



Seria CE ȘI CUM își propune să vă ofere cărți cu caracter enciclopedic, structurate tematic, adresate adolescenților. Informațiile riguroase și prezentarea atrăgătoare fac din această lucrare un prieten de nădejde, care îți poate da răspuns la marile întrebări ale lumii de astăzi.

38582
Lei 249.000

CINE A FOST ALBERT EINSTEIN?

CE SE ÎNȚELEGE PRIN TEORIA RELATIVITĂȚII?

UN MĂR POATE SĂ CÂNTĂREASCĂ 50 kg?

SE POATE OBȚINE ENERGIE DIN MATERIE?

EXISTĂ ANTIMATERIE?

CÂND A LUAT NAȘTERE UNIVERSUL?

CUM AU APĂRUT STELELE ȘI GALAXIILE?



Volumul vă răspunde la toate aceste întrebări și la multe, multe altele, și vă prezintă, prin cuvânt și imagine, drumul parcurs de la Big Bang până la teoria relativității, de la Calea Lactee până în centrul Pământului.

În această serie au apărut:

CELE ȘAPTE MINUNI ALE LUMII

MULTIMEDIA
ȘI LUMILE VIRTUALE

MARIII EXPLORATORI
ȘI CĂLĂTORIILE LOR

AUTOMOBILUL

CRUCIADELE

În curând vor apărea:

CARTEA RĂSPUNSURILOR

CĂUTĂTORII DE COMORI

CHINA ANTICĂ

EGIPTUL ANTIC

GRECIA ANTICĂ

ROMA ANTICĂ

DEMOCRAȚIA

RELIGIILE LUMII

VECHIUL TESTAMENT

GLADIATORII

INDIENII

SAMURAII

VIKINGII

VESTUL SĂLBATIC

ȚINUTURI POLARE

PIETRE ȘI MINERALE

VULCANII

GLACIAȚIUNILE

PLANETELE

SOARELE

STELELE

MATEMATICA

ELECTRONICA

MAGNETISMUL

MECANICA

COMPUTERE ȘI ROBOȚI

MONED

TIMBRE

ISBN 973-8175-39-9



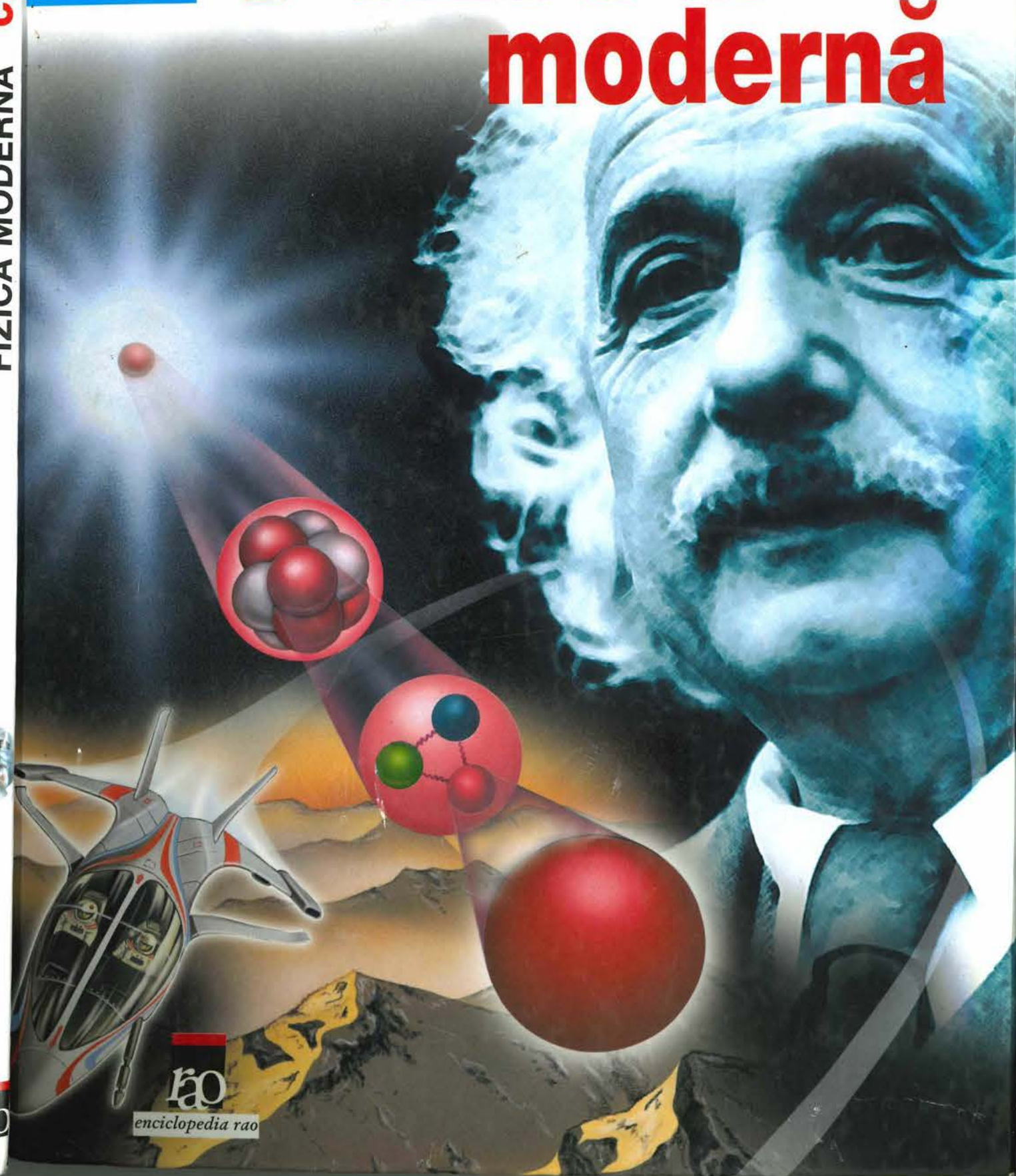
9 789738 175396

enciclopedia rao

FIZICA MODERNĂ CE ȘI CUM



Fizica modernă



enciclopedia rao

Cuvânt înainte

Trăim o perioadă caracterizată prin extreme. Lumea noastră pare să se desfacă din toate cusăturile. Pe de o parte suntem amenințați de suprapopulație: de distrugerea mediului și de războaiele tot mai pustiitoare; pe de alta, în trecut secol XX s-a cercetat și s-a descoperit mai mult decât în toate celelalte secole ale istoriei omenirii. În vreme ce aselenizarea și descoperirea a miliarde de sisteme, aidoma Căii Lactee, nu constituie decât o lărgire și completare a lumii științifice sigure și concrete a secolului al XIX-lea, fizica modernă, căreia îi este dedicată cartea de față, este ceva cu totul nou și nemaivăzut.

Omul a trebuit să recunoască deschis că natura se comportă cu totul altfel decât ar fi fost de așteptat în domeniile de referință cele mai mici, cele mai mari și cele mai rapide. Chiar dacă proprietățile nucleelor atomice sau ale particulelor ultrarapide se lasă descrise matematic cu exactitate, rațiunea împede și capacitatea noastră de imaginație eșuează deplin atunci când dorim să ne reprezentăm lumina, atomii sau alcătuirea Universului. Există, este

adevărat, modele de reprezentare, care sunt cât se poate de utile. Dacă ne închipuim lumina ca pe o undă, atunci putem înțelege multe dintre proprietățile ei. Foarte adesea este utilă și imaginea, întrucâtva naivă, a atomului cu nucleul cel greu și electronii, care îi dau ocol ca niște planete minuscule. Dar toate aceste modele nu descriu niciodată decât o parte a realității. Lumina poate să apară și ca flux de particule, electronii din învelișul atomic sunt deodată peste tot și nicăieri, dacă dorim să le repartizăm o poziție exactă. Încă și mai misterios se petrec lucrurile în lumea cea mai minuscule, în imperiul quarkurilor și al gluonilor. Această carte dorește să fie o primă introducere în fizica modernă și să-l învețe pe tânărul cititor concepte cum ar fi Big Bang, quark, lepton, gaură neagră, relativitate sau viteza luminii. Multe lucruri au fost simplificate, și multe altele lăsate cu totul deoparte.

Să sperăm că elementele de fizică modernă descrise în paginile ce urmează vor sta la baza dezvoltării unei tehnici pașnice și preocupate de salvarea mediului, în secolul XXI.

Credite fotografice:

Fotografii: Agentur Bilderberg, Hamburg (Peter Ginter): 35 sus; Agentur Focus, Hamburg: 22: David Parker/Science Photo Library, 24 sus-st.; TEK Image/Science Photo Library, 24 jos. mijloc: Maximilian Stock Ltd/Science Photo Library, 24 jos-dr.; Adam Hart-Davis/Science Photo Library, 27 jos-dr.; ArSciMed/Science Photo Library; AKG, Berlin: 7 (2), 17 jos, 23 mijloc-st., 25 sus-mijloc; Astrofoto, Leichlingen: 4/5 (4), 21 jos-dr., 37 sus, 37 mijloc: AAO, 38 sus, 39 st.; Shigemi Numazawa, 39 dr.: NOA, 40 st.; Shigemi Numazawa, 40 dr.: Osterberg, 44: NASA, 45: ROE/AAT Board, 44/45: Shigemi Numazawa, 46 sus: Manchu, 47; DESY, Hamburg: 34 (2), 35 jos (2); Keystone Pressedienst, Hamburg: 15; METEOSAT: 4; Planetarium Hamburg: 41; ZEFA, Düsseldorf: 26 jos-dr.: Kinne

Coperta: AKG, Berlin; Arno Kolb

Consultant de specialitate pentru ediția în limba română
Gabriela Gughea

Ilustrații: Johannes Blendering: 12, 21 jos-st., 23 jos, 25 sus (2), 27 jos-st. (2); Marcus Frey: 13; Arno Kolb: 5 jos, 6, 8, 9, 10, 14, 16, 17 sus, 18, 19, 20, 21 sus, 23 sus, 26 sus, 26 jos, 28, 29, 30, 31 sus, 32, 33, 36, 39, 42/43, 46 jos

Copyright © 2000 Tessloff Verlag, Burgschmietstraße 2-4, 90419 Nürnberg.
www.tessloff.com

CE ȘI CUM, Fizica modernă
© 2001 Enciclopedia RAO, pentru versiunea în limba română

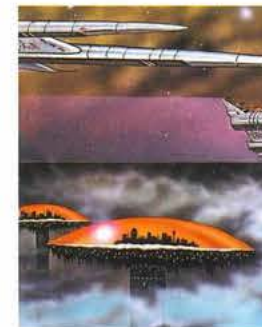
Orice reproducere sau preluare parțială sau integrală, prin orice mijloc, a textului și/sau a iconografiei lucrării de față sunt strict interzise, acestea fiind proprietatea exclusivă a editorului.

Grupul Editorial RAO – tel./fax: 224.12.31; 224.14.72; 224.18.47; 224.21.36
C.P. 2-124, București

e-mail: office@raobooks.com; website: www.raobooks.com

ISBN 973-8175-39-9

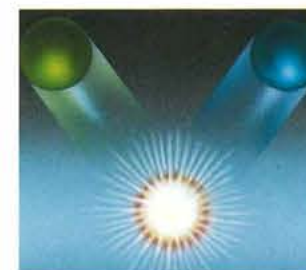
Cuprins



Einstein și viteza luminii

Există o viteză maximă absolută? 4
Ce se întâmplă când „zbor” împotriva unei raze de lumină? 5

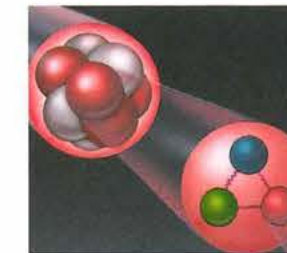
Cine a fost Albert Einstein? 6
Ce se înțelege prin teoria relativității? 7
Ceasurile funcționează altfel în navele spațiale rapide? 8
Vom zbura cândva spre stele îndepărtate? 9
Voi putea să trăiesc până în anul 4000? 11
Un măr poate să cântărească 50 kg? 13
Se poate obține energie din materie? 15
Cum obține Soarele energia sa? 16
Ce legătură există între Einstein și bomba atomică? 16
Ce i s-ar întâmpla unui călător spațial în apropierea unei găuri negre? 18



Lumea celor mai mici particule

Din ce se compune lumina? 22
Ce este un atom? 24
Ce este o moleculă? 24

Cum este alcătuit un atom? 25
Sunt electronii cu adevărat niște planete miniaturale? 27
Din ce se compun nucleele atomice? 28
Există antimaterie? 29



Quarkuri și leptoni

Ce sunt quarkurile? 30
Pot fi quarkurile observate? 32
Ce se înțelege prin cele patru forțe naturale? 32
Ce sunt leptonii? 33
Electronii sunt particule sau unde? 33
Cum sunt studiate cele mai mici particule? 34
Cum funcționează un accelerator? 34
Există o particulă inițială sau o forță inițială? 36



Big Bangul și veșnicia

De ce luminează stelele? 37
Ce sunt galaxiile? 38
Se poate măsura viteza stelelor? 39
Se mișcă galaxiile? 40
A existat cu adevărat Big Bangul? 41
Când a luat naștere Universul? 41
Cum arăta Universul la început? 42
Cum au apărut stelele și galaxiile? 45
Se va extinde Universul? 45
Este Universul nesfârșit? 46
Ce se va întâmpla cu Pământul nostru? 47
Se va dezintegra cândva toată materia? 47

Glosar

48

Indice

48

Einstein și viteza luminii

Există o viteză maximă absolută?

Imaginează-ți că te afli seara la tine în cameră și aprinzi lumina – ce se petrece? Încăperea se luminează instantaneu, dar nu numai pentru tine: și oamenii aflați la distanță, pe stradă sau în casele învecinate, care vor privi întâmplător spre geamurile tale, vor vedea în aceeași clipă strălucirea. Lumina se răspândește atât de rapid, încât nu percepem nici un fel de decalaj în timp, chiar și atunci când ne aflăm foarte departe de sursa luminii.

Marele fizician italian Galilei a încercat să măsoare viteza luminii în anul 1581. Dar pentru condițiile de testare ale epocii, lumina era cu mult prea rapidă. De-abia la sfârșitul secolului al XIX-lea, oamenii de știință au izbutit să măsoare cu

exactitate viteza luminii. De atunci știm că lumina se deplasează într-o încăpere vidată cu incredibilă viteză de 300 000 km/s. Un semnal luminos emis de un astronaut de pe Lună parcurge distanța până la Pământ în doar $1\frac{1}{3}$ secunde, iar lumina de la Soare, aflat la 150 milioane km, ajunge la noi în circa 8 minute. Se spune că Luna se află la o distanță de $1\frac{1}{3}$ secunde-lumină, iar Soarele la $8\frac{1}{3}$ minute-lumină.

Numeroase experimente au arătat că viteza luminii reprezintă viteza maximă absolută pentru toate tipurile de semnale pe care le putem primi ori transmite spre nave spațiale sau spre planete îndepărtate. Și unde radio sau razele laser se mișcă în vid tot cu viteza luminii. Nici atomii, particulele elementare, dar nici rachetele sau navele spațiale nu

MĂSURAREA VITEZEI LUMINII

În anul 1675, astronomul danez Ole Rømer a stabilit că eclipsele planetelor lui Jupiter se petreceau mai târziu decât arătau calculele, atunci când Jupiter se afla la distanță foarte mare de Pământ. De aici a tras concluzia că lumina străbate distanța de la Jupiter până la noi într-un timp cu atât mai lung cu cât este mai departe planeta. Din diferențele de distanță și durată de parcurs, Rømer a dedus că viteza luminii este de 225 000 km/s, valoare foarte apropiată de cea reală, de 300 000 km/s.

Un semnal luminos de la Lună străbate distanța până la noi în $1\frac{1}{3}$ secunde, de la Soare în $8\frac{1}{3}$ minute, iar de la galaxiile învecinate cu noi în milioane de ani.

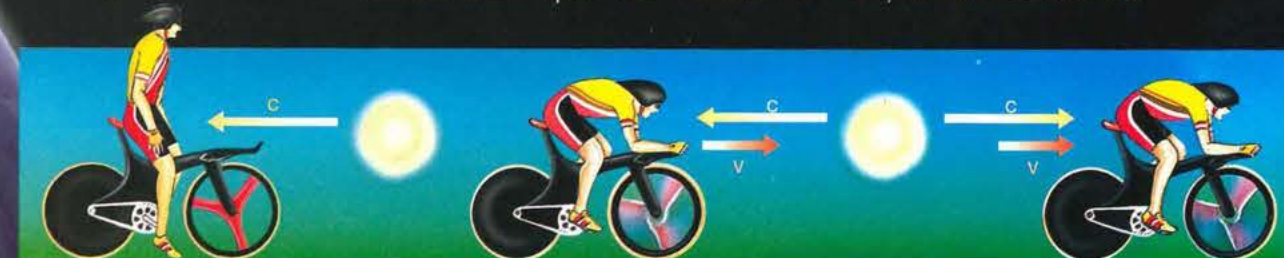
vor putea vreodată atinge această viteză magică, indiferent cât de mult ar fi accelerate. Nimic nu se poate deplasa mai repede decât lumina.

Ce se întâmplă când „zbor” împotriva unei raze de lumină?

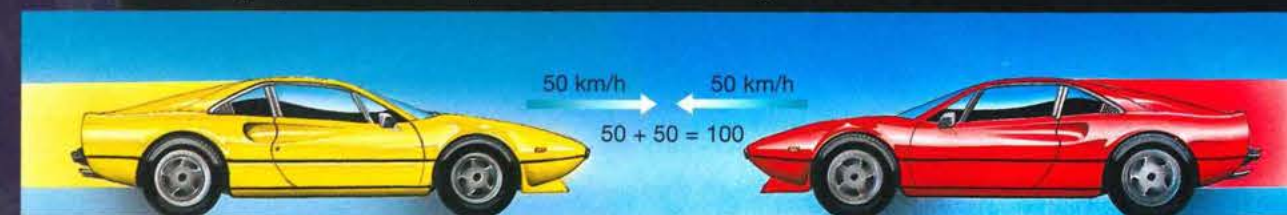
Lumina posedă și o altă caracteristică uimitoare. Atunci când observăm diferite surse de lumină, de exemplu un bec, un fulger sau o stea îndepărtată, stabilim că lumina vine spre noi mereu cu

aceeași viteză. Acest fapt nu reprezintă nimic deosebit în sine: și sunetul, care nu se poate deplasa în vid, are o viteză constantă – indiferent că este vorba de claxonul unei mașini sau de bubuitul unui tunet.

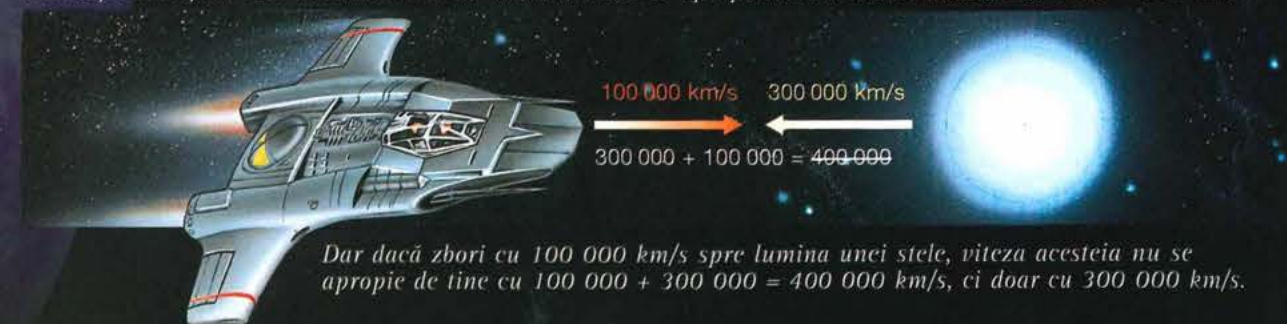
De-abia acum urmează elementul nou și uluitor: dacă ne deplasăm cu viteză constantă uriașă spre sursa de lumină, cu alte cuvinte „zburăm” spre lumină, aceasta nu se apropie de noi mai repede decât la un alt moment, nu: viteza măsurată a luminii rămâne mereu aceeași. Spre exemplu, dacă un astronaut se apropie cu 100 000 km/s de o stea, care emite lumina ei cu 300 000 km/s, lumina de la acea stea nu ajunge la el cu 400 000 km/s, ci tot cu 300 000 km/s. Viteza luminii este independentă de mișcarea noastră, ea fiind constantă.



Lumina ajunge la noi mereu cu aceeași viteză $c = 300\,000$ km/s, indiferent dacă ne aflăm la aceeași distanță de sursă sau dacă ne apropiem sau ne îndepărtăm de ea cu viteză uniformă.



Suntem obișnuiți ca vitezele să se adune. Dacă te afli într-un automobil care se deplasează cu 50 km/h și întâlnești o mașină care circulă tot cu 50 km/h, aceasta se apropie de tine cu o viteză de $50 + 50 = 100$ km/h.



Dar dacă zbori cu 100 000 km/s spre lumina unei stele, viteza acesteia nu se apropie de tine cu $100\,000 + 300\,000 = 400\,000$ km/s, ci doar cu 300 000 km/s.

Într-o navă spațială foarte rapidă, care se apropie de Pământ cu jumătate din viteza luminii, se declanșează un fulger luminos. Pentru astronautul din navă, lumina se propagă cu viteza luminii c . Pentru observatorul de pe Pământ, semnalul luminos din nava cosmică nu se va deplasa cu viteza $11/2 c$, cum ar fi de presupus, ci tot cu viteza c .



Observator de pe Pământ

Același lucru rămâne valabil atunci când ne îndepărtăm de o sursă de lumină. Chiar dacă, într-un viitor îndepărtat, ne-am deplasa într-o navă ultrarapidă cu 90% din viteza luminii, lumina acesteia ar ajunge la noi mereu cu aceeași viteză constantă de 300 000 km/s. Indiferent de unde observăm lumina, de pe Pământ sau dintr-o navă rapidă, ea va avea mereu aceeași viteză. De aceea, viteza luminii este desemnată prin litera c (de la „constant”).

Această proprietate a vitezei luminii, de a fi constantă, (care, la modul strict, nu este valabilă decât pentru observatorii ce stau nemișcați sau se deplasează cu viteză constantă – și în vid), fusese con-

statată de cercetători încă din secolul al XIX-lea. Dar abia marele fizician Albert Einstein a sistematizat aceste observații. El a plasat viteza constantă a luminii la baza teoriei relativității, teorie care, la rândul ei, stă la baza imaginii moderne asupra lumii. Aproape pe fiecare pagină a acestei cărți vom întâlni ideile și descoperirile sale geniale.

Albert Einstein s-a născut în 1879 la Ulm, în Germania, într-o familie de evrei. A crescut la München, a

ajuns la vârsta de 15 ani în Elveția și a obținut, în 1902, o funcție modestă în Biroul de Brevete al orașului elvețian Berna. Nimeni din cei care l-au cunoscut în perioada respectivă pe tânărul timid nu ar fi bănuț că, doar trei ani mai târziu, el avea să schimbe radical concepția fizică asupra lumii cu teoria relativității și cu multe alte lucrări ale sale. Anul 1905 a fost o piatră de hotar în istoria fizicii moderne. Einstein a

TEORIA ETERULUI
Sunetul nu se poate propaga în vid, ci doar într-un mediu cum ar fi aerul, apa sau pământul. Cu 120 de ani în urmă se credea că și lumina are nevoie de un mediu de propagare, denumit „eter”. Se presupunea că lumina are viteză mai mică sau mai mare, funcție de mișcarea Pământului față de eter. Fizicianul englez Michelson a arătat însă că acest fapt nu este real: lumina are mereu aceeași viteză. În cele din urmă, s-a renunțat la conceptul de „eter”. Astăzi știm că lumina se propagă și în vid.



Astronaut

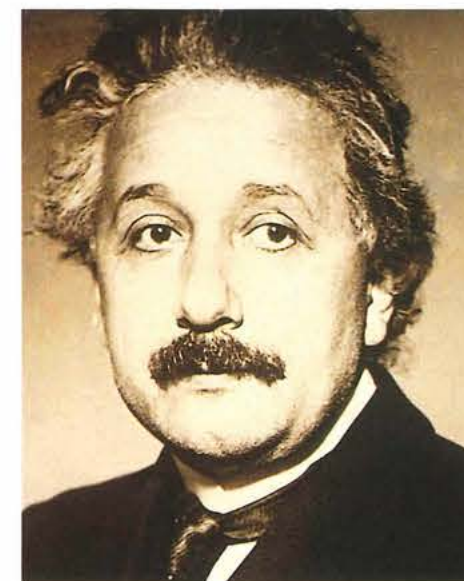
CREIERUL OMENESC
A avut vreme de mii de ani doar misiunea de a ne ajuta pe noi, oamenii, să supraviețuim pe Pământ. Strămoșii noștri au învățat de la începuturile istoriei să stăpânească focul și să confecționeze arme simple. Mai târziu au fabricat vehicule și au străbătut oceanele în corăbii. Dar viteza pe care o aveau era considerabil mai mică decât aceea a luminii. Iar uneltele pe care le foloseau erau și ele cu mult mai mari decât un atom. Prin urmare, nu este de mirare că puterea de imaginație a creierelor noastre nu este capabilă să funcționeze în domeniul celor mai mari viteze sau al celor mai mici particule.



Isaac Newton (1643-1727), întemeietorul mecanicii clasice

publicat teoria relativității restrânse, dar a pus și bazele fizicii moderne atomice și a particulelor, prin alte două lucrări.

Foarte repede a devenit faimos în întreaga lume. În 1914 a fost numit director al Institutului de Fizică



Albert Einstein (1879-1955)

„Împăratul Wilhelm” din Berlin. În 1915 a emis teoria relativității generalizate, iar în 1921 i-a fost decernat Premiul Nobel. După ce Hitler a ajuns la putere, în 1933, Einstein, ca mulți alți oameni de știință importanți, a părăsit Germania și s-a stabilit în Statele Unite, unde a rămas până la sfârșitul vieții.

Einstein și-a petrecut ultimii ani la Princeton, unde s-a ocupat în principal de cercetarea forței inițiale, care ar cuprinde în sine toate forțele naturale cunoscute. Albert Einstein a decedat la 18 aprilie 1955.

Așa cum am văzut, în domeniul vitezelor foarte mari natura se comportă cu totul altfel decât ar fi de așteptat. Și în

lumea celor mai mici particule și în preajma maselor mari se petrec lucruri care depășesc capacitatea noastră de imaginație; acolo rațiunea umană limpede eșuează cu totul. Chiar dacă multe din procesele naturale – în cazul celor mai rapide, mai mari sau mai mici fenomene – nu încap în fantezia noastră, ele pot fi descrise cu exactitate în limbajul matematicii. Pentru aceasta avem nevoie de teoria relativității și a cuantelor.

Teoria relativității restrânse se preocupă, simplificând, de domeniul celor mai mari viteze și arată că spațiul, timpul și masa sunt relative, adică depind de obser-

CUM ARĂTA FIZICA ÎNAINTE DE EINSTEIN

Înainte de Einstein, un alt mare fizician stabilise imaginea fizică a lumii: Isaac Newton. Newton s-a născut în 1643, într-un mic sat englez. La 18 ani și-a început studiile la Universitatea Cambridge. Prin observații și experimente, a descoperit o serie de legi naturale, de exemplu legile mișcării și cele ale gravitației, exprimându-le prin formule matematice. Astfel a apărut așa-numita mecanică clasică, ce a reprezentat baza fizicii până la începutul secolului XX. Pentru Newton, timpul și spațiul erau mărimi absolute, care nu puteau fi modificate prin nici o influență exterioară. Imaginea sa asupra lumii corespundea prin urmare cu aceea oferită de „rațiunea omenească sănătoasă”. Abia Einstein a demonstrat că timpul și spațiul sunt mărimi relative, care depind de viteza și de punctul de observație. El a arătat că legile lui Newton sunt valabile doar în domeniul vitezelor și maselor foarte mici, așa cum le cunoaștem pe Pământ.

vator. Teoria relativității generalizată descrie, printre altele, influența maselor mari asupra spațiului și timpului, mai ales procesele care au loc în câmpuri gravitaționale mari.

De domeniul celor mai mici particule se ocupă, desigur, teoria cuantelor.

Ceasurile funcționează altfel în navele spațiale rapide?

Faptul că lumina se propagă cu aceeași viteză, indiferent de locul de unde o observăm, are, după cum am sugerat, urmări extraordinare. În teoria relativității restrânse, Einstein spune că ceasurile care se deplasează cu mare viteză pe lângă noi, care zboară îndepărtându-se sau apropiindu-se de noi, funcționează pentru noi, observatorii pământeni, mai lent

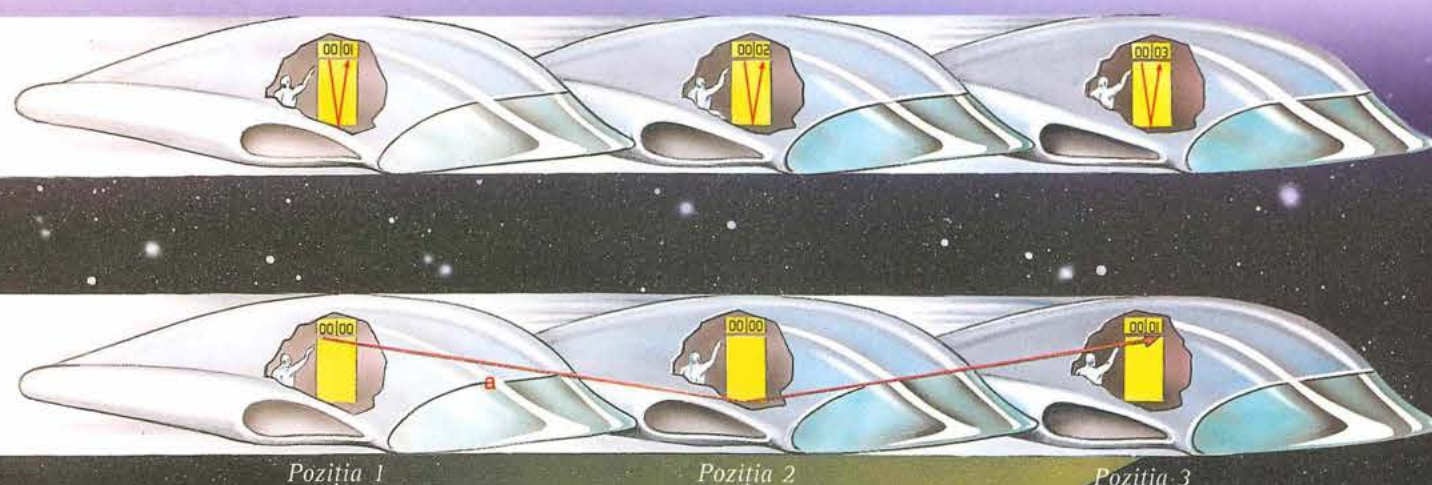
decât ceasuri identice constructiv aflate pe Pământ.

Să presupunem că o navă cosmică trece pe lângă noi cu 99,9% din viteza luminii: la noi se scurg circa 22 de secunde, în vreme ce secundarul de pe nava cosmică nu se deplasează decât cu o singură unitate. Ceasul din navă funcționează pentru observatorul pământean practic imobil, de 22 de ori mai lent decât ceasurile de pe Pământ.

Acest experiment nu poate fi încă realizat și probabil că nu va fi niciodată posibil, dar fenomenul descris, așa-numita dilatare a timpului, poate fi demonstrat. La mare înălțime, la circa 20 km deasupra capetelor noastre, iau naștere, sub influența radiațiilor cosmice, miunii – particule care au o viață atât de scurtă, încât după $1\frac{1}{2}$ milionimi de secundă, sau 1,5 microsecunde jumătate se dezintegrează. De

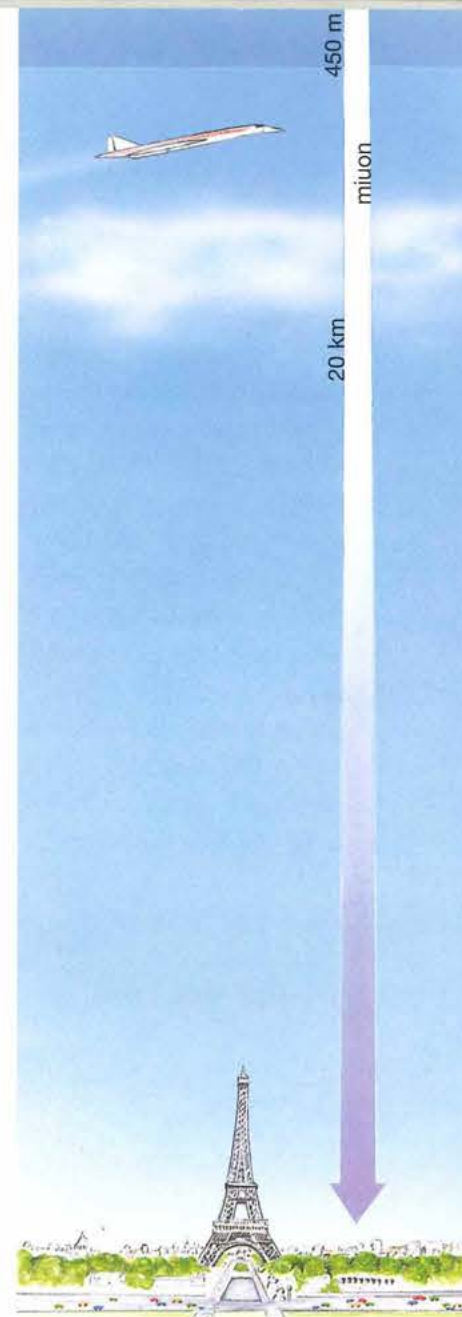
ALBERT EINSTEIN
a devenit nemuritor grație teoriei relativității elaborate de el. Premiul Nobel l-a primit însă în 1921 pentru o altă lucrare, la care se face referire în capitolul „Lumea celor mai mici particule”. El a demonstrat că energia luminoasă se transmite în mici pachete, care sunt denumite cuante. Lumina albastră, cu lungimea de undă (λ) mai scurtă, are cuante mai bogate în energie decât lumina roșie, cu λ mai lungă. Unii istorici sunt de părere că onorabilul comitet de decernare a Premiului Nobel nu s-a încumetat să-i acorde distincția lui Einstein pentru teoria relativității deoarece era de-a dreptul năucitoare pentru contemporanii săi.

OZN
În momentul de față ne aflăm încă departe de momentul când vom construi nave spațiale capabile să părăsească sistemul nostru solar și să transporte astronauți până la stele fixe îndepărtate. La viteza celor mai rapide sonde spațiale ale noastre, am ajunge la steaua cea mai apropiată de noi din Alfa Centauri în aproximativ 70 000 de ani. Teoretic însă este cât se poate de probabil ca undeva în Univers să existe astronauți din galaxii îndepărtate, care să navigheze aproape cu viteza sunetului și să ne viziteze cu OZN-uri (Obiecte Zburătoare Neidentificate). În cazul majorității aparițiilor de OZN-uri s-a demonstrat însă că este vorba de iluzii optice sau de simple trucuri fotografice. Până în momentul de față nu s-a putut descoperi vreun indiciu al vieții extrapământene.



Dilatarea timpului poate fi înțeleasă și fără ajutorul matematicii superioare. Un „ceas de lumină” funcționează astfel: un semnal luminos descrie un zigzag într-o încălț cu suprafețe interioare reflectorizante. De fiecare dată când ajunge în poziția superioară, un indicator înaintea cu o unitate. Acest ceas zboară cu o viteză colosală pe lângă noi. Pentru cineva aflat la bord, ceasul ar funcționa absolut normal. Raza luminoasă ar urca și coborî în ritm de „tic-tac”. Pentru un

observator de pe Pământ, lucrurile ar arăta însă cu totul altfel: dacă semnalul luminos pornește din poziția de sus, ceasul se află în poziția 1, când ajunge jos, în poziția 2. Cum viteza luminii este constantă, raza luminoasă are nevoie acum de un timp mult mai îndelungat pentru a ajunge de jos jos, căci trebuie să străbată porțiunea lungă „a”. Același lucru este valabil și pentru parcursul de jos în sus. Pentru observatorul de pe Pământ ceasul ar merge, prin urmare, în ritmul „tiiiic-taaac”, cu mult mai încet decât pentru cel de la bord.



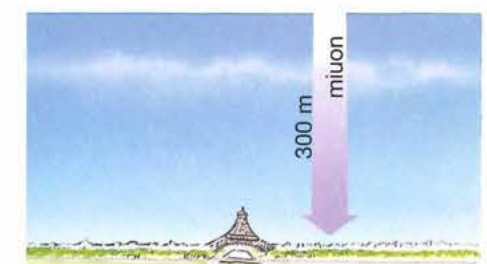
Miunii trăiesc aproximativ 1,5 microsecunde. Deoarece se formează la circa 20 km înălțime, în mod normal nu ar trebui să ajungă până la noi, ci ar trebui să se dezintegreze după ce parcurg 450 m. Și totuși ajung la sol, deoarece la noi trec 80 microsecunde, în vreme ce particulele nu îmbătrânesc decât cu 1,5 microsecunde. Simultan se micșorează spațiul pentru particulele ce gonesc ca fulgerul: distanța de 20 km le apare scurtată la doar 300 m.

fapt, chiar dacă se îndreaptă spre noi aproape cu viteza luminii, miunii nu ar trebui să ajungă pe sol, ci în mod normal ar trebui să se dezintegreze după circa 450 m. Și totuși, multe particule ajung pe Pământ. Cum este posibil?

Teoria relativității ne oferă un răspuns la această întrebare: deoarece particulele ating aproape

viteza luminii, „ceasurile” lor, din punctul nostru de vedere, merg mai încet. În vreme ce pentru ele se scurg 1,5 microsecunde, pe Pământ mai trec 80 microsecunde – iar în acest interval mult mai generos particulele pot să ajungă pe Pământ. Acest experiment este una dintre primele dovezi care susțin teoria lui Einstein, urmată apoi de multe altele.

Nu numai timpul, ci și spațiul se schimbă la deplasări extrem de rapide. Rapizii miuni descriși mai sus trăiesc pentru noi numai 80 microsecunde, deși viața lor nu durează decât 1,5 microsecunde. În acest scurt răstimp nu ar putea ajunge decât la 450 m, chiar dacă ar atinge viteza cea mai mare, cea a luminii.



Cum reușesc atunci, în scurta lor viață de particule, să străbată 20 km?

Aici ne ajută o altă afirmație importantă a teoriei relativității restrânse: obiectele care se deplasează extrem de repede pe lângă noi par mult mai scurte. Numim acest fenomen contracție longitudinală. De exemplu, dacă o navă

lungă de 100 m trece pe lângă noi cu 95% din viteza luminii, ea pare lungă de circa 33 m, adică scurtată la o treime din lungimea sa.

Pentru miuoni, aceasta înseamnă că, în timp ce se îndreaptă spre Pământ, atmosfera terestră zboară pe lângă ei aproape cu viteza luminii și li se pare cu mult mai scurtă. Înălțimea de 20 km se restrânge la circa 300 m, iar această distanță o pot străbate în scurta lor viață de particule, ajungând la Pământ. Prin urmare, spațiul și timpul nu sunt mărimi absolute, ci ele depind de observator.

Și pentru un astronaut care se apropie cu nava sa de viteza luminii spațiul s-ar micșora tot mai mult, ceea ce i-ar deschide per-

spectivă fantastice. În orice caz, ne putem întreba dacă aceasta va fi vreodată posibil, din punct de vedere tehnic. Oricum, să presupunem că astronautul se află într-o navă a cărei viteză crește cu câte 10 m/s în fiecare secundă, o accelerație pe care o poate suporta fără probleme. După 4 ani de prezență la bord – astronautul ar fi cu 4 ani mai bătrân – pe Pământ s-ar scurge 27 de ani, iar el ar ajunge între timp pe Vega, o stea aflată la 26 de ani-lumină de Pământ. Aceasta ar fi posibil deoarece acești 26 de ani-lumină i-ar părea cu mult mai scurți, la fel cum miuonilor li se pare mai scurtă calea spre Pământ. După 8,3 ani petrecuți la bord, pe Pământ ar

DISTANȚELE până la stele și galaxii se exprimă în ani-lumină. Lumina străbate într-un an 9,461 bilioane km. Această distanță o numim an-lumină. Cei mai apropiați aștri sau stele fixe se află la câțiva ani-lumină; galaxiile următoare sau sisteme de tipul Căii Lactee se află la milioane de ani-lumină distanță de noi. Lumina celor mai îndepărtate obiecte pe care le cunoaștem astăzi vine la noi chiar de la peste 10 miliarde de ani-lumină.

VITEZA SUPERIOARĂ VITEZEI LUMINII

Viteza luminii este viteza maximă a navelor spațiale sau a particulelor elementare, a semnalelor sau a oricărei forme de energie. Prin urmare un vehicul spațial nu va putea niciodată să depășească viteza luminii. Cu toate acestea, există cazuri de depășire a vitezei luminii. De exemplu, obiectele foarte îndepărtate din spațiul cosmic se distanțează de noi cu viteze superioare celei a luminii, în așa fel încât nu putem primi informații din acele locuri. Și în cuantică există cazuri de viteze mai mari decât aceea a luminii.

trece circa 2 000 de ani, iar nava spațială ar ajunge undeva în zona stelei Deneb, care se află la vreo 2 000 de ani-lumină de noi. Între timp, toți prietenii astronautului ar fi de mult morți, el însuși va fi fost de mult uitat. După 16 ani petrecuți la bord, prin urmare încă în timpul vieții astronautului, pe Pământ ar fi trecut 3 milioane de ani, iar el ar ajunge la Nebuloasa Andromeda, o altă galaxie, care se află la 3 milioane de ani-lumină pentru observatorul de pe Pământ. Pentru astronaut, în orice caz, distanța s-ar contracta atât de mult, încât el, din punctul său de vedere, nu ar zbura niciodată cu viteze mai mari decât cea a luminii, ceea ce este imposibil.

Pentru o particulă de lumină sau cuantă luminoasă, care circulă exact cu viteza luminii, spațiul se restrânge până la zero, iar timpul său se oprește în loc.

Un om ajunge în mod normal la

Voi putea să trăiești până în anul 4000?

vârsta de 70, uneori și până la 100 de ani. Este suficientă această scurtă perioadă pentru a acoperi mii de ani? Potrivit lui Einstein, da. Dacă un astronaut ar călători într-o navă ultrarapidă, cu 99,94% din viteza luminii, ar putea ca la întoarcerea sa pe Pământ să sărbătorească anul 4000. În cazul unei călătorii de circa 68 de ani, pe Pământ trec 2 000 de ani: astronautul ajuns

CĂLĂTORIE SPAȚIALĂ FANTASTICĂ

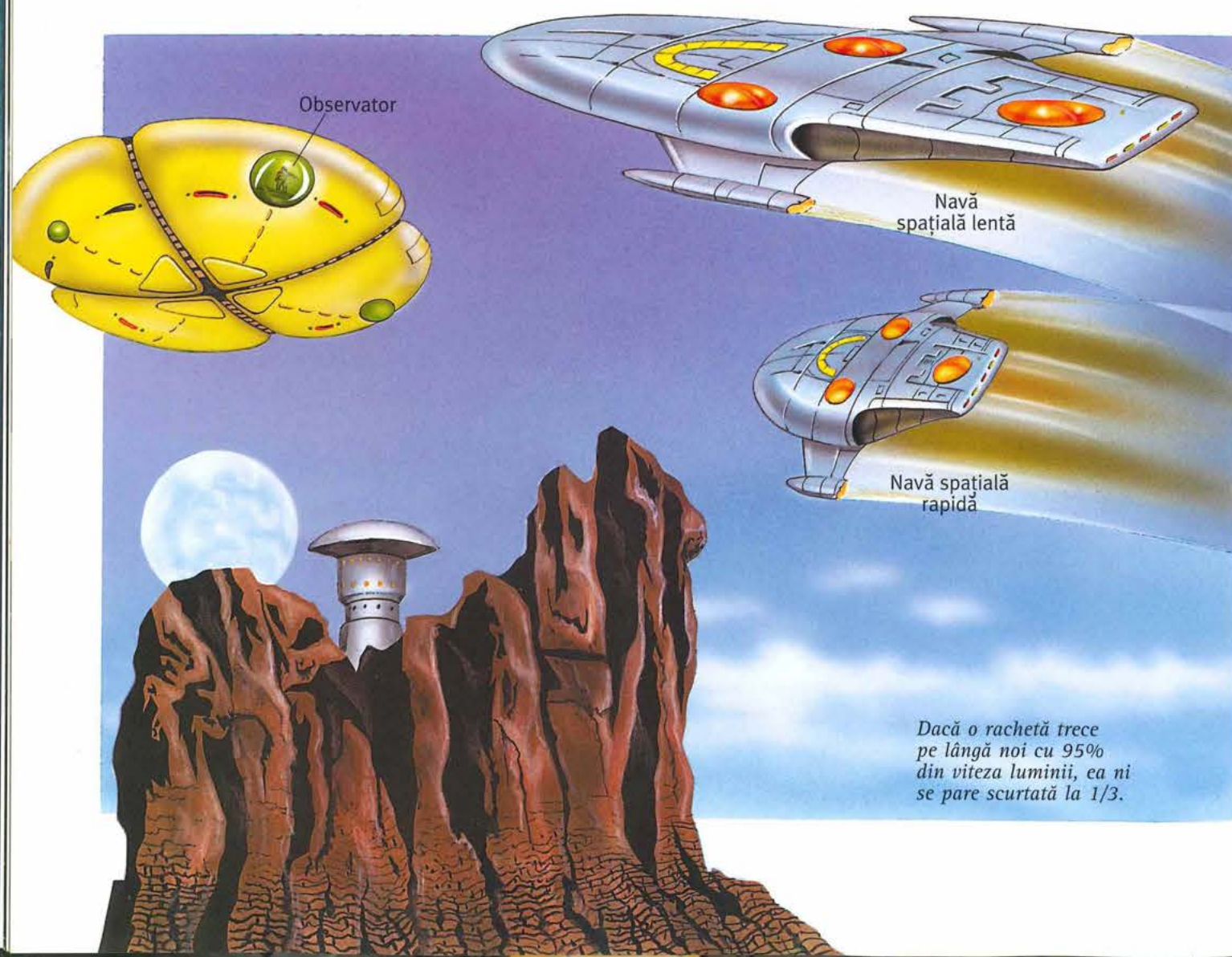
Timpul la bord	Timpul pe Pământ	Distanță de la Pământ	v/c	Rută de zbor
Ani	Ani	Ani-lumină		
1	1,18	0,54	0,76	
2	3,6	2,8	0,96	
4	27	26	0,9993	Vega
6	200	200	0,99999	
8,3	2 000	2 000		Deneb
10	11 000	11 000		
12	81 000	81 000		ieșirea din Calea Lactee
16	3 mil.	3 mil.		Nebuloasa Andromeda

1 an-lumină = 9,461 bilioane (milioane de milioane) km
v = viteza călătoriei, măsurată pe Pământ
c = viteza luminii

O navă spațială care se deplasează aproape cu viteza luminii ar putea să străbată în 16 ani cei circa 3 milioane de ani-lumină până la Andromeda. Văzută de pe Pământ, această călătorie ar dura 3 milioane de ani.

la circa 68 de ani s-ar întoarce acasă în jurul anului 4000. În cazul unei călătorii mai scurte și ceva mai lente, călătorul nostru ajuns la 40 de ani s-ar putea întoarce, să zicem, să-l salute pentru ultima oară pe fratele său geamăn, ajuns între timp un unchiuș de 90 de ani.

Această afirmație a lui Einstein a tulburat multă vreme conștiința omenească. Astăzi o putem demonstra ușor, și tot cu ajutorul miuonilor. Dacă aceștia se deplasează cu 99,94% din viteza luminii, un miuon are o durată de viață de 44 microsecunde pentru cineva din afară, deși particulele nu trăiesc decât 1,5 microsecunde. Prin urmare, viața lor ni se pare extinsă. La fel i se par 2 000 de ani unui observator de pe Pământ cei 68 de ani petrecuți în spațiu de astronautul descris mai sus.





Un tânăr
întreprinde o
călătorie
spațială într-o
navă care zboară
cu 99,94% din
viteza luminii.
Când se întoarce
pe Pământ, în
vârsta de 68 de ani,
aici s-au scurs între
timp 2.000 de ani.
Ne aflăm în
anul 4000.

PARADOXUL GEMENILOR
Fizicienii au fost multă
vreme puși la grea încercare
de așa-numitul paradox al
gemenilor. Potrivit lui Einstein,
un astronaut care călătorește în
spațiu aproape cu viteza luminii
îmbătrânește mai încet decât
fratele său geamăn, rămas pe
Pământ. De ce? Astronautul ar
putea să spună că, din punctul
său de vedere, geamănul rămas
pe Pământ se deplasează în
spațiu aproape cu viteza luminii,
și de aceea ar trebui să
îmbătrânească mai încet. Cei doi
nu sunt de fapt în aceeași
situație: fratele geamăn se
deplasează cu Pământul cu o
viteză aproape uniformă, în
vreme ce astronautul se află în
plină accelerație, după care
frânează, pentru a se putea
întoarce, accelerând apoi din
nou. Formulele lui Einstein
demonstrează că ceasul
astronauților aflați în
accelerație se mișcă mai
lent decât al cetățeanului
pământean aflat în mișcare
cu viteză constantă sau în
repaus, care cu alte cuvinte
se află într-un așa-numit
sistem inerțial (sistem de
referință în repaus sau în
mișcare uniformă).



DUPĂ 20 DE ANI DE CĂLĂTORIE ÎNTR-UN SPACIU ÎNDEPARTAT, NAVA SE ÎNTOARCE PE PĂMÂNT.



Un astronaut își ia rămas-bun de la fratele lui geamăn de 20 de ani, pentru a călători spre o stea îndepărtată. După 20 de ani petrecuți la bordul navei se întoarce acasă; între timp a împlinit 40 de ani, dar fratele său geamăn are 90 de ani.

Din viața noastră de zi cu zi știm că orice obiect care se mișcă posedă o anumită energie de deplasare. Aceasta este cu atât mai mare, cu cât cresc masa și viteza sa. Un automobil cu 1 000 kg masă, care se deplasează cu 100 km/h, de exemplu, are mai multă energie de deplasare decât o pasăre cu 20 g masă și viteză de 20 km/h. Când se mărește energia de deplasare a automobilului, adică se apasă accelerația, îi crește viteza. În ceea ce privește masa automobilului, nu constatăm nici o modificare măsurabilă: indiferent dacă circulăm cu 100, 200 sau 300 km/h, masa cântărită rămâne de 1 000 kg.

Dar ce s-ar întâmpla dacă o navă spațială călătorește deja aproape cu viteza luminii și i se imprimă tot mai multă energie de deplasare, prin acționarea în continuare a motoarelor navei? Viteza nu mai poate crește, căci nava spațială aproape a atins cea mai mare viteză posibilă, aceea a luminii. Prin urmare, a tras Einstein concluzia, trebuie ca masa navei spațiale să crească! Faptul este real: oamenii de știință de la DESY și CERN – instituții ce dețin instalații de mari dimensiuni pentru accelerarea particulelor – constată de milioane de ori zilnic asemenea creșteri de masă, atunci când accelerează mici particule aproape până la viteza luminii. Dar să ne întoarcem la nava noastră: potrivit formulei lui Einstein, dacă în repaus are masa de



O navă spațială are 70 de m lungime și o masă de 1 000 t. Dacă trece pe lângă noi la o viteză de circa 99% din viteza luminii, atunci va avea pentru noi o masă de 7100 t, va părea lungă de 10 m, iar ceasurile de la bord vor funcționa de 7 ori mai lent decât ale noastre. Toate aceste cifre au fost rotunjite prin adăugare ori scădere.

1 t, la 80% din viteza luminii nava va avea o masă de 1,7 t. La 99% din viteza luminii 7,1 t, iar la 99,999% 224 t. Acesta și este motivul pentru care o navă spațială nu poate atinge viteza luminii. Dacă ne apropiem de această graniță magică, masa devine practic nemăsurat de mare și ar fi nevoie de

motoare nemăsurat de puternice pentru a accelera și mai mult nava.

Constatăm prin urmare că și masa unui obiect este relativă și dependentă de observator. O navă spațială care pentru pasagerii ei are o masă de 1 000 t, pentru noi are 7 100 t, atunci când trece pe lângă noi cu circa 99% din viteza

v(% din c)	m (g)
0	1
80	1,7
99	7,1
99,9	22,4
99,999	224
100	infinită

luminii. Un măr mare ar avea pentru noi o masă de 50 kg, dacă ar zbura cu 99,999% din viteza luminii.

Bineînțeles, nimeni nu poate accelera un măr la o astfel de viteză. De aceea nici nu avem ocazia să constatăm o asemenea creștere de masă în experiența noastră obișnuită. Noi ne situăm într-un domeniu de viteze atât de mici, încât schimbările de masă nu pot fi măsurate. Numai în cazul particulelor extrem de mici, particulele elementare, le putem determina. De exemplu, în cadrul Universității din Zürich, electronii au fost accelerați până la exact 99% din viteza luminii și deturnați de la traiectoria lor cu ajutorul câmpurilor electrice și magnetice. Din traiectoria electronilor s-a putut determina masa lor. După cum calculase Einstein, masa lor era de circa șapte ori mai mare decât a electronilor în repaus. La DESY, institut de cercetare din apropierea Hamburgului, astăzi este o operațiune de rutină să sporești masa particulelor elementare chiar și de mai multe mii de ori.

Dacă cedăm energie unei particule extrem de rapide, facem să crească masa. Prin urmare, după cum a concluzionat Einstein, masa nu este decât o formă de energie. Așa cum am văzut, energia de propulsie a unei nave ultrarapide se poate transforma în masă, la fel cum putem transforma energia electrică în căldură, de exemplu. Einstein a mers mai departe cu raționamentul, și a afirmat că și reciproca este valabilă: și din

Se poate obține energie din materie?

masă se poate obține energie. Tocmai aceasta este cea mai cunoscută și faimoasă formulă din întreaga fizică:

$$E = mc^2$$

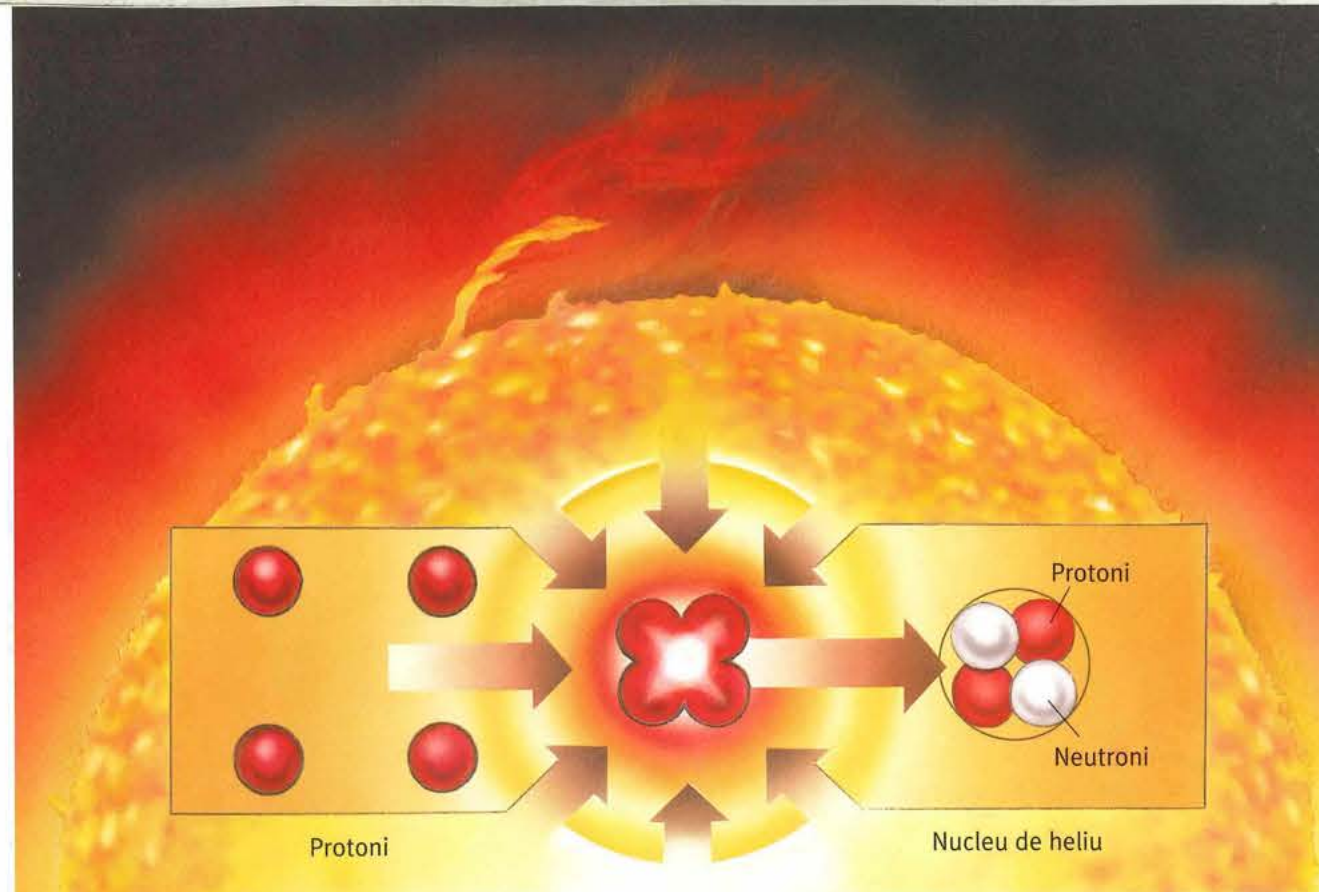
O masă **m** poate fi transformată în uriașă energie, **E**, dacă o multiplicăm cu pătratul vitezei luminii **c**.

Atât Soarele, cât și bomba atomică eliberează cantități uriașe de energie, transformând masa în energie.



HIROSHIMA

Lansarea a două bombe asupra orașelor japoneze Hiroshima și Nagasaki în anul 1945 se numără printre cele mai înfricoșătoare evenimente din istoria omenirii. În cazul bombei atomice, masa se transformă în energie, potrivit formulei lui Einstein $E = mc^2$. O singură asemenea bombă a fost suficientă pentru a distruge în întregime marele oraș japonez Hiroshima și să ucidă zeci de mii de oameni. Pentru aceasta, un singur gram de masă s-a transformat în energie. Ceasul de mai sus a rămas încremenit la ora atacului: era ora 8.15, în ziua de 6 august 1945.



Din patru nuclee (protoni) de hidrogen ia naștere în Soare un nucleu de heliu, parcurgându-se câteva etape intermediare. Acesta are ceva mai puțină masă decât cele patru elemente constitutive ale sale. Prin urmare se pierde masă, care este transformată în energie.

Cum obține Soarele energia sa?

În interiorul Soarelui există condiții de neimaginat pentru noi. La 15 milioane de grade și la o presiune de 200 de miliarde de atmosfere, nuclee de hidrogen se transformă, foarte simplu exprimat, în nuclee de heliu. Din câte patru nuclee de hidrogen ia naștere, după trecerea prin câteva etape intermediare, un nucleu de heliu. Acesta are o masă ceva mai mică decât cele patru elemente constitutive ale sale. Prin urmare are loc o pierdere de masă, care se transformă în energie, potrivit formulei lui Einstein. Acest proces este numit fuziune termonucleară. Soarele consumă în fiecare secundă 564 milioane de tone de hidrogen, din care apar 560 milioane de

tone de heliu. Restul de 4 milioane de tone, adică numai 0,7% din hidrogen, se transformă în energie, radiată sub formă de lumină și căldură. În pofida consumului imens de hidrogen, Soarele nostru poate străluci vreme de 10 miliarde de ani, din care au trecut deja circa 5 miliarde. Prin urmare, se află chiar la mijlocul vieții sale.

Ce legătură există între Einstein și bomba atomică?

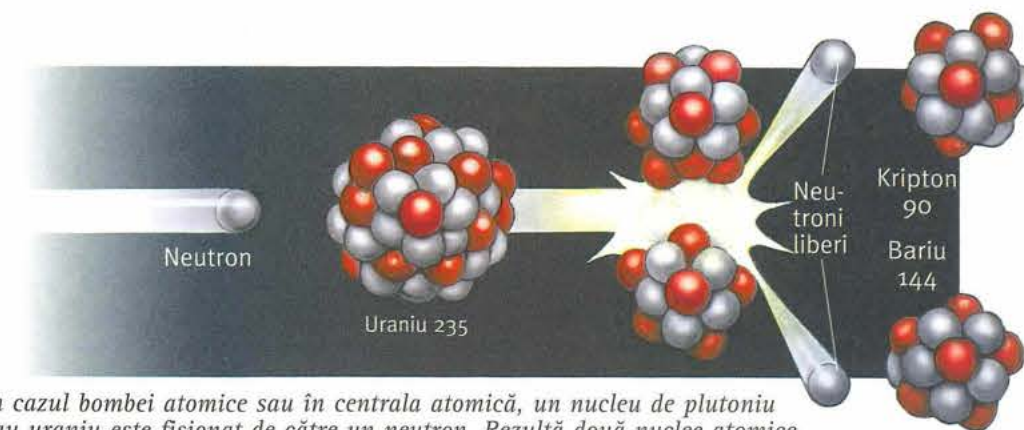
Și în bomba atomică și în reactorul nuclear se transformă masa în energie. Pentru aceasta, de exemplu, un nucleu de uraniu este lovit de o particulă, de un neutron. Nucleul de uraniu este fisionat în două nuclee atomice de greutate medie, luând naștere și

FUZIUNE NUCLEARĂ

Toate stelele produc energie la fel ca Soarele, prin transformări nucleare. Prin fuziune nucleară, din nuclee atomice mici se formează altele mai mari, proces în care se pierde masă. În stelele mai mari apar în acest mod și nuclee de carbon, oxigen și fier. Aceste elemente grele, care imediat după formarea Universului nu existau încă, sunt eliberate la moartea stelelor și pot da naștere apoi unor planete asemănătoare Pământului. În prezent se încearcă imitarea surselor de energie ale Soarelui, pentru a construi centrale de fuziune nucleară.

CENTRALE NUCLEARE

Și în centralele nucleare de astăzi se transformă masa în energie. Dintr-un kilogram de combustibil nuclear uraniu 235 rezultă o cantitate de energie pentru obținerea căreia ar fi necesare 67 vagoane-cisternă cu câte 30 t de păcură. Energia nucleară a părut vreme de mai mulți ani soluția tuturor problemelor energetice. Din fisiunea nucleară se obțin nuclee atomice mai mici, puternic radioactive și extrem de periculoase. Depozitarea în condiții de siguranță a acestui „gunoi nuclear” ridică dificultăți deosebit de mari.



În cazul bombei atomice sau în centrala atomică, un nucleu de plutoniu sau uraniu este fisionat de către un neutron. Rezultă două nuclee atomice mai mici și noi neutroni, care la rândul lor pot fisiona alte nuclee.

câțiva neutroni noi, care pot lovi nuclee de uraniu și să le fisioneze. Nucleele nou-rezultate și particulele trebuie să aibă masă mai mică decât nucleul inițial și neutronul care îl lovește. La fel ca în centrul Soarelui, se pierde masă, dar de această dată prin fisiune nucleară. Masa care se pierde se transformă, potrivit formulei lui Ein-

stein $E = mc^2$, în uriașe cantități de energie. În cazul bombei atomice, procesul se petrece exploziv, multe nuclee sunt fisionate simultan, în cadrul unei așa-numite reacții în lanț.

Într-o centrală atomică, procesul este controlat: nu sunt fisionate decât atâtea nuclee pe unitatea de timp cât sunt necesare pentru o producție constantă de energie.

În cazul bombei atomice, dar și al centralei nucleare, masa este transformată în energie. Imaginea prezintă un test cu bombă atomică al Statelor Unite pe Insulele Marshall, din anul 1952. Explozia produce o ciupercă atomică, în centrul căreia există presiuni și temperaturi extrem de ridicate.



Ce i s-ar întâmpla unui călător spațial în apropierea unei găuri negre?

Până în momentul de față ne-am ocupat mai ales de teoria relativității restrânse, adică am neglijat masele mari, câmpurile gravitaționale și accelerațiile. La fel de palpitantă, dar din păcate cu mult mai dificilă, este teoria relativității generalizate. Una dintre afirmațiile ei esențiale este că ceasurile funcționează mai încet în câmpuri gravitaționale mari și mai repede în cele mici. Cu ceasurile ultraprecise de astăzi, acest lucru este ușor de dovedit. La bordul unor avioane, la 10 km înălțime, ceasurile funcționează vizibil mai repede decât ceasuri identice constructiv de la sol, unde gravitația este ceva mai mare decât sus, în avion. Aceste variații sunt însă extrem de mici.

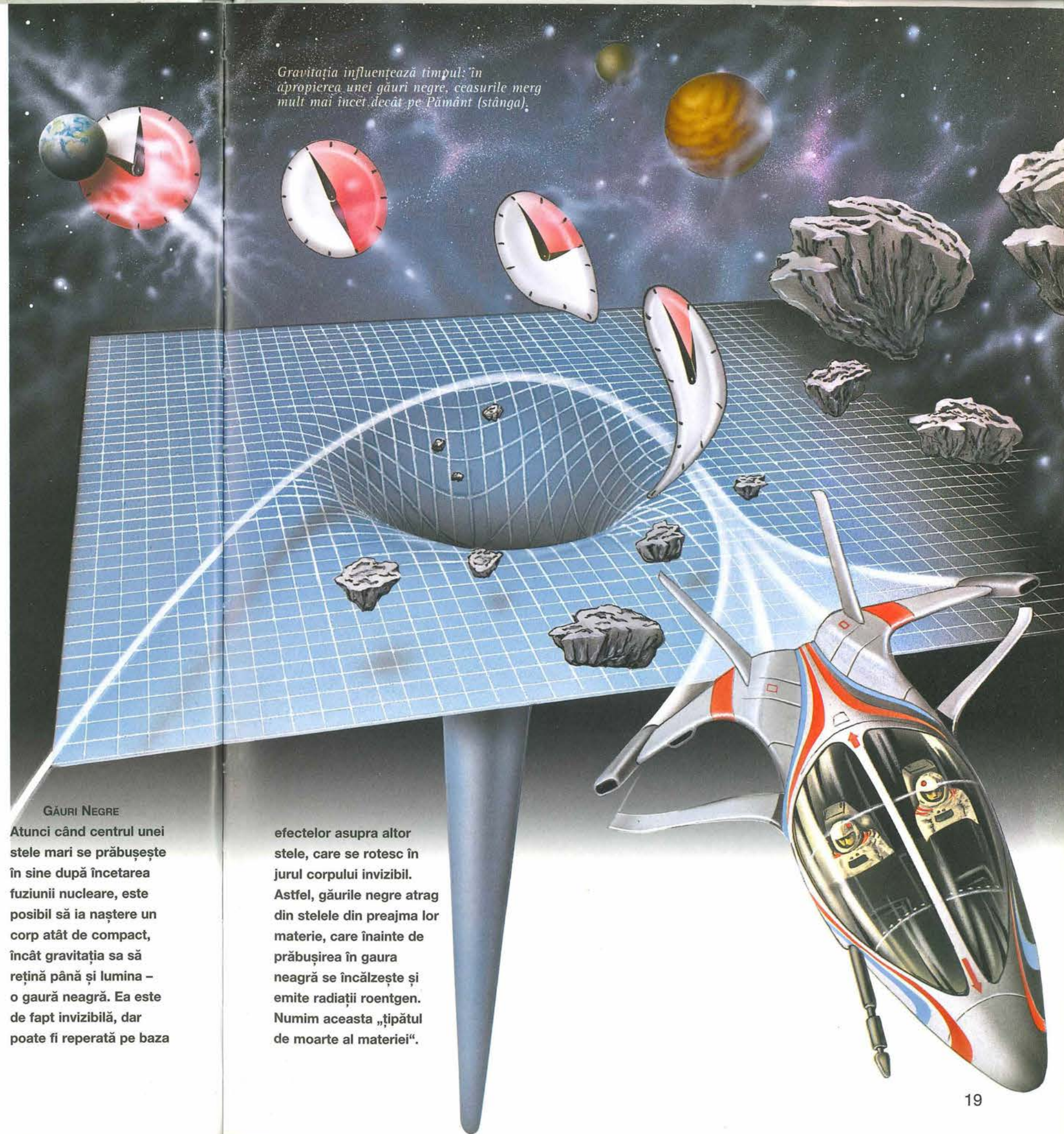
Ceasurile dintr-un avion sau de pe un nivelul mării. În avioane rapide sau în orice caz corectat puțin, deoarece și

Acest lucru capătă valoare de sugestie dacă ne vom imagina un astronaut gravitând în jurul unei aglomerări extrem de dense de materie, o gaură neagră, al cărei câmp gravitațional este neînchipuit de mare, ceea ce încetinește foarte mult ceasurile din zonă. Văzută de pe Pământ, viața astronautului ar decurge cât se poate de încet. Medicii de la NASA, care i-ar controla prin radio funcțiile vitale, ar stabili o bătaie a inimii astronautului la fiecare 20 de minute. Reciproc, pentru călătorul nostru ceasurile de pe Pământ ar goni nebunește. La fiecare 90 de secunde ar apărea un nou cotidian, de cinci ori pe săptămână ar fi ales un nou parlament. După patru săptămâni la bord, toți prietenii astronautului ar fi deja decedați. În vreme ce pe Pământ s-au scurs între timp 80 de ani, el nu ar îmbătrâni decât cu o lună.

vârf înalt merg mai repede decât la rachete, rezultatul trebuie în viteză influențează timpul.



Gravitația influențează timpul: în apropierea unei găuri negre, ceasurile merg mult mai încet decât pe Pământ (stânga).

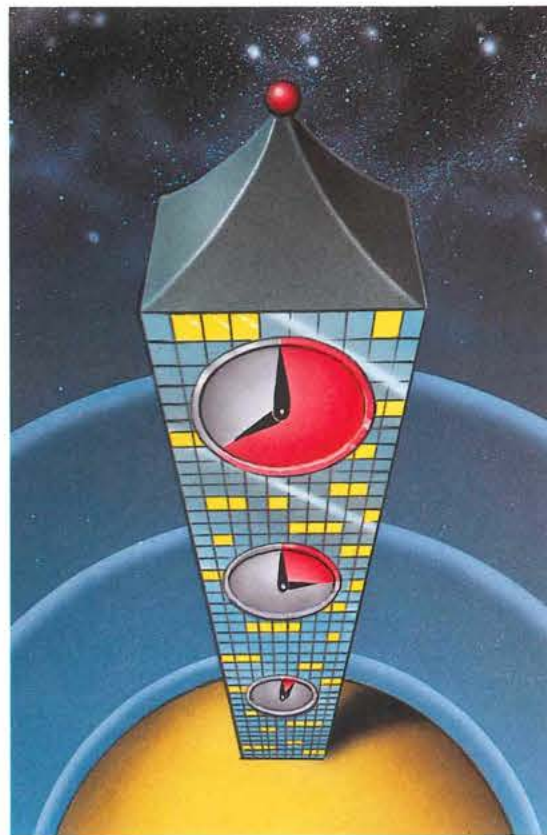


GĂURI NEGRE

Atunci când centrul unei stele mari se prăbușește în sine după încetarea fuziunii nucleare, este posibil să ia naștere un corp atât de compact, încât gravitația sa să rețină până și lumina – o gaură neagră. Ea este de fapt invizibilă, dar poate fi reperată pe baza

efectelor asupra altor stele, care se rotesc în jurul corpului invizibil. Astfel, găurile negre atrag din stelele din preajma lor materie, care înainte de prăbușirea în gaura neagră se încălzește și emite radiații roentgen. Numim aceasta „țipătul de moarte al materiei“.

Dacă am putea trăi pe un corp ceresc cu gravitație extrem de ridicată, de exemplu pe o stea neutronică, atunci o zi de lucru ar decurge cu totul altfel decât la noi, pe Pământ: am urca dimineața în biroul nostru de la etajul 30 al unui bloc și acolo ne-am petrece ziua de muncă de 8 ore la o gravitație scăzută. Apoi am coborî și am stabili că jos, la gravitație mare, nu a trecut decât o oră. Prin urmare, munca începe la 9 și se termină la 10! În orice caz, cele 8 ore de sus sunt cu adevărat trăite ca 8 ore. Prin urmare, viața noastră nu devine astfel mai lungă: din punctul nostru de vedere, noi nu putem să ajungem decât tot până la 80 sau 90 de ani, chiar dacă pentru observatorul dintr-un alt sistem de referință viața noastră poate să pară de 10 secunde sau 10 000 de ani.



Pe o stea neutronică, ceasurile de la mare înălțime ar funcționa mult mai repede decât cele de la suprafață. La etajul 30 al unui bloc ar trece 8 ore, în vreme ce jos nu s-ar scurge decât o oră. Desigur, acest scenariu nu este decât o plăsmuire a minții.

STELELE NEUTRONICE

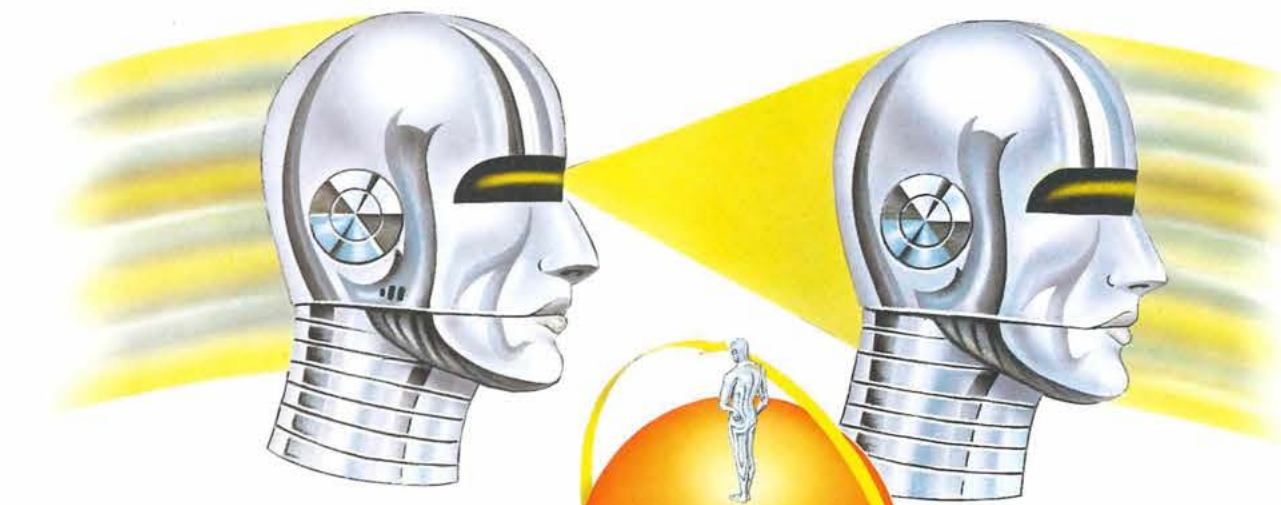
Se nasc la fel ca și găurile negre, atunci când nucleul unei stele masive se prăbușește în sine. În acest caz apare o bilă de mici dimensiuni, care încă mai poate emite lumină. Diametrul unei asemenea stele neutronice este de doar circa 20 km, masa ei de circa 1,5 mase solare. O linguriță de masă stelară neutronică ar cântări astfel peste 100 de milioane de tone. Stelele neutronice sunt formate aproape numai din neutroni și sunt ușor de observat: multe dintre ele emit fulgere de radiații, care mătură Pământul aidoma razei de lumină a unui far.

Masele mari deformează spațiul și încetinesc timpul. Datorită curbării spațiului, planetele și sateliții rămân pe orbitele lor.

Spațiul este curbat

Planetă

Luna



Pe o stea neutronică, datorită curbării razei de lumină, ar fi posibil să ne vedem partea posterioară a capului.

În afara încetirii timpului mai există în câmpurile gravitaționale intense și un alt efect uimitor: ele curbează spațiul. Pe o stea neutronică este posibil să-ți vezi partea posterioară a capului, deoarece raza de lumină plecând de la ceafă va da ocol stelei. Einstein a afirmat că acest efect se va putea ușor demonstra cu prilejul unui eveniment natural rar, și anume o eclipsă totală de Soare. În momentul întunecării totale, când Luna acoperă în întregime Soarele, stelele vor fi vizibile.

LENȚILELE

GRAVITAȚIONALE

sunt stele sau galaxii întinse, cu mase mari, care deviază lumina altor corpuri cerești aidoma unor lentile. Dacă razele de lumină ale unei stele îndepărtate ajung la o asemenea masă de mari dimensiuni, ele sunt deviate, ocolind masa. O rază a stelei va fi abătută spre stânga, alta spre dreapta, de exemplu. Pentru noi, pe Pământ, e ca și cum cele două raze ar veni din direcții diferite: vedem o imagine dublă a stelei. În același mod iau naștere imaginile cvadruple și inelele luminoase. Astronomilor le este adesea greu să decidă dacă imaginile respective provin de la aceeași stea sau de la corpuri cerești diferite.

Dovada curburii spațiului: razele de lumină ale unei stele sunt deviate de Soare.

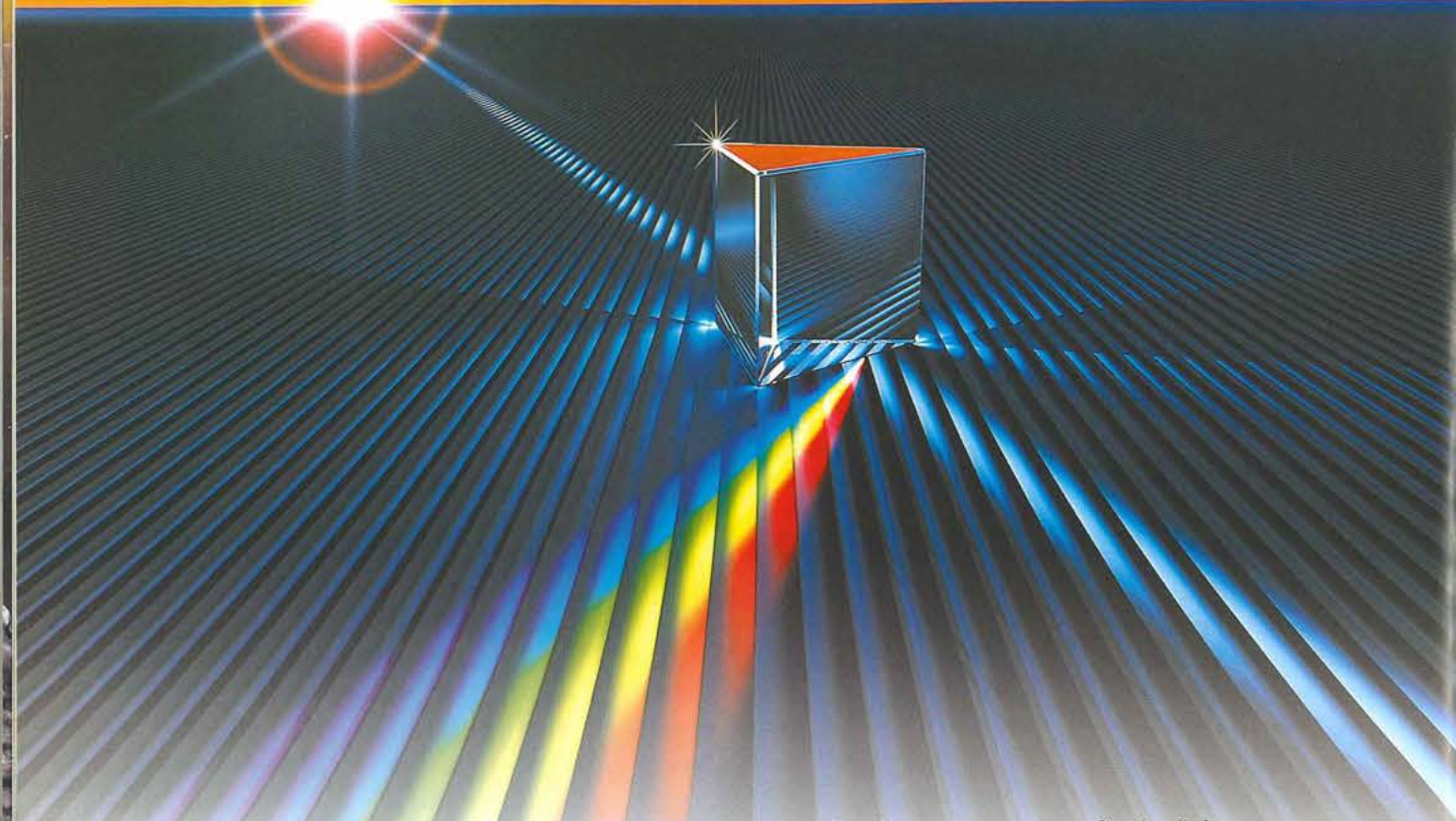


Razele luminoase ale stelelor aflate în apropierea Soarelui ar fi trebuit să fie deviate datorită câmpului gravitațional al Soarelui, în cazul în care Einstein avea dreptate. Prin urmare, ar fi trebuit să descoperim aceste stele într-alte locuri decât cele cunoscute pe cerul nopții. Exact acest fenomen s-a petrecut cu prilejul eclipsei de Soare din 1999, pe care am putut să o urmărim și în România, devierea fiind exact așa cum a fost prevăzută de Einstein.

La o eclipsă totală de Soare, se văd stelele de lângă Soarele acoperit de Lună. Dar ele strălucesc într-o poziție puțin schimbată față de locul lor, deoarece lumina lor este deviată de câmpul gravitațional al Soarelui. Teoretic, s-ar putea vedea o stea ascunsă în spatele discului solar.



Lumea celor mai mici particule



Din ce se compune lumina?

Lumina, împreună cu undele radio, radiațiile infraroșii, ultraviolete și roentgen, aparține mării familii a undelor electromagnetice.

Undele electromagnetice se deosebesc între ele prin lungimea de undă, λ . Radiațiile ultraviolete și roentgen au lungimea de undă mai mică decât cea a luminii vizibile, în timp ce radiațiile infraroșii au lungimea de undă mai mare.

Pentru noi, oamenii, numai o mică parte a radiațiilor electromagnetice este vizibilă – lumina. Radiația infraroșie invizibilă o percepem sub formă de căldură, iar alte unde, de exemplu cele ultraviolete și roentgen, nu sunt percepute.

Multe teste arată că undele luminoase, spre deosebire de undele acustice și sonore, se pot transmite și în mediul vid.

Până la începutul secolului XX, oamenii de știință considerau că, o dată cu înțelegerea tabloului undelor, lumina și proprietățile ei nu le vor mai pune nici un fel de problemă. Dar, după aceea, marii fizicieni Planck și Einstein au arătat încă o dată că în domeniul celor mai rapide și mai mici elementele imaginația noastră nu face față, iar natura se comportă cu totul altfel decât ar fi de așteptat. Ei au descoperit, de fapt, că energia unei unde electromagnetice se transmite întotdeauna sub forma unor mici pachete bine definite, sau cuante, care astăzi sunt denumite fotoni

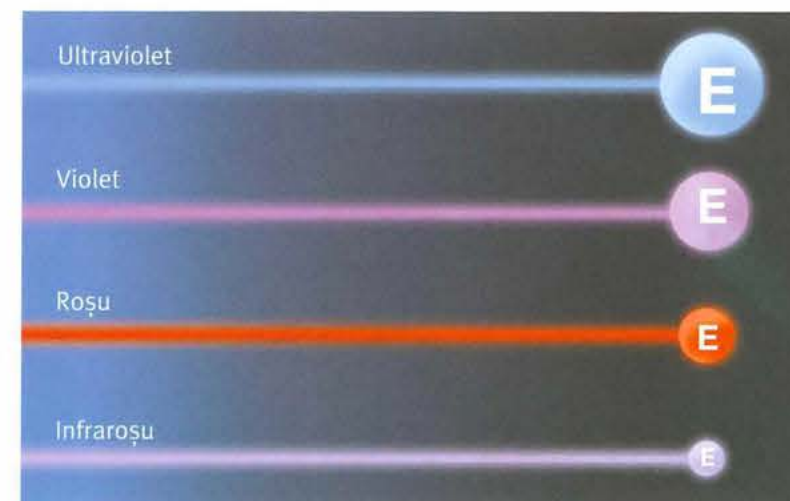
O prismă descompune lumina albă a Soarelui în culorile curcubeului: roșu, portocaliu, galben, verde, albastru, indigo și violet.

PARTICULE SAU UNDE?
Putem considera lumina ca undă sau ca particule – cu ambele modele se pot explica anumite caracteristici ale luminii. Acest comportament poartă denumirea de „dualism”. Între timp s-a descoperit că el apare nu numai în cazul luminii, ci la toate particulele infime: electronii și chiar și atomii se comportă în anumite condiții nu ca particule, ci ca niște unde.



MAX PLANCK (1858-1947) este unul dintre cei mai importanți întemeietori ai fizicii moderne. Lui i se datorează teoria cuantelor, care descrie comportamentul celor mai mici particule. Planck a demonstrat că atomii nu pot recepționa sau emite energie radiată decât în anumite pachete sau cuante. În 1918 i s-a decernat Premiul Nobel pentru Fizică. Societatea de promovare a științei din Germania a primit numele său.

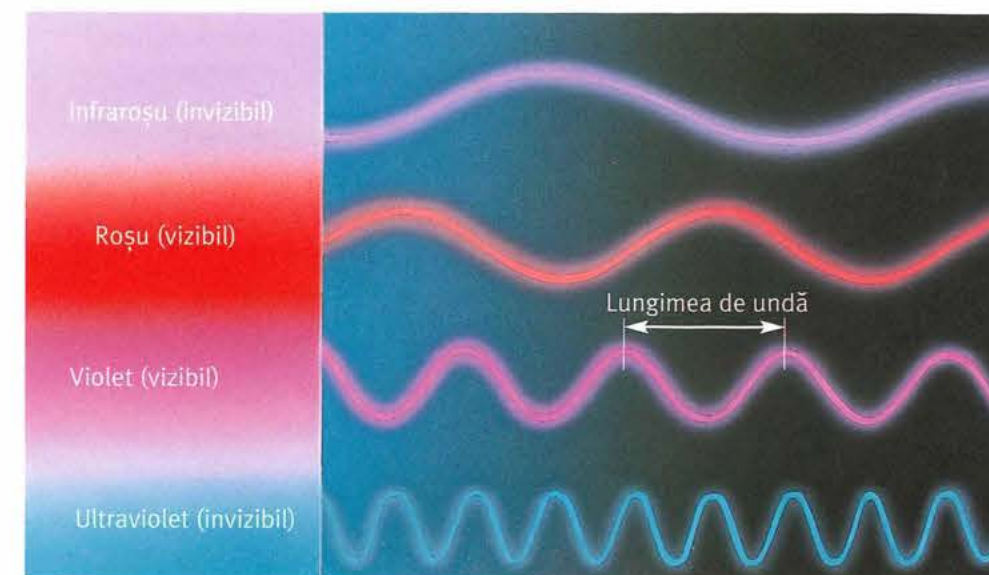
Particulele luminoase sau fotonii luminii ultraviolete sunt mai încărcate cu energie decât ai celei violete. Lungimea de undă a luminii este invers proporțională cu energia fotonilor săi.



sau particule luminoase. Pe scurt, lumina poate să se comporte ca o undă, dar și ca un flux de particule, funcție de tipul de experiment căruia îi este supusă.

Energia unei particule este cu atât mai mare, cu cât este mai mică lungimea de undă a luminii.

putând, de exemplu, să pătrundă adânc în corpul omenesc, fapt de care se servesc medicii în cazul fracturilor osoase, după cum știm. Particulele luminoase sau fotonii nu au o masă (mai exact masă de repaus) ca atomii și electronii și se deplasează pe toată durata vieții



Undele electromagnetice au lungimi de undă diferite. Lumina roșie are λ mai mare decât cea violetă. Mai mare este λ a radiației infraroșii (pe care o percepem ca radiație termică). Radiațiile ultraviolete, roentgen și gama au λ mai scurtă decât cele din spectrul vizibil.

Lumina albastră are lungimea de undă mai scurtă decât cea roșie: fotonii luminii albastre transmit mai multă energie decât cei roșii. Radiațiile roentgen au λ și mai scurtă. Fotonii și radiațiile roentgen au de aceea o energie foarte mare, ele

lor cu viteza luminii. E dificil să ne închipuim că anumite particule nu au masă, în schimb sunt purtătoare de energie, și că lumina se comportă o dată ca undă și altă dată flux de particule. Dar aceasta este tipic pentru fizica modernă: putem calcula procesele din domeniul atomic matematic (există o formulă cu ajutorul căreia se poate calcula energia particulelor luminoase din lungimea lor de undă), dar nu putem să ni le imaginăm. Căci creierul nostru nu a fost prevăzut pentru a percepe atomii și universul, ci pentru a procura hrană, pentru a regăsi peștera sau pentru a recunoaște leul – adică pentru a prelucra informații despre lucruri care au dimensiuni de 1 cm, 1 m sau 1 km și nu circulă mai repede de 100 km/h.

Ce este un atom?

Întreaga materie este constituită din elemente chimice fundamentale, de exemplu oxigen, sulf și fier. Fiecare element este alcătuit din mici particule, atomii. Cea mai mică particulă de fier este atomul de fier, cea mai mică particulă de sulf este atomul de sulf. Fierul pur nu conține decât atomi de fier, sulful pur doar atomi de sulf. Atomii au mase diferite. Cel mai ușor este atomul de hidrogen, atomii de fier sunt mult mai grei, iar cei de uraniu și mai grei (sau cu masă mai mare). Atom înseamnă de fapt „indivizibil” – tradus din limba greacă.

Astăzi știm că atomul este format din componente și mai mici. Dacă distrugem un atom de fier, caracteristicile tipice ale fierului se pierd, fragmentele nu mai reprezintă fierul! În multe cărți de chimie găsim următoarea definiție a atomului: „Un atom este cel mai mic factor constitutiv al unui element chimic, care nu mai poate fi divizat

fără a pierde proprietățile tipice ale acelui element.” În comparație cu toate obiectele din viața noastră de zi cu zi, atomii sunt extraordinar de mici, diametrul lor reprezentând circa $\frac{1}{100\,000\,000}$ cm sau 10^{-8} cm. Cât de puțin înseamnă asta ne arată următorul exemplu: pe Pământ trăiesc circa 5 miliarde de oameni. Dacă ne închipuim că fiecare om reprezintă un atom și formăm din acești atomi un lanț, acesta va măsura exact 50 cm.

Atomii se pot uni în particule mai

Ce este o moleculă?

mari, așa-numitele molecule. Doi atomi de oxigen formează o moleculă de oxigen, doi

atomi de hidrogen o moleculă de hidrogen. Cele mai multe elemente gazoase sunt alcătuite din asemenea grupe de câte doi atomi.

Dar în natură se întâmplă foarte des ca în molecule să se unească atomi diferiți. Un exemplu cât se poate de cunoscut este molecula de apă, formată dintr-un atom de

PUTERI ZECIMALE

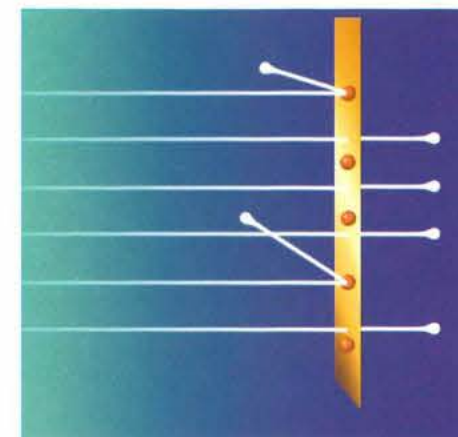
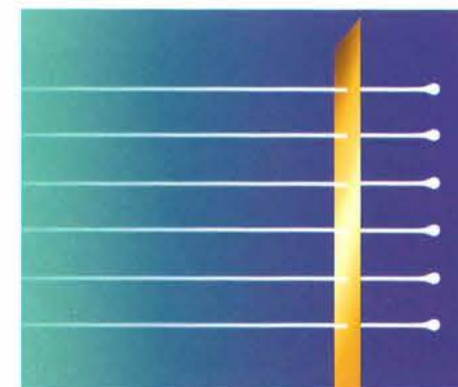
Astronomii utilizează adesea numere foarte mari, iar fizicienii atomiști unele extrem de mici. Pentru a le putea reprezenta mai bine se utilizează așa-numitele puteri zecimale. Un 1 urmat de 3 zerouri, adică cifra 1 000, este scris sub forma 10^3 (zece la puterea a treia), un 1 urmat de 6 zerouri, adică un milion, sub forma 10^6 , iar 1 urmat de 9 zerouri, adică 1 000 000 000 sau 1 miliard, sub forma 10^9 . Numerele foarte mici sunt reprezentate asemănător: $1/1\,000$ este 10^{-3} (zece la puterea minus trei), $1/1\,000\,000$ este 10^{-6} . Sistemul nostru galactic, Calea Lactee, are 200 de miliarde sau 2×10^{11} stele.

Apa este formată din elementele hidrogen și oxigen. Cea mai mică particulă a ei este molecula de apă. Aceasta conține doi atomi de hidrogen și un atom de oxigen.



Fizicianul britanic Ernest Rutherford a descoperit nucleeele atomice.

MOLECULELE pot conține de la doi până la milioane de atomi. Cele foarte mari sunt numite macromolecule. Molecule există și în Univers. În marii nori de gaze și praf, din care se formează stelele și planetele, se găsesc multe molecule mari. Acestea sunt piesele esențiale ale vieții, deoarece din ele se pot forma în condiții favorabile molecule uriașe, așa cum sunt proteinele. Oricum, moleculele nu pot supraviețui decât la temperaturi relativ scăzute, iar radiațiile puternice le distrug. Acest fapt limitează foarte mult posibilitatea existenței unor planete locuite.



Bombardarea unei folii de aur cu nucleee de heliu: dacă materia din folia de aur ar fi repartizată uniform, direcția de zbor a particulelor alfa practic nu s-ar modifica (sus). Dar materia se concentrează în mici centre de masă, nucleeele atomice. Dacă o particulă alfa se lovește de un nucleu atomic, ea va fi deviată puternic sau chiar reflectată (jos).

oxigen și doi de hidrogen. O moleculă de amoniac conține un atom de azot și trei de hidrogen.

Spre deosebire de oxigen sau de carbon, apa și amoniacul nu sunt elemente chimice, ci compuși din diferite elemente. Cea mai mică particulă a unui asemenea compus este molecula. Dacă descompunem o moleculă de apă, proprietățile de apă se pierd, iar din ea nu mai rămân decât componentele, oxigenul și hidrogenul, care se comportă cu totul altfel decât apa. Moleculele, la fel ca și atomii, sunt extrem de mici. Într-un pahar cu apă se găsesc 6 000 000 000 000 000 000 000

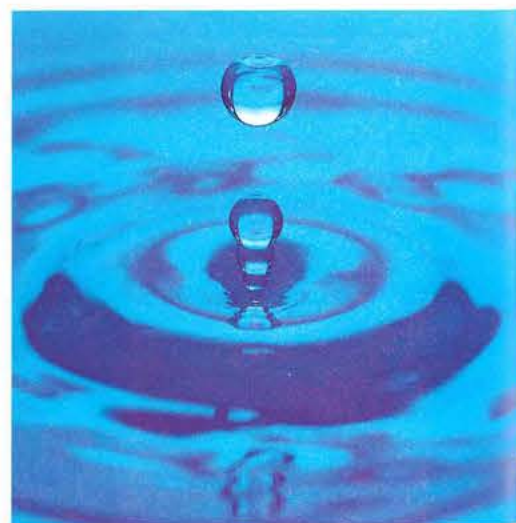
sau 6×10^{24} molecule de apă. Dacă conținutul acestui pahar s-ar răspândi uniform în toate mările lumii, atunci în fiecare litru de apă de mare s-ar găsi câteva mii de molecule din paharul nostru de apă.

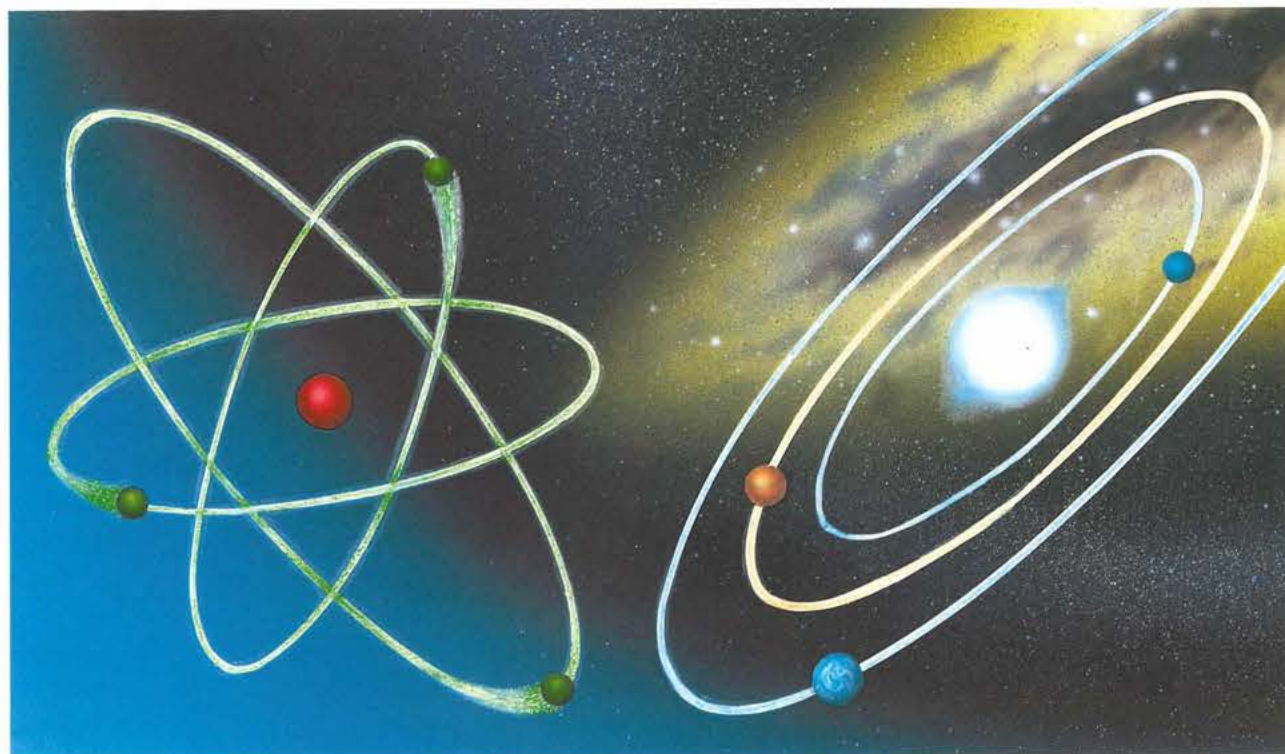
În 1911, Ernest Rutherford a făcut în Anglia o descoperire care avea să se dovedească epocală pentru fizica atomică

modernă. Fizicianul britanic a bombardat o folie de aur cu nucleee atomice de heliu (așa-numitele particule alfa), pentru a explora interiorul atomilor. Dacă materia ar fi repartizată egal în folia metalică, particulele alfa ar fi ușor frânate, dar în general și-ar menține direcția de deplasare. Ceea ce s-a și întâmplat cu majoritatea particulelor. Doar câteva au fost deviate, ca și cum s-ar fi izbit de o bilă mică, dar foarte grea. Rutherford a tras concluzia că aproape întreaga masă a atomului de aur trebuie să fie concentrată într-un nucleu infim – așa au fost descoperite nucleeele atomice!

Atomul este alcătuit asemănător sistemului solar. În jurul nucleului, conținând aproape întreaga masă atomică și având încărcătură electrică pozitivă, gravitează particule mici, extrem de ușoare, electronii, care au încărcătură electrică negativă. Acesta este modelul atomic al lui Bohr. Chiar și cele mai grele metale nu sunt în realitate decât niște „plăsmui de spumă”, cuprinzând în cea mai mare măsură spațiu gol. Nucleeele atomice au dimensiuni de circa $\frac{1}{1\,000\,000\,000\,000}$ cm sau 10^{-12} cm. 100 de miliarde de

Fierul și aurul sunt elemente chimice. Elementele sunt formate dintr-un singur tip de atomi. Fierul pur nu conține decât atomi de fier, aurul pur doar atomi de aur.





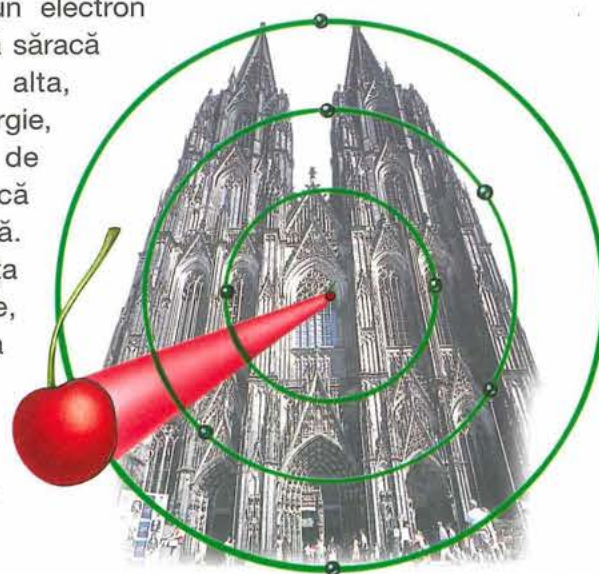
În sistemul solar, planetele gravitează în jurul Soarelui. Într-un atom, electronii gravitează în jurul nucleului atomic, care este încărcat electric pozitiv și atrage electronii încărcăți negativ.

nuclee ar forma prin urmare un lanț lung de 1 mm.

Cel mai simplu atom este cel de hidrogen. În jurul nucleului nu gravitează decât un singur electron. În starea normală, el se află la circa cinci miliardimi de centimetru sau 5×10^{-9} cm distanță de nucleu. Dar el se poate găsi și pe alte orbite, mult mai îndepărtate, iar aici încetează asemănarea cu sistemul solar. Adică, în vreme ce planetele se pot mișca la orice distanță din jurul Soarelui, în cazul electronilor există doar anumite orbite sau stări de energie posibile. Dacă un electron trece de pe o orbită exterioară, bogată în energie, pe o orbită interioară, săracă în energie, atunci se eliberează cantitatea de energie respectivă sub forma unei cuante de lumină sau foton. Deoarece electronul nu se poate afla decât pe anumite orbite sau stări de energie

cât se poate de precise, și cuantele de lumină sunt emise cu energii absolut bine stabilite. Dacă vom considera lumina ca undă, atunci nu se produce decât lumină cu o lungime de undă absolut precisă. În acest fel se poate recunoaște un atom de hidrogen oriunde în univers. Faptul este valabil și pentru alte elemente. În schimb, dacă un electron sare de pe o orbită săracă în energie pe o alta, mai bogată în energie, preia o cantă de lumină; spunem că „absoarbe” lumină. Aceasta este esența analizei spectrale, cu ajutorul căreia putem stabili, de exemplu, ce fel de tipuri de atomi se găsesc în atmosfera solară.

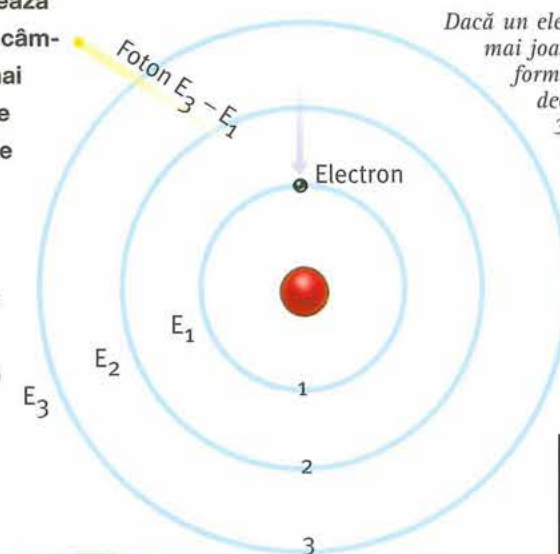
Dacă ne imaginăm că nucleul atomic are dimensiunea unei cireșe, atunci întregul atom cu orbitele electronilor ar avea dimensiunea Domului din Köln.



ANALIZA SPECTRALĂ, în cadrul căreia lumina unei stele este descompusă în culorile curcubeului și studiată, este indispensabilă pentru astronom. În spectrul de culori al stelei se găsesc linii întunecate. Ele apar prin absorbirea unei părți a luminii emise de Soare de către atomii din învelișul gazos al stelei. Fiecare stea are propriile sale linii spectrale. Din ele se poate citi din ce este formată, cât de fierbinte este, cum se deplasează și dacă există acolo câmpuri magnetice. Și mai aflăm dacă steaua se apropie de noi sau se îndepărtează. Dacă se distanțează de noi, lungimile de undă ale luminii sale se întind, iar liniile închise sunt împinse către capătul roșu cu unde lungi al spectrului.

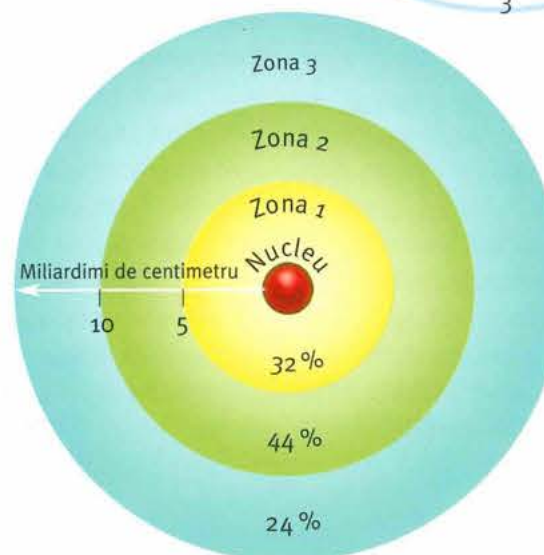
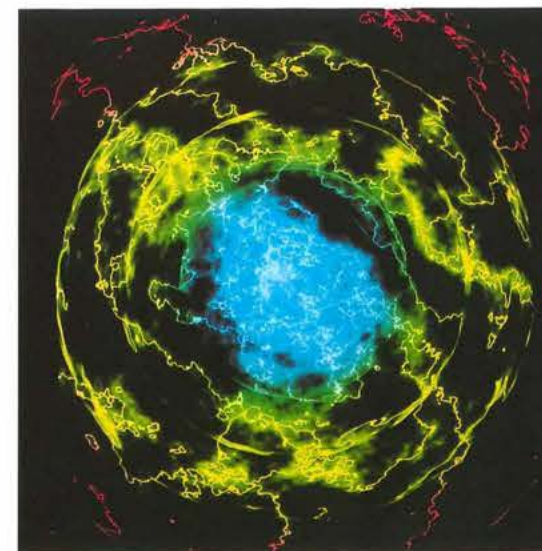
Sunt electronii cu adevărat niște planete miniaturale?

Știm deja că electronul atomului de hidrogen de pe cea mai coborâtă orbită se află la o distanță de circa 5 miliar-
dimi de cm. Valoarea exactă din modelul atomic al lui Bohr este de $5,29 \times 10^{-9}$ cm. Din păcate, asemănarea dintre atom și sistemul solar nu funcționează în alte privințe. Este adevărat că electronul nu se poate găsi decât în anumite stări de energie foarte precise, care corespund în modelul planetar orbitelor 1, 2 și 3. Un electron în starea cea mai coborâtă de energie nu se află însă la exact 5,29 miliar-
dimi de cm distanță de nucleu, este vorba doar de o valoare medie.



Dacă un electron trece de pe o orbită mai înaltă pe alta mai joasă, de ex. de la 3 la 1, se eliberează energie sub forma unei cuante de lumină. Deoarece nu există decât orbite foarte precise, notate aici cu 1, 2 și 3, nu sunt posibile decât cuante de lumină cu o energie bine determinată. Un electron de pe orbita 1 are energia E1, un electron de pe orbita 2 are energia superioară E2 și așa mai departe. De aceea nu există decât cuante de lumină cu energia E3 - E2, E3 - E1 (reprezentată în desen) și E2 - E1.

Modelul pe computer al unui atom de heliu. Cele patru culori reprezintă probabilitatea de a întâlni un electron (albastru: probabilitate mare, roșu: probabilitate scăzută).

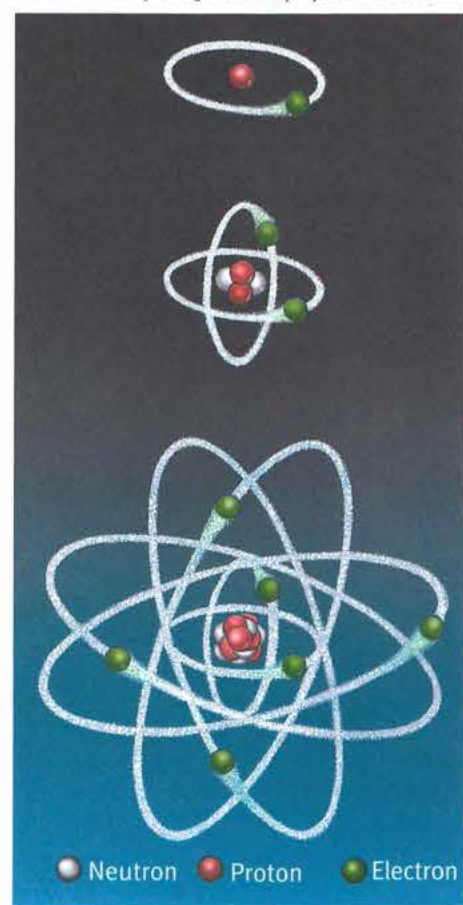


La 32% din atomii de hidrogen în stare normală electronul se găsește în zona 1, la 44% în zona 2 și la 24% în zona 3.

Din ce se compun nucleeele atomice?

Nucleeele atomice sunt formate din două tipuri de particule, și anume din protoni și neutroni. Ambele posedă cam aceeași masă și sunt de aproape 2 000 de ori mai grele decât electronul. După cum arată și numele, neutronii sunt neutri, adică nu posedă sarcină electrică. Protonii au o încărcătură electrică pozitivă, numărul lor fiind egal cu acela al electronilor încărcăți negativ. Protonii și neutronii sunt denumiți și nucleoni, adică elementele constitutive ale nucleului. Valoarea sarcinii electrice a electronului sau protonului este denumită sarcină elementară.

Un nucleu de hidrogen este format dintr-un proton, unul de heliu din doi protoni și doi neutroni, un nucleu de carbon din șase protoni și șase neutroni.

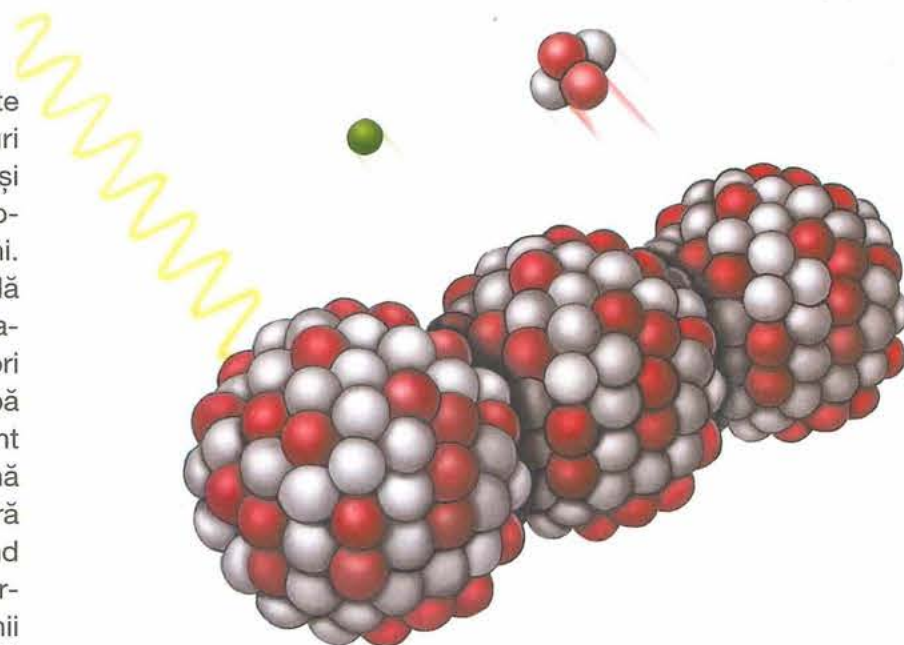


Numărul protonilor dintr-un nucleu determină căruia element chimic îi aparține acel nucleu. Atomii de hidrogen, de exemplu, au un proton, atomii de carbon 6, iar cei de uraniu 92. Numărul neutronilor poate varia în cazul diferitelor elemente. Așa, de exemplu, există atomi de hidrogen cu 0, 1 sau 2 neutroni, așa-numiți izotopi ai hidrogenului. Protonii și electronii se neutralizează reciproc: dacă un nucleu atomic are 6 protoni pozitivi, atunci este înconjurat de 6 electroni negativi, în așa fel încât atomul în totalitatea lui să fie neutru din punct de vedere electric. Dacă atomul respectiv pierde un electron, atunci celor 6 protoni nu le corespund decât 5 electroni. Atomul respectiv va avea atunci sarcina electrică +1. Asemenea resturi atomice cu încărcătură electrică sunt numite ioni.

Multe nucleee atomice se dezintegrează în nucleee mai ușoare și emit cu acest prilej radiații alfa (nucleee de heliu), beta (electroni) sau gama (fotoni). Acest comportament este denumit radioactivitate. Mai multe despre acest lucru vei afla dintr-un alt volum din seria CE ȘI CUM, care se ocupă de tot ceea ce înseamnă energie atomică.

Când se dezintegrează, nucleeele atomice emit radiații. Radiația alfa (dreapta) constă din nucleee de heliu, radiația beta (mijloc) din electroni, radiația gama din cuante de lumină (fotoni).

URANIUL este un element radioactiv din grupa metalelor grele. El a devenit cunoscut în primul rând datorită obținerii energiei atomice. Uraniul apare sub forma unei serii de izotopi. Toate nucleeele de uraniu au 92 de protoni; în schimb există nucleee cu 142, 143 și 146 de neutroni. Prin urmare, posedă 234, 235 sau 238 elemente constitutive (nucleoni) și sunt denumite U-234, U-235 și U-238. Uraniul natural este format în proporție de peste 99% din U-235. U-235 se poate ușor fisiona prin neutroni lenti și este important pentru utilizarea în centralele atomoelectrice. U-234 este deosebit de rar.

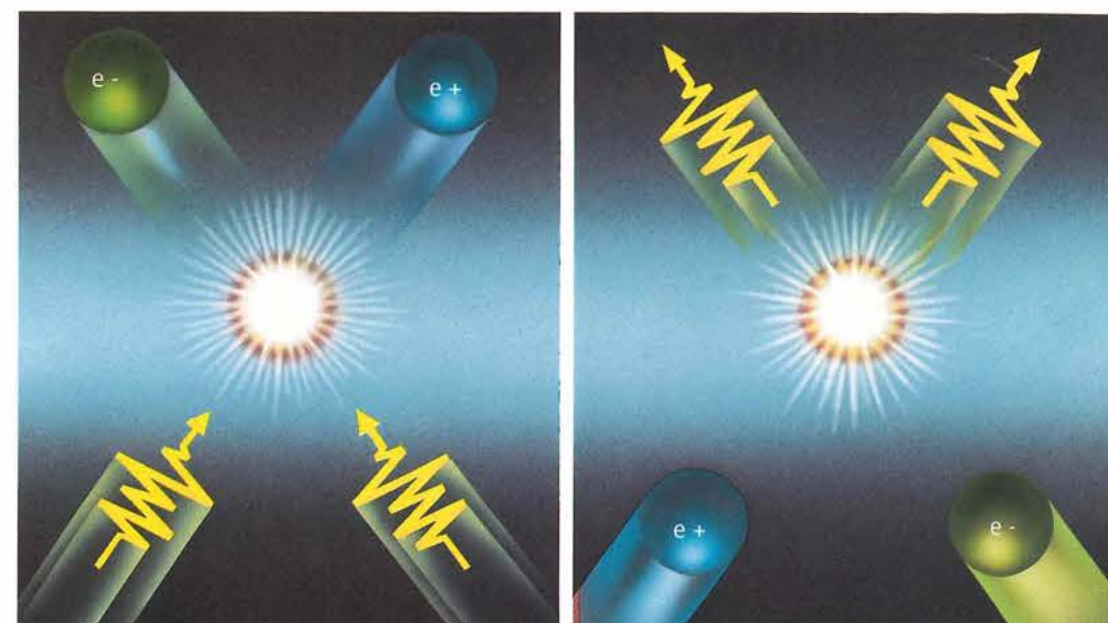


GALAXII DIN ANTIMATERIE ar putea foarte bine să existe, teoretic vorbind. Ele nu s-ar deosebi cu nimic de galaxiile „normale” pentru ochii noștri și ar fi construite la fel, dar din antiparticule. Până în momentul de față nu s-au putut totuși descoperi corpuri cerești de mari dimensiuni din antimaterie.

Există antimaterie?

Antimateria nu joacă doar un rol important în multe romane scince-fiction, ea există cu adevărat! Corespunzător tuturor particulelor pe care le cunoaștem din capitolul trecut au fost descoperite antiparticule. Ele au aceeași masă, dar poartă o sarcină electrică opusă. Prin urmare antielectronii, denumiți și pozitroni, nu au sarcină negativă, ca electronii „normali”, ci posedă încărcătură pozitivă. Antiprotonii au sarcină electrică negativă.

Dreapta: un electron și un antielectron se distrug reciproc, iau naștere două cuante. Stânga: din două fragmente de radiație sau cuante se formează materie, și anume o pereche electron-antielectron.



Materia și antimateria nu pot exista concomitent. De exemplu, dacă un electron se întâlnește cu un antielectron, ei se distrug reciproc și se transformă în energie: se nasc două radiații fără masă sau cuante. Și reciproc, două cuante intrate în interacțiune pot da naștere la o pereche electron-antielectron. Primul proces este denumit „iradiere”, cel de-al doilea „formare de perechi”. Încă o dată se confirmă ecuația lui Einstein $E = mc^2$. Masa se poate

transforma în energie și energia în masă. În cazul transformării în radiații a materiei și antimateriei, masa prezentă se transformă în totalitate în energie – diferit decât în reactorul nuclear sau în centrul Soarelui, unde nu se folosește nici măcar 1% din combustibil. În vreme ce acolo rămâne „cenușă” sub formă de resturi atomice sau heliu, în cazul „iradierii” materia dispare cu totul. Dacă am putea construi centrale electrice sau nave spațiale în care materia și antimateria să se transforme controlat în

energie, acestea ar fi de peste 100 de ori mai productive decât centralele nucleare normale. În orice caz, ne lipsește antimateria necesară, deoarece Pământul și sistemul solar sunt formate din materie normală.

Pe Pământ nu putem fabrica antiparticule decât pentru timp foarte scurt, în laboratoare de fizică. Șansele lor de a supraviețui pe planeta noastră sunt mici, căci întâlnesc peste tot materie și sunt distruse.

Quarkuri și leptoni

Ce sunt quarkurile?

Multă vreme s-a crezut că protonii și neutronii aparțin categoriei particulelor elementare, adică, aidoma electronului, nu mai pot fi fragmentați și nu posedă o structură internă. Astăzi știm că nucleonii, adică protonii și neutronii, sunt alcătuiți din particule și mai mici, quarkurile. Quarkurile și electronii sunt particulele primare din care este formată întreaga materie. Cunoaștem astăzi șase quarkuri diferite. Pentru materia normală, stabilă, numai două dintre ele joacă însă un rol: quarkul u și quarkul d. U este prescurtarea pentru „up“, d pentru „down“. Quarkul u are sarcina electrică $2/3$, quarkul d $-1/3$. Protonul pozitiv este format din două quarkuri u și un quark d. Astfel apare sarcina $2/3 + 2/3 - 1/3 = +1$. (Spre comparație, electronul are sarcina -1 .) Neutronul, la rândul său, conține

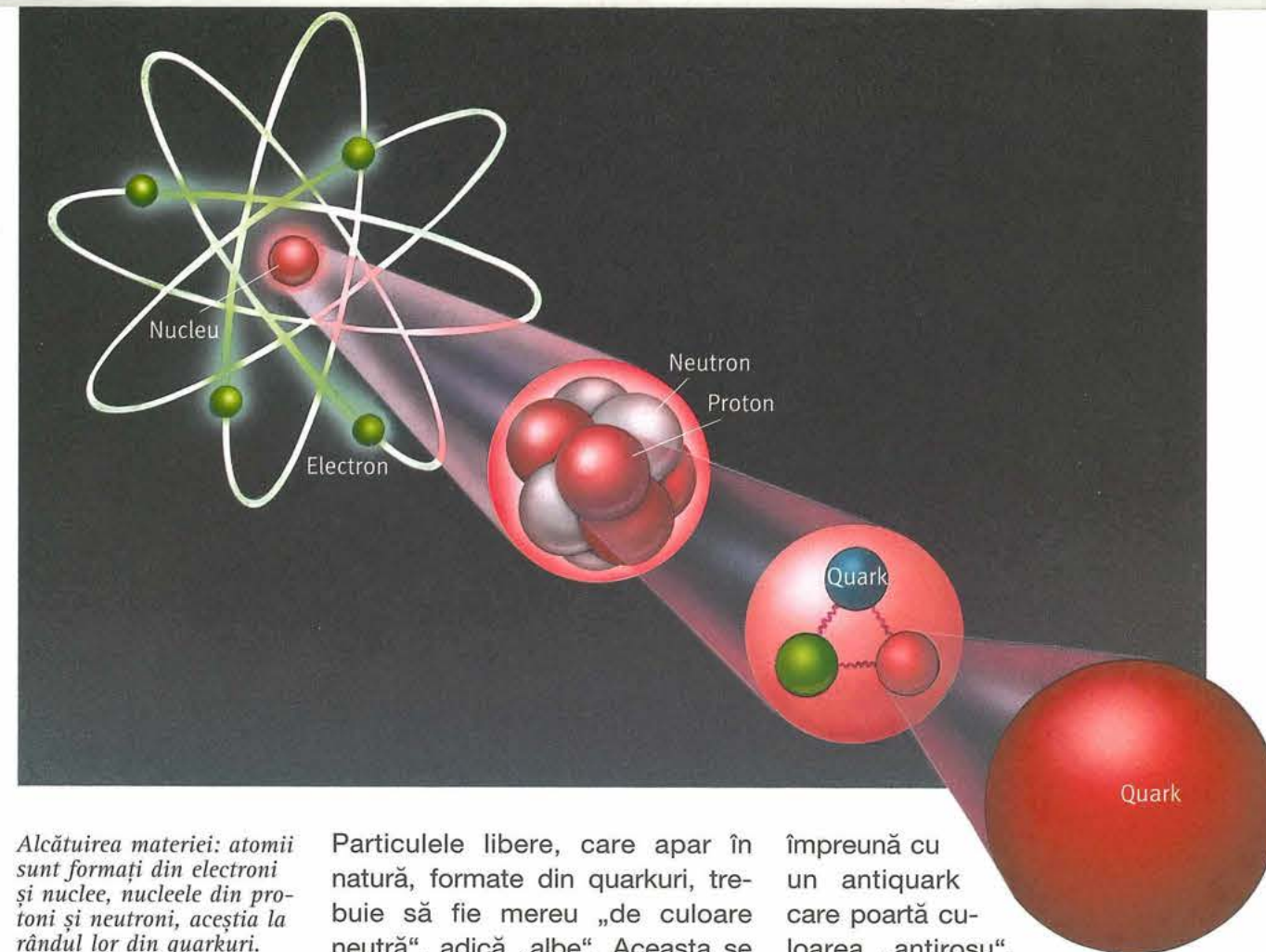
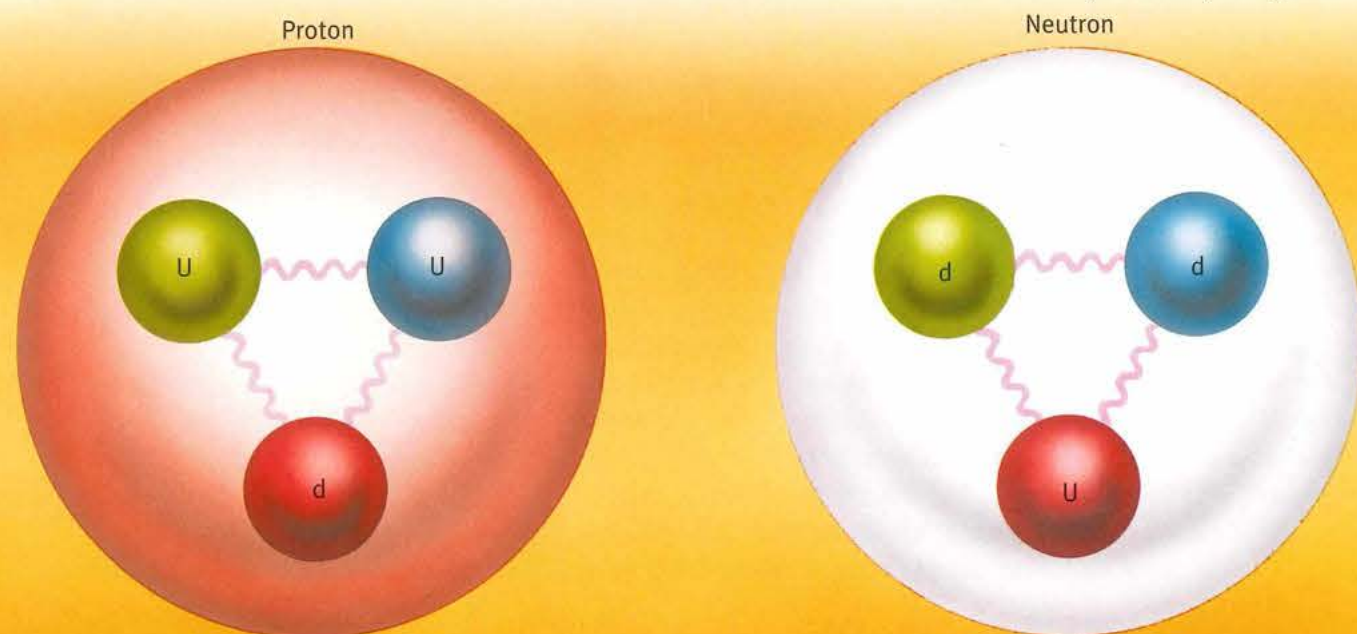
doi quarkuri d și un quark u. Încărcătura sa este prin urmare $-1/3 - 1/3 + 2/3 = 0$.

Dacă în atomii mari procesele nu pot fi urmărite vizual, pentru quarkurile infime acest lucru este, desigur, cu atât mai anevoios. De exemplu, oamenii de știință au făcut o descoperire uimitoare: quarkurile nu apar niciodată singure în natură, ci doar în grupuri de câte două sau trei. Particulele formate din două quarkuri sunt denumite mezonii; acestea nu sunt stabile, ci se dezintegrează rapid. Particulele formate din trei quarkuri, adică protonii și neutronii, sunt formațiuni foarte stabile. Ele mai poartă denumirea de barioni.

În afara sarcinii lor electrice, quarkurile mai au și o altă proprietate misterioasă, pe care o numim „culoare“. Astfel, deosebim quarkuri „roșii“, „verzi“ și „albastre“. Prin aceasta nu trebuie însă să ne închipuim niște culori adevărate, ci un fel de sarcină.

TEORIA STRING-ULUI
Quarkurile și leptonii, așa-numitele particule elementare, sunt considerate cele mai mici elemente constitutive ale materiei. Dar este posibil ca și ele să poată fi puse pe seama unor obiecte și mai mici, string-urile. String-urile sunt imaginate sub forma unor mici fire sau ochiuri, care, aidoma unei coarde de vioară, pot să adopte diferite forme de vibrație. Potrivit formei de vibrație, dintr-un string ia naștere o anumită particulă elementară. Aceste string-uri ale fizicienilor atomiști nu trebuie confundate cu „string-urile cosmice“ – formațiuni sub forma unor filamente cu mare putere de atracție, în jurul cărora s-ar fi adunat materia în Universul timpuriu.

Un proton este format din două quarkuri u și un quark d. Neutronul conține două quarkuri d și un quark u.



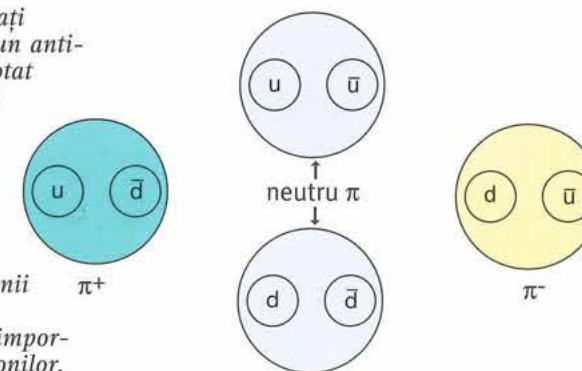
Alcătuirea materiei: atomii sunt formați din electroni și nuclee, nucleele din protoni și neutroni, aceștia la rândul lor din quarkuri. Quarkurile nu apar niciodată singure în natură, ci formează întotdeauna grupuri de câte două sau trei.

Particulele libere, care apar în natură, formate din quarkuri, trebuie să fie mereu „de culoare neutră“, adică „albe“. Aceasta se întâmplă atunci când un quark roșu, unul verde și unul albastru formează împreună un grup de trei, de exemplu un proton. Așa cum o combinație a tuturor culorilor curcubeului are drept rezultat „alb“, combinația celor trei culori de quarkuri are drept rezultat apariția unei particule albe, permise. O altă posibilitate este ca un quark roșu să formeze o pereche

împreună cu un antiquark care poartă culoarea „antiroșu“. Roșu și antiroșu se anihilează reciproc și au drept rezultat un ton de culoare neutră (alb). Cum aceste grupuri de doi, mezonii, sunt formate din materie și antimaterie, ele nu sunt stabile, ci se dezintegrează din nou cu rapiditate.

Quarkurile formează nucleoni, iar aceștia se unesc dând naștere nucleelor atomice. Nucleele și electronii se unesc în atomi, care la rândul lor formează molecule sau macromolecule, cum sunt apa sau albumina. Miliarde de molecule alcătuiesc celulele corpului nostru, la rândul lor în număr de mai multe miliarde. Dar, indiferent cât de mari sunt deosebirile dintre oameni, animale, plante, planete sau stele, ele sunt formate doar din trei particule esențiale: quarkuri up, quarkuri down și electroni.

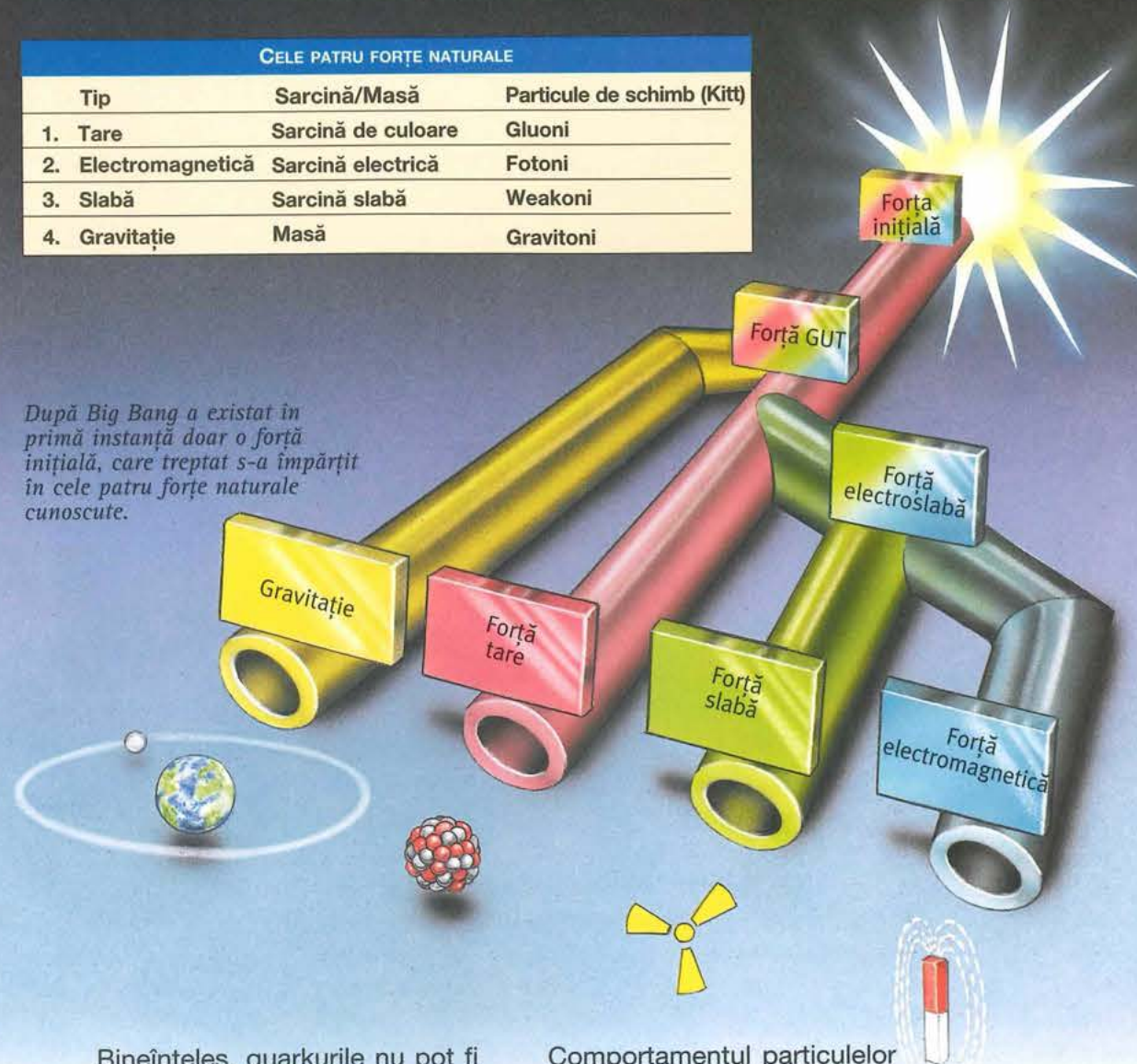
Mezonii sunt formați dintr-un quark și un antiquark, care este notat printr-o bară trasă deasupra literei. Deoarece sunt alcătuiți din materie și antimaterie, se dezintegrează rapid. Mezonii pi sau pionii reprezentați aici formează cea mai importantă grupă a mezonilor.



CELE PATRU FORȚE NATURALE

Tip	Sarcină/Masă	Particule de schimb (Kitt)
1. Tare	Sarcină de culoare	Gluoni
2. Electromagnetică	Sarcină electrică	Fotoni
3. Slabă	Sarcină slabă	Weakoni
4. Gravitație	Masă	Gravitoni

După Big Bang a existat în primă instanță doar o forță inițială, care treptat s-a împărțit în cele patru forțe naturale cunoscute.



Bineînțeles, quarkurile nu pot fi văzute, ci, la fel ca în cazul nucleelor atomice, existența lor se poate demonstra prin experiențe rafinate.

Pot fi quarkurile observate?

Pentru aceasta vom proceda ca Ernest Rutherford, cu 90 de ani în urmă: vom bombarda protonii cu electroni extrem de rapizi. Cei mai mulți electroni nu-și schimbă direcția, de deplasare. Unii, însă, sunt deviați, ca și cum s-ar izbi de bile minuscule din interiorul protonului. Aceste biluțe sunt quarkurile căutate.

O cercetare exactă arată că protonii sunt formați din trei asemenea elemente fundamentale.

Comportamentul particulelor elementare depinde de forțele care intră în interacțiune. Cunoaștem în momentul de față patru tipuri de forțe naturale.

Ce se înțelege prin cele patru forțe naturale?

1. Forța tare, denumită și forța de culoare. Datorită ei, quarkurile din nucleoni nu se îndepărtează foarte tare între ele, împiedicându-le în ultimă instanță să se despartă. Forța de culoare se transmite prin particule de schimb, așa-numiți gluoni, care gravitează între quarkuri și acționează ca un liant. („Gluon” provine din cuvântul englez „glue”, lipici.) Forța culorii este cea mai puternică dintre cele

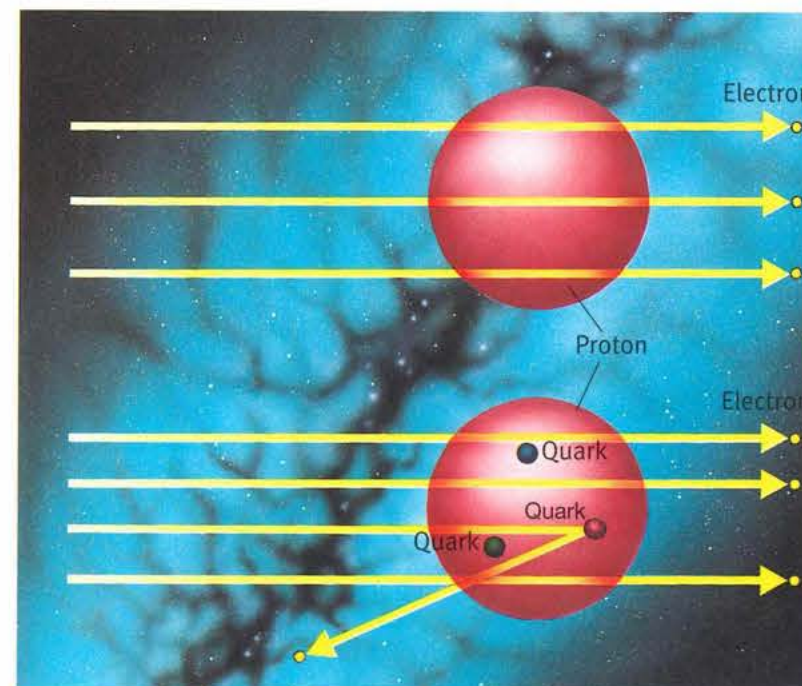
EXISTĂ ȘI O A CINEA FORȚĂ?

Observațiile mai recente indică faptul că în Univers există un tip de forță care acționează împotriva gravitației, având drept efect faptul că galaxiile foarte îndepărtate se resping între ele. Acest tip de „antigravitație” ar avea drept efect extinderea tot mai rapidă a Universului. Einstein bănuise și el existența unei asemenea forțe de respingere, dar abia de curând s-a putut demonstra existența ei.

SPINUL

Particulele elementare au proprietatea de a se roti în jurul lor, ca un titirez. Măsura rotației în jurul propriei axe a particulelor este spinul. Particulele cu spinul semiîntreg se numesc fermioni, iar lor le aparțin quarkurile și leptonii. Particulele de schimb au un spin întreg și sunt denumiți bozoni. Noua teorie a SUPER-SIMETRIEI afirmă că pentru fiecare fermion există o altă particulă cu spinul 0, iar pentru fiecare bozon un partener cu spinul semiîntreg. Experimentele lasă să se bănuiască existența acestor particule, dar prezența lor nu a putut încă să fie demonstrată.

Dacă materia ar fi repartizată uniform în proton, electronii care bombardează protonul nu ar fi deviați. Ceea ce se și întâmplă în cazul majorității electronilor. Unii dintre ei își schimbă total direcția, deoarece se ciocnesc de quarkuri.



patru forțe naturale. Forța atomică, aceea care ține laolaltă protonii și neutronii din nucleul atomic, nu este o forță inițială, ci ea derivă din forța de culoare.

2. Forța electromagnetică. Aceasta se manifestă atunci când intră în scenă sarcinile electrice. O particulă încărcată pozitiv este respinsă de o altă particulă pozitivă, fiind atrasă în schimb de una negativă. Această forță este transmisă de fotoni, care fac naveta între particulele cu sarcină și le leagă între ele.

3. Forța slabă. Multe particule, care nu posedă sarcină electrică sau „culoare”, nu reacționează nici la forța tare a quarkurilor și nici la aceea electromagnetică. Există în schimb și o altă forță fundamentală, căreia i se supun fără excepție toate particulele de materie: forța slabă, care nu acționează decât de la distanță extrem de mică. Aceasta este transmisă prin weakoni.

4. Gravitația. Ea atrage toate particulele care posedă o masă, dar în comparație cu celelalte forțe naturale este atât de slabă, încât aici putem să o neglijăm. Cum ea acționează la distanțe mari, este importantă în studiul astronomiei.

Leptonii sunt particule elementare, asupra cărora forța tare nu acționează. Cel mai cunoscut este electronul. În total sunt cunoscuți șase leptoni și șase quarkuri, prin urmare 12 particule elementare „adevărate”, care nu pot fi divizate. De importanță pentru structura materiei sunt numai trei dintre aceste elemente constructive fundamentale: quarkurile u și d, precum și electronul.

Ce sunt leptonii?

e	μ	τ
Electron	Miuron	Tau
ν_e	ν_μ	ν_τ
Electron-neutrino	Miuron-neutrino	Tau-neutrino

Leptoni

U	C	t
up	charm	top
d	s	b
down	strange	bottom

Quarkuri

Elementele constitutive fundamentale ale materiei.

Am văzut deja că radiațiile electromagnetice, cărora le aparține, cum știm, și lumina, se comportă o dată ca unde, apoi din nou ca particulele.

Electronii sunt particule sau unde?

Același lucru este valabil și pentru o radiație de particule elementare rapide. Electronii se comportă în cele mai multe cazuri ca niște particule, dar alte experimente arată, la rândul lor, că radiațiile electronice au și caracteristici de unde. Și în acest caz recunoaștem din nou că toate modelele grafice, cu care dorim să descriem lumea celor mai mici particule, nu reprezintă decât o parte a unei realități care depășește cu mult puterea noastră de percepție.

Cum sunt studiate cele mai mici particule?

Pentru cercetarea celor mai mici elemente constitutive ale materiei, avem nevoie de fascicule formate din particule ultrarapide, care se deplasează aproape cu viteza luminii și au o energie foarte mare. Aceste particule sunt utilizate apoi în chip de așa-zise sonde pentru „evidențierea” elementelor mai mari ale materiei. Electronii de mici dimensiuni sunt folosiți pentru bombardarea protonilor cu mult mai mari, pentru a cunoaște alcătuirea internă a acestora, așa cum un medic folosește radiațiile roentgen pentru a studia afecțiunile interne ale organismului.

Dar mai există și o altă metodă pentru cercetarea alcătuirii materiei: fascicule rapide de electroni sau protoni sunt îndreptate asupra altor particule sau, mai mult, elemente constitutive ale materiei sunt accelerate și aduse să se ciocnească frontal. Energia eliberată se poate utiliza



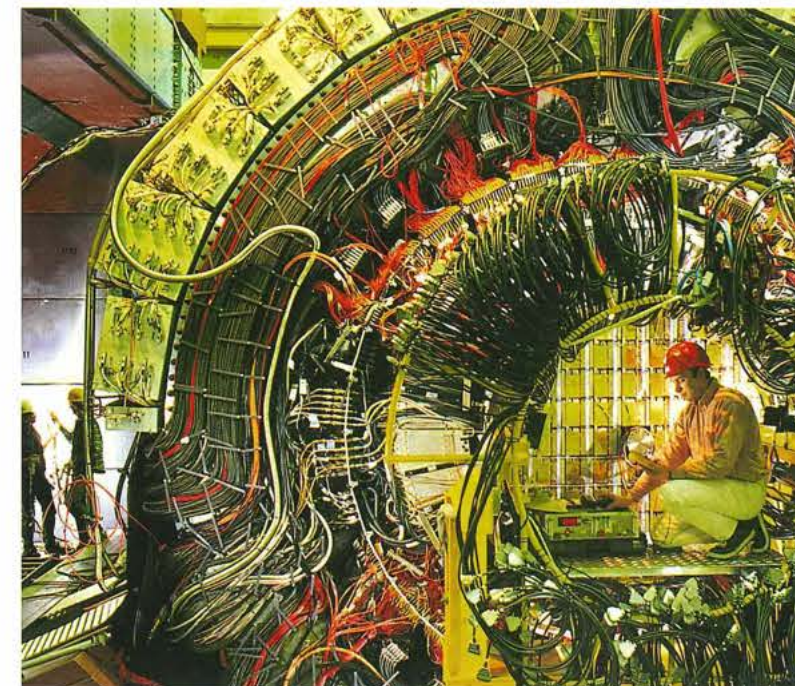
Instalația de accelerare electroni-protoni în interiorul tunelului inelar HERA.

pentru crearea unor particule noi, necunoscute, deoarece energia se poate transforma în materie. Pentru ambele metode este nevoie de particule extrem de rapide, care sunt produse în acceleratoare de energie înaltă, unde sunt aduse la viteze deosebit de ridicate.

Un electron cu sarcină electrică negativă este atras de o sarcină pozitivă, dar respins de una negativă. Pentru a accelera tot mai mult un electron, nu trebuie decât să ne îngrijim ca

HERA este o instalație inelară de acumulare din cadrul Centrului de cercetări nucleare DESY, din Hamburg. Protonii și electronii sunt accelerați aici până aproape de viteza luminii și aduși să se ciocnească. Electronii pătrund în protoni; astfel se poate determina structura lor. S-a stabilit că în proton nu există doar cele trei quarkuri, ci că iau naștere constant și perechi quark-anti-quark, care se dezintegrează rapid.

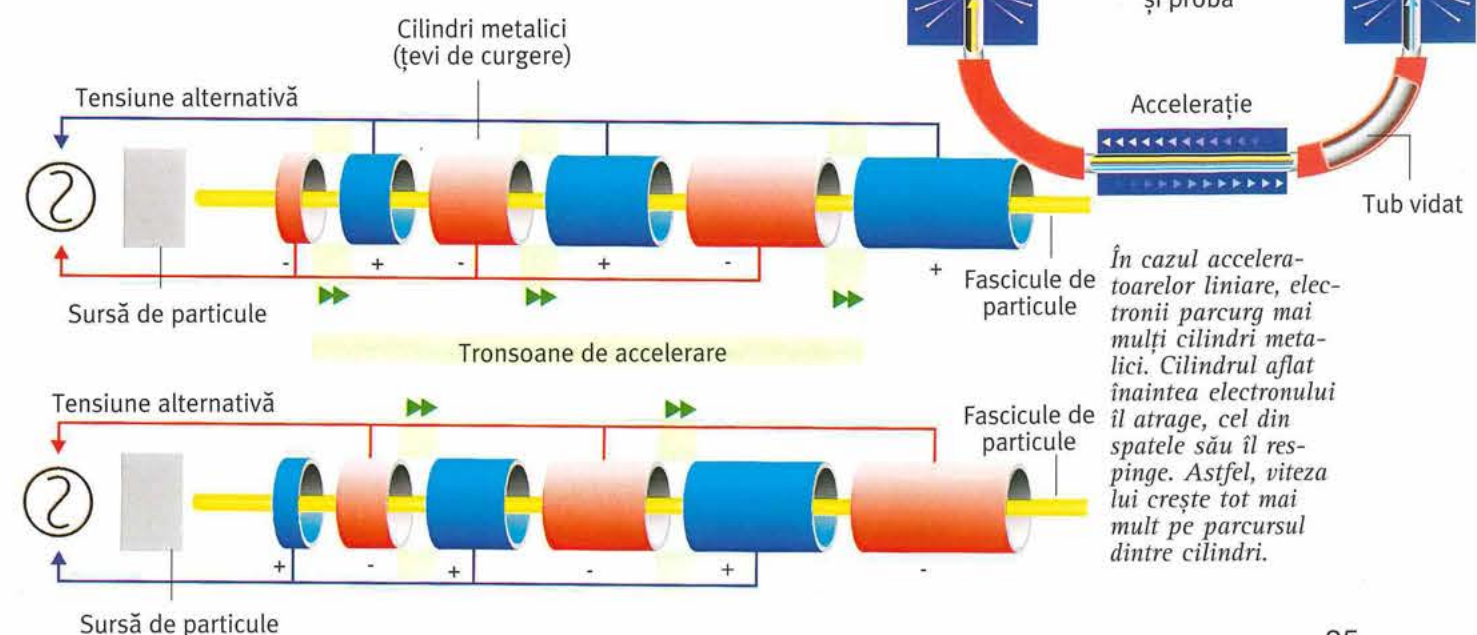
Inelele de acumulare PETRA și HERA din Hamburg au diametre de 700 și 2 000 m. Marele stadion din Parcul popular arată, prin comparație, ca un spațiu de joacă pentru copii. În tunelele inelare subterane, particulele sunt accelerate aproape până la viteza luminii.



Tehnologia de înaltă clasă de la centrul DESY servește la studierea celor mai mici particule.

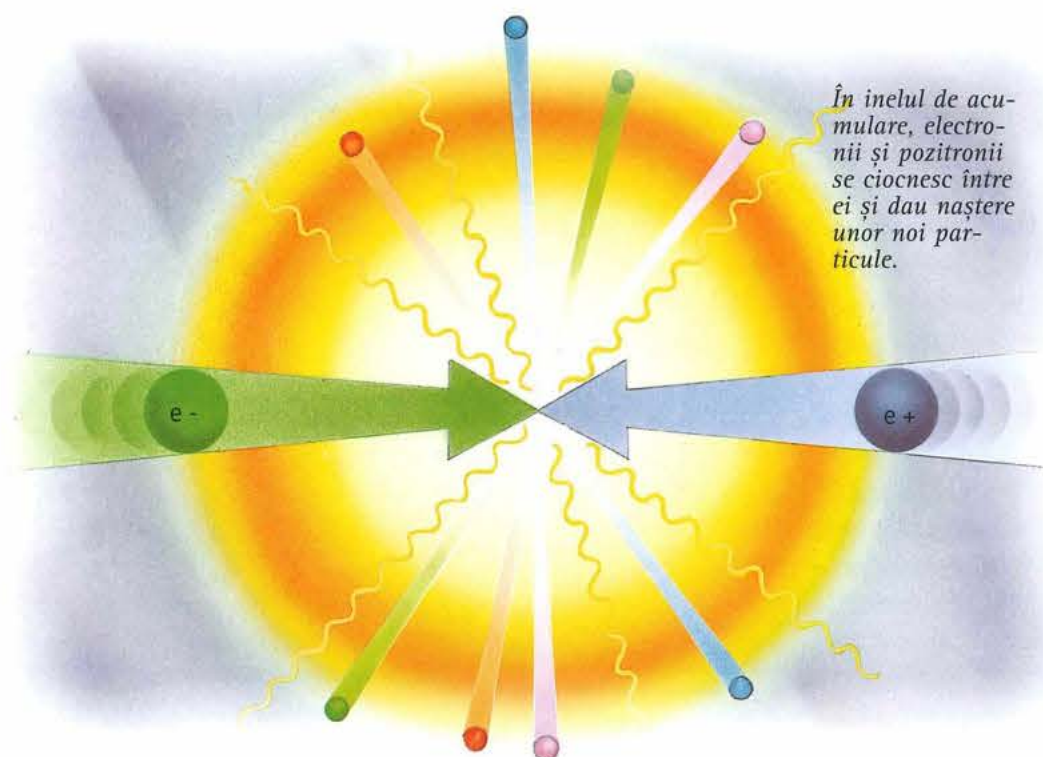
BOZONI HIGGS Oamenii de știință bănuiesc că există și alte particule misterioase, bozonii Higgs. Denumirea lor a fost inspirată de fizicianul Peter Higgs. Se crede că bozonii Higgs „împrumută” masa lor quarkurilor și leptonilor, fapt care nu a fost încă demonstrat.

Înainte să se afle o sarcină pozitivă, iar în spate o sarcină negativă. În cazul acceleratorului liniar, fluxul de electroni trece printr-o serie de cilindri metalici. Prin aplicarea unei tensiuni alternative se obține în cilindru din fața electronului o sarcină mereu pozitivă, iar în cel din spatele lui întotdeauna o sarcină negativă. Prin urmare, fiecare cilindru pe care electronul l-a lăsat în urmă îl respinge, fiecare din cei dinaintea sa îl atrage, prin



mitele „targets“ (= ținte). Electronii ating pe traiectoria lor circulară aproape viteza luminii, adică parcurg 300 km într-o sutime de secundă. Masa lor crește de mii de ori în acest proces.

Deosebit de eficiente sunt inelele de acumulare, în interiorul cărora particule accelerate sunt puse să se ciocnească frontal. Energia cinetică acumulată este folosită pentru formarea unor elemente constitutive noi ale materiei, cunoscute și necunoscute.



Există o particulă inițială sau o forță inițială?

dintre forța electromagnetică și cea slabă dispare la temperaturi și energii foarte ridicate: ele se unesc într-o „forță electroslabă“. Foarte probabil că, la temperaturi și energii ale particulelor cu mult mai

ridicate, dispar și diferența dintre forța tare și cea electrostatică, precum și cea dintre leptoni și quarkuri, în așa fel încât atunci nu va mai exista decât o unică particulă inițială și – făcând abstracție de gravitație – o unică forță inițială.

Asemenea condiții nu pot fi realizate nici cu cel mai mare accelerator, dar este posibil ca ele să fi existat la scurt timp după Big Bang, când întregul Univers mai era un glob de foc superdens, încărcat cu o enormă energie. În domeniul

EFFECTUL DE TUNEL

De fapt, ar trebui ca anumite fenomene din fizica modernă să nu existe. Unul dintre ele este radiația alfa: nuclee atomice grele emit nuclee de heliu, așa-numite particule alfa (v. și pag. 28). Acestea nu posedă suficientă energie pentru a părăsi nucleul atomic. Ele sunt înconjurate de un așa-zis zid, care, potrivit normelor fizicii clasice, nu ar putea fi trecut. Conform teoriei cuantelor este totuși posibil ca, din când în când, o particulă alfa să treacă prin zid ca printr-un tunel, părăsind nucleul atomic. Acest proces este numit „efect de tunel“.

DEZINTEGRAREA

GĂURILOR NEGRE

Găurile negre sunt corpuri extrem de compacte, cu o forță de atracție atât de mare, încât nici lumina nu le poate părăsi, cu atât mai puțin particulele elementare. Potrivit fizicii clasice, o gaură neagră nu s-ar putea dezintegra niciodată. Dar teoria cuantică spune totuși că, după vreme foarte îndelungată, și găurile negre se evaporă și se dezintegrează, în virtutea unui fel de efect de tunel.

particulelor elementare, fizicienii mai au de cercetat, iar anii următori ne vor aduce fără îndoială multe noutăți. Este posibil ca și quarkurile și electronii să fie alcătuiți la rândul lor din părți constitutive mai mici. În prezent nu cunoaștem decât douăsprezece particule elementare (șase quarkuri și șase leptoni), dintre care trei – quarkurile up, quarkurile down și electronii – joacă un rol în alcătuirea lumii.



Big Bangul și veșnicia

NAȘTERE ȘI MOARTE ÎN SPAȚIU

În renumita Nebuloasă a Tarantulei, se formează din mari mase de gaze și praf noi sori și sisteme planetare. Stele noi se nasc cu sutele, în vreme ce altele, bătrâne, se distrug în imense explozii (supernove).



O stea muribundă (stânga sus) fără învelișul ei de gaze devine pentru scurt timp de miliarde de ori mai luminoasă.

Într-o noapte limpede, fără Lună,

De ce luminează stelele?

se pot vedea cu ochiul liber circa 2 500 de stele și cu ajutorul unui telescop chiar câteva milioane.

Făcând abstracție de planetele din sistemul nostru solar, ca Venus și Saturn, toate celelalte stele sunt sori îndepărtați, adică sfere gazeoase fierbinți, la suprafața cărora temperatura este de mii de grade Celsius, iar în interior chiar mai multe milioane de grade. Unele dintre ele luminează chiar de zece mii de ori mai tare decât Soarele nostru, altele sunt cu mult mai slabe decât astrul din mijlocul sistemului nostru planetar. Un lucru îl au însă în comun toate stelele:

produc în profunzimea lor energie nucleară, mai ales prin transformarea hidrogenului în heliu. Această sursă de energie aproape inepuizabilă le ajută să ducă o viață extrem de lungă: Soarele nostru, bunăoară, va exista 10 miliarde de ani cu combustibilul pe care îl are la dispoziție. Energia produsă în centrul astrului este transportată spre exterior și radiată sub formă de raze ultraviolete, roentgen și de particule, lumină, căldură și unde radio.

La sfârșitul vieții lor, multe stele se sting după uriașe explozii. Din ele nu mai rămân decât sfere de material mici și extrem de dense, care sunt denumite „pitice albe“, „stele neutro-nice“ sau „găuri negre“. Și Soarele nostru se va transforma la un moment dat într-o asemenea pitică albă.



Calea Lactee are circa 200 miliarde de stele. Pe imagine este marcată poziția Soarelui nostru.



Galaxie spiralică

Cele mai importante tipuri de galaxii: galaxie spiralică, eliptică...



Galaxie elipsoidală

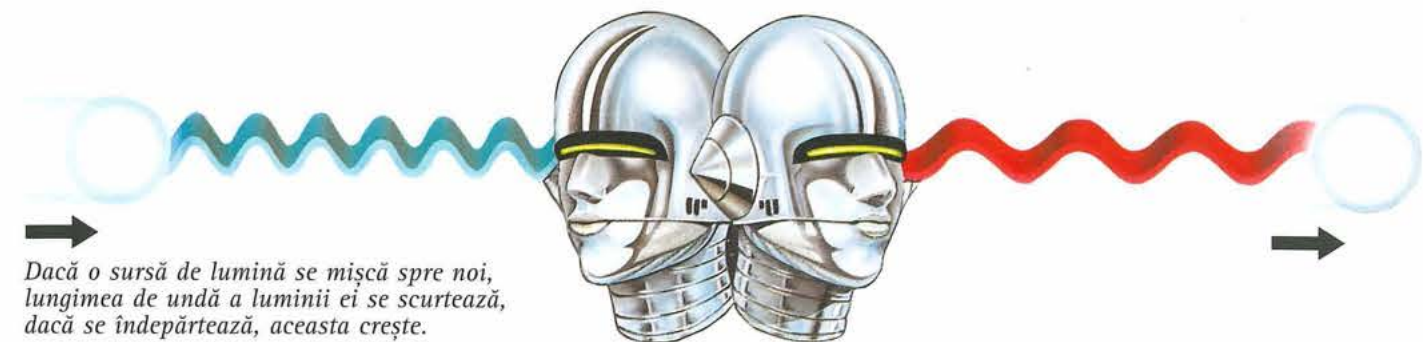
Stelele nu sunt răspândite uniform în Univers, ci formează uriașe familii de stele – galaxiile. De exemplu galaxia noastră, Calea Lactee, căreia îi aparține și Soarele, este formată din 200 de miliarde de stele. În ciuda masei sale uriașe, nu este vorba decât de o galaxie de mărime medie, căci există și galaxii cu și sub forma unei pârgii spiralate.

Ce sunt galaxiile?

SUPERROIURI GALACTICE
Chiar și roiurile de galaxii formează sisteme și mai mari, așa-numitele superroiuri. Spre mirarea oamenilor de știință, aceste superroiuri nu se repartizează uniform în Univers, ci se situează pe pereții unor sfere mari. Între ele există spații uriașe aproape goale. Structura sferică a Cosmosului a fost una dintre cele mai interesante descoperiri ale secolului XX.



Spirală cu pârgie



Dacă o sursă de lumină se mișcă spre noi, lungimea de undă a luminii ei se scurtează, dacă se îndepărtează, aceasta crește.



COLIZIUNI STELARE
Ciocniri ale Soarelui nostru cu alte stele sunt practic imposibile. Sorii noștri vecini se află la distanțe de ani-lumină. Chiar dacă s-ar apropia, nu ne-ar nimeri și ar trece la distanță de multe miliarde de kilometri de noi. Nici în cazul ciocnirii galaxiilor nu li se întâmplă nimic majorității stelelor: ele trec unele pe lângă celelalte. Există totuși puncte în Univers unde stelele se ciocnesc: așa-numitele roiuri de stele globulare. În centrul lor stelele sunt atât de dense, încât intră în coliziune și formează noi tipuri de stele.

multe bilioane de sori. Altele, la rândul lor, nu au „decât” câteva miliarde de stele.

Galaxiile iau forme cât se poate de diferite. Se cunosc galaxii spiralice, cu pârgie spiralică și sisteme eliptice. Și galaxiile formează grupuri mai mari sau mai mici, roiurile de galaxii. Calea Lactee aparține „Grupului local”, un roi format din circa 30 de galaxii. Cea mai mare dintre ele este Nebuloasa Andromeda, cu circa 400 de miliarde de stele. Există însă și roiuri de galaxii cu mii de componente. Atât cât putem constata în raza de acțiune a telescoapelor, peste tot există galaxii, multe dintre ele la distanță de miliarde de ani-lumină.

Dacă o sursă de lumină, de exemplu o stea sau o galaxie, se deplasează spre noi cu viteză mare, lungimile de undă ale luminii ei înregistrează pierderi: lumina capătă o lungime de undă mai mică. Lumina roșie, cu lungimea de undă lungă, apare atunci ca un albastru cu lungime de undă scurtă. Dacă, dimpotrivă, sursa de lumină se îndepărtează de noi sau noi înșine de îndepărtăm de ea la bordul unei nave rapide, lungimea de undă a luminii crește. O lampă cu lumina albastră, care se îndepăr-

Se poate măsura viteza stelelor?

tează extrem de repede de noi, ne apare galbenă sau roșie. Numim acest fenomen „efectul Doppler”. Pentru a calcula viteza unei stele, trebuie să știm că hidrogenul prezent peste tot în Univers emite pe lungimi de undă absolut precise. Prin urmare, dacă o stea fierbinte, conținând hidrogen, se îndepărtează de noi, lumina ei ne apare cu lungime de undă mai mare

tează extrem de repede de noi, ne apare galbenă sau roșie. Numim acest fenomen „efectul Doppler”.

Pentru a calcula viteza unei stele, trebuie să știm că hidrogenul prezent peste tot în Univers emite pe lungimi de undă absolut precise. Prin urmare, dacă o stea fierbinte, conținând hidrogen, se îndepărtează de noi, lumina ei ne apare cu lungime de undă mai mare

O privire spre roiul de galaxii Abell 851, aflat la cinci miliarde de ani-lumină.

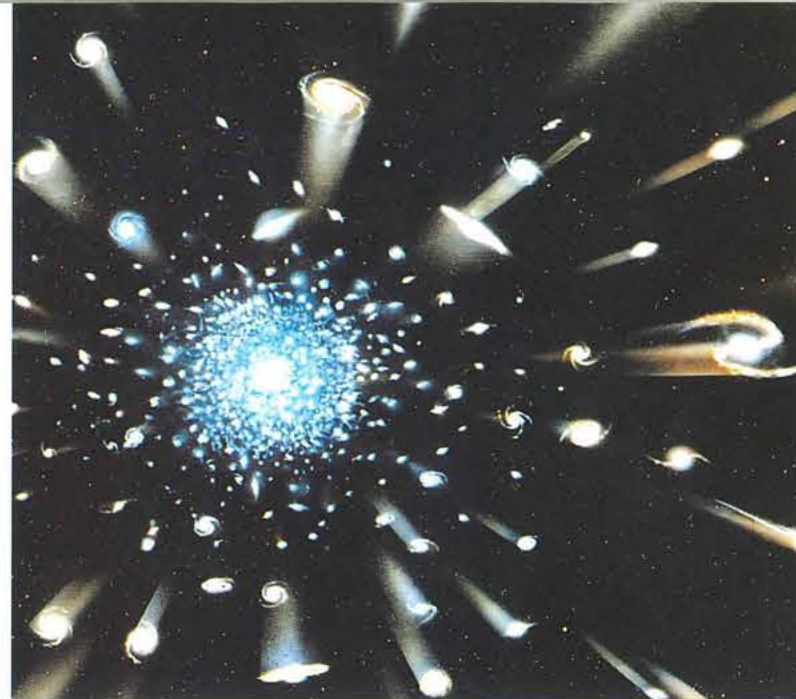


decât ar fi de așteptat; dacă se apropie, lumina are lungimea de undă mai scurtă. Din modificarea lungimii de undă, astronomii pot să calculeze cu exactitate cu ce viteză se apropie sau se îndepărtează de noi o stea. Cel mai rapid vecin al nostru se îndepărtează cu 543 km/s de noi, iar alte stele se apropie cu până la 500 km/s.

Se mișcă galaxiile?

Nu numai stelele, ci și galaxiile se află într-o mișcare continuă. Dintre galaxiile vecine, unele se apropie de noi, altele se îndepărtează. Nebuloasa Andromeda, de exemplu, se îndreaptă spre noi cu 270 km/s, în vreme ce așa-numitul Nor Magellan se îndepărtează cu o viteză asemănătoare. Ar fi de așteptat ca și galaxiile și roiurile de galaxii aflate la mare distanță să se comporte asemănător. Spre surprinderea lor, astronomii au stabilit că toate insulele de lumi îndepărtate se distanțează de noi. Cu cât se află mai la distanță, cu atât viteza cu care se distanțează este mai mare. Desigur, aceasta nu înseamnă că sistemul nostru galactic s-ar afla în centrul Universului, căci am avea o impresie asemănătoare din oricare alt punct. Galaxiile se îndepărtează între ele, deci Universul se extinde, se află în expansiune.

Dar dacă două galaxii anume se îndepărtează, de exemplu cu o



Toate galaxiile îndepărtate se îndepărtează de noi. Cu cât mai mare este depărtarea față de ele, cu atât mai mare este viteza lor.

zecime din viteza luminii, și se află la 1,5 miliarde de ani-lumină între ele, atunci înseamnă că în urmă cu circa 15 miliarde de ani trebuie să se fi aflat foarte aproape una de cealaltă (dacă facem abstracție de încetinirea mișcării lor). Un calcul similar se poate aplica pentru toate celelalte galaxii. Acum 10 până la 20 de miliarde de ani, întreg Universul cunoscut de noi trebuie să se fi prezentat sub forma unei mase de materie extrem de compacte și de fierbinți, ale cărei componente au început să se îndepărteze între ele ca urmare a unei explozii inițiale. Prin urmare, a existat un act de creație năprasnic, așa-numitul „Big Bang” sau „Bang inițial”.

Radiotelescoapele recepționează mesaje din istoria timpurie a Universului.

EDWIN P. HUBBLE a fost unul dintre cei mai mari astronomi. El a descoperit că nebuloasele în formă de spirală sunt în realitate galaxii și că sis-



temul nostru galactic nu este decât unul printre multe altele. În anul 1929 a descoperit că galaxiile de la mare distanță se îndepărtează de noi cu o viteză direct proporțională cu distanța față de noi. Și Einstein calculase că Universul trebuie să se contracte sau să se extindă. Hubble a arătat că el se extinde, oferind un argument important în favoarea teoriei Big Bangului.

Roiurile de stele globulare sunt cele mai vechi familii stelare, vârsta lor fiind aproximată la circa zece miliarde de ani. Multe dintre stelele lor mai prezintă o compoziție a materiei așa cum trebuie să fi fost ea la scurtă vreme după Big Bang.

A existat cu adevărat Big Bangul?

Oamenii de știință devin tot mai nesiguri, cu cât privesc mai departe spre trecut sau spre viitor. Cunoaștem astăzi multe despre istoria Pământului, dar este în continuare dificil să cuprindem miliardele de ani din istoria Universului. Expansiunea acestuia nu este suficientă pentru a demonstra că Big Bangul a avut loc. Mai intervine



NAȘTEREA

UNIVERSULUI

a fost însoțită de o serie de fenomene incredibile. De exemplu, imediat după Big Bang, Universul nu ar fi avut voie să se extindă mai repede sau mai încet. În cazul unei extinderi prea rapide nu s-ar fi putut forma stelele și noi nu am fi apărut niciodată. În cazul unui tempo lent, Universul s-ar fi prăbușit curând în sine. Și forța nucleară nu avea voie să posede decât o anumită valoare, pentru ca să se poată forma carbonul atât de important pentru viață. Totul pare să fi fost programat de la bun început în vederea apariției vieții.

Dacă am putea privi cu mult mai departe în spațiu, indiferent de direcție, am putea zări „începutul” Universului, cu alte cuvinte gazul inițial fierbinte, din care s-au format galaxiile, stelele, planetele și ființele vii. Ar trebui să fim înconjurați de un înveliș îndepărtat, strălucitor, iar cerul ar trebui să fie noaptea la fel de luminos ca ziua. Dar, deoarece Universul se extinde, acest perete culisant se îndepărtează tot mai mult de noi. Grație acestui fenomen, lungimile de undă ale luminii se alungesc atât

de mult, încât nu ni se mai înfățișează în spectrul vizibil, ci ajung la noi sub forma unei radiații de microunde invizibile, cu lungime de undă mare. Prin intermediul radiotelescoapelor putem demonstra existența „radiației cosmice de fundal” care vine spre noi uniform, din toate direcțiile. Aceasta este un argument esențial al teoriei Big Bangului, care a împins astăzi în planul secund toate celelalte teorii asupra apariției lumii.

Vârsta Universului nu poate fi determinată folosind distanța până la galaxii în momentul când s-au desprins

Când a luat naștere Universul?

toate dintr-un punct comun, deoarece nu cunoaștem cât de mult a fost frânată mișcarea de îndepărtare. Aceasta depinde de densitatea materiei în Univers. Cu cât este mai mare, cu atât se atrag mai tare masele între ele și cu atât mai mult crește frânarea. Densitatea materiei nu este cunoscută cu exactitate; există mai multe date posibile referitoare la vârsta Universului, iar determinările distanțelor până la sistemele galactice îndepărtate sunt pline de erori. Dar oamenii de știință au un punct de vedere comun asupra vârstei aproximative a Universului. Se presupune că el a luat naștere cu 10 – 20 de miliarde de ani în urmă. Cifra este în armonie cu vârsta de 4,6 miliarde de ani a Pământului, vârsta maximă a rocilor selenare și a meteoritilor, de 4-5 miliarde de ani, și cu vârsta celor mai vechi familii stelare, roiurile de stele globulare, de circa 10 miliarde de ani.

A treia perioadă (10^{-32} – 10^{-6} secunde): Universul este format acum dintr-un amestec care se răcește cu rapiditate, alcătuit din quarkuri, electroni, alți leptoni, antiparticulele lor, fotoni și alte particule, care se creează și se distrug reciproc. Din forța electrolabă apar forțele slabă și electromagnetică.

A patra perioadă (10^{-6} – 10^{-3} secunde): aproape toate quarkurile și antiquarkurile se transformă în energie, sub forma unor radiații corpusculare. Noi quarkuri nu mai pot să apară, în condițiile în care temperatura scade. Cum există însă ceva mai multe quarkuri decât antiquarkuri, unele quarkuri nu-și găsesc partener și își continuă existența. Câte trei asemenea quarkuri formează un proton sau un neutron. Astfel iau naștere elementele constitutive ale viitoarelor nuclee atomice.

A cincea perioadă (10^{-3} – 100 secunde): electronii și antielec-tronii se transformă în radiații. Din nou rămân o parte din electroni, deoarece există mai multă materie decât antimaterie. Aceștia vor forma mai târziu învelișul atomic.

A șasea perioadă (100 secunde – 30 minute): încă la temperaturi deosebit de ridicate, cum sunt astăzi în interiorul stelelor, protonii și neutronii se contopesc (fuziune nucleară) formând cele dintâi nuclee atomice ușoare. Iau naștere nuclee de heliu, alcătuite din doi protoni și doi neutroni. La început nu există practic decât cele mai ușoare elemente de bază, hidrogen și heliu, alături de care apar urme ale elementului litiu. Nuclee atomice grele, cum ar fi cele ale fierului sau carbonului, nu apar încă în acest moment.

A șaptea perioadă (30 minute – 1 milion de ani): după circa 300 000 de ani, globul de foc s-a răcit până

la circa 3 000°C. Nucleele atomice și electronii se pot uni acum în atomi, fără a fi descompuși din nou. O dată cu apariția atomilor, amestecul de particule, plasma, până atunci opacă, devine transparentă. De-abia acum au și astronomii prilejul de a intra în acțiune. Atunci când se uită la mari depărtări, și prin urmare în istoria îndepărtată, ei observă peretele de foc cu temperaturi de 3 000°C care ne înconjoară. Dar acesta se îndepărtează de noi cu asemenea viteză, încât nu transmite spre lumină vizibilă, ci doar unde radio.

A opta perioadă (1 milion de ani – prezent): din norii de hidrogen iau naștere sisteme galactice, stele și planete. În interiorul stelelor se formează nuclee atomice grele, cum sunt acelea ale oxigenului, carbonului și fierului, care mai târziu, în timpul exploziilor stelare, sunt eliberate și pot forma noi stele, planete și viețuitoare.



În asemenea nebuloase gazoase mai iau naștere și astăzi noi soți și sisteme planetare.

STABILIREA DIRECȚIILOR

Pentru Pământul nostru, cu multitudinea sa de forme de viață, trei lucruri au fost deosebit de importante în formarea Cosmosului:

1. La început s-a format mai multă materie decât antimaterie.
2. În cea de-a șasea perioadă s-a format hidrogenul, elementul esențial al galaxiilor, stelelor și planetelor, dar și al ființelor vii ce au apărut mai târziu pe Pământul nostru.
3. În centrul stelelor au apărut nuclee atomice grele, cum sunt acelea ale oxigenului și carbonului. Și acestea sunt elemente constitutive esențiale ale vieții.

PLANETELE

se nasc din mase de gaze și praf de forma unor discuri aflate în rotație, care se formează în jurul sorilor tineri (așa cum se vede în imagine). O parte a discurilor se aglomerează în blocuri dense, care atrag tot mai multă materie din preajma lor. Treptat, din acestea se formează o planetă.

Imagina prezintă o stea masivă, care a explodat la sfârșitul vieții ei, eliberând parțial nucleele atomice grele de oxigen, carbon sau fier formate în interiorul său.



Cum au apărut stelele și galaxiile?

La circa un milion de ani după Big Bang, se formaseră peste tot în Univers uriași nori din hidrogen, heliu și materie întunecoasă, aflați în rotație. Din ei s-au format, încetul cu încetul, galaxiile. În anumite regiuni bogate în materie ale galaxiilor, enorme nebuloase de gaze, s-au format stele – un proces pe care mai putem să-l urmărim și astăzi. Atunci când un nor gazos aflat în mișcare de rotație se contractă tot mai tare, la un moment dat devine sferic și tot mai fierbinte și începe să emită lumină vizibilă. În cele din urmă, temperatura și presiunea din interior capătă valori atât de ridicate, încât se declanșează fuziunea nucleară. Astfel ia naștere un nou soare.

Chiar la începuturile Universului s-au format în acest fel multe stele mari, care au produs în interiorul lor nuclee atomice grele, cum sunt cele ale fierului sau carbonului.

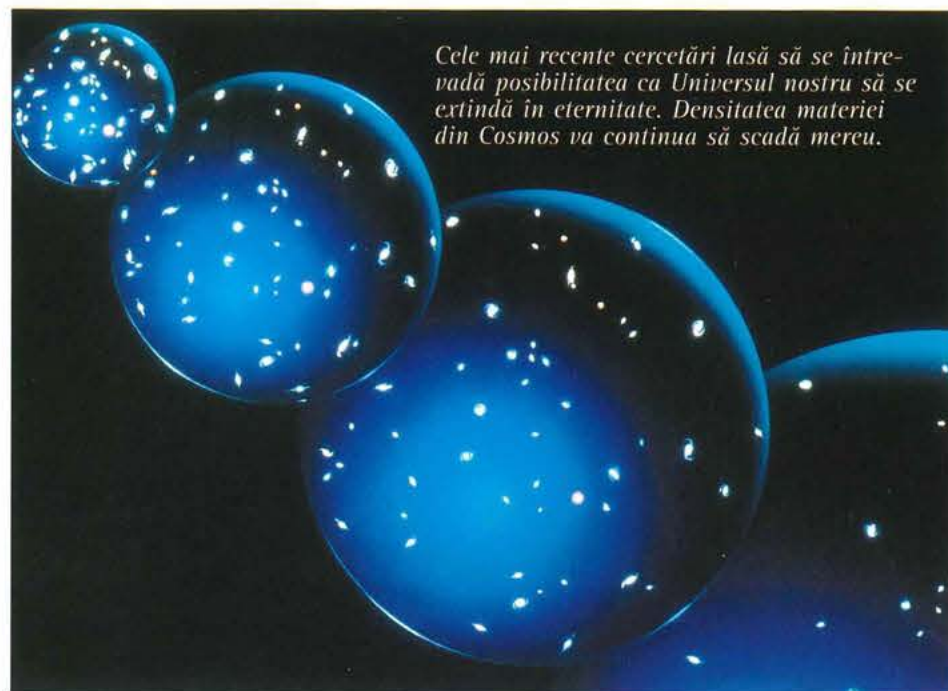
Ajunse la sfârșitul existenței lor, aceste stele au explodat, eliberând nuclee atomice: elementele constitutive elementare pentru planete asemănătoare cu Pământul și pentru viețuitoare existau și se îmbogățeau continuu în Univers.

În norul de gaze din care s-a format Soarele nostru în urmă cu circa cinci miliarde de ani existau, alături de atomii de hidrogen și heliu, și elemente grele, ca siliciu, oxigen și fier – o moștenire a generațiilor stelare mai timpurii. Nebuloasa formată din gaze s-a contractat, viteza rotației ei a crescut tot mai mult și a luat o formă aplatizată, de disc. În mijlocul acestui disc a luat naștere Soarele, în zonele excentrice planetele și sateliții lor.

Din câte se poate bănuși, mișcarea de expan-

Se va extinde Universul?

siune a Universului, adică îndepărtarea galaxiilor unele de celelalte, se va încetini treptat, deoarece galaxiile se atrag reciproc și-și frânează mișcarea. Prin urmare, s-ar putea întâmpla ca Universul să se oprească la un moment dat în loc, pentru ca apoi să se prăbușească iarăși în sine. Desfășurarea acestui fenomen depinde în mare măsură de densitatea materiei din Cosmos. Cu cât este aceasta mai mare, cu atât mai puternice sunt și forțele de atracție dintre galaxii și celelalte componente ale Universului și cu atât mai repede vor fi ele frânate. În momentul de față, cercetătorii pornesc de la premisa că densitatea materiei este prea mică pentru a provoca vreodată oprirea expansiunii Universului.



Cele mai recente cercetări lasă să se întrevadă posibilitatea ca Universul nostru să se extindă în eternitate. Densitatea materiei din Cosmos va continua să scadă mereu.

Este posibil să mai existe și alte mase de mari dimensiuni, cum sunt misterioasele găuri negre sau forme necunoscute, exotice, ale materiei și ca neutrino – particule mici, fără masă – să posede totuși o mică masă. Atunci densitatea materiei ar fi mai mare decât se presupune astăzi, iar Universul ar putea să se oprească, probabil peste 30 de miliarde de ani; galaxiile ar începe atunci să se apropie și în cele din urmă s-ar uni într-un uriaș glob de foc. S-ar petrece atunci un nou bang inițial, din care s-ar putea naște un nou Univers. La stadiul actual al cercetării, trebuie să pornim de la premisa că Universul își va continua expansiunea în eternitate.

Este Universul nesfârșit?

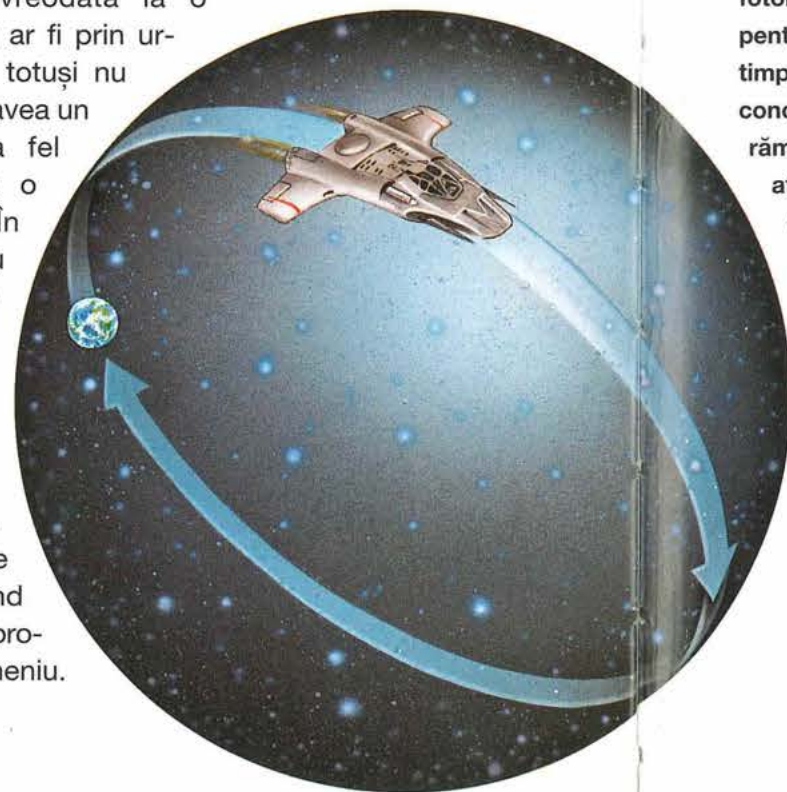
Universul nu are de fapt limite, dar este totuși finit. Această proprietate o are suprafața unei bile, de

exemplu. Dacă ne imaginăm o furnică plimbându-se pe o minge, pentru ea mingea nu are limite, și cu toate acestea suprafața este finită. Dacă furnica ar merge tot înainte, ar ajunge la un moment dat la punctul de pornire. Același lucru ar putea fi valabil și pentru Universul nostru: o navă pornită în zbor rectiliniu ar ajunge la un moment dat din nou la punctul de pornire, fără să ajungă vreodată la o graniță. Cosmosul ar fi prin urmare nelimitat, și totuși nu infinit de mare. Ar avea un anumit volum, la fel cum mingea are o suprafață finită. În acest caz, din nou s-ar prăbuși în sine. În orice caz, rezultatele măsurătorilor actuale ne lasă să tragem concluzia că Universul este infinit. Dar suntem departe de momentul când ultimul cuvânt va fi pronunțat în acest domeniu.

SE EXTINDE UNIVERSUL CU VITEZĂ TOT MAI MARE?

Unele măsurători par să indice chiar și faptul că expansiunea Universului nu se încetinește, ci se accelerează. Galaxiile par a se îndepărta unele de altele, din cauza forței de respingere. Și Albert Einstein menționase o asemenea posibilă respingere. În orice caz, aceasta ar însemna că Universul este cu mult mai bătrân decât se presupunea. Unii experți vorbesc despre o vârstă a Universului de 30 de miliarde de ani.

Suprafața unei bile este nelimitată, și totuși finită. Așa am putea să ne imaginăm și Universul. O navă spațială care zboară drept înainte ar ajunge din nou la punctul ei de pornire.



SFÂRȘITUL TIMPULUI

În nave cosmice extrem de rapide, timpul se scurge extrem de încet, potrivit teoriei lui Einstein. Pentru o particulă luminoasă sau foton, care se mișcă exact cu viteza luminii, timpul stă pe loc. Pentru această cuantă luminoasă, timpul nu există. Atunci când materia se va dezintegra în întregime, nu vor mai exista decât asemenea fotoni și cuante. Cum pentru aceștia nu există timp, dispare însuși conceptul de timp și rămânem într-o stare atemporală, pe care o putem denumi „veșnicie”.

Ce se va întâmpla cu Pământul nostru?

Planeta noastră albastră se va mai roti în jurul Soarelui încă vreo cinci miliarde de ani. Atunci, la sfârșitul zilelor sale, Soarele se va dilata, devenind o uriașă stea roșie, înghițind ambele planete mai apropiate, Mercur și Venus. Pământul nostru se va încălzi în scurtă vreme până la peste 1 000°C. Apa din oceane se va evapora și viața de pe Pământ se va stinge. Dacă planeta noastră va fi complet distrusă în chinurile morții Soarelui... nu știm cu exactitate. Sigur este că nici o ființă de pe Pământ nu va supraviețui Soarelui. Dar perioada noastră de grație este lungă, extrem de lungă. Chiar dacă omenirea va trăi încă cinci milioane de ani pe această planetă, Soarele va supraviețui cu de o mie de ori această perioadă!

Trebuie să presupunem astăzi că Universul va continua veșnic expansiunea sa. Cândva, într-un timp foarte îndepărtat, se vor stinge toți sorii, sistemele planetare vor decădea, iar galaxiile se vor ghemui, transformându-se în enorme găuri negre.

Potrivit unor teorii, și materia se va dezintegra cândva. Acestea afirmă că, după circa 1 033 de ani, protonii, pe care i-am cunoscut în postura de elemente constitutive fundamentale stabile ale nucleului, se vor dezintegra, la fel

Se va dezintegra cândva toată materia?

și neutronii, care singuri nu ar fi capabili de supraviețuire, iar astfel vor dispărea toate nucleele atomice, stelele și resturile de planete. În orice caz, 1 033 de ani reprezintă un timp nemaipomenit de îndelungat.

După perioade de timp mult mai îndelungate se vor dezintegra și găurile negre. Într-un timp extrem de îndepărtat nu va mai exista practic nici o formă de materie. Universul nostru, cu galaxiile, stelele, planetele și viețuitoarele sale se va



Peste cinci miliarde de ani, Soarele se va dilata, devenind o Gigantă Roșie, distrugând orice urmă de viață pe Pământ.

transforma într-un pustiu de radiații, în care nu am mai întâlni decât ici și colo câte un electron sau un neutrino. În comparație cu durata unei vieți, asemenea perioade de timp sunt cu totul de neînchipuit. Cu atât mai mult trebuie să-i admirăm pe fizicienii secolului XX, care au reușit în doar câțiva ani să descrie cu formulele și măsurătorile lor începutul și sfârșitul Universului, lumea quarkurilor și a gluonilor, dar și tăramul celor mai mari viteze.

Glosar

Accelerator de particule Instalație în care particule cu încărcătură electrică, de exemplu electroni sau protoni, sunt accelerate până aproape de viteza luminii.

An-lumină Distanța parcursă de lumină într-un an ($9,461 \times 10^{12}$ km = cca 10 bilioane km).

Antimaterie Materie alcătuită din antiparticule.

Antiparticule Parteneri ai fiecărei particule elementare având aceeași masă, dar încărcătură de semn opus.

Electron Particulă elementară stabilă, cu sarcină negativă. Împreună cu protonul și neutronul formează atomii.

Fermion Particulă de materie cu spinul $1/2$.

Fiziune atomică Divizarea unui nucleu cu număr mare de nucleoni în două nuclee cu număr mic de nucleoni.

Forță electromagnetică Forță care acționează în cadrul tuturor proceselor electrice și magnetice.

Forță slabă Forță care are efect de exemplu în cazul dezintegrării radioactive a nucleelor atomice.

Forță tare (forță colorată, forță nucleară) Forță care realizează menținerea împreună a quarkurilor în protoni și neutroni.

Fotoni (cuante de lumină) Transmit forța electromagnetică. Fotonii nu au masă și sunt neutri din punct de vedere electric.

Fuziune nucleară Contopirea a două nuclee atomice într-un nou nucleu.

Gluoni Particule de schimb lipsite de masă ale forței tari (din engleză: „glue” = adeziv).

Gravitație Forță de atracție între două corpuri cu masă mare.

Gravitoni Particule lipsite de masă, care transmit gravitația, dar a căror existență nu a fost demonstrată până în prezent.

Leptoni Grup al particulelor de materie. Din acesta fac parte electronii, miuonii, tau și neutrino.

Materie Termen care desemnează toate substanțele care posedă o masă. Cele mai mici elemente constitutive ale materiei sunt quarkurile și leptonii.

Mezon Particulă instabilă formată dintr-un quark și un antiquark.

Miuon Particulă elementară negativă, instabilă. Parte constitutivă a radiației cosmice.

Neutrino Particulă elementară neutră din punct de vedere electric. Neutrino nu posedă o masă, din câte se pare, și pot străbate nestingheriți materia.

Neutron Particulă stabilă, neutră din punct de vedere electric, formează nucleele atomice împreună cu protonii.

Nucleoni Termen desemnând protonii și neutronii, elementele constitutive ale nucleului atomic (din lat.: „nucleus” = sâmbure).

Particule alfa Nucleul unui atom de heliu format din doi protoni și doi neutroni.

Particule de schimb (bozoni) Mijlocesc acțiunea reciprocă (forțele) dintre particulele elementare.

Particule elementare Cele mai mici părți constitutive ale materiei, care au apărut o dată cu bangul inițial. Cele mai multe particule elementare s-au redezintegrat rapid. Au rămas particulele stabile, cum sunt quarkurile și electronii, din care este alcătuită toată materia.

Pozitron Antiparticula încărcată pozitiv a electronului.

Proton Particulă stabilă, încărcată pozitiv, formează nucleele atomice împreună cu neutronii.

Quarkuri Elemente constitutive ale materiei. Există șase quarkuri diferite. Dar materia stabilă nu este alcătuită decât din quarkuri up și down. Câte trei dintre ele formează un proton, respectiv un neutron.

Radiație cosmică Radiație de mare energie din spațiul cosmic, care pătrunde prin atmosfera terestră și a cărei prezență a fost demonstrată la adâncimi mari sub pământ. Ea se compune printre altele din protoni, nuclee de heliu, leptoni, radiații roentgen și gama.

Spin Rotația proprie a particulelor elementare. Particulele de schimb au un spin număr întreg, particulele de materie un spin semîntreg ($s = 1/2$).

Viteza luminii Viteza cu care se deplasează lumina și alte unde electromagnetice. În vid, ea se ridică la $300\,000$ km/s și reprezintă viteza maximă absolută pentru toate formele de energie.

Weakoni (bozoni W și Z) Particulele de transmisie înzestrate cu masă ale forței slabe.

Indice

A

Accelerator de particule 34, 35, 42
Alfa Centauri 9
Analiza spectrală 26, 27
An-lumină 10, 11
Antiquark 31, 34, 42, 44
Antieletron (vezi pozitron)
Antimaterie 29, 31, 43
Apă 24, 25, 31
Atom 5, 22, 24, 31, 43
 Alcătuire 25, 26
Aur 24, 25

B

Bangul inițial 40, 41, 46
Barioni 30
Bariu 17
Bombă atomică 15-17
Bozoni 33
Bozoni Higgs 35

C

Calea Lactee 38, 40
Carbon 16, 25, 28, 41, 44, 45
Centrală de energie nucleară 16, 17, 28, 29
CERN 13
Contractie longitudinală 9
Creier 7, 23
Cuantă 8, 22, 27, 29

D

Deneb 11
DESY 13, 15, 35
Dilatarea timpului 8
Dualism 22

E

Eclipsă de soare 21
Efect Doppler 39
Einstein, Albert 6-8, 22
Electron 15, 22, 25-32, 34-36, 42-44, 47
Element, chimic 24, 26
Eter 6

F

Fermioni 33
Fier 16, 24, 44, 45
Fiziune nucleară 17
Formarea de perechi 29
Forță electromagnetică 32, 33, 36, 44
Forță electroslabă 32, 36, 44

Forță inițială 7, 36, 43
Forță nucleară 33
Forță slabă 32, 33, 36, 44
Forță tare 32, 33, 36
Forțe naturale 7, 32, 36, 43
Foton (cuantă de lumină) 22, 23, 26, 28, 33, 42, 44

Fuziune nucleară 16, 44, 45

G

Galaxie 10, 38-41, 43
Galaxie eliptică 38, 39
Galaxie în spirală 38, 39
Galilei, Galileo 4
Gaură neagră 18, 19, 36, 37, 47
Gigantă Roșie 47
Gluoni 32
Gravitație 18, 23, 33, 43

H

Helium 16, 25, 27-29, 37, 44, 45
Hidrogen 16, 24-28, 37, 44, 45
Hiroshima 15
Hubble, Edwin 40

I, J

Inflație 43
Ion 28
Iradiație 29
Izotop 28
Jupiter 4

K

Kripton 17

L

Leptoni 30, 33, 35, 36
Litiu 44
Luna 4

M

Materie 29-31, 33, 34, 42, 43, 47
Materie întunecată 45
Meteorit 41
Mezon pi (pion) 31
Mezoni 30, 31
Michelson, Albert 6
Miuoni 8-11
Modelul atomic al lui Bohr 25, 27
Moleculă 24, 25, 31

N

Nebuloasa Andromeda 11, 39, 40
Nebuloasa Capului de Cal 4
Neutrino 47
Neutron 16, 17, 28, 30, 33, 42, 44, 47
Newton, Isaac 7
Nucleoni 28, 30-32
Nucleu atomic 25-28, 31, 43, 44
 Alcătuire 28
 Dimensiuni 26

O

Oxigen 16, 24, 25, 44, 45
OZN-uri 9

P, Q

Paradoxul gemenilor 13
Particulă elementară 5, 30-34
Particule alfa 25

Particule X 42, 43
Pârghie spiralată 38, 39
Pitică albă 37
Planck, Max 22, 23
Planete 43-45
Plasmă 44
Pozitron 29, 42
Proton 16, 28, 30-34, 42, 44, 47
Puteri zecimale 24
Quark 30-36, 42-44
Quasar 41

R

Radiație alfa 28
Radiație cosmică 8
Radiație de fundal 41
Radiație de microunde 41
Radiație infraroșu 22, 23
Radiație roentgen 22, 23, 37
Radiație ultravioletă 22, 23, 37
Radiații beta 28
Radiații gama 23, 28
Radiotelescop 40
Roci selenare 41
Roșii de galaxii 39, 40
Roșii de stele globulare 41
Römer, Ole 4
Rutherford, Ernest 25

S

Sistem inertial 13
Sisteme galactice 44
Soarele 4, 16
Spectru 27
Spin 33

Stele 43-45
Stele neutronice 20, 21
Strings 30
Structură sferică 38
Sunet 5, 6
Supersimetrie 33

T

Teoria cuantică 8
Teoria relativității 6
 Generalizate 7, 8, 18
 Restrânse 6-9

U

Unde electromagnetice 22, 23
Unde radio 4, 22, 37, 44
Univers 46
 Vârsta 41, 46
 Naștere 42, 43, 44
 Dimensiuni 46
Uraniu 16, 17, 24, 28

V, W

Vega 11
Viteza luminii 4, 5, 6
 Constanța vitezei luminii 6
Viteze mai mari decât cea a luminii 11
Weakoni 33

