

**Afrodita Liliana Bălașa Boldea
Mircea Năstase
Alexandrina Năstase
Liviu Cotfasă**

**NOTIUNI
ELEMENTARE DE
ASTRONOMIE**

Ediția a II-a îmbogățită și revizuită

Afrodita Liliana Bălașa Boldea
Mircea Năstase
Alexandrina Năstase
Liviu Cotfasă



NOȚIUNI
ELEMENTARE DE
ASTRONOMIE

Ediția a II-a îmbogățită și revizuită



EDITURA UNIVERSITARIA
Craiova, 2013

Referenți:

Prof.univ.dr. Radu Constantinescu

Departamentul de Fizică

Universitatea din Craiova

Profesor grad I Marius Grigorescu

Colegiul Național “Elena Cuza”, Craiova

Copyright © 2013 Universitaria

Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

Noțiuni elementare de astronomie / Afrodita Liliana Bălașa

Boldea, Mircea Năstase, Alexandrina Năstase, Liviu Cotfasă. –

Ed. a 2-a, îmbogățită și rev. - Craiova : Universitaria, 2013

Bibliogr.

ISBN 978-606-14-0712-5

I. Bălașa Boldea, Afrodita Liliana

II. Năstase, Mircea

III. Năstase, Alexandrina

IV. Cotfasă, Liviu

52

Apărut: 2013

TIPOGRAFIA UNIVERSITĂȚII DIN CRAIOVA

Str. Brestei, nr. 156A, Craiova, Dolj, România

Tel.: +40 251 598054

Tipărit în România

1. Ferestre spre Univers

1.1. *Astronomia - o știință străveche*

Cu mult timp înaintea erei noastre, oamenii au încercat să-și explice legile care guvernează Universul, ca de exemplu în miturile cu privire la Soare și Lună. Prin anii 600 î.e.n. câțiva cărturari au pornit să înlocuiască aceste mituri cu explicații raționale, marcând, totodată, începuturile științei.

Astronomia este o știință care studiază mișcările, structura și evoluția corpurilor cerești și a sistemelor formate din ele [3]. Provine de la cuvintele grecești , **ἄστρον** astron: stea, respectiv **νόμος** nomos: lege. Obiectul său de studiu îl constituie stelele, planetele, cometele, galaxiile sau radiațiile cosmice de fond, precum și studiul formei și a formării universului. Astronomia este una dintre cele mai vechi științe, apărând din nevoile practice ale agricultorilor. Se consideră că începuturile acestei științe ar putea fi identificate cu observațiile bolții cerești efectuate de către magii chaldeeni.

Omul primitiv, păstor sau agricultor, a observat pe cer stelele, a văzut că nu sunt uniform răspândite ci sunt grupate în diferite configurații care apăreau și dispăreau succesiv. Aceste modificări îi dădeau indicații despre începutul anotimpurilor, deci îi dădeau posibilitatea să se orienteze în muncile sale.

Deplasarea turmelor prin stepe, a caravelor prin pustiuri, a corăbiilor pe apă, necesita puncte de reper vizibile. Asemenea repere erau Soarele, Luna și stelele. Omul a început să observe aceste corpuri și să le studieze.

Revoluția agricolă (în urmă cu 10.000 de ani oamenii domesticeau animale și cultivau plante) a condus la dezvoltarea ulterioară a astronomiei. Avem mărturii că după această revoluție au fost perfecționate observatoare astronomice cum ar fi monumentele megalitice din sudul Angliei și Marea Piramidă – piramida lui Keops. De asemenea, există mărturii asupra predicției eclipselor, au

fost inventate calendare solare și a început elaborarea cataloagelor stelare.

Astronomia tradițională este în esență o “știință a nopții”, pentru că observația astronomică nu se împacă bine cu lumina solară. Când Soarele apune, astrele devin vizibile pe cer, însă noi știm că ele există în permanență pe cer, atât ziua cât și noaptea.

1.2. Cosmogonia și locul ei în cadrul astronomiei. Ipoteze cosmogonice

Evoluția ipotezelor și a reprezentărilor despre Universul fizic, după ce a parcurs un lung itinerar prin etapele de edificare ale civilizației umane, s-a conturat în epoca noastră și în alte câteva discipline, alături de astronomie, cum ar fi: astrofizica și cosmogonia, metodologia de investigație specifică acestor domenii fiind derivată din fizică.

Preocupări de astronomie s-au constatat la aproape toate popoarele creatoare de civilizații antice (hinduși, chinezi, egipteni, greci, romani și altele). În sensul modern, astronomia datează doar de la Isaac Newton¹ înoace. Prin descoperirea, în anul 1686, a legii atracției universale, astronomia devine una dintre cele mai exacte științe ale naturii, mecanica newtoniană permițând să se facă previziuni impresionante despre mișcarea corpurilor cerești.

Cosmogonia este o ramură a astronomiei care se ocupă cu studiul originii și evoluției corpurilor cerești și al sistemelor de corpuri cerești. Pentru cosmogonie este mai puțin important cum se prezintă corpurile cerești, astăzi, interesându-ne mai ales cum au luat naștere acestea. Cosmogonia este direct legată în prezent de astrofizică, ramură a fizicii orientată spre studiul dinamicii interiorului astrelor.

Astrofizica este una dintre cele mai complexe științe despre Univers. Ea studiază, pe baza radiațiilor recepționate, structura fizică și confruntă predicțiile cu datele observaționale în scopul stabilirii sensului de evoluție a corpurilor cerești. Utilizează

¹ Isaac Newton: 1643–1727

mecanica teoretică, termodinamica, teoria radiației, mecanica cuantică și fizica nucleară. Metodologia ei se îmbogățește odată cu noile descoperiri de relevanță excepțională (radio-surse, surse X, quasari, pulsari, găuri negre).

Explicarea cum a apărut și cum s-a dezvoltat Sistemul Solar este complexă și încă nu există un răspuns unanim acceptat. Faptele care îngreunează această dificultate sunt acelea care se referă la vârsta pe care o are acest Sistem Solar (aproximativ 5 miliarde de ani). Pentru explicarea modului în care a apărut și s-a dezvoltat Sistemul Solar, au existat de-a lungul timpului mai multe ipoteze. Dintre ipotezele cosmogonice relativ recente ne vom referi la următoarele:

1. Ipoteza Kant

În anul 1755, filozoful Immanuel Kant considera că spațiul pe care îl ocupă în prezent Sistemul Solar la început era plin cu particule materiale de diferite mărimi. Datorită forțelor de gravitație, particulele cosmice mai grele le-au atras pe cele mai ușoare formând centre de atracție, care se atrăgeau și ele, formând astfel o masă centrală – *Soarele*. La început, celelalte particule, care încă nu făceau parte din masa centrală, se mișcau haotic, iar cu timpul au început să efectueze o mișcare în jurul Soarelui deja format. Acțiunea existentă între particulele rămase a dus la formarea altor centre de atracție – *Planetele*. În mod asemănător, s-au format și sateliții.

2. Ipoteza Laplace

La 40 de ani după apariția ipotezei lui Kant, matematicianul și astronomul francez Pierre Laplace (1796) a dezvoltat ipoteza apariției Sistemului Solar dintr-o nebuloasă primară. El a considerat că această nebuloasă a ocupat un spațiu mult mai întins decât spațiul pe care îl ocupă Sistemul Solar astăzi. În plus, admitea că această nebuloasă avea o mică rotație lentă și uniformă. Cu timpul nebuloasa se răcea și se contracta, ceea ce ducea la creșterea vitezei de rotație și prin aceasta, creștea forța centrifugă în zona ecuatorială, ea se turtea luând forma unui disc, în centrul ei existând o concentrare mai mare – viitorul Soare.

După ce viteza de rotație a nebuloasei primare a ajuns la o anumită mărime, din nebuloasă se rupea, de la periferie, un inel, care

era aruncat la o anumită distanță, unde continua să se rotească în jurul masei centrale, apoi după un anumit timp viteza de rotație era atât de mare, încât se rupea un alt inel și așa mai departe.

Inelele separate erau instabile și în acestea au apărut centre de atracție, masa adunată aici a căpătat o rotație axială și s-au format planetele. La fel se explică și formarea sateliților din inelele rupte din materia planetară.

Însă acestei ipoteze i-au fost aduse unele obiecții.

3. Ipoteza Kuiper

Pornind de la datele cu privire la nașterea și moartea stelelor, Kuiper a elaborat o nouă ipoteză cosmogonică. El pornește de la faptul că, la început, ar fi existat un fragment mare de nor de praf și gaz rarefiat și rece, dar care avea aceeași compoziție chimică pe care o are azi Soarele. Acest fragment de nor era izolat de alți nori asemănători lui sau de alte stele, care puteau să existe și avea o anumită rotație și rază. Aproximativ 95% din masa norului s-a contractat spre centrul de masă, iar odată cu contracția s-a mărit rotația.

În planul ecuatorial contracția a fost oprită mai devreme, la momentul când forța centripetă devine egală cu forța centrifugă. În continuare contracția se realizează numai de-a lungul verticalei, adică perpendicular pe planul ecuatorului. Contracția pe verticală se oprește numai atunci când se realizează o stare de echilibru între forța datorată presiunii interioare și forța gravitațională. Astfel, s-a obținut un disc circular turtit. Întregul disc se rotea în jurul masei centrale, unde deja se forma Soarele roșu și relativ rece. În discul care se formase și care avea Soarele în centru, apăreau unele vârtejuri care dispăreau repede. Când unul dintre vârtejuri ajungea destul de mare, el nu se mai dizolva și apărea astfel o formațiune nouă numită protoplanetă. Astfel, existența a opt protoplanete poate explica apariția celor 8 planete mari ale Sistemului Solar.

În spațiul dintre protoplanete există o perdea de praf fin, care împiedică lumina solară să ajungă la planete, praf care ulterior a fost suflat afară, spațiul respectiv devenind transparent.

Observarea cosmosului a dus la imaginea unui Univers în expansiune. În lumina cunoștințelor noastre despre trecut ne vom

pune întrebări despre viitorul Universului nostru. Vom vedea că până și cea mai banală dintre constatări, întunecimea nopții, duce la reflecțiile cele mai profunde.

1.3 De la teoria creaționistă la Big-Bang

"Înainte de mare și de pământ și de cerul care înfășoară cu totul, natura avea aceeași înfățișare în Universul întreg căruia i se zicea Haos: o grămadă grosolană, informă, greoaie, inertă în care zăceau amestecate fără nici o legătură de armonie elementele potrivnice.[...] Elementele nu aveau nici o formă deslușită, ele se vătămau unele pe altele; și în același corp, frigul și căldura se războiau, la fel ca și umezeală cu uscăciunea, substanțele moi cu substanțele tari, cele grele cu cele ușoare" – spunea Publius Ovidius Naso în lucrarea *Metamorfoze*.

Dar "... grămada grosolană, informă, greoaie și inertă" despre care scria Ovidius se pare că exista de 15 miliarde de ani, când întreaga materie din Univers se găsea concentrată într-o uriașă sferă de foc cu o temperatură de 10^{28} K (grade Kelvin).

Acesta se consideră că a fost punctul de plecare al aventurii care urma să se manifeste sub forma unei gigantice explozii care a declanșat expansiunea rapidă în Cosmos a materiei. Teoria originii universului printr-o explozie primordială a fost denumită de astronomi "*Big-Bang*".

Istoria Cosmosului este istoria unei materii care se trezește. Universul se naște în cea mai mare sărăcie. La început nu a existat decât un ansamblu de particule simple și fără structură. Asemenea bilor de pe masa de biliard, ele se mulțumesc să rătăcească și să se ciocnească unele de altele. Apoi în etapele succesive, aceste particule se combină și se asociază. Se elaborează arhitecturi, iar materia devine complexă, capabilă să dezvolte activități specifice.

Deși această teorie nu poate da răspunsuri la toate întrebările asupra originii Universului, ea corespunde foarte bine cu observațiile astronomice efectuate.

1.4. Structura Universului

Așa cum spunea Steven Weinberg, "*este un sentiment însuflețitor să poți vorbi despre cum arăta Universul la sfârșitul primei sale secunde, sau al primului minut sau al primului an, cu un oarecare grad de încredere*" [1].

"*Clipa zero*" sau momentul Genezei poate fi înțeleasă doar metaforic ca un moment în devenirea universală și indestructibilă a materiei. Steven Weinberg vorbește de "*primele trei minute*" ca repere în restructurarea infinită a materiei fără început și sfârșit.

În decursul câtorva minute s-a ajuns la sinteza primelor nuclee, cele de deuteriu (izotop al hidrogenului) și heliu, tot ce a urmat constituind o înlănțuire de epoci de stabilitate.

Istoria asupra căreia științele naturii se pot pronunța ipotetic, începe la 10^{-43} secunde de viață ale Universului. Pentru primele 10^{-43} secunde știința nu ne poate spune deocamdată nimic, rămânând doar miturile. Se așteaptă o sinteză profundă, o nouă fizică între teoria relativității a lui Einstein și mecanica cuantică, teorie care să poată explica acea "clipă zero"

Pe baza observațiilor de veacuri ale omenirii, azi suntem în măsură să alcătuim un tablou al structurii acelei părți din Univers care este accesibilă observațiilor noastre.

Marea explozie, numită *Big-Bang*, a dus într-o fracțiune de secundă la formarea unor particule numite fotoni, care s-au răspândit în tot spațiul. Prin răcirea materiei au rezultat atomii de hidrogen și heliu, materia primă ce întreține stelele.

După câteva mii de ani temperatura Universului a scăzut la câteva mii de grade, permițând apariția primelor astre, care mai apoi s-au concentrat în roiuri de astre și galaxii, iar după alte aproximativ 10 miliarde de ani în galaxia numită Calea Lactee s-a format Sistemul Solar.

La rândul lor galaxiile s-au grupat în roiuri de galaxii, între ele existând o materie rarefiată sub formă de pulberi și de stele izolate, numită materie intergalactică.

Timpul cosmic	Epoca	Evenimentul dominant	Ani scurși de la eveniment
0	Singularitate	"Marea explozie"	$20 \cdot 10^9$
10^{-43} secunde	Timpul Planck	Crearea de particule elementare	$20 \cdot 10^9$
10^{-6} secunde	Era hadronică	Anihilarea de perechi proton-antiproton	$20 \cdot 10^9$
1 secundă	Era leptonică	Anihilarea de perechi electron-pozitron	$20 \cdot 10^9$
1 minut	Era radiațiilor	Sinteza nucleelor de deuteriu și heliu	$20 \cdot 10^9$
1 săptămână		Radiația se termalizează	$20 \cdot 10^9$
10.000 ani	Era substanței	Universul devine dominat de substanță	$20 \cdot 10^9$
300.000 ani	Era decuplării	Universul devine transparent	$19,9997 \cdot 10^9$
$1-2 \cdot 10^9$ ani		Începerea formării galaxiei	$18 \cdot 10^9$
$3 \cdot 10^9$ ani		Începerea formării aglomerărilor de galaxii	$17 \cdot 10^9$
$4 \cdot 10^9$		Protogalaxia noastră colapsează	$16 \cdot 10^9$
$4,1 \cdot 10^9$ ani		Se formează primele stele	$5,9 \cdot 10^9$
$5 \cdot 10^9$		Se nasc quasarii; se formează populația II de stele	$15 \cdot 10^9$
$10 \cdot 10^9$ ani		Se formează populația I de stele	$10 \cdot 10^9$
$15,2 \cdot 10^9$ ani		Se formează norul nostru interstelar	$4,8 \cdot 10^9$
$15,3 \cdot 10^9$ ani		Colapsarea nebuloasei protosolare	$4,7 \cdot 10^9$
$15,4 \cdot 10^9$ ani		Se formează planetele; se solidifică rocile	$4,6 \cdot 10^9$
$15,7 \cdot 10^9$		Pe suprafața planetelor se	$4,3 \cdot 10^9$

ani		formează intens cratere	
$16,1 \cdot 10^9$ ani	Era arheozoică	Se formează cele mai vechi roci terestre	$3,9 \cdot 10^9$
$17 \cdot 10^9$ ani		Apar formele de viață microscopice	$3 \cdot 10^9$
$18 \cdot 10^9$ ani	Era proterozoică	Se formează atmosfera bogată în oxigen	$2 \cdot 10^9$
$19 \cdot 10^9$ ani		Apar formele de viață macroscopice	$1 \cdot 10^9$
$19,4 \cdot 10^9$ ani	Era paleozoică	Cele mai vechi fosile	$600 \cdot 10^6$
$19,55 \cdot 10^9$ ani		Primii pești	$450 \cdot 10^6$
$19,6 \cdot 10^9$ ani		Primele plante terestre	$400 \cdot 10^6$
$19,7 \cdot 10^9$ ani		Ferigile, coniferele	$300 \cdot 10^6$
$19,8 \cdot 10^9$ ani	Era neozoică	Primele mamifere	$200 \cdot 10^6$
$19,85 \cdot 10^9$ ani		Primele păsări	$150 \cdot 10^6$
$19,94 \cdot 10^9$ ani	Era cenozoică	Cele dintâi primat	$60 \cdot 10^6$
$19,95 \cdot 10^9$ ani		Mamiferele devin tot mai numeroase	$50 \cdot 10^6$
$20 \cdot 10^9$ ani		Homo Sapiens	$1 \cdot 10^5$

Tabela 1.1 Timpul astronomic

Aproximativ o sută de milioane de galaxii formează o Metagalaxie care este o mică parte din Universul infinit în timp și spațiu. Se consideră că metagalaxia face parte dintr-un agregat hipergigant, numit hipergalaxie, în care galaxiile pot fi considerate puncte materiale așa cum asimilăm stelele cu punctele materiale când studiem proprietățile globale ale galaxiei.

Revenind la galaxie putem spune că aceasta este alcătuită din stele, materie interstelară, planete cu sateliți, materie interplanetară, comete și meteoriți.

Stelele sunt imense sfere gazoase ca și Soarele, care este o stea relativ mică. Ele nu sunt distribuite uniform în spațiu în interiorul galaxiei, putându-se grupa în formațiuni distincte numite roiuri stelare.

În jurul Soarelui gravitează 8 planete mari, corpuri reci fără lumină proprie care sunt văzute datorită luminii solare pe care o reflectă, precum și un număr de planetoizi („aproape”-planete mici), asteroizi și comete.

La fel ca ființele vii, stelele se nasc, trăiesc și mor, chiar dacă viețile lor se măsoară în milioane sau miliarde de ani. Galaxiile au o tinerețe, o vârstă adultă și o bătrânețe.

Savanții Barrow și Silk, în lucrarea "Structura universului timpuriu", prezintă următoarele date:

Faptul că primele 3 minute conțin o bogată încărcătură de evenimente cosmice prezentate în tabelul cronologiei cosmosului, în virtutea unor legi naturale inteligibile în cadrul modelului marii explozii, a făcut posibilă scrierea istoriei Universului de către o entitate gânditoare – *omul*.

Ar fi foarte plăcut să putem vedea ce era "înainte" de explozia inițială, însă este mai ușor să vorbim despre viitor. Se poate ca expansiunea să continue la infinit sau după câteva zeci de miliarde de ani să se oprească și totul să pornească înapoi. Descoperiri recente din domeniul radioastronomiei par să confirme prima ipoteză: Universul este în continuare în plină expansiune accelerată.

2. Galaxiile – insule în Univers

2.1 Galaxia noastră și galaxiile învecinate

Edwin Powell Hubble (1889 - 1953), cu o riguroasă disciplină a gândirii, cu ajutorul unor norme stricte de clasificare și măsurare, a reușit, împreună cu câțiva astronomi, să deslușească tainele imensului regat ale cărui hotare erau doar ghicite.

În esență, Hubble a conturat treptat înfățișarea Universului, adică ceea ce vedem noi azi. Cercetările sale dovedeau că:

- galaxia poate fi considerată unitatea cosmică, agregatul elementar de materie – energie și că Universul observat este identificabil cu sistemul galaxiilor;

- sistemul galaxiilor este uniform distribuit în spațiu, este pretutindeni identic cu sine însuși, nu are centru, sau mai precis centrul său este peste tot și circumferința nicăieri, așa cum spuneau Nicolaus Cusanus și Blaise Pascal;

- formele și dimensiunile galaxiilor au o mare diversitate;

- sistemul galaxiilor prezintă aparența unei expansiuni uniforme care este guvernată de legea: fiecare galaxie pare că se îndepărtează de Pământ cu o viteză proporțională cu distanța – aceasta fiind informația indicată de proprietățile spectroscopice ale luminii provenite de la galaxii, din compoziția chimică făcând parte atomii de hidrogen, heliu și litiu, fără să apară nici un atom masiv.

Astfel, întreaga varietate de stele, de nebuloase, de substanță interstelară este grupată într-o gigantică unitate cosmică numită galaxie. Mai detaliat, galaxia este o grupare de stele constituită dintr-un nucleu central din care pornesc brațe spirale, brațe care împreună cu substanța interstelară formează un disc circular cu o grosime mică față de raza lui. „Populația” brațelor e formată în majoritate din stele din clasele spectrale O – B (O – albastre, B – alb-albastre) și MO – M3 (gigante roșii), stele mari exteme de strălucitoare. Celelalte categorii de stele, mai mici (clasificate de la A la G în funcție de luminozitate și temperatură), formează predominant „populația” discului propriu-zis.