

LBRIS

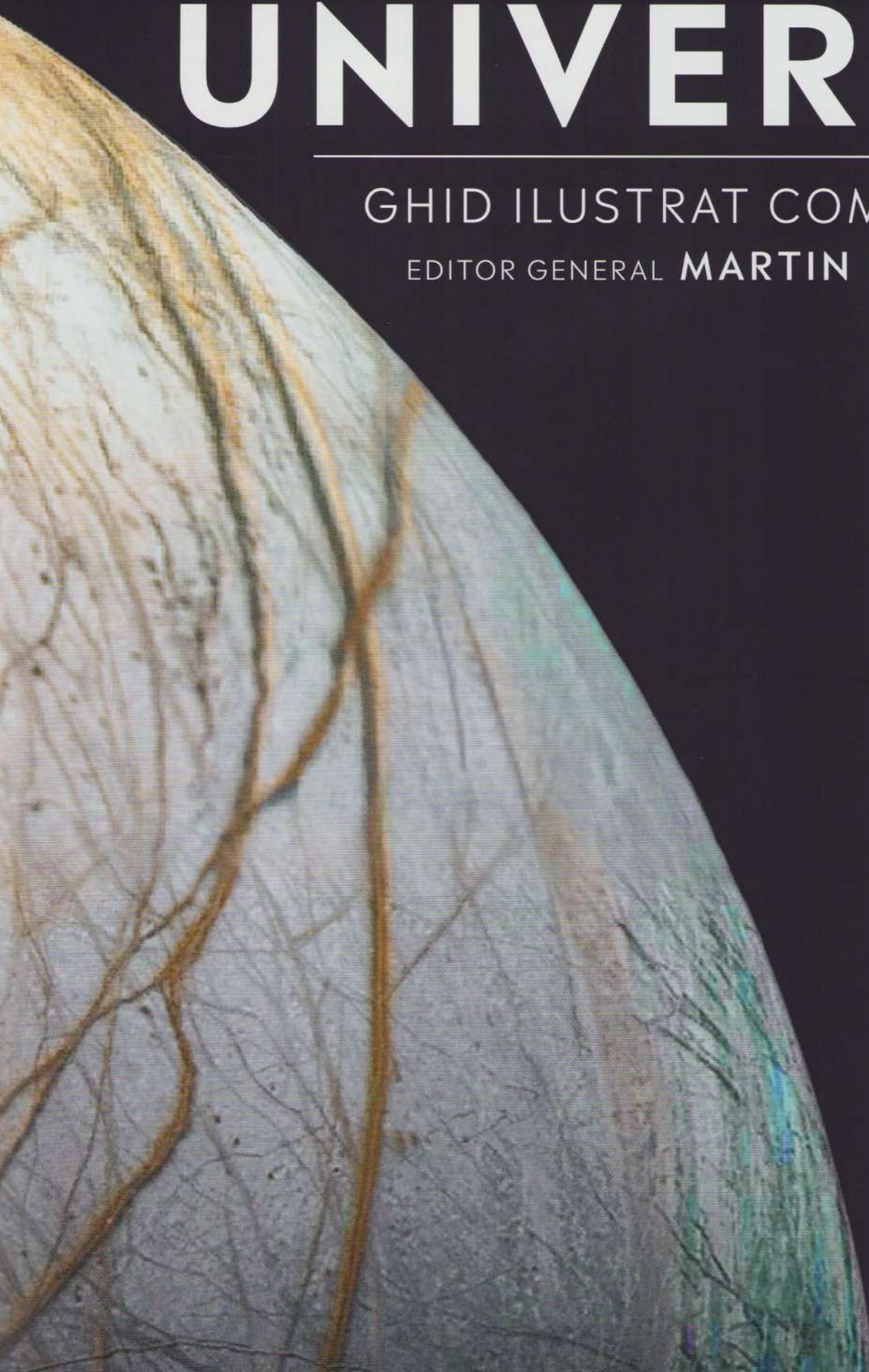
We know
books



UNIVERSUL

GHID ILUSTRAT COMPLET

EDITOR GENERAL **MARTIN REES**



UNIVERSE
 THE DEFINITIVE VISUAL GUIDE
 Copyright © 2005, 2012, 2020 Dorling Kindersley Limited
 O companie Penguin Random House
 Toate drepturile rezervate

ACEASTĂ EDIȚIE

DK LONDRA	DK DELHI
EDITOR DE PROIECT Mieczan van Zyl	EDITOR SENIOR Suefa Lee
EDITOR ARTISTIC DE PROIECT Steve Woosnam-Savage	EDITOR Ishita Jha
DIRECTOR EDITORIAL Angeles Gavira Guerrero	EDITOR ARTISTIC DE PROIECT Rupanki Arora Kaushik
DIRECTOR ARTISTIC Michael Duffy	EDITOR ARTISTIC Nobina Chakravorty
MANAGER DEZVOLTARE DESIGN COPERTĂ Sophia MTT	ASISTENT DOCUMENTARIST IMAGINI Nimesh Agrawal
EDITOR PRODUCȚIE Gillian Reid	DIRECTOR ARTISTIC Sudakshina Basu
DIRECTOR ARTISTIC Karen Self	DIRECTOR DOCUMENTARE IMAGINI Taiyaba Khatoun

EDIȚII ANTERIOARE

EDITOR SENIOR Peter Frances
EDITORI PROIECT Georgina Garner, Rob Houston, Gill Pitts, Martyn Page, David Summers, Mieczan van Zyl
EDITORI Joanna Chisholm, Ben Hoare, Giles Sparrow
DESIGNERI Kenny Grant, Jerry Udall
CERCETARE ICONOGRAFICĂ Louise Thomas
ILUSTRATORI Anbits, Combustion Design and Advertising, Fanatic Design, JP Map Graphics, Moonrunner Design, Pikaia Imaging, Planetary Visions, Precision Illustration
EDITORI PRODUCȚIE John Goldsmid, Adam Stoneham
EDITOR ARTISTIC Michelle Baxter
DIRECTORI ARTISTICI Philip Ormerod, Bryn Walls
CONSULTANȚI EDIȚIE REVIZUITĂ Andrew K. Johnston, Center for Earth and Planetary Studies, National Air and Space Museum, Smithsonian Institution, SUA.

AVERTISMENT

Studierea Soarelui cu ochiul liber, cu binoculul sau cu telescopul poate provoca probleme oculare grave. Sfaturi despre observarea în siguranță a Soarelui sunt oferite la pagina 85 (vezi Telescoape solare). Autorii și editorii nu se fac vinovați de orice încălcare a acestui sfat de către cititori.



Editura Litera
 tel.: 0374 82 66 35; 021 319 63 90; 031 425 16 19
 e-mail: contact@litera.ro
www.litera.ro

Universul
 Ghid ilustrat complet
 Copyright © 2022 Grup Media Litera
 Toate drepturile rezervate

Traducere din engleză: Gabriel Tudor

Editor: Vidrașcu și fiii
 Redactori: Sabrina Florescu, Ilieș Câmpeanu
 Corector: Georgiana Enache
 Prelucrare copertă: Vlad Panfilov
 Tehnoredactare și prepress: Marin Popa

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
 Universul: ghid ilustrat complet /
 ed. general: Martin Rees. – București: Litera, 2022
 ISBN 978-606-33-9318-1
 I. Rees, Martin (ed.)

CUPRINS

DESPRE CARTE	6
SCURT TUR AL UNIVERSULUI DE MARTIN REES	8
 INTRODUCERE	
CE ESTE UNIVERSUL?	20
DIMENSIUNEA UNIVERSULUI	22
OBIECTE CEREȘTI	24
MATERIE	28
RADIAȚIE	34
GRAVITAȚIE, MIȘCARE ȘI ORBITE	38
SPAȚIU ȘI TIMP	40
SPAȚIU ÎN EXPANSIUNE	44
ÎNCEPUTUL ȘI SFÂRȘITUL UNIVERSULUI	46
BIG BANG	48
DINCOLO DE ÎNTUNERIC	54
VIAȚA ÎN UNIVERS	56
SOARTA UNIVERSULUI	58
VEDEREA DE PE PĂMÂNT	60
SFERA CEREASCĂ	62
CICLURI COSMICE	64
MIȘCAREA PLANETELOR	68
MIȘCĂRI ȘI MODELE STELARE	70
LUMINI PE CER	74
ASTRONOMIE CU OCHIUL LIBER	76

ASTRONOMIE CU BINOCLUL	80
ASTRONOMIE CU TELESCOPUL	82
MONTAREA UNUI TELESCOP	86
ASTROFOTOGRAFIE	88
OBSERVATOARE ASTRONOMICE	90
OBSERVAȚII DIN SPAȚIU	94



GHIDUL UNIVERSULUI

SISTEMUL SOLAR	98
ISTORIA SISTEMULUI SOLAR	100
FAMILIA SOARELUI	102
SOARELE	104
MERCUR	110
VENUS	116
PĂMÂNTUL	126
LUNA	136
MARTE	150
ASTEROIZI	170
JUPITER	178
SATURN	188
URANUS	200
NEPTUN	204
PLUTO ȘI SATELIȚII SĂI	208
CENTURA KUIPER ȘI NORUL LUI OORT	210
COMETE	214
METEORI ȘI METEORIȚI	220

CALEA LACTEE	224
CALEA LACTEE	226
STELE	232
CICLURI DE VIAȚĂ ALE STELELOR	234
FORMAREA STELELOR	238
SECVENȚA PRINCIPALĂ	250
STELE BĂTRÂNE	254
STELE ÎN STADII FINALE	266
STELE MULTIPLE	274
STELE VARIABILE	282
ROIURI DE STELE	288
EXOPLANETE	296

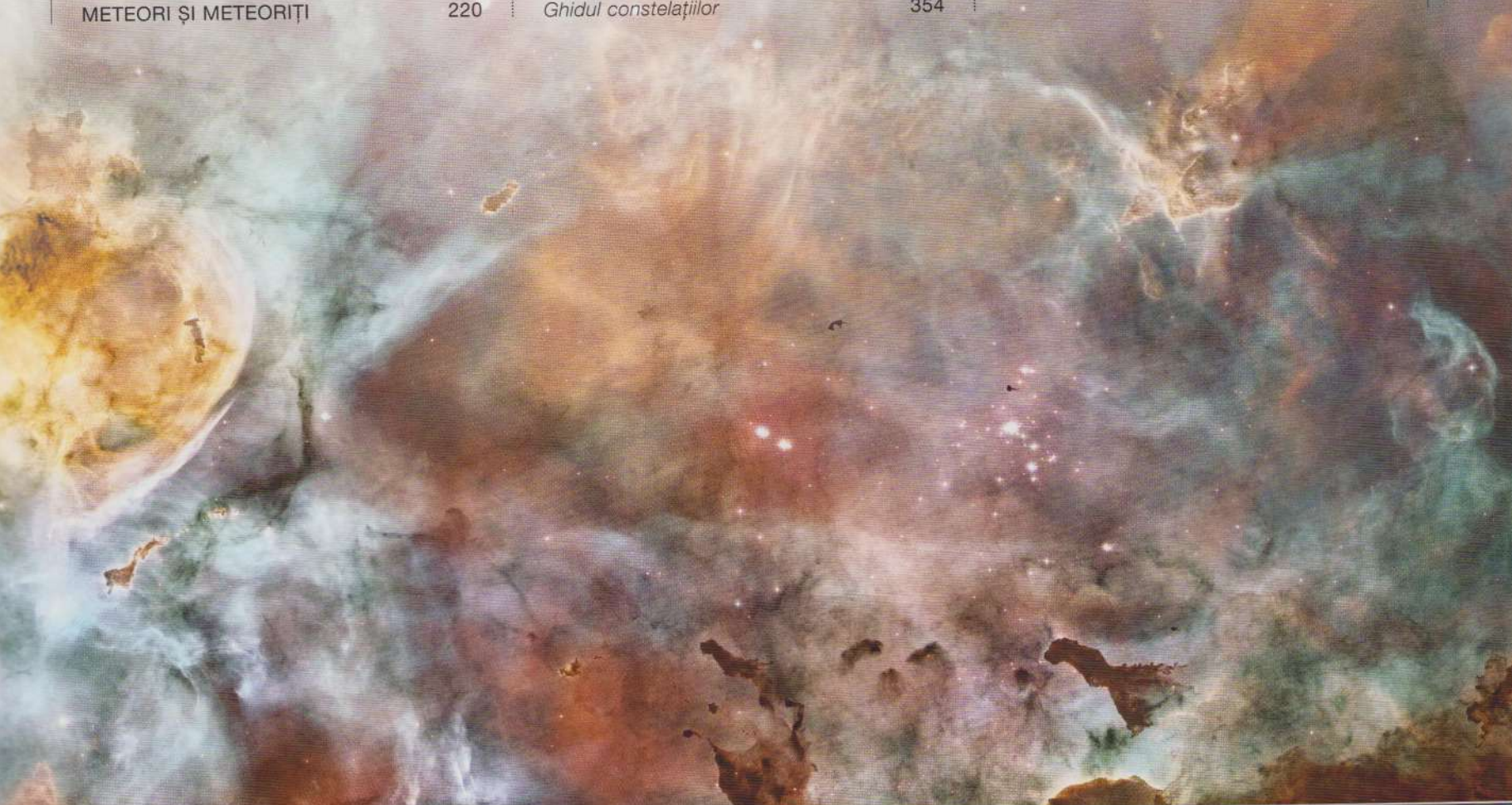
DINCOLO DE CALEA LACTEE	300
TIPURI DE GALAXII	302
EVOLUȚIA GALAXIILOR	306
GALAXII ACTIVE	320
ROIURI DE GALAXII	326
SUPERROIURI DE GALAXII	336



CERUL NOPTII

CONSTELAȚIILE	344
ISTORIA CONSTELAȚIILOR	346
CARTOGRAFIERE A CERULUI	348
<i>Ghidul constelațiilor</i>	354

GHID LUNAR AL CERULUI	426
FOLOSIRE A GHIDULUI CERULUI	428
IANUARIE	430
FEBRUARIE	436
MARTIE	442
APRILIE	448
MAI	454
IUNIE	460
IULIE	466
AUGUST	472
SEPTEMBRIE	478
OCTOMBRIE	484
NOIEMBRIE	490
DECEMBRIE	496
GLOSAR	502
INDICE	510
MULȚUMIRI	526



*„Există motive pentru a contempla cu optimism
precaut ideea că s-ar putea să ne apropiem
de descoperirea legilor supreme ale naturii.“*

Stephen Hawking

UNIVERSUL ESTE ÎNTREAGA EXISTENȚĂ – tot spațiul și timpul și toată materia și energia din el. Universul are o vastitate necunoscută și, încă de la formare, se află într-o continuă expansiune – diferite regiuni se îndepărtează între ele cu viteze apropiate și uneori chiar mai mari decât cea a luminii.

Universul cuprinde totul, de la particule subatomice minuscule la superroiuri de galaxii uriașe, dar se pare că este guvernat de aceleași legi fundamentale. Toată materia vizibilă (care reprezintă un procent infim din materia totală) este construită din aceleași blocuri subatomice și aceleași forțe fundamentale guvernează toate interacțiunile dintre aceste elemente. Cunoașterea acestor principii de funcționare cosmice – de la relativitatea generală la fizica cuantică – stă la baza cosmologiei, studiul universului ca entitate. Cosmologii speră să răspundă unor întrebări precum „Cât de mare și cât de bătrân este universul?“ și „Cum funcționează el la scara cea mai mare?“

UNDĂ DE ȘOC ARCUITĂ ÎN JURUL UNEI STELE

Această imagine misterioasă din nebuloasa Orion prezintă interacțiunea materiei și radiației la o scară stelară. O stea înconjurată de gaze și de praf a întâlnit un vânt de particule puternic, suflând dinspre o stea strălucitoare tânără (care nu apare în cadru). În jurul stelei s-a produs o undă de șoc gazoasă, în formă de semilună, ca apa curgând pe lângă prora unei nave.

CE ESTE UNIVERSUL?

We know
books

DIMENSIUNEA UNIVERSULUI

Obiecte cerești 24-27

Spațiu în expansiune 44-45

Soarta universului 58-59

Familia Soarelui 102-103

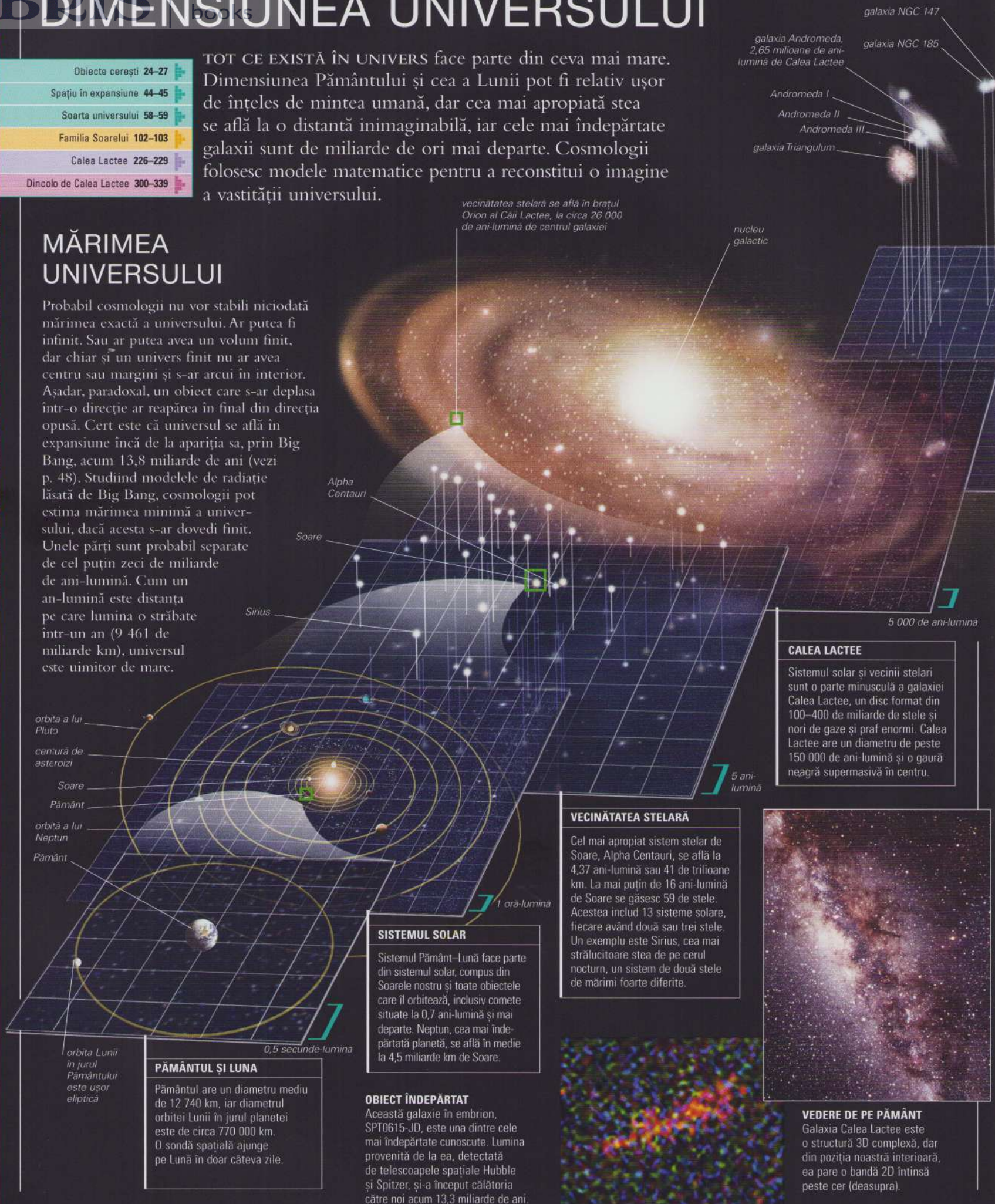
Calea Lactee 226-229

Dincolo de Calea Lactee 300-339

TOT CE EXISTĂ ÎN UNIVERS face parte din ceva mai mare. Dimensiunea Pământului și cea a Lunii pot fi relativ ușor de înțeles de mintea umană, dar cea mai apropiată stea se află la o distanță inimaginabilă, iar cele mai îndepărtate galaxii sunt de miliarde de ori mai departe. Cosmologii folosesc modele matematice pentru a reconstitui o imagine a vastității universului.

MĂRIMEA
UNIVERSULUI

Probabil cosmologii nu vor stabili niciodată mărimea exactă a universului. Ar putea fi infinit. Sau ar putea avea un volum finit, dar chiar și un univers finit nu ar avea centru sau margini și s-ar arca în interior. Așadar, paradoxal, un obiect care s-ar deplasa într-o direcție ar reapărea în final din direcția opusă. Cert este că universul se află în expansiune încă de la apariția sa, prin Big Bang, acum 13,8 miliarde de ani (vezi p. 48). Studiind modelele de radiație lăsată de Big Bang, cosmologii pot estima mărimea minimă a universului, dacă acesta s-ar dovedi finit. Unele părți sunt probabil separate de cel puțin zeci de miliarde de ani-lumină. Cum un an-lumină este distanța pe care lumina o străbate într-un an (9 461 de miliarde km), universul este uimitor de mare.



orbita Lunii în jurul Pământului este ușor eliptică

PĂMÂNTUL ȘI LUNA

Pământul are un diametru mediu de 12 740 km, iar diametrul orbitei Lunii în jurul planetei este de circa 770 000 km. O sondă spațială ajunge pe Lună în doar câteva zile.

SISTEMUL SOLAR

Sistemul Pământ-Lună face parte din sistemul solar, compus din Soarele nostru și toate obiectele care îl orbitează, inclusiv comete situate la 0,7 ani-lumină și mai departe. Neptun, cea mai îndepărtată planetă, se află în medie la 4,5 miliarde km de Soare.

OBIECT ÎNDEPĂRTAT

Această galaxie în embrion, SPT0615-JD, este una dintre cele mai îndepărtate cunoscute. Lumina provenită de la ea, detectată de telescoapele spațiale Hubble și Spitzer, și-a început călătoria către noi acum 13,3 miliarde de ani.

VECINĂTATEA STELARĂ

Cel mai apropiat sistem stelar de Soare, Alpha Centauri, se află la 4,37 ani-lumină sau 41 de trilioane km. La mai puțin de 16 ani-lumină de Soare se găsesc 59 de stele. Acestea includ 13 sisteme solare, fiecare având două sau trei stele. Un exemplu este Sirius, cea mai strălucitoare stea de pe cerul nocturn, un sistem de două stele de mărime foarte diferite.

CALEA LACTEE

Sistemul solar și vecinii stelari sunt o parte minuscule a galaxiei Calea Lactee, un disc format din 100-400 de miliarde de stele și nori de gaze și praf enormi. Calea Lactee are un diametru de peste 150 000 de ani-lumină și o gaură neagră supermasivă în centru.

VEDERE DE PE PĂMÂNT

Galaxia Calea Lactee este o structură 3D complexă, dar din poziția noastră interioară, ea pare o bandă 2D întinsă peste cer (deasupra).

UNIVERS

GRUPUL LOCAL DE GALAXII

Calea Lactee face parte dintr-un roi de galaxii numit Grupul Local, care ocupă o regiune cu diametru de 10 milioane de ani-lumină. Cuprinde peste 50 de galaxii cunoscute și doar Andromeda are o mărime similară cu galaxia noastră. Majoritatea sunt galaxii mici (pitice).

galaxia pitică
Ursa Minor

Calea
Lactee

We know books

SUPERROIUL LOCAL

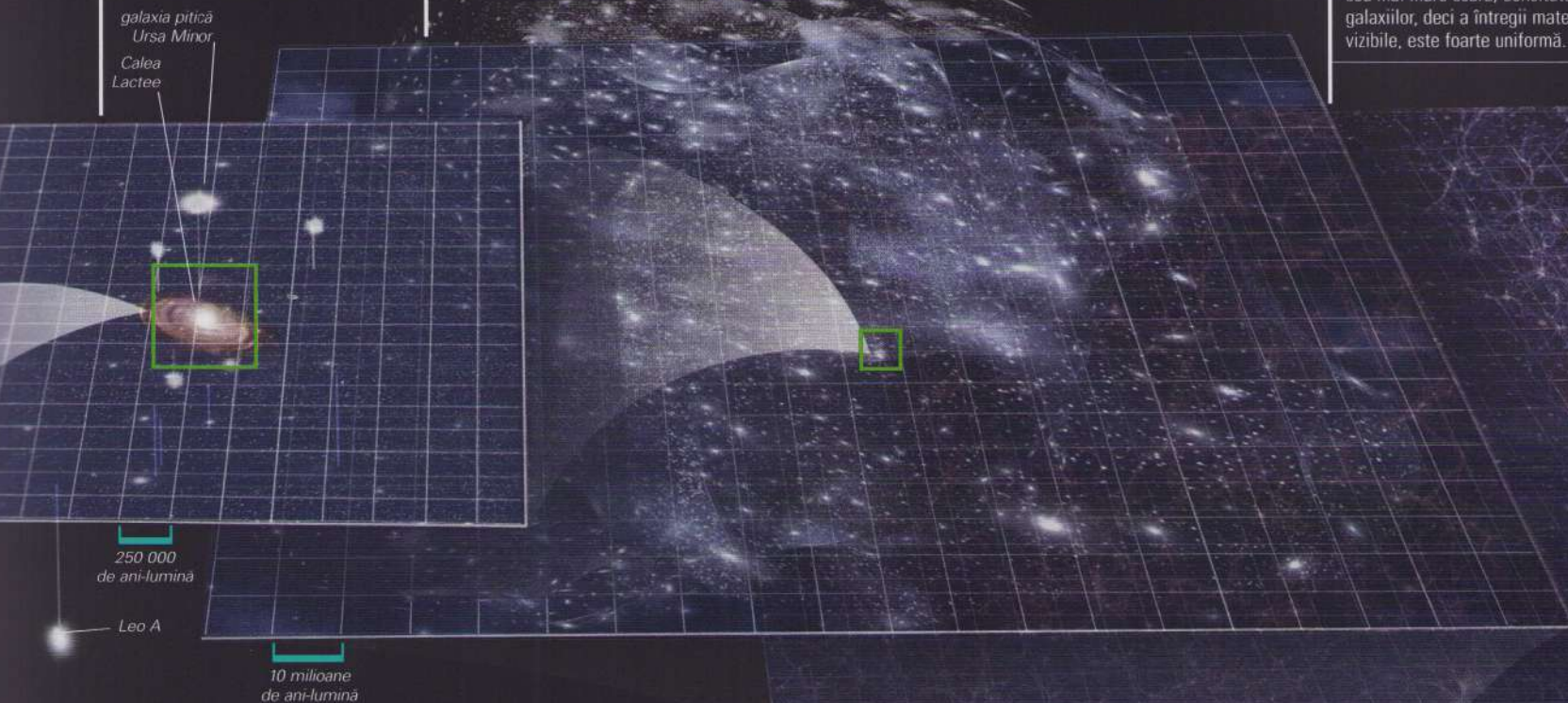
Grupul Local face parte, alături de roiuri de galaxii apropiate, precum Virgo, dintr-o vastă structură, numită superroiul Virgo. Acesta are diametrul de 110 milioane de ani-lumină și (dacă includem și galaxiile pitice) cuprinde zeci de mii de galaxii.

ROI ÎNDEPĂRTAT

Marele roi de galaxii Abell 2218 (stânga) este vizibil de pe Pământ, deși se află la peste 2 miliarde de ani-lumină depărtare.

STRUCTURĂ LA SCARĂ MARE

Superroiurile de galaxii se adună în noduri sau se întind ca niște filamente cu lungimi de miliarde de ani-lumină, cu goluri largi („viduri”) care le separă. Dar, la cea mai mare scară, densitatea galaxiilor, deci a întregii materii vizibile, este foarte uniformă.

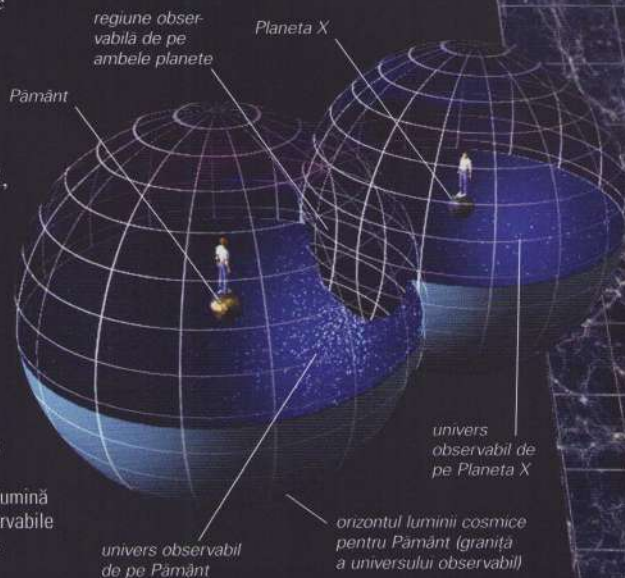


UNIVERSUL OBSERVABIL

Deși universul nu are margini și ar putea fi infinit, partea pe care o cunosc savanții este limitată și finită. Numită univers observabil, aceasta este regiunea sferică din jurul Pământului dinspre care lumina a avut timp să ajungă la noi. Granița care separă această regiune de restul universului se numește orizontul luminii cosmice. Lumina care ajunge pe Pământ de la un obiect aflat foarte aproape de acest orizont a călătorit probabil cea mai mare parte a vârstei universului, adică aproximativ 13,8 miliarde de ani. Această lumină trebuie să parcurgă o distanță de circa 13,8 miliarde de ani-lumină pentru a ajunge la Pământ. O asemenea distanță poate fi definită ca „retrospectivă” sau a „călătoriei luminii” între Pământ și obiectul îndepărtat. Dar adevărata distanță este mult mai mare, fiindcă, de când lumina ajunsă pe Pământ a părăsit obiectul, acesta a fost purtat mai departe în spațiu de expansiunea universului (vezi p. 45).

UNIVERSURI OBSERVABILE SUPRAPUSE

Pământul și Planeta X – o planetă imaginară, cu viață inteligentă, situată la zeci de miliarde de ani-lumină distanță – ar avea universuri observabile foarte diferite. Acestea s-ar putea suprapune, ca în imagine, sau nu.



100 de milioane
de ani-lumină

DE LA PLANETA NOASTRĂ LA SUPERROIURI

Universul este structurat ierarhic. Pământul face parte din sistemul solar găzduit în Calea Lactee, care, la rândul ei, aparține Grupului Local. Grupul Local este doar o parte dintr-unul din milioanele de superroiuri de galaxii care se extind în straturi și în filamente în tot universul observabil.

OBIECTE CEREȘTI

We know
books

Familia Soarelui 102-103

Stele 232-233

Cicluri de viață ale stelelor 234-237

Exoplanete 296-299

Tipuri de galaxii 302-303

Roiuri de galaxii 326-327

Superroiuri de galaxii 336-339

UNIVERSUL ESTE FORMAT din energie, spațiu și materie. O parte a materiei străbate spațiul ca atomi sau molecule de gaz simple. O altă parte se strânge în aglomerări de materie, de la bulgări de praf la stele gigant, sau implodează formând găuri negre. Gravitația contopește toate aceste obiecte în nori și discuri uriașe de material – galaxii. Acestea formează roiuri și în final cele mai mari obiecte cerești – superroiuri.



NEBULOASĂ OBSCURĂ

Numită și nebuloasa Baubau, LDN 1622 este un nor mare de praf și de gaz, aflat la circa 500 de ani-lumină de Pământ.

GAZ, PRAF ȘI PARTICULE

Mare parte a materiei obișnuite din univers există sub formă de gaz, rarefiat și slab în interiorul și în jurul galaxiilor și chiar mai rarefiat între galaxii. Gazul este format în special din atomi de hidrogen și de heliu, dar nori din interiorul galaxiilor conțin atomi și molecule simple de elemente chimice mai grele. În norii de gaz se amestecă și praf – particule solide minuscule de carbon sau substanțe precum silicați (compuși de siliciu și oxigen). În galaxii, gazul și praful alcătuiesc mediul interstelar. Mase vizibile din acest mediu, multe fiind locuri de formare a stelelor, sunt numite nebuloase. Unele, nebuloasele de emisie, produc o strălucire puternică, întrucât atomii din care sunt constituite absorb energia stelelor și o radiază la rândul lor. În schimb, nebuloasele obscure sunt vizibile doar ca pete care blochează lumina stelară. Materia există în spațiu și ca raze cosmice – particule subatomice puternic încărcate energetic care se deplasează cu viteze mari prin cosmos.

NEBULOASĂ STELARĂ

Nebuloasa Carina, un nor de gaz gigant, este un element proeminent pe cerul emisferei sudice, fiind vizibil cu ochiul liber. Culoarele diferite din imagine reprezintă variațiile de temperatură ale gazului.



GAZ SCLIPITOR

Acest ocean de gaz sclipitor este o regiune activă în care se formează stele în nebuloasa de emisie Omega. Poate că nori de gaz și de praf creează stele și planete, dar sunt eliminați și de stele muribunde, care în final vor fi reciclate în următoarea generație de stele.

LIBRIS STELE ȘI PITICE MARO

We know books

Lumina universului provine în special de la stele – globuri de gaz fierbinți care generează energie prin fuziune în nucleul lor. Stelele se formează prin condensarea norilor de gaz și de praf în nebuloase și uneori apar în perechi sau roiuri. După masa lor inițială, variază ca strălucire, culoare, temperatură la suprafață și durată a vieții. Cele mai mari, cunoscute ca gigante și supergigante, sunt și cele mai fierbinți și mai strălucitoare, dar trăiesc doar câteva milioane de ani. Stelele cu masă redusă (cele mai numeroase) sunt mici, cu lumină slabă, roșii și pot trăi miliarde de ani; sunt numite pitice roșii. Cele mai mici sunt numite pitice maro – stele eșuate, insuficient de mari sau de fierbinți pentru a susține fuziunea. Emit o strălucire palidă. Mare parte din materia obișnuită e posibil să vină de la ele.



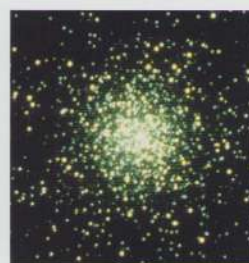
SUPERGIGANTĂ

Betelgeuse poate fi văzută ca o pată prin telescoape mari, deși e la circa 650 de milioane de ani-lumină.



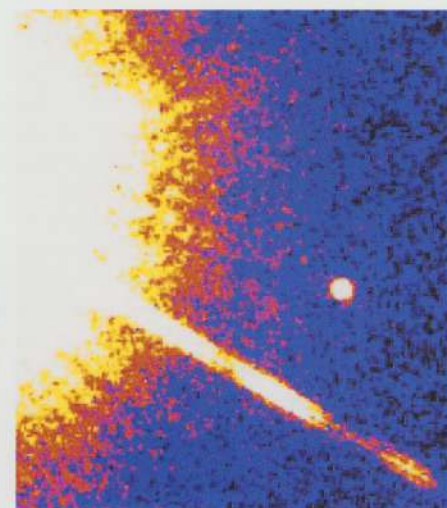
STEA DUBLĂ

Albireo este o stea binară: o stea principală galbenă-portocalie, strălucitoare, și o însoțitoare albastruie, mai pală.



ROI GLOBULAR

Roiuri de stele ca M3 (deasupra) sunt obiecte străvechi care orbitează galaxii. M3 are circa o jumătate de milion de stele.



PITICĂ MARO

Punctul din dreapta acestei imagini este o pitică maro numită Gliese 229b. Obiectul mai mare și mai strălucitor este pitica roșie Gliese 229, orbitată de pitica maro.



NEBULOASĂ PLANETARĂ

Acest nor de gaz strălucitor, numit NGC 6751, a fost eliminat cu mii de ani în urmă de pitica albă fierbinte vizibilă în centrul său.

RESTURI DE STELE

Stelele nu trăiesc veșnic. Chiar și cele mai mici și mai longevive pitice roșii se sting. Stelele cu masă medie, ca Soarele, se măresc, ajungând stele cu densitate redusă, numite gigante roșii, înainte ca majoritatea straturilor superioare să fie eliminate. Apoi colapsează, formând pitice albe, care se sting și se răcesc treptat. Straturile în expansiune din jurul unor astfel de stele, formate din materia eliminată, se numesc nebuloase planetare (deși nu au nici o legătură cu planetele). Stelele mai mari se dezintegrează în explozii numite supernove. Învelișul în expansiune format din materia eliminată este vizibil mii de ani și se numește rest de supernovă. Dar nu tot materialul stelar explodează. O parte a nucleului colapsează, devenind un obiect compact, extrem de dens, numit stea neutronică. Stelele cele mai mari colapsează și devin găuri negre (vezi p. 26).



REST DE SUPERNOVĂ

Nebuloasa Voalul este unda de șoc produsă de o stea explodată acum 5 000–15 000 de ani. Ea se află la 2 600 de ani-lumină și ar putea să formeze stele.

PLANETE ȘI CORPURI MAI MICI

Se crede că sistemul nostru solar (steaua noastră, Soarele, și tot ce o orbitează) s-a format din praf și gaz condensate într-un disc rotativ numit disc protoplanetar. Materialul central a devenit Soarele, iar materia exterioară a format planete și alte obiecte, mici și reci. O planetă este o sferă care orbitează o stea și, spre deosebire de o pitică maro, nu produce fuziune nucleară. Fiindcă până acum au fost detectate mii de planete orbitând stele din galaxia noastră (vezi pp. 296–299), pare aproape cert că planetele sunt răspândite în univers. În sistemul solar, ele sunt fie giganți gazoși, precum Jupiter, fie corpuri mai mici, stâncoase, precum Pământul și Marte. Cele mai mici obiecte se împart în câteva categorii. Sateliții sunt corpuri care orbitează planete sau asteroizi. Asteroizii sunt corpuri de rocă, având diametre între 50 m și 1 000 km. Cometele sunt bucăți de rocă și gheață cu diametru de câțiva kilometri, care orbitează mai ales întinderi îndepărtate ale sistemului solar. Piticele de gheață sunt similare, dar ajung la diametre de câteva sute de kilometri. Meteorozii sunt rămășițe ale unor asteroizi sfărâmați sau provin din praful cometelor.



IO



EUROPA



GANYMEDE



CALLISTO

PLANETA PĂMÂNT

Planeta noastră pare neobișnuită, având apă la suprafață și susținând viața. Nu știm cât de rare sunt asemenea planete în univers.



SATELIȚI GALILEENI

Pe lângă Luna Pământului, acești patru mari sateliți orbitează planeta Jupiter au fost primii descoperiți, de Galileo Galilei, în 1610.

coamă

coadă de gaz
coadă de praf

COMETA IKEYA-ZHANG

Puține comete au orbite care le aduc aproape de Soare. Substanțele chimice înghețate din cometă se vaporizează, producând o coamă strălucitoare (cap) și cozi lungi de gaz și praf. Această cometă strălucitoare a fost vizibilă în 2002.

BRIS

We know
GALAXII
BOOKS**QUASAR**

Se crede că unele galaxii, dacă nu chiar majoritatea lor, au fost inițial quasari – galaxii extrem de luminoase, alimentate de materia care cade într-o masivă gaură neagră centrală.

Sistemul solar ocupă o mică parte din enorma structură discooidală formată din stele, gaz și praf numită Calea Lactee. Până acum circa o sută de ani se credea că galaxia noastră reprezintă întregul univers; puțini își imaginau că ar mai putea exista altceva în afara Căii Lactee. Azi, știm că doar partea observabilă a universului cuprinde peste 1 trilion de galaxii separate. Ele variază ca mărime, de la galaxii pitice, cu diametru de doar câteva sute de ani-lumină și conținând circa 100 de milioane de stele, la galaxii gigantice, întinse pe mii de ani-lumină și având 100 de trilioane de stele. Pe lângă

stele, galaxiile conțin și nori de gaz, praf și materie întunecată (vezi alături), toate ținute la un loc de gravitație. Ele au cinci forme: spirală, spirală barată, eliptică (variază de la o formă sferică la forma unei mingi de rugby), lenticulară (în formă de lentilă) și neregulată. Astronomii identifică galaxiile după numărul lor într-una din cele câteva baze de date cuprinzând obiecte cerești. De exemplu, NGC 1530 reprezintă galaxia 1530 din baza de date New General Catalogue (NGC).

GALAXIE SPIRALĂ

Imaginea surprinsă de telescopul spațial Spitzer prezintă o galaxie spirală apropiată, numită M81. Senzorul a captat radiația în infraroșu, mai degrabă decât lumina vizibilă, și imaginea scoate în evidență praful din brațele spirală și nucleul galaxiei.

nucleu
sau miez
galactic

braț spirală

**SPIRALĂ BARATĂ**

Într-o galaxie spirală barată, precum NGC 1530 (deasupra), brațele spirală radiază din capetele unei structuri centrale, în formă de bară, mai curând decât din nucleu.

umbră a găurii negre –
o regiune întunecată,
creată de o sferă de
lumină și materie captivă,
pe care o înconjoară

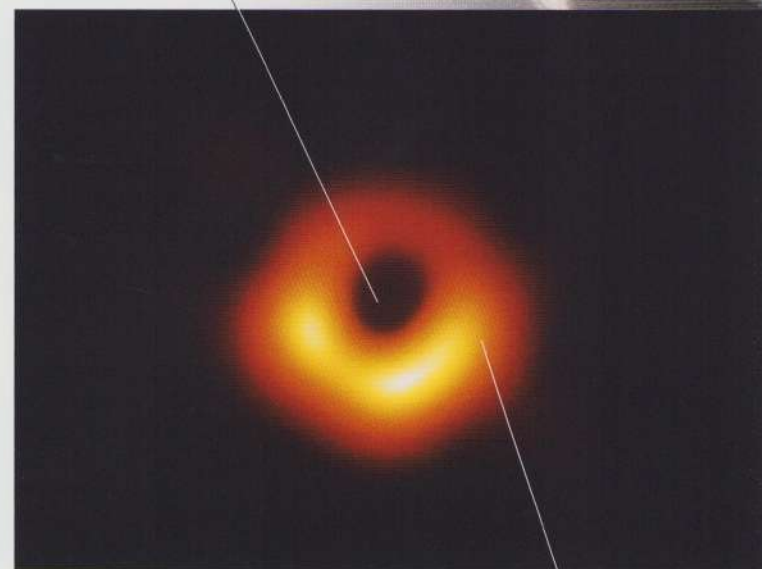
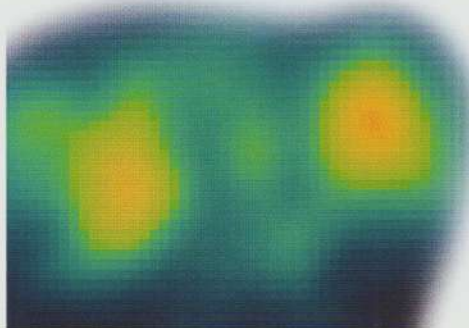
GĂURI NEGRE

O gaură neagră este o regiune a spațiului conținând în centru materie presată într-un punct de densitate infinită, numit singularitate. Într-o regiune sferică din jurul singularității, atracția gravitațională este atât de puternică încât nimic, nici măcar lumina, nu poate scăpa. Astfel, găurile negre pot fi detectate doar din comportamentul materialului din jurul lor; cele descoperite până acum au de obicei un disc de gaz și praf rotindu-se în jurul găurii, împroșcând cu mare viteză jeturi de material fierbinte sau emițând radiații (de pildă, raze X) când materia cade în gaură. Există două tipuri principale de găuri negre – supermasive și stelare. Găurile negre supermasive, care pot avea masa cât miliarde de sori, există în centrul majorității galaxiilor, inclusiv Calea Lactee. Originea lor nu este încă înțeleasă, dar ar putea fi produsul secundar al procesului formării

de galaxii. Găurile negre stelare se formează din resturi colapsate ale unor stele supergigante explodate (vezi p. 267) și ar putea fi foarte comune în toate galaxiile.

GAURĂ NEAGRĂ STELARĂ

Gaura neagră SS 433 este situată în centrul acestei imagini în raze X fals colorată. Este detectată fiindcă absoarbe materia unei stele învecinate și emite material și radiație în raze X, vizibilă aici ca doi lobi galbeni strălucitori.

**GAURĂ NEAGRĂ GALACTICĂ**

Această imagine, captată în 2019 de telescopul Event Horizon, a fost prima care a surprins o gaură neagră deschisă – o gaură neagră supermasivă din centrul galaxiei M87.

disc rotitor de
praf și de gaz

ROIURI DE GALAXII

De la circa o sută la câteva mii, galaxiile pot fi strânse laolaltă de gravitație pentru a forma roiuri cu diametre între 3 și 35 de milioane de ani-lumină. Unele au un nucleu central concentrat și o structură sferică bine definită; altele au formă și structură neregulate. Roiul de galaxii din care facem parte se numește Grupul Local. Roiul învecinat, Virgo, este vast și neregulat, de circa 1 300 de galaxii, aflat

GRUPUL COMPACT HICKSON 87

Acest roi include o galaxie spirală, surprinsă frontal în centrul imaginii, două spirale oblice mai apropiate și o galaxie eliptică în dreapta, jos.



la 50 de milioane de ani-lumină de noi. Șiruri de zeci de roiuri de galaxii sunt unite slab de gravitație și formează superroiuri, cu lungimi de 500 de milioane de ani-lumină și mai mult. Superroiul Laniakea, din care face parte Grupul Local, are 520 de milioane de ani-lumină lungime. Superroiurile sunt dispuse în straturi și filamente largi, separate de spații vide de până la câteva sute de milioane de ani-lumină diametru.

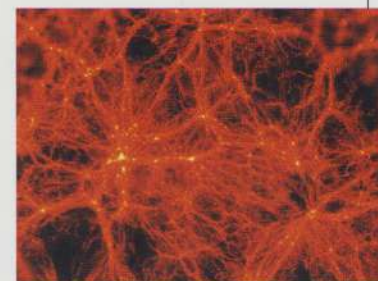
ROI BOGAT

Se crede că unul dintre cele mai mari roiuri de galaxii cunoscute, Abell 1689, conține sute de galaxii (colorate cu auriu).

MATERIE ȘI ENERGIE ÎNTUNECATE

În univers există mai multă materie decât cea cuprinsă în stele și alte obiecte vizibile. Masa invizibilă este numită „materie întunecată”. Compoziția ei este necunoscută. O parte ar putea lua forma de MACHO (obiecte compacte masive cu halou), incluzând pitice maro și unele tipuri de găuri negre. Dar se pare că majoritatea e formată din WIMP (particule masive cu interacțiune slabă) sau alte tipuri de particule subatomice nedescoperite. Existența materiei întunecate este dovedită și de faptul că multe galaxii s-ar destrăma, în loc să se rotească, dacă nu ar conține cantități mari de materie nevăzută.

Incluzând toată materia întunecată dedusă din observații, densitatea universului tot nu este suficientă pentru a justifica teoriile privind evoluția lui. Pentru a găsi o soluție, cosmologii au propus existența „energii întunecate”, o forță care contracarează gravitația și determină universul să se extindă mai rapid (vezi p. 58).



DISTRIBUȚIE A MATERIEI ÎNTUNECATE

Această imagine simulată digital prezintă felul în care materia întunecată (aglomerări și filamente roșii) ar trebui să fie distribuită în superroiurile de galaxii din zona noastră de univers.

GALAXIE DISTORSIONATĂ

Supranumită „Mormolocul”, această galaxie se află la 420 de milioane de ani-lumină de Pământ. Ca orice galaxie, este un vast cerc rotitor de materie ținută laolaltă de gravitație. În roiuri, gravitația poate rupe galaxiile. Se crede că fâșia de stele care iese din această galaxie a fost smulsă de gravitația unei galaxii mai mici, în trecere.

EXPLORAREA SPAȚIULUI

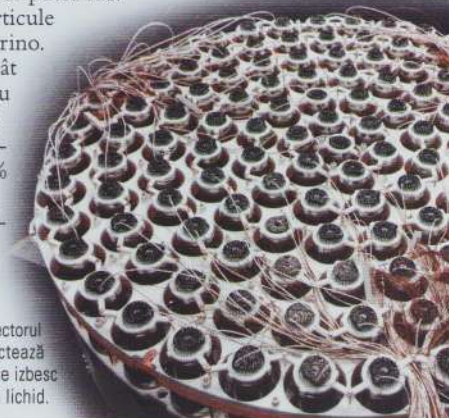
ÎN CĂUTAREA MATERIEI ÎNTUNECATE

Pentru a găsi materia întunecată, savanții cercetează unele forme pe care aceasta le-ar putea lua.

Detectoare subterane caută particule evazive, precum WIMP și neutrino. Neutrino sunt atât de mici încât s-a crezut că nu au masă, dar au o masă minusculă. Există atâția neutrino încât masa lor combinată ar putea constitui circa 1% din materia întunecată a universului. WIMP ar putea reprezenta mult mai mult.

DETECTOR DE WIMP

Aceste tuburi fotomultiplicatoare din detectorul XENON1T de la Gran Sasso, Italia, detectează explozii luminoase produse când WIMP se izbește de atomi într-un mare rezervor de xenon lichid.



24-27 Obiecte cerești

Radiație 34-37

Spațiu și timp 40-43

Big Bang 48-51

Dincolo de întineric 54-55

Soarele 104-107

LA SCARA CEA MAI MICĂ, materia universului este compusă din particule elementare; unele, guvernate de forțe variate, se grupează și formează atomi și ioni. Pe lângă aceste forme de materie înțelese există și altele. Majoritatea masei universului e formată din această „materie întunecată”, a cărei natură exactă este necunoscută.

CE ESTE MATERIA?

Materia reprezintă orice are masă – orice este afectat de gravitație. Cea mai mare parte a materiei de pe Pământ este formată din atomi și ioni. Dar, în alte zone ale universului, materia există într-o gamă largă de condiții și ia diferite forme, de la mediul interstelar rarefiat (vezi p. 228) la materia din stele neutronice și găuri negre (vezi p. 267). Nu toată materia este compusă din atomi, dar toată este formată din particule. Anumite tipuri de particule sunt elementare – nu sunt compuse din subunități mai mici. Particulele elementare din componența materiei obișnuite sunt quarcuri și electroni, care formează atomi și ioni. Dar cea mai mare parte a materiei din univers nu este obișnuită, ci materie întunecată (vezi p. 27), compusă probabil parțial din neutrino, WIMP (particule masive cu interacțiune slabă) teoretice sau ambele.

MATERIE LUMINOASĂ

Acești nori de gaz iluminați din spațiul interstelar sunt formați din materie obișnuită, compusă din atomi și ioni.



STRUCTURĂ A UNUI ATOM DE CARBON

În centrul atomului se află nucleul, care conține protoni și neutroni. Electronii orbitează nucleul în două zone numite învelișuri. Învelișurile sunt neclare fiindcă electronii nu se deplasează pe rute definite.

INVELIȘ EXTERIOR DE ELECTRONI
Regiune în care orbitează patru electroni

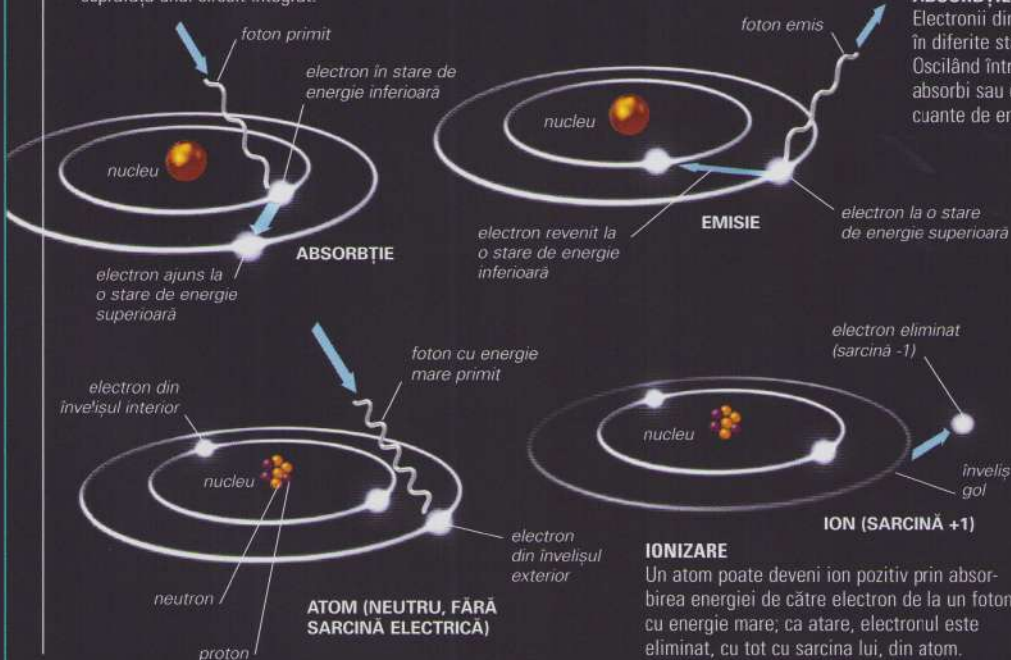
INVELIȘ INTERIOR DE ELECTRONI
Regiune în care orbitează doi electroni

ATOMI ȘI IONI

Quarcurile și electronii care formează atomi apar în regiuni specifice din fiecare atom. Quarcurile sunt legate câte trei de gluoni – particule de forță fără masă. Grupuri de quarcuri formează particule numite protoni și neutroni. Acestea se strâng într-o zonă compactă din centrul atomului, numită nucleu. În rest, cea mai mare parte a atomului este vid, dar în acest spațiu se rotesc electroni. Ei au o sarcină electrică negativă și o masă foarte mică – aproape toată masa unui atom este formată din protoni și neutroni. Atomii conțin mereu un număr egal de protoni (sarcină pozitivă) și electroni (sarcină negativă), așa încât sunt neutri electric. Dacă pierd sau câștigă electroni, devin particule încărcate electric – ioni.

CUM ARATĂ ATOMII

Un microscop de scanare prin tunelare a fost folosit pentru a expune acești atomi de pe suprafața unui circuit integrat.

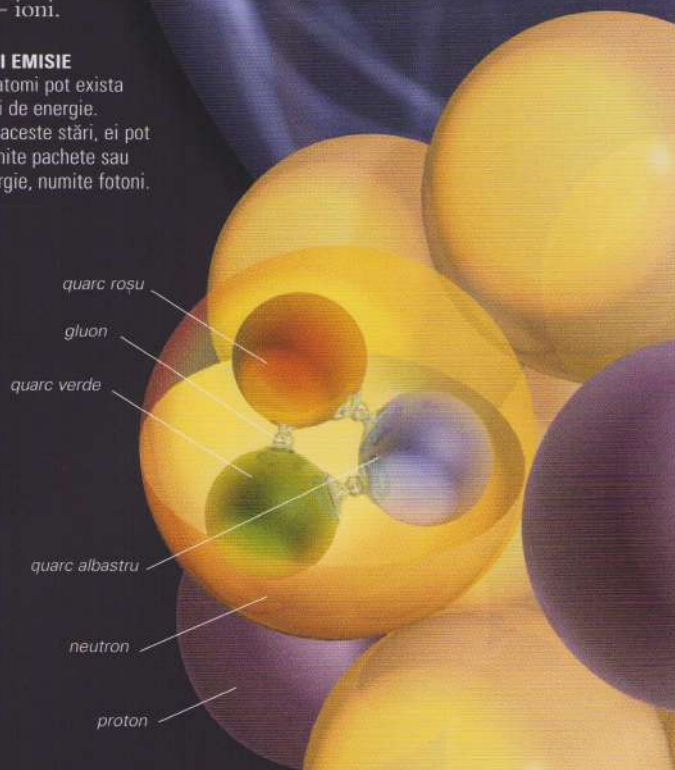


ABSORBȚIE ȘI EMISIE

Electronii din atomi pot exista în diferite stări de energie. Oșcilând între aceste stări, ei pot absorbi sau emite pachete sau cuante de energie, numite fotoni.

IONIZARE

Un atom poate deveni ion pozitiv prin absorbirea energiei de către electron de la un foton cu energie mare; ca atare, electronul este eliminat, cu tot cu sarcina lui, din atom.



SPAȚIU VID
Cea mai mare parte a atomului este goală – protonii, neutronii și electronii sunt prezentați aici mult mai mari decât dimensiunea lor reală, raportată la întregul atom

LIBRIS

NUCLEU

O bilă foarte compactă, formată din șase protoni (purpurii) și șase neutroni (aurii)

We know books

ELEMENTE CHIMICE

Atomii nu sunt toți la fel – pot avea un număr diferit de protoni, neutroni și electroni. O substanță formată din atomi de un singur tip se numește element chimic și are un număr atomic egal cu numărul protonilor și al electronilor din atomii ei. De exemplu, hidrogenul, cu numărul atomic 1 (toți atomii de hidrogen conțin un proton și un electron), heliul (număr atomic 2) și carbon (număr atomic 6). În total, există 94 de elemente care apar natural. Atomii oricărui element au toți aceeași mărime și, esențial, prezintă aceeași configurație de electroni, unică pentru acel element și îi conferă proprietăți chimice specifice. Cândva, universul era format aproape în întregime din cele mai ușoare elemente, hidrogen și heliu. Majoritatea celorlalte elemente, inclusiv unele comune, precum oxigen, carbon și fier, au fost create mai ales în interiorul stelelor și în urma exploziilor stelare.

NIELS BOHR

Fizicianul danez Niels Bohr (1885–1962) a afirmat primul că electronii dintr-un atom se deplasează pe „orbite” care au niveluri de energie fixe, iar atomii emit sau absorb energie în cantități fixe („cuante”), pe măsură ce electronii se mișcă între orbite. Orbitalele lui Bohr se numesc orbitale – substructuri ale învelișurilor de electroni.



HIDROGEN

Un gaz incolor la 21°C. Atomii lui au un proton și un electron într-un singur înveliș.



ALUMINIU

Un metal solid la 21°C. Atomii lui au 13 protoni, 14 neutroni și 13 electroni pe trei învelișuri.

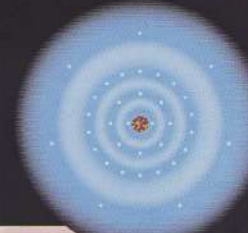
PROPRIETĂȚI

Proprietățile elementelor variază foarte mult, cum o dovedesc și cele patru exemple expuse aici. Aceste proprietăți sunt determinate de structurile atomice diferite ale elementelor.



SULF

Un material solid sfărâmișor, galben, la 21°C. Atomii lui au 16 protoni, 16–18 neutroni și 16 electroni pe trei învelișuri.



BROM

Un lichid maroniu fumegând la 21°C. Atomii lui au 35 de protoni, 44 sau 46 de neutroni și 35 de electroni pe patru învelișuri.

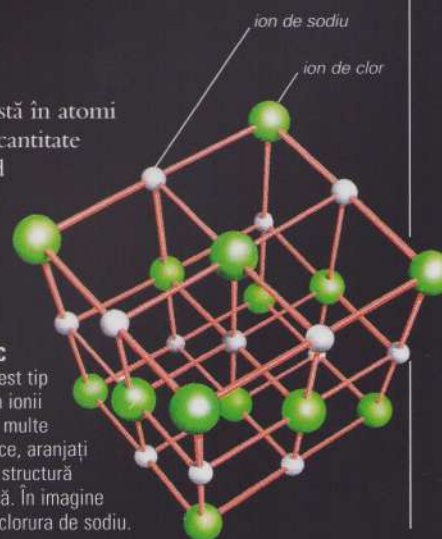


COMPUȘI CHIMICI

Cea mai mare parte a materiei din univers constă în atomi sau ioni liberi ai câtorva elemente chimice, dar o cantitate semnificativă există sub formă de compuși, conținând atomi ai multor elemente, uniți prin legături chimice. Compuși apar în obiecte cosmice precum planete sau asteroizi, în organisme vii și în mediul interstelar. În compuși ionici, ca sărurile, unii atomi au primit electroni, iar alții au pierdut. Ionii încărcăți electric rezultă astfel sunt de obicei legați (în cristalele de săruri, de pildă) de forțe electrostatice și aranjați într-o structură rigidă, repetitivă. În compuși covalenți, precum apa, atomii sunt menținuți în structuri numite molecule de faptul că împart aceeași electroni.

COMPUS IONIC

Compușii de acest tip sunt formați din ioni a două sau mai multe elemente chimice, aranjați de obicei într-o structură solidă, repetitivă. În imagine este sarea sau clorura de sodiu.



ion de sodiu

ion de clor

ELECTRON

Electronii au sarcină electrică negativă și o masă de peste o mie de ori mai mică decât a unui proton sau neutron

ÎN INTERIORUL UNUI NEUTRON

Protonii și neutronii sunt formați din câte trei quarcuri, legate de gluoni. Quarcurile oscilează între forme „roșii”, „verzi” și „albastre”, dar există întotdeauna unul de fiecare culoare.

STĂRI ALE MATERIEI

Materia obișnuită există în patru stări: solidă, lichidă, gazoasă și plasmă. Acestea diferă prin energia particulelor materiei (molecule, atomi sau ioni) și prin libertatea particulelor de a se deplasa unele în raport cu altele. Substanțele se pot transfera între stări, de pildă prin pierderea sau prin acumularea de energie termică. Elementele componente ale unui solid există în legături ferme și aproape nu se pot mișca. Într-un lichid sunt prinse doar prin legături slabe și se mișcă liber. Într-un gaz, legăturile particulelor sunt foarte slabe și particulele se mișcă mult mai liber și ocazional se ciocnesc. Un gaz devine plasmă când este atât de fierbinte încât

ciocnirile încep să înlăture electroni din atomii săi. Prin urmare, plasma e formată din ioni și electroni care se mișcă extrem de energic. Fiindcă stelele sunt formate din plasmă, aceasta este cea mai comună stare a materiei obișnuite din univers, urmată de starea gazoasă.

SOLID, LICHID ȘI GAZ

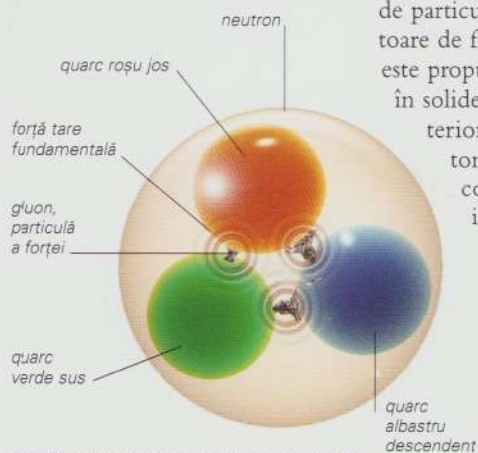
Pe Pământ, apa poate fi întâlnită ca lichid, în formă solidă (gheață sau zăpadă) și gazoasă (vapori de apă), toate în strânsă apropiere.



FORȚE DIN INTERIORUL MATERIEI

Legăturile care țin laolaltă solide, lichide, gaze și plasmă se bazează pe forța electromagnetică (EM) care atrage particule cu sarcini electrice diferite. Este una dintre cele trei forțe care controlează structura la scară mică a materiei. Celelalte sunt forța tare, compusă din părțile fundamentală și reziduală, și forța slabă sau interacțiunea. Alături de a patra forță, gravitația, ele sunt forțe fundamentale. Forțele electromagnetice, tare și slabă sunt mediate de particule purtătoare de forță, care aparțin unui grup

de particule numite bosoni (și o particulă purtătoare de forță pentru gravitație, numită graviton, este propusă ca ipoteză). Forța EM leagă atomii în solide și lichide și menține și electronii în interiorul atomilor. Forța tare ține laolaltă protoni, neutroni și nuclee atomice. Forța slabă controlează diferite interacțiuni nucleare, inclusiv descompunerea radioactivă.

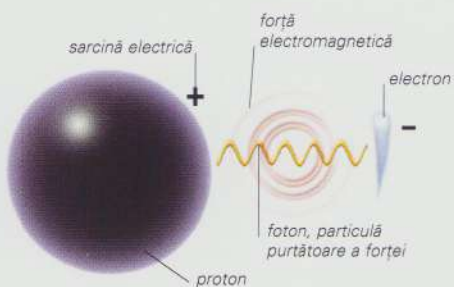
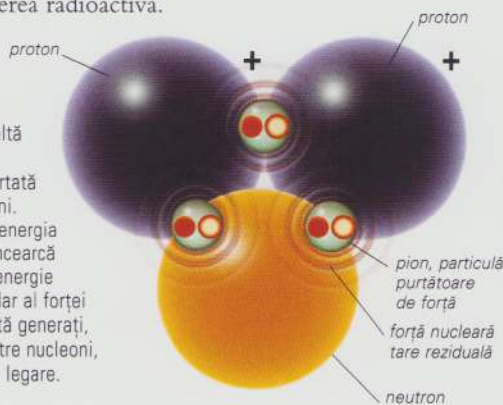


FORȚĂ NUCLEARĂ TARE FUNDAMENTALĂ

Numită și forță de culoare, leagă quarcurile din interiorul protonilor și neutronilor. Controlează proprietățile „coloristice” ale quarcurilor și, pe măsură ce acționează, quarcurile își modifică „culoarea”, făcând schimb de gluoni virtuali (particule purtătoare de forță).

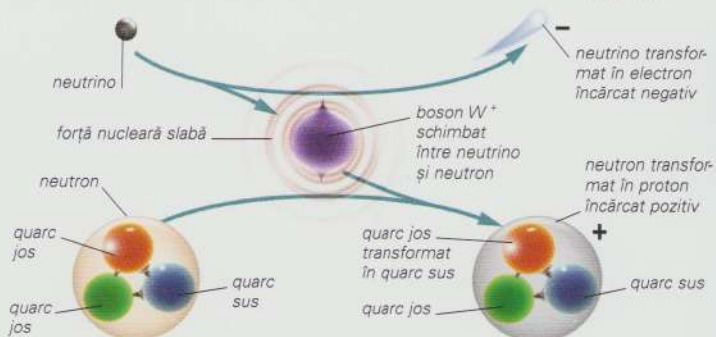
FORȚĂ NUCLEARĂ TARE REZIDUALĂ

Această forță ține laolaltă protonii și neutronii în nucleul atomic. Este purtată de particule numite pioni. Pionii sunt generați de energia creată când nucleonii încearcă să se separe. Această energie apare ca produs secundar al forței tari fundamentale. Odată generați, pionii sunt schimbați între nucleoni, creând astfel o forță de legare.



FORȚĂ ELECTROMAGNETICĂ

Într-un atom, forța electromagnetică (EM) ține laolaltă electronii de pe învelișurile din jurul nucleului. Atrage electroni încărcăți negativ spre nucleul încărcat pozitiv și ține electronii despărțiți. Purtătorul forței electromagnetice este fotonul.



INTERACȚIUNE SLABĂ SAU FORȚĂ NUCLEARĂ SLABĂ

Această forță guvernează multe interacțiuni nucleare. Particulele sale purtătoare de forță sunt bosonii W^+ , W^- și Z^0 . Interacțiunea ilustrată mai sus se numește împrăștiere neutrino-neutron. Prin transferul unui boson W^+ , un neutron convertește un neutrino într-un electron, iar el este transformat într-un proton.

PLASMĂ

Plasma există natural în stele, dar poate fi creată și artificial. Într-un glob de plasmă, electricitatea este indusă să curgă dintr-o glob metallic încărcat electric, printr-un gaz, către suprafața unei sfere gazoase, creând fluxuri de plasmă.

STEVEN WEINBERG

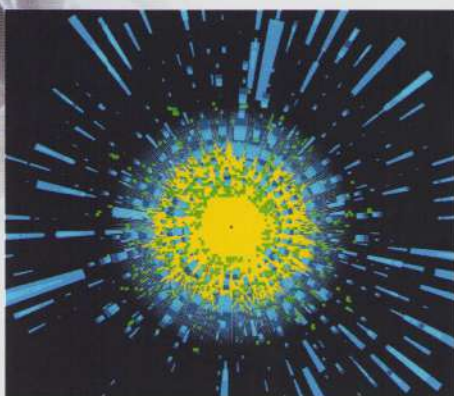
Fizicianul american Steven Weinberg (1933–2021) este cunoscut mai ales pentru teoria că două dintre forțele fundamentale – interacțiunea slabă și forța electromagnetică – sunt unificate sau acționează identic, la niveluri de energie extrem de ridicate, precum cele existente imediat după Big Bang (vezi p. 48). Așa-numita „teorie electroslabă” a lui Weinberg a fost confirmată de experimente cu acceleratoare de particule, în 1973. A primit Premiul Nobel pentru fizică.



LIBRIS FIZICA PARTICULELOR

Decenii întregi fizicienii au căutat să înțeleagă mai bine materia și forțele fundamentale. Cercetarea s-a concentrat pe ciocnirea particulelor între ele în dispozitive numite acceleratoare de particule. Aceste experimente au identificat sute de particule diferite (majoritatea foarte instabile), cu proprietăți precum masă, sarcină electrică și spin variabile. Particulele cunoscute și interacțiunile acestora sunt explicate azi printr-o teorie numită „modelul standard al fizicii particulelor”, care include o clasificare a particulelor (vezi tabel, dreapta). O descoperire recentă, adăugată modelului, este bosonul Higgs. Acesta este un purtător de forță pentru un câmp energetic care străpunge spațiul și înzestreaază alte particule cu masă prin interacțiunile cu ele. Dar particula ipotetică numită graviton – propus ca purtător al gravitației – nu se încadrează în model, fiindcă cea mai bună teorie a gravitației (relativitatea generală, vezi pp. 42–43) este incompatibilă

cu aspecte ale modelului standard. Noi teorii, precum teoria coardelor (vezi casetă jos), încearcă să unifice gravitația cu fizica particulelor.



EVENIMENT DE COLIZIUNE

Rezultatul unei coliziuni între ioni de xenon în Marele Accelerator de Hadroni este prezentat aici ca ilustrație digitală. Dungile albastre reprezintă interacțiuni între barioni.

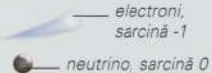
CLASIFICARE A PARTICULELOR

Fizicienii fac diferența între particule compuse, care au o structură internă, și particule elementare, care nu au. Ei împart particulele în fermioni și bosoni. Fermionii (leptoni, quarcuri și barioni) sunt componente ale materiei. Bosonii (mezonii și bosoni de calibrare) sunt în special particule purtătoare de forță.

PARTICULE ELEMENTARE

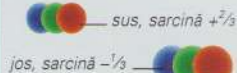
Leptonii și quarcurile formează materia, bosonii de calibrare poartă forțe. Quarcurile sunt sensibile la forța nucleară tare, leptonii nu.

LEPTONI



Există șase leptoni diferiți, dar cei doi de sus sunt singurii stabili și apar în materia obișnuită.

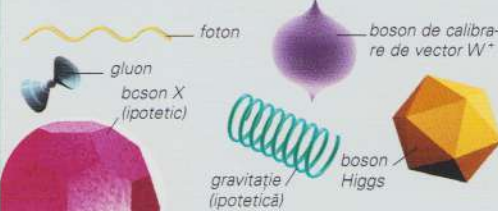
QUARCURI



Există șase „arome” de quarcuri, dar doar două în materia obișnuită: „sus” și „jos”, în oricare dintre cele trei „culori”.

BOSONI DE CALIBRARE

Sunt particule purtătoare de forță. Unii expuși aici sunt ipotetici.



ANTIPARTICULE

Majoritatea particulelor au un echivalent de antimaterie cu aceeași masă, dar cu sarcină și alte proprietăți opuse.



PARTICULE COMPUSE

Numite și hadroni, sunt compuse din quarcuri, anti-quarcuri sau ambele, legate prin gluoni.

BARIONI

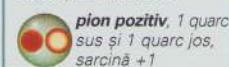
Particule cu masă relativ mare, conținând 3 quarcuri.



neutron, 1 quarc jos și 2 quarcuri sus, sarcină 0

MEZONI

Particule conținând un quarc și un anti-quarc.



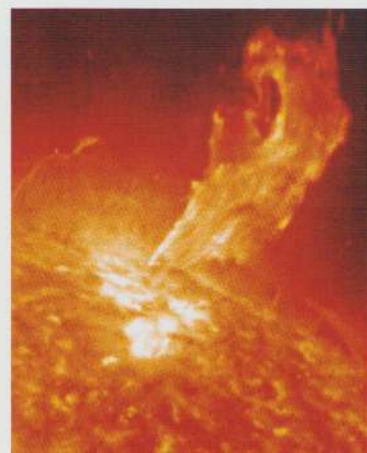
Există sute de alți barioni și de mezoni.

PARTICULE EXOTICE

A fost propusă și ipoteza existenței altor particule, care nu au un loc în această clasificare a particulelor. Printre ele se numără monopolii magnetici și WIMP.

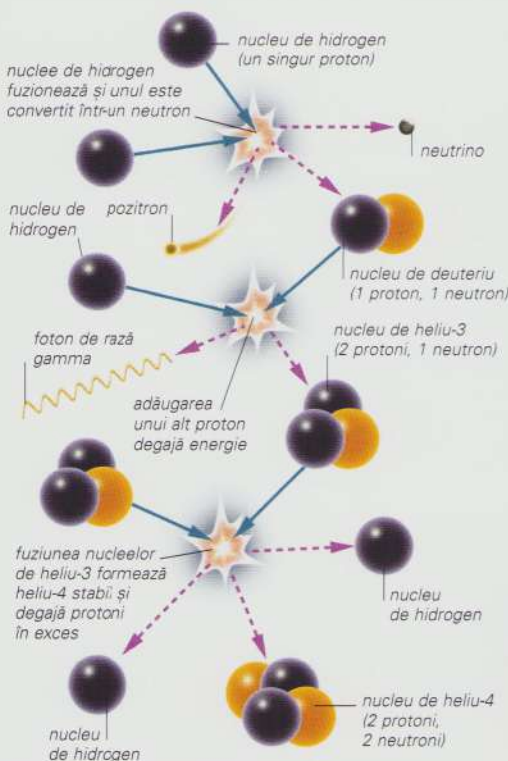
FUZIUNE ȘI FISIUNE NUCLEARĂ

Fizicienii din secolul XX au descoperit că nucleele atomice nu sunt imuabile, ci se pot descompune sau contopi. În natură, nucleele atomice instabile se pot dezintegra spontan, eliberând particule și energie, măsurată ca radioactivitate. Similar, în procesul artificial al fisiunii nucleare, nucleele mari sunt dezmembrate intenționat în părți mai mici, cu o uriașă eliberare de energie. La scară cosmică, un fenomen mai important este fuziunea nucleară. În acest proces, nucleele atomice se contopesc, formând un nucleu mai mare și eliberând energie. Fuziunea oferă energie stelelor și a creat cei mai mulți sau chiar toți atomii majorității elementelor chimice apărute natural. Cea mai comună reacție de fuziune în stele contopește nuclee de hidrogen (protoni) în nuclee de heliu. În această reacție de fuziune, ca și în altele similare, produsele reacției au o masă ceva mai scăzută decât masa combinată a reactanților. Masa pierdută este convertită în uriașe cantități de energie, conform faimoasei ecuații a lui Einstein, $E = mc^2$, care leagă energia (E), masa (m) și viteza luminii (c) (vezi p. 41).



CĂLDURA FUZIUNII

Toată energia solară provine din fuziunea nucleară din miezul Soarelui. Energia migrează treptat către suprafața Soarelui și apoi în spațiu, prin transfer de căldură realizat prin convecție, conducție și radiație.



REACȚIE DE FUZIUNE ÎN SOARE

În stele de mărimea Soarelui sau mai mici, procesul dominant de producere a energiei prin fuziune se numește lanț proton-proton. Acest lanț de coliziuni cu energie superioară fuzionează nuclee de hidrogen (protoni liberi), prin câteva stadii intermediare, în nuclee de heliu-4. Energia este eliberată sub formă de fotoni de rază gamma și de energie de mișcare a nucleelor de heliu. Sunt produși, de asemenea, pozitroni și neutrino.

EXPLORAREA SPAȚIULUI

TEORIA COARDELOR

Vreme de decenii, fizicienii au căutat o „teorie a tuturor lucrurilor”, care să unifice cele patru forțe fundamentale ale naturii și să ofere o schemă a felului în care sunt formate particulele. Un candidat serios este teoria coardelor, care afirmă că fiecare particulă elementară e formată dintr-un filament minuscul vibratil, numit coardă (string). Modulul de vibrație sau frecvențele acestor coarde imprumută particulelor diferitele lor proprietăți. Deși pare bizară, mulți savanți de renume sunt adepți entuziaști ai teoriei.

COARDĂ DE FRECVENȚĂ JOASĂ

COARDE VIBRATILE

O coardă este închisă, ca o buclă, sau deschisă, ca un fir de păr. Cele două coarde închise prezentate aici vibrează la diferite frecvențe rezonante, așa cum coardele de chitară vibrează în note diferite.



COARDĂ DE FRECVENȚĂ ÎNALTĂ