de știință care înțelegeau aceste consecințe l-a convins pe Einstein să-și învingă scrupulele pacifiste și să-și folo-



sească autoritatea adresându-i președintelui Roosevelt o scrisoare prin care să îndemne Statele Unite să demareze un program de cercetare nucleară.

Ca rezultat, a apărut Proiectul Manhattan, iar în cele din urmă s-au fabricat bombele care au explodat deasupra orașelor Hiroshima și Nagasaki în 1945. Mulți l-au învinuit pe Einstein pentru bomba atomică, fiindcă a descoperit relația dintre masă și energie, dar e ca și cum l-ai învinui pe Newton pentru prăbușirea avioanelor, fiindcă a descoperit gravitația. Einstein însuși nu a luat parte la Proiectul Manhattan și a fost îngrozit de lansarea bombelor.

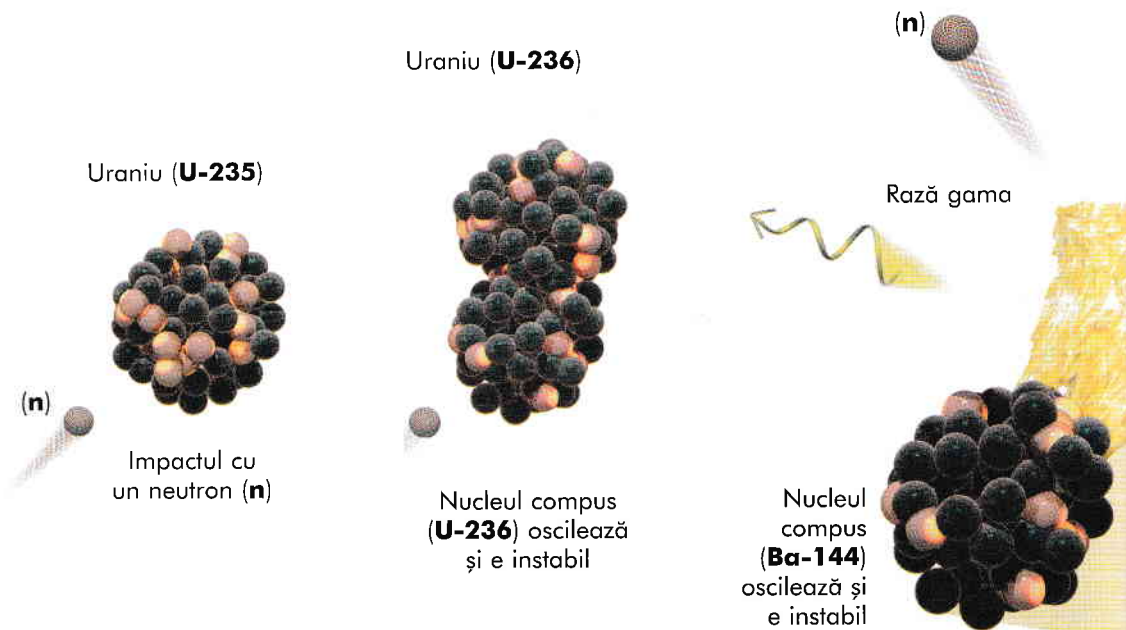
Lucrările din 1905, care au deschis noi perspective, i-au asigurat lui Einstein o reputație științifică bine stabilită, dar abia în 1909 i s-a oferit la Universitatea din Zürich un post care i-a permis să părăsească Biroul elvețian de brevete. Doi ani mai târziu, s-a mutat la Universitatea Germană din Praga, dar a revenit la Zürich în 1912, de data asta la ETH. În ciuda antisemitismului răspândit într-o mare parte a Europei, chiar și în universități, Einstein reprezenta acum un tezaur acade-



SCRISOAREA PROFETICĂ A LUI EINSTEIN ADRESATĂ PREȘEDINTELUI ROOSEVELT ÎN 1939

„În cursul ultimelor patru luni, a devenit posibil - prin lucrările lui Joliot în Franța și ale lui Fermi și Szilard în America - să se provoace o reacție nucleară în lanț într-o masă mare de uraniu, prin care să fie generate mari cantități de putere și de elemente noi asemănătoare radiului. Acum este aproape sigur că acestea pot fi realizate în viitorul imediat.

Acest fenomen nou ar putea duce de asemenea la fabricarea de bombe și e de conceput - deși mult mai puțin sigur - ca să fie fabricate bombe de un nou tip, extrem de puternice.”



(Fig. 1.8)

ENERGIA DE LEGĂTURĂ NUCLEARĂ

Nucleele sînt alcătuite din protoni și neutroni jinuți laolaltă de o forță tare. Dar masa nucleului e întotdeauna mai mică decît suma masei individuale ale protonilor și neutronilor din care e compus. Diferența e o măsură a energiei de legătură a nucleului care menține nucleul legat. Această energie de legătură poate fi calculată din relația lui Einstein: energia de legătură nucleară = Δmc^2 , unde Δm este diferența dintre masa nucleului și suma masei individuale.

Eliberarea acestei energii potențiale creează forța explozivă devastatoare a unui dispozitiv nuclear.

mic. A primit oferte de la Viena și Utrecht, dar a preferat un post de cercetător la Academia de Științe a Prusiei din Berlin, fiindcă nu avea obligații didactice. S-a mutat la Berlin în aprilie 1914, fiind urmat la scurt timp de soție și de cei doi fii. Căsnicia mergea cam rău de la o vreme, așa încît familia s-a întors destul de repede la Zürich. Deși Einstein i-a vizitat din cînd în cînd, cei doi soți au divorțat în cele din urmă. Mai tîrziu, Einstein s-a căsătorit cu verișoara sa Elsa, care locuia la Berlin. Faptul că în anii războiului a fost celibatar, fără obligații casnice, poate fi unul dintre motivele pentru care în această perioadă a fost atît de productiv științific.

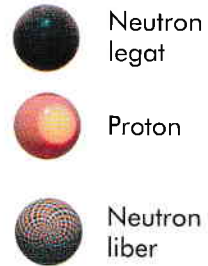
Deși teoria relativității se potrivește bine cu legile care guvernează electricitatea și magnetismul, ea nu e compatibilă cu legea newtoniană a gravitației. Această lege spune că, dacă distribuția materiei dintr-o regiune a spațiului se schimbă, schimbarea cîmpului gravitațional ar fi resimțită instantaneu oriunde în univers. Rezultă nu numai că ar fi posibil să trimiți semnale mai rapide decît viteza luminii (fapt interzis de teoria relativității), ci și că, pentru a înțelege ce înseamnă „instantaneu”, ar fi nevoie de timpul absolut, sau universal, pe care relativitatea l-a înlăturat în favoarea timpului personal.



Nucleul compus (**Kr-89**)
oscilează și e instabil

Fisiunea produce în medie
2,4 neutroni și o energie
de 215 Mev

*Relația lui Einstein dintre
energie (E), masă (m) și
viteza luminii (c)
ne spune că
o mică fracțiune de masă
este echivalentă cu o
cantitate enormă de energie:
 $E = mc^2$*



(n) neutronii pot
iniția o reacție în lanț

Rază gama

(n)

REACȚIE ÎN LANȚ

Un neutron provenit din fisiunea nucleului inițial U-235 se ciocnește cu un alt nucleu. Acest impact îi provoacă, la rândul său, fisiunea și astfel începe o reacție în lanț de ciocniri succesive. Dacă reacția se autoîntreține, aceasta este numită „critică”, iar masa de U-235 se numește „masă critică”.

