

NICU GOGA

*CARTIE DE  
ASTRONOMIE*



*Editura REVERS  
CRAIOVA, 2010*

**Referent științific: Prof. univ.dr. Radu Constantinescu**

**Editura Revers  
ISBN: 978-606-92381-6-5**

În contextul actual al restructurării învățământului obligatoriu, precum și al unei manifeste lipse de interes din partea tinerei generații pentru studiul disciplinelor din aria curriculară Științe, se impune o intensificare a activităților de promovare a diferitelor discipline științifice. Dintre aceste discipline Astronomia ocupă un rol prioritar, având în vedere că ea intermediază tinerilor posibilitatea de a învăța despre lumea în care trăiesc, de a afla tainele și legile care guvernează Universul. În plus, anul 2009 a căpătat o co-notație specială prin declararea lui de către UNESCO drept „Anul Internațional al Astronomiei”.

În acest context, domnul profesor Nicu Goga ne propune acum o a doua carte cu tematică de Astronomie. După apariția lucrării **Geneza, evoluția și sfârșitul Universului**, un volum care s-a bucurat de un real succes, apariția lucrării „**Carte de Astronomie**” reprezintă un adevărat eveniment editorial, cu atât mai mult cu cât ea constituie în același timp un material monografic și un material cu caracter didactic. Cartea este structurată în 13 capitole, trecând în revistă problematica generală a Astronomiei cu puține elemente de Cosmologie. Cartea își propune și reușește pe deplin să ofere răspunsuri la câteva întrebări fundamentale și tulburătoare legate de existența ființei umane și a dimensiunii cosmice a acestei existențe, incită la dialog și la dorința de cunoaștere.

Consider că, în ansamblul său, cartea poate contribui la îmbunătățirea educației științifice a tinerilor elevi și este deosebit de utilă pentru toți „actorii” implicați în procesul de predare-învățare: elevi, părinți, profesori. Cartea poate contribui la depășirea modului clasic de a înțelege transmiterea de informație științifică și poate transforma elevul într-un partener autentic al profesorului. Elevul este invitat și incitat să afle cât mai multe informații despre lumea în care trăiește, să consulte materiale bibliografice moderne și să adune date utile care să îl transforme într-un „constructor” responsabil și conștient al propriului capital de cunoștințe și abilități.

În concluzie, recomand publicarea cărții, precum și acceptarea ei ca un instrument de lucru auxiliar manualelor și culegerilor de probleme recomandate oficial de către Ministerul Educației.

Prof. univ.dr. Radu Constantinescu  
Decan Facultatea de Fizică  
Universitatea din Craiova



## CUVÂNT ÎNAINTE

„Am năzuit cu toții să ne ațintim privirile spre cer, dar având picioarele bine înfipite în pământul țării”- spunea **Octavian Goga**. Am fost cu toții fascinați de eclipsele de Soare sau Lună, de apariția unei comete, de ploile de meteoriți, etc. Ne-am pus întrebări în legătură cu acestea, am căutat răspunsuri, într-un cuvânt am încercat să ne îmbogățim cunoștințele de astronomie.

Cartea vine în sprijinul tuturor celor interesați, în special al tinerilor de vârstă școlară, printr-o abordare unitară, elementară, a vastului domeniu al astronomiei.

Lucrarea își propune prin conținutul său să-i inițieze pe tineri, să-i familiarizeze cu conceptele de bază din astronomie, pentru a le da posibilitatea să-și dezvolte abilități și deprinderi, să-și însușească criteriile valorice necesare înțelegerii, studierii sau cercetării ori pentru a-și putea răspunde la întrebări despre **Univers**, respectând programa de astronomie pentru concursuri și olimpiade.

În capitolul „**Bolta cerească. Sfera cerească**” se face o prezentare generală a **bolții cerești** și a **constelațiilor** iar în capitolul „**Orientarea pe bolta cerească**” se expun noțiuni de bază în observațiile astronomice pentru amatori. În capitolul „**Mișcarea anuală aparentă a Soarelui și mișcarea reală a Pământului în jurul Soarelui**” se prezintă noțiunile necesare înțelegerii fenomenelor astronomice, precum și utilitatea trigonometriei sferice în orientare, navigație și... astronomie.

Pentru că **timpul** este o noțiune foarte importantă pentru noi toți, în capitolul „**Timpul și calendarul**” lucrarea explică necesitatea măsurării timpului, a folosirii **timpului legal** precum și criteriile ce stau la baza elaborării unui **calendar**. Lucrarea mai prezintă și câteva **noțiuni de mecanică cerească și metode de studiu în astronomie**.

Un alt capitol a fost dedicat **Sistemului solar**, deoarece, în lumina ultimelor date observaționale, la **Reuniunea din 24 august 2006 a Uniunii Astronomice Internaționale** s-a adoptat o rezoluție care a propus un nou tablou al Sistemului Solar prin redefinirea noțiunii de planetă. Din acest motiv, Pluto nu mai este considerată cea

de-a noua planetă, ea fiind inclusă în populația obiectelor cerești din **Centura Kuiper**.

În capitolul **„Luna”** se prezintă noțiuni despre formarea, configurațiile, fazele, rotațiile și librațiile Lunii deoarece sunt utile în înțelegerea influențelor Lunii asupra Pământului, iar în capitolul **„Eclipsele”** cartea prezintă modul de formare a eclipselor de Soare și Lună, și periodicitatea lor. În capitolul **„Galaxia Noastră-Calea Lactee”** se sintetizează datele cunoscute, și se prezintă câteva galaxii vecine pentru a crea un tablou unitar.

Lucrarea nu se putea încheia fără a aborda în câteva capitole: **„Cercetarea directă a spațiului cosmic”**- rezultatele obținute recent în cercetarea cosmosului atât de astronomia clasică cât și de telescopul spațial Hubble, iar în capitolul **„Elemente de cosmologie”**- probleme de geneza, evoluția, structura Universului la scală mare, și sfârșitul Universului. **„Problema vieții în Univers”** este capitolul în care am încercat să arăt ce condiții sunt necesare existenței vieții, ce condiții trebuie să îndeplinească o planetă ca să găzduiască viața așa cum o știm noi, și care sunt motivele pentru care nu putem contacta în timp real o eventuală civilizație extraterestră.

Această lucrare reprezintă rodul muncii mele de a realiza un material compatibil cu datele observaționale recente dar și cu o prezentare accesibilă celor doritori să-și însușească și îmbunătățească cunoștințele în acest domeniu, iar rezultatele elevilor care au participat la concursurile de profil m-au încurajat să elaborez această lucrare.

Sincere mulțumiri tuturor celor care prin sugestii sau critici constructive m-au ajutat să elaborez această lucrare, și special domnilor: prof. Dr. Radu Constantinescu și prof. Dr. Ovidiu Văduvescu.

NICU GOGA

## INTRODUCERE

**Astronomia**, alături de alte științe, ne dă posibilitatea de a cunoaște natura, manifestările ei, legile ei, ne ajută în formarea unei concepții corecte despre lume, deoarece știința și credința sunt complementare.

De când au pornit în cucerirea planetei, oamenii au fost fascinați de bolta înstelată, au observat mișcările stelelor, Lunii și a planetelor învecinate. Au învățat să prevadă fazele Lunii pentru a putea măsura timpul, după cum reiese din gravurile de pe niște oase, descoperite de arheologi și datate din anul 35.000 înainte de Hristos (**î.Hr.**). Această perioadă corespunde momentului când **neanthropul**, alias **Omul de Cro Magnon**, venea să-l înlocuiască pe **Omul din Neanderthal**.

Oamenii au observat că stelele pe cer nu sunt uniform răspândite, ci sunt grupate în diferite configurații, pe care le-au numit **constelații**. Apariția și dispariția succesivă a constelațiilor le dădea indicații despre succesiunea anotimpurilor. Aceste indicații erau extrem de prețioase și utile pentru muncile și nevoile lor.

Corpurile cerești au devenit puncte de reper referitoare la timp și spațiu, iar observarea lor sistematică o necesitate. Studii recente ne arată că astronomii din antichitate aveau cunoștințe mult mai avansate decât suntem noi dispuși să credem. Astfel din datele furnizate de sateliți reiese că cele trei piramide din Gizeh ne arată configurația celor trei stele din constelația Orion, Sfinxul era orientat spre constelația Leul, iar turnul Bayon al templului din inima Angkorului situat în jungla cambodgiană este orientat spre constelația Draco așa cum se vedeau acum 10.500 de ani, la momentul echinocțiului de primăvară. Acest lucru dovedește că strămoșii noștri cunoșteau mișcarea de precesie a Pământului, deoarece în templele din Angkor predominau numerele precesionale.

Date sigure despre aceste observații sistematice, bazate pe documente scrise, avem din epoca marilor civilizații indo-europene, dar în special al civilizației antice grecești. Aici se pot aminti numele lui **Pitagora** (circa 560-500 î.Hr.) care denumește cerul **cosmos** și afirmă că Pământul are formă sferică. Tot în acel secol un alt învățat, **Philolaus** din Tarent, a emis ipoteza că în centrul Universului nu se află Pământul ci **Hestia** (inima), un foc central, iar în jurul acestuia se mișcă Pământul. El mai considera că cel mai apropiat corp de Hestia, situat întodeauna de partea cealaltă și astfel mereu invizibil, este **Antiterra** (antipământul).

Cunoștințele despre Univers și aștrii care-l populează s-au acumulat și îmbogățit timp de 2000 de ani și prin eforturile unor astronomi remarcabili ca: **Tycho Brache**, **Nicolaus Copernicus**, **Galileo Galilei**, **Johan Kepler**, **Isaac Newton**, **William Herschell**, **Edwin Hubble** și alții până în prezent.

Strămoșii noștri geto-dacii aveau cunoștințe solide de astronomie pe care le foloseau în activitățile lor de zi cu zi. O dovadă, în acest sens, este

**sanctuarul-calendar** al geto-dacilor de la Grădiștea Muncelului care, chiar dacă nu este de amploarea celui de la Stonehenge, este foarte precis. „**Soarele de andezit**” de la Sarmisegetusa, cu un diametru de 7,1 m, lucrat în plăci de andezit care are în centru un disc cu un diametru de 1,5m, poate rivaliza cu orice construcție similară care este închinată Cultului Soarelui.

Astăzi îi înțelegem pe antici pentru că divinizau Soarele, deoarece necesitatea monitorizării activității astrului, a devenit evidentă din momentul când s-a observat că viața terestră depinde într-o măsură mult mai mare decât ne așteptam de Soare. Totodată studiul activității Soarelui a dat naștere la meteorologia Soarelui.

Activitățile economice moderne se bazează pe radiocomunicații, iar acestea pot fi perturbate de furtunile solare. Luarea deciziei între a investi în telescoape terestre și a investi în telescoape spațiale în viitor pentru studiu este o problemă complexă. Progresele în domeniul opticii adaptive au extins rezoluția telescoapelor terestre până la limita care le permite să realizeze imagini în infraroșu ale unor obiecte slab luminoase. Utilitatea opticii adaptive în raport cu observațiile Hubble depind puternic de detaliile particulare ale fiecărui subiect de cercetare în parte. Domeniul de lungimi de undă în care corecțiile optice adaptive de înaltă calitate este însă limitat, mai ales în culori optice.

Telescopul Hubble păstrează abilitatea unică de a realiza imagini de mare rezoluție în câmp larg de frecvențe. Pe de altă parte, tehnologiile optice terestre puteau furniza imagini ale obiectelor luminoase la o rezoluție superioară celor pe care le poate obține Hubble, chiar și înainte de lansarea lui. A fost întotdeauna important pentru ca telescopul spațial să obțină imagini mai clare ale Universului cu toate că a necesitat costuri de construcție și de operare ridicate.

Astronomia spațială a adus Universul mult mai aproape de noi, iar observațiile făcute cu ajutorul telescoapelor spațiale au făcut **să vedem** Universul până în momentul apariției sale.



# CAPITOLUL 1

## BOLTA CEREASCĂ. SFERA CEREASCĂ

### 1.1. BOLTA CEREASCĂ

Oricare ar fi locul în care ne aflăm pe Pământ, într-o noapte senină, atunci când privim bolta înstelată impresia generală pe care o avem este aceea că ne aflăm în interiorul unei calote sferice spre a cărei suprafață interioară privim. Această suprafață interioară a calotei o numim **bolta cerească** sau mai simplu **cer**. Ea „se sprijină” pe sol de-a lungul unui cerc imaginar numit **orizont** și al cărei vârf se află întotdeauna pe verticala locului de observare.

Suntem impresionați de numărul de stele observate, dar la o analiză mai atentă se pot distinge circa 3.000 de stele, deoarece imaginea cerului înstelat este o imagine aparentă datorită faptului că stelele se află la distanțe foarte mari între ele, și privite în perspectivă, ne creează impresia că se află pe aceeași calotă concavă.

Între stele nu există, în general, nicio legătură fizică, dar nouă ne apar în diverse grupări, numite **constelații**, ale căror denumiri au fost sugerate oamenilor fie de asemănările acestor grupuri cu imaginile unor obiecte sau animale terestre, fie de numele unor personaje mitologice. Interesant este faptul că denumirile constelațiilor au fost date după obiecte sau animale terestre întâlnite numai în emisfera nordică.

După o observare de câteva ore a bolții cerești se remarcă faptul că aștrii se rotesc în jurul unei axe fixe imaginare care trece prin punctul de observare, mișcarea acestora fiind denumită **mișcare diurnă aparentă**.

**PP'**=axa lumii  
**Z**(zenit=răsărit)  
**Z'**(nadir=apus)

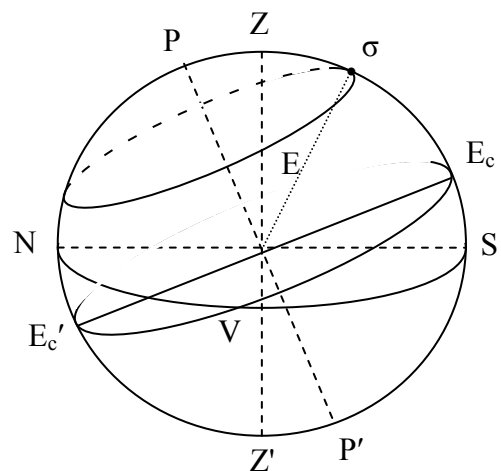


Figura 1.1.

Mișcarea diurnă aparentă a bolții cerești (vezi figura 1.1), se regăsește ca mișcare aparentă diurnă a sferei cerești geocentrice, ca fiind o mișcare de rotație a acesteia în jurul axei lumii,  $PP'$ , efectuată în sensul invers al acelor de ceasornic, de la E spre V.

## 1.2. SFERA CEREASCĂ

În astronomie se utilizează noțiunea de **sferă cerească**, fiind un auxiliar important la determinarea pozițiilor și mișcărilor aparente ale astrilor. Pentru determinarea pozițiilor astrilor pe sfera cerească, trebuie să stabilim punctele, liniile și planele ei principale.

Datorită mișcării diurne vedem stelele descriind cercuri paralele, ale căror centre se află pe o dreaptă. Această dreaptă se numește axa lumii care se confundă cu axa de rotație a Pământului și care intersectează sfera cerească în două puncte  $P$  și  $P'$ , numite **poli** (nord și sud). Planul perpendicular pe axa de rotație și care trece prin centrul Pământului intersectează sfera cerească după un cerc mare, numit **ecuator ceresc**.

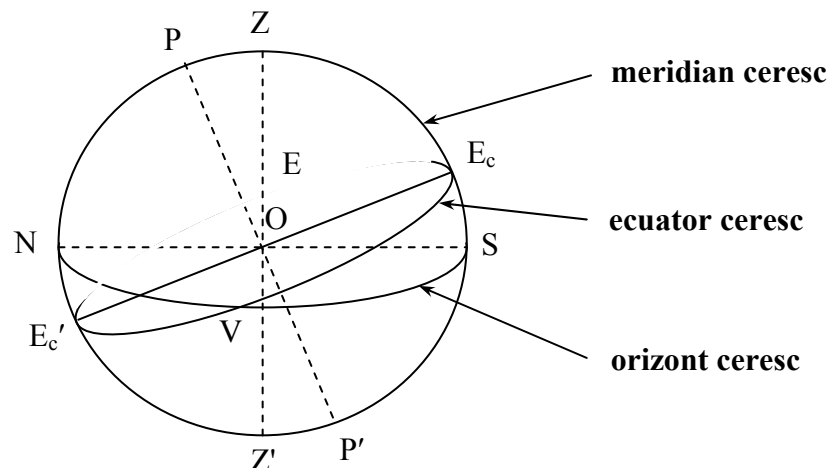


Figura 1.2.

Direcția firului cu plumb într-un loc dat este verticala locului. Punctele de intersecție ale verticalei locului cu sfera cerească se numesc: **zenit** ( $Z$ )—punctul de deasupra capului observatorului și **nadir** ( $Z'$ )—punctul diametral opus. Planul dus prin centrul sferei cerești perpendicular pe verticala locului taie sfera cerească după un cerc mare, numit **orizontul ceresc** al locului. Orizontul ceresc și ecuatorul ceresc se intersectează în două puncte: punctul cardinal est ( $E$ ) și punctul cardinal vest ( $V$ ). Cele două drepte, axa lumii și verticala locului, determină un plan numit **planul meridian al locului**. Acest plan taie sfera cerească după un cerc mare numit **meridian ceresc**.

Ecuatorul ceresc se intersectează cu meridianul ceresc în două puncte: cel mai apropiat de Polul Nord este punctul cardinal nord ( $N$ ), iar diametral opus lui este punctul cardinal sud ( $S$ ).

Orientarea axei lumii este aceeași pentru toate punctele suprafeței terestre. Poziția cercurilor și punctelor sferei cerești, care au fost definite mai

sus, depinde de direcția verticalei locului, adică de poziția observatorului pe suprafața Pământului. Această dependență se traduce prin relația fundamentală a latitudinii astronomice: „Înălțimea Polului ceresc deasupra orizontului unui loc de pe suprafața Pământului este egală cu latitudinea astronomică a acelui loc”.

În cazul Pământului sferic, **latitudinea astronomică** este aceeași cu latitudinea geografică care este una din coordonatele geografice care determină poziția unui punct pe suprafața Pământului.

**Latitudinea geografică** a unui loc este unghiul format de planul ecuatorului terestru cu verticala locului.

A doua coordonată pentru determinarea locului observatorului este unghiul format de meridianul inițial (meridianul Greenwich) cu meridianul locului, unghi numit **longitudine geografică**. Ea este vestică sau estică, după cum se măsoară spre vest, respectiv spre est, de la meridianul inițial; printr-o convenție, longitudoinea estică se consideră pozitivă, iar cea vestică negativă.

Față de cazul aproximației sferice a Pământului, pentru care am definit latitudinea geografică, în cazul Pământului elipsoidal se pot defini trei latitudini geografice diferite (longitudinea rămânând nemodificată):

- **latitudinea astronomică** ( $\varphi$ ), care este unghiul MOQ dintre direcția verticalei punctului considerat și planul ecuatorului terestru;
- **latitudinea geocentrică** ( $\varphi'$ ), care este unghiul MO'Q dintre raza vectorială a punctului M și planul ecuatorului terestru;
- **latitudinea geodezică** ( $\varphi_1$ ), care este unghiul MO<sub>1</sub>Q dintre normala la elipsă în punctul considerat și planul ecuatorului terestru.

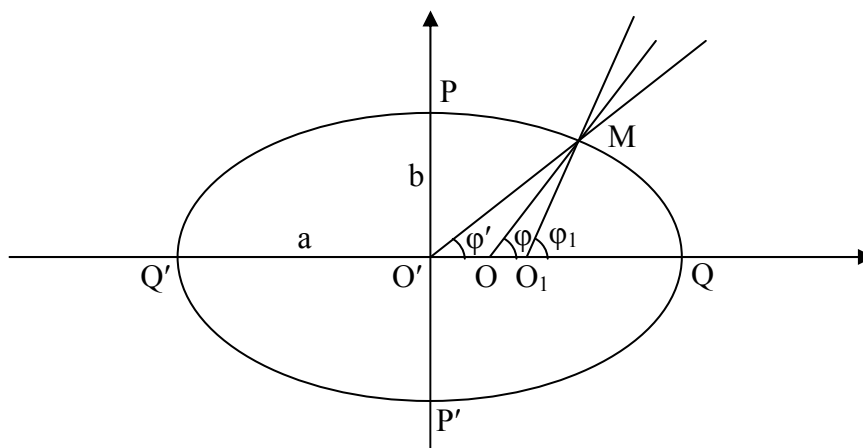


Figura 1.3.

Direct din observații astronomice se determină numai latitudinea astronomică. Din măsurători geodezice și gravimetrice se determină deviația verticalei de la normala la elipsoid în punctul considerat, care face posibilă obținerea unghiului  $\varphi_1$  din  $\varphi$ . Această deviație, cauzată de neuniformitatea distribuției maselor în interiorul Pământului, în general, nu depășește 3"; în problemele de astronomie această diferență se neglijează, deci  $\varphi_1 \approx \varphi$ .

Latitudinea astronomică și geocentrică pot diferi între ele cu cel mult 11'40". Această diferență este maximă când  $\varphi=45^\circ$  și se anulează la pol și la

ecuator. Cu o precizie suficientă pentru practică, această diferență poate fi calculată prin formula:

$$\varphi - \varphi' = \frac{1}{2} \cdot 206264,8 \cdot e^2 \cdot \sin 2\varphi,$$

unde  $e \approx 0,00763$  este excentricitatea meridianului terestru.

Datorită rotației aparente a sferei cerești, adică mai precis a rotației Pământului în jurul axei proprii, unghiul orar al fiecărui astru crește de la  $0^\circ$  la  $360^\circ$  în timpul perioadei de rotație, de aproximativ 24 de ore. Mișcarea fiind presupusă uniformă, unghiul orar devine egal cu timpul, adică:

$$360^\circ = 24 \text{ h}, 15^\circ = 1 \text{ h}, 15' = 1 \text{ min}, 15'' = 1 \text{ s}.$$

### 1.3. CONSTELAȚIILE

Constelațiile au fost observate și denumite încă din antichitate, care deși nu sunt, în ansamblu guvernate de legi fizice precise, fiind considerate neschimbătoare au fost luate drept reper.

Bolta cerească este împărțită în 88 de constelații:

Numele latin	Numele românesc	Prescurtare	Genitivul latin	Steaua principală	Stabilită de
* <u>Andromeda</u>	<u>Andromeda</u>	And	Andromedae	Alpheratz (Sirrah)	<u>Ptolemeu</u>
** <u>Antlia</u>	<u>Mașina Pneumatică</u>	Ant	Antliae		<u>Lacaille</u>
** <u>Apus</u>	<u>Pasărea Paradisului</u>	Aps	Apodis		<u>Bayer</u>
* <u>Aquarius</u>	<u>Vărsătorul</u>	Aqr	Aquarii	<u>Sadalmelik</u>	Ptolemeu
* <u>Aquila</u>	<u>Vulturul</u>	Aql	Aquilae	<u>Atair</u>	Ptolemeu
** <u>Ara</u>	<u>Altarul</u>	Ara	Arae		Ptolemeu
* <u>Aries</u>	<u>Berbecul</u>	Ari	Arietis	<u>Hamal</u>	Ptolemeu
** <u>Auriga</u>	<u>Vizitiul</u>	Aur	Aurigae	<u>Capella</u>	Ptolemeu
* <u>Bootes</u>	<u>Boarul</u>	Boo	Bootis	<u>Arcturus</u>	Ptolemeu
** <u>Caelum</u>	<u>Dalta</u>	Cae	Caeli		Lacaille
* <u>Camelopardalis</u>	<u>Girafa</u>	Cam	Camelopardalis		<u>Plancius</u>
* <u>Cancer</u>	<u>Racul</u>	Cnc	Cancri	<u>Acubens</u>	Ptolemeu
** <u>Canes Venatici</u>	<u>Câinii de Vânătoare</u>	CVn	Canum Venaticorum	<u>Cor Caroli</u>	<u>Hevelius</u>
* <u>Canis Major</u>	<u>Câinele Mare</u>	CMa	Canis Majoris	<u>Sirius</u>	Ptolemeu
* <u>Canis Minor</u>	<u>Câinele Mic</u>	CMi	Canis Minoris	<u>Prokyon</u>	Ptolemeu

* <u>Capricornus</u>	<u>Capricornul</u>	Cap	Capricorni	Deneb Algedi	Ptolemeu
* <u>Carina</u>	<u>Carena</u>	Car	Carinae	<u>Canopus</u>	Lacaille
* <u>Cassiopeia</u>	<u>Cassiopeia</u>	Cas	Cassiopeiae	<u>Schedir</u>	Ptolemeu
** <u>Centaurus</u>	<u>Centaurul</u>	Cen	Centauri	<u>Rigel</u> <u>Kentaurus</u>	Ptolemeu
* <u>Cepheus</u>	<u>Cefeu</u>	Cep	Cephei	<u>Alderamin</u>	Ptolemeu
* <u>Cetus</u>	<u>Balena</u>	Cet	Ceti	<u>Menkar</u>	Ptolemeu
** <u>Chamaeleon</u>	<u>Cameleonul</u>	Cha	Chamaeleontis		Bayer
** <u>Circinus</u>	<u>Compasul</u>	Cir	Circini		Lacaille
** <u>Columba</u>	<u>Porumbelul</u>	Col	Columbae	<u>Phakt</u>	Plancius
** <u>Coma Berenices</u>	<u>Părul Berenicei</u>	Com	Comae Berenices	<u>Diadem</u>	Ptolemeu
** <u>Corona Australis</u>	<u>Coroana Australă</u>	CrA	Coronae Australis	<u>Alfecca</u> <u>Meridiana</u>	Ptolemeu
* <u>Corona Borealis</u>	<u>Coroana Boreală</u>	CrB	Coronae Borealis	<u>Alphekka</u> (Gemma)	Ptolemeu
* <u>Corvus</u>	<u>Corbul</u>	Crv	Corvi	<u>Alchiba</u>	Ptolemeu
* <u>Crater</u>	<u>Cupa</u>	Crt	Crateris	<u>Alkes</u>	Ptolemeu
** <u>Cruce</u>	<u>Crucea</u>	Cru	Crucis Australis	<u>Acrux</u>	Hevelius
* <u>Cygnus</u>	<u>Lebăda</u>	Cyg	Cygni	<u>Deneb</u>	Ptolemeu
* <u>Delphinus</u>	<u>Delfinul</u>	Del	Delphini	<u>Sualocin</u>	Ptolemeu
** <u>Dorado</u>	<u>Peștele de Aur</u>	Dor	Doradus		Bayer
* <u>Draco</u>	<u>Dragonul</u>	Dra	Draconis	<u>Thuban</u>	Ptolemeu
* <u>Equuleus</u>	<u>Calul Mic</u>	Equ	Equulei	<u>Kitalpha</u>	Ptolemeu
* <u>Eridanus</u>	<u>Eridanul</u>	Eri	Eridani	<u>Achernar</u>	Ptolemeu
** <u>Fornax</u>	<u>Cuptorul</u>	For	Fornacis	Fornacis	Lacaille
* <u>Gemini</u>	<u>Gemenii</u>	Gem	Geminorum	<u>Castor</u>	Ptolemeu
** <u>Grus</u>	<u>Cocorul</u>	Gru	Gruis	<u>Al Nair</u>	Bayer
* <u>Hercules</u>	<u>Hercule</u>	Her	Herculis	<u>Ras Algethi</u>	Ptolemeu
** <u>Horologium</u>	<u>Orologiul</u>	Hor	Horologii		Lacaille
* <u>Hydra</u>	<u>Hidra</u>	Hya	Hydrae	<u>Alphard</u>	Ptolemeu
** <u>Hydrus</u>	<u>Hidra Australă</u>	Hyi	Hydri		Bayer
** <u>Indus</u>	<u>Indianul</u>	Ind	Indi		Bayer
* <u>Lacerta</u>	<u>Șopârta</u>	Lac	Lacertae		Hevelius
* <u>Leo</u>	<u>Leul</u>	Leo	Leonis	<u>Regulus</u>	Ptolemeu
* <u>Leo Minor</u>	<u>Leul Mic</u>	LMi	Leonis Minoris	<u>Praecipua</u>	Hevelius
* <u>Lepus</u>	<u>Iepurele</u>	Lep	Leporis	<u>Arneb</u>	Ptolemeu

* <u>Libra</u>	<u>Balanța</u>	Lib	Librae	<u>Zuben Elgenubi</u>	Ptolemeu
** <u>Lupus</u>	<u>Lupul</u>	Lup	Lupi		Ptolemeu
* <u>Lynx</u>	<u>Linxul</u>	Lyn	Lyncis		Hevelius
* <u>Lyra</u>	<u>Lira</u>	Lyr	Lyrae	<u>Vega</u>	Ptolemeu
** <u>Mensa</u>	<u>Platoul</u>	Men	Mensae		Lacaille
** <u>Microscopium</u>	<u>Microscopul</u>	Mic	Microscopii		Lacaille
* <u>Monocerus</u>	<u>Licornul</u>	Mon	Monocerotis		Hevelius
** <u>Musca</u>	<u>Musca</u>	Mus	Muscae		Hevelius
** <u>Norma</u>	<u>Echerul</u>	Nor	Normae		Lacaille
** <u>Octans</u>	<u>Octantul</u>	Oct	Octantis		Lacaille
* <u>Ophiuchus</u>	<u>Ofiucus</u>	Oph	Ophiuchi	<u>Ras Alhague</u>	Ptolemeu
* <u>Orion</u>	<u>Orion</u>	Ori	Orionis	<u>Beteigeuze</u>	Ptolemeu
** <u>Pavo</u>	<u>Păunul</u>	Pav	Pavonis	Joo Tseo	Bayer
* <u>Pegasus</u>	<u>Pegas</u>	Peg	Pegasi	<u>Markab</u>	Ptolemeu
* <u>Perseus</u>	<u>Perseu</u>	Per	Persei	Mirphak (Algenib)	Ptolemeu
** <u>Phoenix</u>	<u>Phoenix</u>	Phe	Phoenicis	<u>Ankaa</u>	Bayer
** <u>Pictor</u>	<u>Pictorul</u>	Pic	Pictoris		Lacaille
* <u>Pisces</u>	<u>Peștii</u>	Psc	Piscium	<u>Alrischa</u>	Ptolemeu
** <u>Piscis Austrinus</u>	<u>Peștele Austral</u>	PsA	Piscis Austrini	<u>Fomalhaut</u>	Ptolemeu
** <u>Puppis</u>	<u>Pupa</u>	Pup	Puppis	<u>Naos</u>	Lacaille
** <u>Pyxis</u>	<u>Busola</u>	Pyx	Pyxidis		Lacaille
** <u>Reticulum</u>	<u>Reticulul</u>	Ret	Reticuli		Lacaille
* <u>Sagitta</u>	<u>Săgeata</u>	Sge	Sagittae	<u>Sham</u>	Ptolemeu
* <u>Sagittarius</u>	<u>Săgetătorul</u>	Sgr	Sagittarii	<u>Rukbat</u>	Ptolemeu
* <u>Scorpius</u>	<u>Scorpionul</u>	Sco	Scorpii	<u>Antares</u>	Ptolemeu
** <u>Sculptor</u>	<u>Sculptorul</u>	Scl	Sculptoris		Lacaille
* <u>Scutum</u>	<u>Scutul</u>	Sct	Scuti		Hevelius
* <u>Serpens</u>	<u>Șarpele</u>	Ser	Serpentis	<u>Unukalhai</u>	Ptolemeu
* <u>Sextans</u>	<u>Sextantul</u>	Sex	Sextantis		Hevelius
* <u>Taurus</u>	<u>Taurul</u>	Tau	Tauri	<u>Aldebaran</u>	Ptolemeu
** <u>Telescopium</u>	<u>Telescopul</u>	Tel	Telescopii		Lacaille
* <u>Triangulum</u>	<u>Triunghiul</u>	Tri	Trianguli	<u>Metallah</u>	Ptolemeu
** <u>Triangulum Australis</u>	<u>Triunghiul Austral</u>	TrA	Trianguli Australis	Atria	Bayer

** <u>Tucana</u>	<u>Tucanul</u>	Tuc	Tucanae		Bayer
* <u>Ursa Major</u>	<u>Ursa Mare</u>	UMa	Ursae Maioris	<u>Dubhe</u>	Ptolemeu
* <u>Ursa Minor</u>	<u>Ursa Mică</u>	UMi	Ursae Minoris	<u>Polaris</u>	Ptolemeu
** <u>Vela</u>	<u>Velele</u>	Vel	Velorum	Suhail Muhlif	al Lacaille
* <u>Virgo</u>	<u>Fecioara</u>	Vir	Virginis	<u>Spica</u>	Ptolemeu
** <u>Volans</u>	<u>Peștele Zburător</u>	Vol	Volantis		Bayer
* <u>Vulpecula</u>	<u>Vulpea</u>	Vul	Vulpeculae		Hevelius

Legenda: \*Cerul Boreal \*\*Cerul Austral

Cele 88 de constelații se clasifică în:

a) **Constelații circumpolare**, constelații care nu apun niciodată. În țara noastră sunt vizibile numai trei: Ursa Mare (Carul Mare), Steaua Polară și Cassiopeea.

### URSA MARE (Ursa Major)

**Ursa mare** sau **Carul mare** este o constelație vizibilă din emisfera nordică. La latitudinea României este o constelație circumpolară.

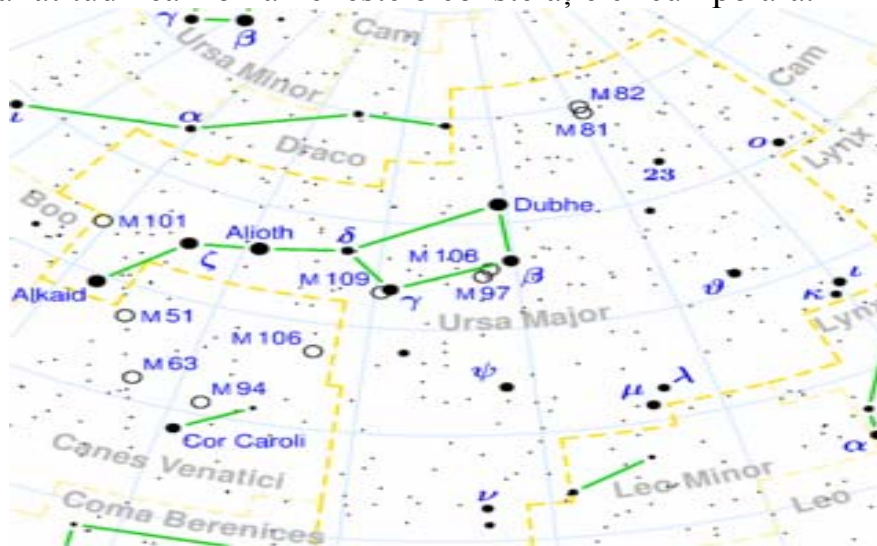


Figura 1.4. Constelația Ursa Mare. Credit: Torsen Bronger.

Este poate cea mai cunoscută constelație, cele șapte stele principale având aproximativ aceeași strălucire. Deoarece este ușor de recunoscut, pe baza ei este dată frecvent o metodă de găsire a stelei polare: se prelungește linia ce unește ultimele două „roți” ale carului în partea bazei mari a trapezului cu de

cinci ori distanța dintre ele. Locul astfel găsit este foarte aproape de Steaua Polară.

### URSA MICA (UrsaMinor)

**Ursa mică** sau **Carul mic** este o constelație situată în emisfera nordică a cerului.

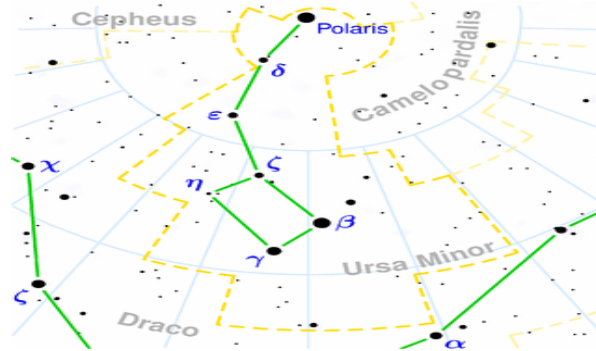


Figura 1.5. Constelația Ursa Mică. Credit: Torsen Bronger.



### STEAUA POLARĂ (Polaris)

**Steaua polară** este o stea din constelația Ursa Mică, situată foarte aproape de polul nord ceresc (declinație  $+89^{\circ} 15' 51''$ ). Din această cauză, și fiind ușor vizibilă cu ochiul liber (magnitudine aparentă 1,97), este utilizată pentru orientare, ea indicând cu precizie destul de bună (sub  $1^{\circ}$ ) direcția spre nord (vezi figura 1.6).

Figura 1.6. Steaua Polară. Credit: NASA/ESA.

În emisfera nordică cea mai importantă stea pentru orientare este Steaua Polară ( $\alpha$  din Constelația Ursa Mică sau Carul Mic). Se poate observa destul de simplu dacă măsurăm circa cinci lungimi egale cu oiștea Carului Mare în sus observăm o constelație, asemănătoare cu cea a Carului Mare, numită



Carul Mic dar așezată în ordine inversă, cu stele mai puțin strălucitoare, cea mai strălucitoare fiind chiar Steaua Polară.

## CASSIOPEEA

Cassiopeea este o constelație nordică care în mitologia greacă reprezenta orgolioasa regină Cassiopeia (mândră de frumusețea ei neîntrecută). Este una dintre cele 88 de constelații moderne și a fost printre cele 48 enumerate de Ptolemeu .

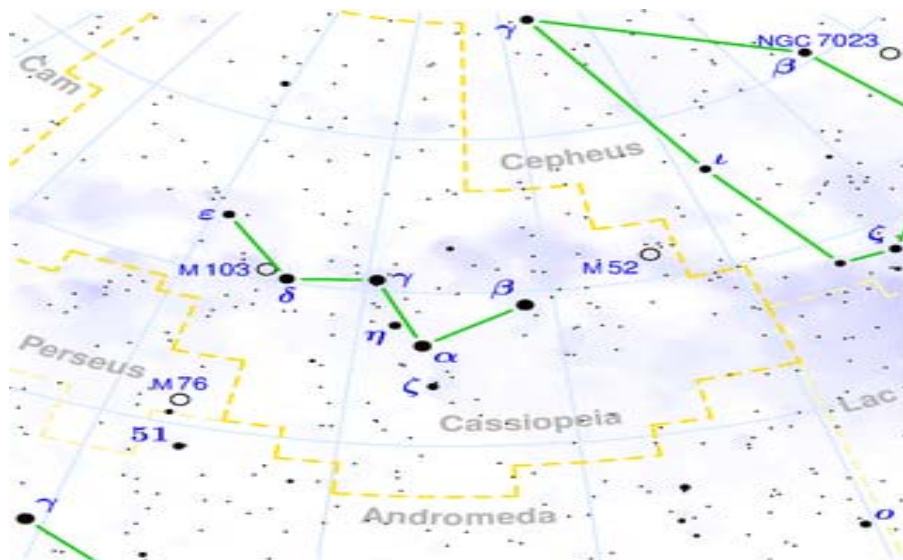


Figura 1.7. Constelația Cassiopeea. Credit: Torsen Bronger.

Cea mai strălucitoare stea este Sedir ( $\alpha$ Cas), cu magnitudinea  $2,2^m$  iar numărul de stele cu magnitudinea mai mică de 3 este 4 ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  și  $\delta$ ). Constelații vecine: Girafa, Cefeu, Șopârla, Andromeda și Perseu.

**b) Constelații care răsar și apun:** Taur, Leu, Hidra, Orion și altele.

## ORION

Din România această constelație se poate vedea pe cerul de iarnă, dar Orionul era cunoscut încă de acum trei milenii în Mesopotamia sub numele de Uru-anna (Lumina Cerului). În timp a devenit cunoscută sub numele de Orion, așa cum o știm astăzi. Constelația Orion are trei stele foarte strălucitoare: Riegel, Betelgeuse și Bellatrix, fiind situată în regiunea ecuatorială a cerului. Probabil vechii egipteni au așezat Marea Piramidă și cele mai mici de lângă ea în poziția celor trei stele pe care le-au observat atunci când au construit piramidele.

Ca fiecare constelație, sau obiect ceresc observat și consemnat ca atare din timpuri străvechi, are o legendă. Din mitologia greacă aflăm că Orion a fost fiul lui Poseidon, zeul apelor. Tânărul era un vânător faimos și curajos

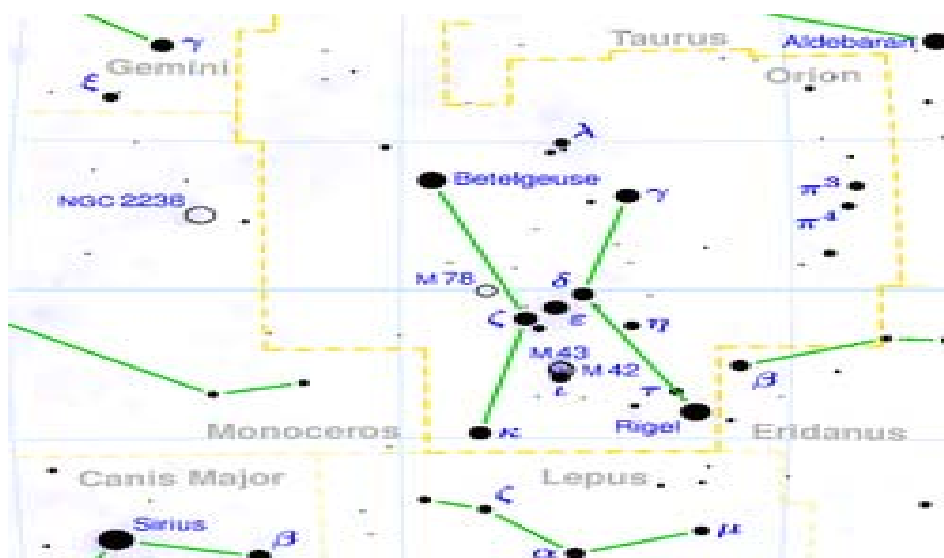


Figura 1.8. Constelația Orion. Credit: Torsen Bronger.

fiind ocrotit de zeița vânătorii, Artemis. Orion era atât de pasionat de vânătoare încât l-a rugat pe Zeus să le transforme în animale pe frumoasele nimfe ale Pleiadei. Zeus i-a ascultat dorința și le-a transformat în porumbițe. Orion neștiind de transformarea făcută le-a vânat. Artemis, ocrotitoarea sa, s-a temut că acesta va vâna toate animalele așa că a slobozit uriașul scorpion pentru a-l ucide pe Orion punând astfel capăt masacrului inutil al animalelor. Zeus i-a înălțat mai apoi pe cer sub formă de constelații.

c) **Constelații care nu răsar niciodată**, adică nu sunt vizibile din România: Crucea Sudului, Musca, Octantul și altele, ele rămânând tot timpul sub orizont.

### CRUCEA SUDULUI (Crux)

Crucea Sudului este o constelație din emisfera australă fiind situată în apropierea Polului Sud .

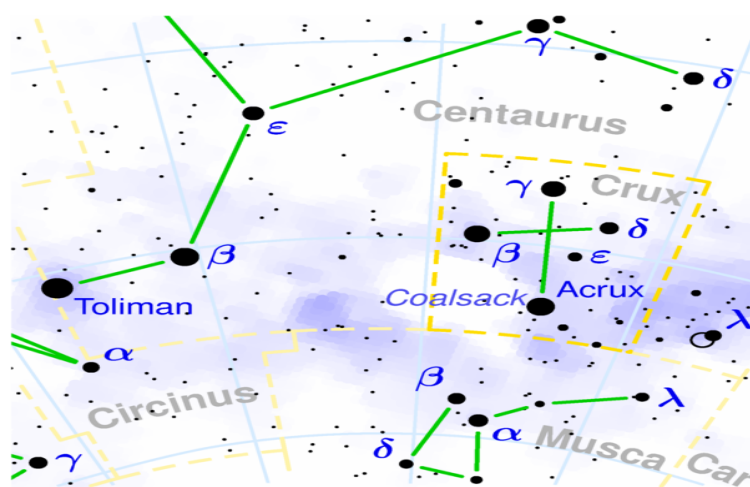


Figura 1.9. Constelația Crucea Sudului. Credit: Torsen Bronger.

Asterismul său este format din patru stele mai strălucitoare dispuse în diagonala unui patrulater, de unde și denumirea pe care i-au dat-o primii navigatori, navigatorii portughezi, din secolul al XVI-lea.

Este punctul de reper în navigarea din emisfera sudică, fiind reprezentată pe steagurile și stemele: Australiei, Braziliei și Noii Zeelande.

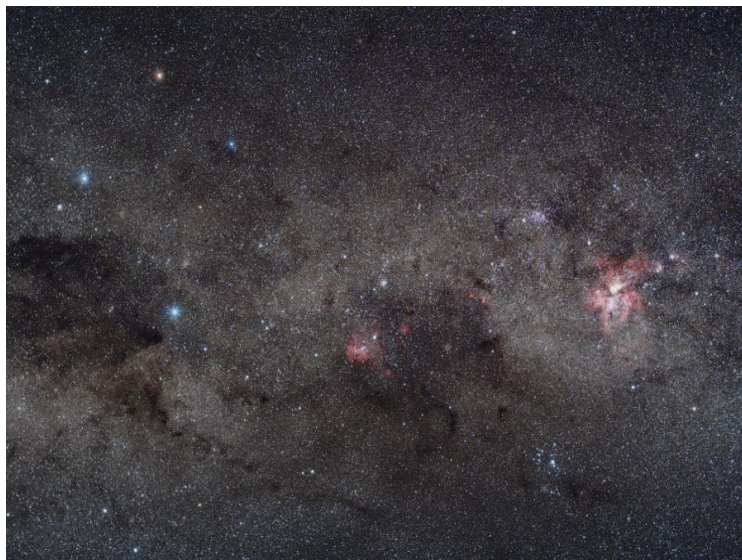


Figura 1.10. Constelația Crucea Sudului. Credit: NASA/ESA.

### CENTAURUL (Centaurus)

Centaurul este o constelație din emisfera australă, străbătută în partea de sud de Calea Lactee și a cărei parte nordică, o porțiune mică, poate fi văzută la noi în timpul lunilor de primăvară.

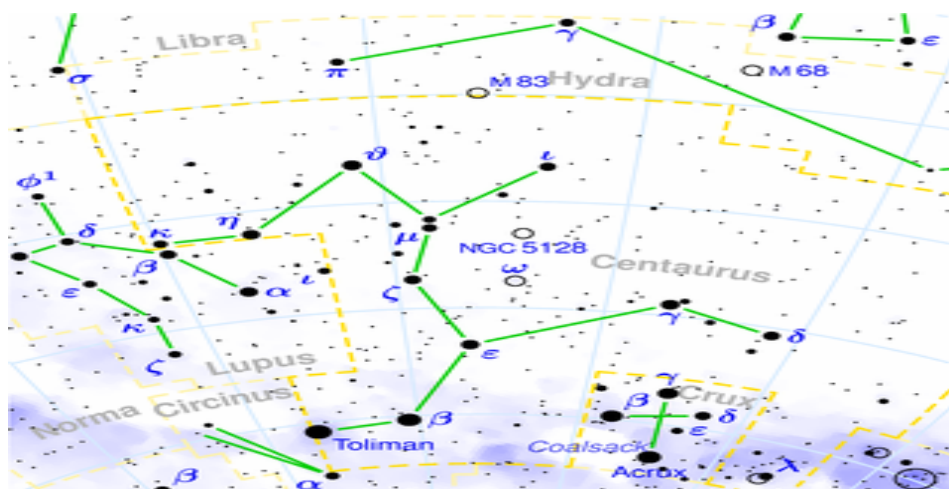


Figura 1.11. Constelația Centaurul. Credit: Torsen Bronger.

Constelația este una dintre cele mai frumoase constelații de pe întreaga boltă cerească iar steaua cea mai strălucitoare - $\alpha$ -alfa Centauri, care este defapt un sistem triplu ce conține steaua Proxima Centauri, cea mai apropiată stea de sistemul nostru solar la o distanță de 4,24 ani lumină.

Legenda spune că centaurul Chiron a fost singurul dintre semenii săi (centauri erau semizeii cu un trup de cal și un bust de om) care nu a făcut rău oamenilor ba mai mult a fost educatorul multor eroi Ahile, Castor și Pollux, Hercule, Asclepios (Esculap) părintele medicinei. De aceea după moartea sa în războiul centaurilor zeii l-au înălțat la cer sub formă de constelație.

#### 1.4. CONSTELAȚIILE ZODIACALE

Constelațiile zodiacale au fost denumite astfel, deoarece sunt în concordanță cu numărul de luni ale unui an calendaristic iar astrologii le folosesc pentru a prezice destinul unui om în funcție de așezarea astrilor și poziția Soarelui care străbate aceste constelații. Munca astrologilor a fost importantă prin faptul că urmărind în permanență cerul au făcut observații prețioase care ulterior au fost folosite de astronomi în descifrarea tainelor cerului.

##### 1. Constelația BERBECUL (Aries)

Este o constelație traversată de Soare în perioada 21 martie-20 aprilie, fiind vizibilă și din țara noastră. Este o constelație formată din stele de mărimi mici, câteva de mărimea a doua și una de a treia, situată în emisfera nordică.

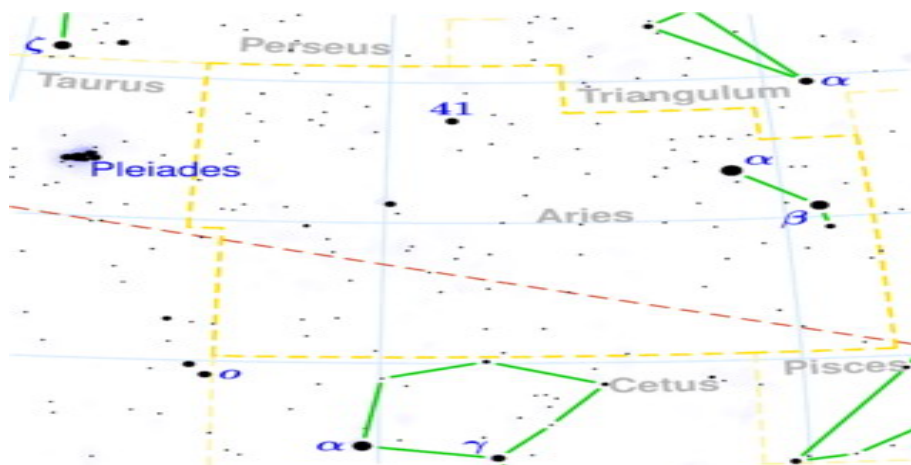


Figura 1.12. Constelația Berbecul. Credit: Torsen Bronger.

Legenda ne spune că regele Ataman a avut o relație extraconjugală cu o nimfă (o entitate din mitologia greacă ce echivalează cu zânele de la noi) pe nume Nefele, în urma căreia au rezultat un băiat, Frixus și o fată, Helle. Ino, soția regelui, vrând să scape de copiii bastarzi și-a pus în gând să-i omoare.

Nefele, aflând de intenția lui Ino, s-a arătat în visul copiilor, îndemnându-i să fugă cu ajutorul unui berbec cu lâna de aur pe care î-l trimisese în acest scop. Copiii au ascultat de nimfa din vis, s-au așezat pe spinarea berbecului, care și-a luat zborul cu iuțeala vântului peste munți. Fetița nu s-a ținut bine de lâna berbecului, s-a dezechilibrat și a căzut în mare, iar locul în care a căzut se numește Hellesport, actuala Dardanele, strâmtoare ce se află între Peninsula Balcanică și Asia Mică.

Frixus a ajuns cu bine în Colhida și a fost primit cu bucurie de regele de acolo. Berbecul a fost jertfit lui Zeus, iar Lâna de Aur a fost atârnată într-un stejar în templul lui Ares, zeul războiului, fiind păzită de un monstru care nu dormea niciodată. Tot legenda spune că după ani de zile, Iason, în fruntea argonauților, a ajuns în Colhida și după ce a învins paznicul Lânii de Aur, a luat lâna și s-a întors, împreună cu argonauții săi, înapoi în Grecia pentru a-și elibera mama.

Zei au fost impresionați de cele petrecute pe Pământ și au ridicat la cer spre nemurire: Berbecul și Lâna de Aur.

## 2. Constelația TAURUL (Taurus)

Este vizibilă în emisfera nordică, fiind traversată de Soare în perioada 21 aprilie - 20 mai, iar din țara noastră este vizibilă în timpul iernii. Cea mai strălucitoare stea este Aldebaran, din roiul de stele Hyade.

Această constelație era cunoscută încă din antichitate, iar oamenii sărbătoreau venirea primăverii odată cu intrarea Soarelui în semnul constelației. Descoperirile arheologice au scos la iveală faptul că această constelație a fost prima dintre constelații care a avut nume de animale.

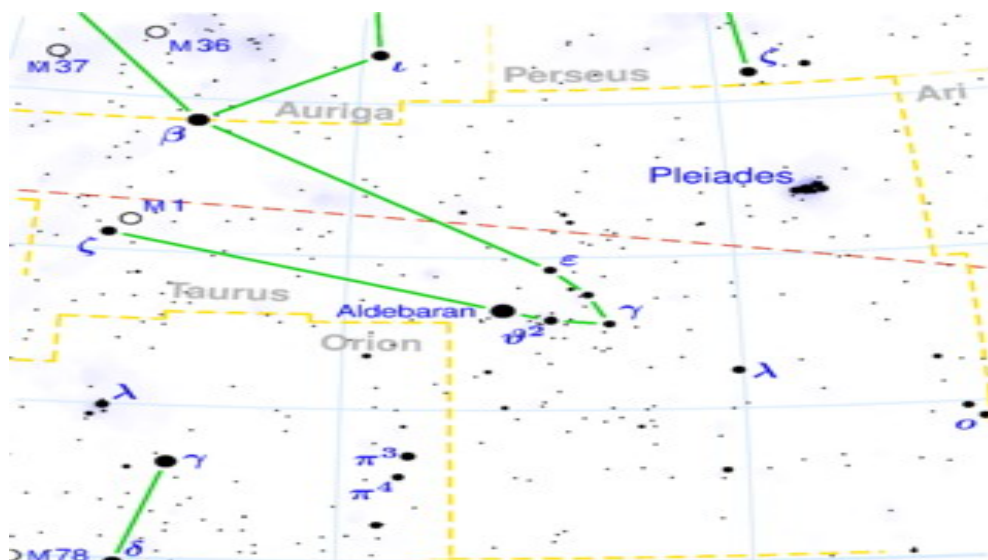


Figura 1.13. Constelația Taurul. Credit: Torsen Bronger.

Numele constelației provine tot din mitologia greacă, iar legenda spune că Zeus s-a îndrăgostit de Europa, frumoasa fiică a lui Agenor, regele Feniciei. Pentru a intra în grațiile ei și pentru a-și ascunde adevărata identitate, s-a prefăcut într-un taur alb ca zăpada și a intrat în turma regală. Într-o zi frumoasă, pe când Europa și însoțitoarele ei culegeau flori, a remarcat frumosul și blândul taur pe care l-a încălecat pentru o scurtă plimbare. Zeus atât a așteptat, a părăsit turma alergând spre mare, a sărit valuri având în spinare pe frumoasa Europa și a înotat până în insula Creta. Pe insulă el o seduce pe frumoasa prințesă și împreună au avut doi fii: Minos, care va ajunge regele Cretei și Eac, care va deveni judecător al lumii umbrelor. Când a aflat adevărata identitate a iubitului ei, Europa s-a aruncat în mare. Zeus a sărit să o salveze, dar Afrodita i-a luat-o înainte, a salvat-o ducând-o pe un tărâm necunoscut. Zeus era aproape să piară în valuri, dar a reușit să salveze numai capul și gâtul taurului, care astfel au ajuns pe cer sub forma pe care o observăm, iar tărâmul pe care a fost dusă Europa a căpătat numele ei.

Dar tot în semn de omagiu, Galileo Galilei a denumit unul dintre cei patru sateliți naturali ai lui Jupiter, descoperiți de el, tot Europa.

### 3. Constelația GEMENII (Gemini)

Este situată în emisfera nordică a cerului, fiind traversată de Soare în perioada 21 mai–21 iunie și străbătută de Calea Lactee. Ea conține două stele vizibile cu ochiul liber: Castor și Pollux și peste o sută de stele vizibile cu luneta. De fapt prin lunetă se văd două stele albastre, Castor A și Castor B, aproape de ele aflându-se o stea pitică roșie, Castor C. Stelele A și B au un centru comun de gravitație, cu o rotație completă o dată la 340 de ani, pe când Castor C, mai îndepărtată, are nevoie de câteva mii de ani să înconjoare stelele A și B.

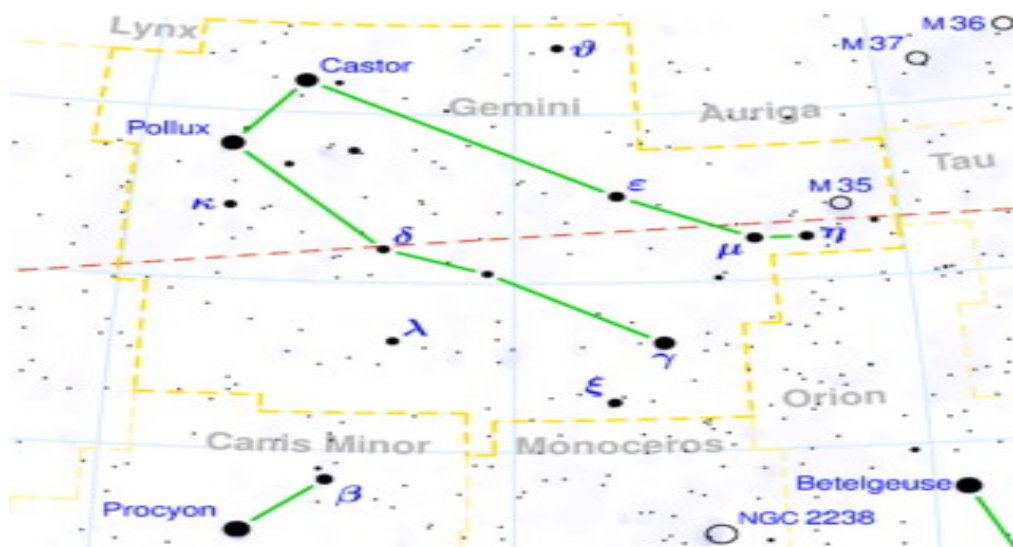


Figura 1.14. Constelația Gemenii. Credit: Torsen Bronger.

Denumirea constelației provine tot din mitologia greacă. Cei doi gemeni, Castor și Pollux, au fost fii lui Zeus, rezultați din relația sa cu Leda, regina Spartei, frați cu Elena, prințesa cea frumoasă, din cauza căreia a izbucnit mai târziu celebrul Război Troian.

Cei doi băieți nu și-au dezmințit statutul de semizeii, dând dovadă încă din tinerețe de curaj și spirit întreprinzător, Castor fiind un excelent arcaș și călăreț, îmblânzind cai sălbatici, iar Pollux un luptător de excepție. Cei doi au făcut parte din echipajul corabiei Argos condus de Iason în expediția spre Colhida pentru obținerea Lânii de Aur. Legenda spune că în timp ce navigau pe Marea Neagră s-a deslănțuit o furtună atât de cumplită încât navigatorii și-au pierdut orice speranță de salvare, în afară de Orfeu, care cu lira-i fermecată a început să cânte și să cheme zeii în ajutor. Furtuna a încetat la fel de brusc, iar cei doi gemeni au observat pe cer în același timp două stele luminoase. Când unul dintre frați a murit, celălalt nu a mai vrut să mai trăiască. Zeus, impresionat de iubirea nețărmurită a fiilor săi, unul față de celălalt, i-a transformat în constelația Gemenii pentru a fi veșnic împreună și a străluci pe cer unul lângă celălalt.

De atunci navigatorii consideră cele două stele protectoarele lor.

#### 4. Constelația RACUL (Cancer)

Este aflată în emisfera nordică, fiind traversată de Soare în perioada 22 iunie-22 iulie. Cel mai interesant obiect cosmic din Rac, în reprezentarea din figura 1.15, este un roi deschis de stele M44 (Praesepe), vizibil și cu ochiul liber. Constelația se află la numai 500 de ani-lumină de Pământ, fiind vizibilă și din România.

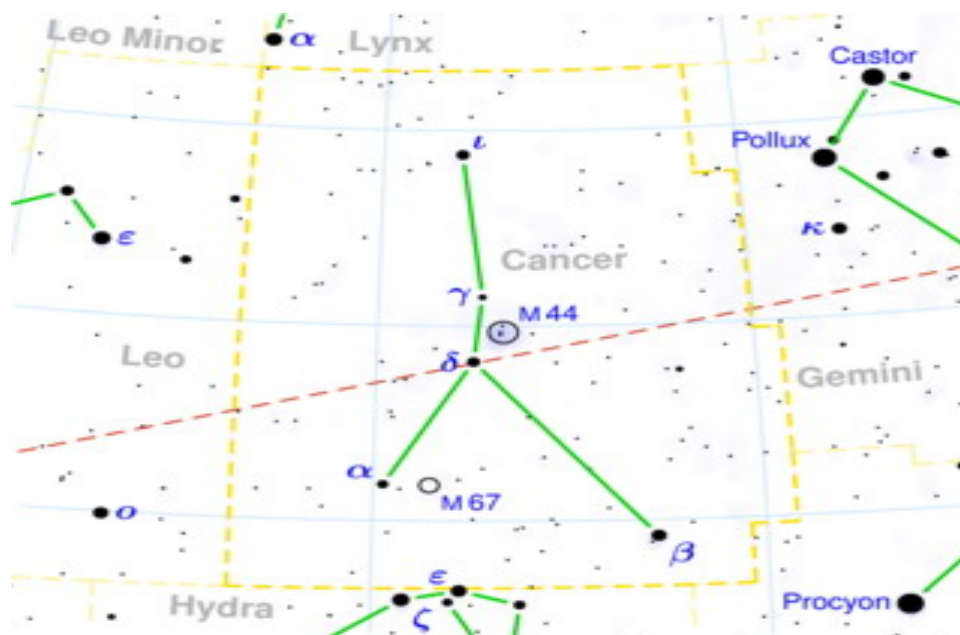


Figura 1.15. Constelația Racul. Credit: Torsen Bronger.

Racul a fost cândva cea mai avansată constelație spre Nord. Din acest motiv, cea mai avansată paralelă a Pământului din emisfera nordică acolo unde Soarele, o dată pe an, în ziua solstițiului de vară, se află la zenit se numește **Tropicul Racului**.

Constelația Racul a fost cunoscută și de caldeeni. În mitologia lor era numită **Poarta oamenilor**, ei considerând că pe acolo coborau sufletele pe Pământ pentru a se reîncarna în oameni.

În mitologiile precolumbiene în momentul când Soarele se află în această constelație considerau că ia forma unei păsări de foc ce coboară pe Pământ pentru a primi jertfe, de multe ori jertfe umane.

Din mitologia greacă aflăm că Heracles a fost chemat de locuitorii orașului Lerna din Argos pentru a-i scăpa de Hidra cea cu șapte capete, care sălășuia în mlaștinile din apropierea orașului și care le pricinuia numai neajunsuri. În timpul luptei Hidra a fost ajutată de un crab uriaș cu cleștii ascuțiți care s-a agățat de picioarele lui Heracles împiedicându-l astfel să lupte eficient. Heracles a încercat să-l omoare lovindu-i capetele cu un lemn înroșit în foc, retezându-le, dar acestea creșteau la loc. Credinciosul său vizitru, observând că singura porțiune care nu mai crește era coada, a lovit mortal crabul.

Impresionată de această izbândă a lui Heracles, Hera, soția lui Zeus, a ridicat crabul la cer transformându-l în constelație.

## 5. Constelația LEUL (Leo)

Constelația se află situată la sudul Ursei Mari fiind străbătută în perioada 23 iulie-22 august. Aștrii care alcătuiesc constelația au o formă ce sugerează poziția unui leu culcat, iar cea mai importantă și totodată strălucitoare stea este Regulus, care marca, de altfel și solstițiul de vară.

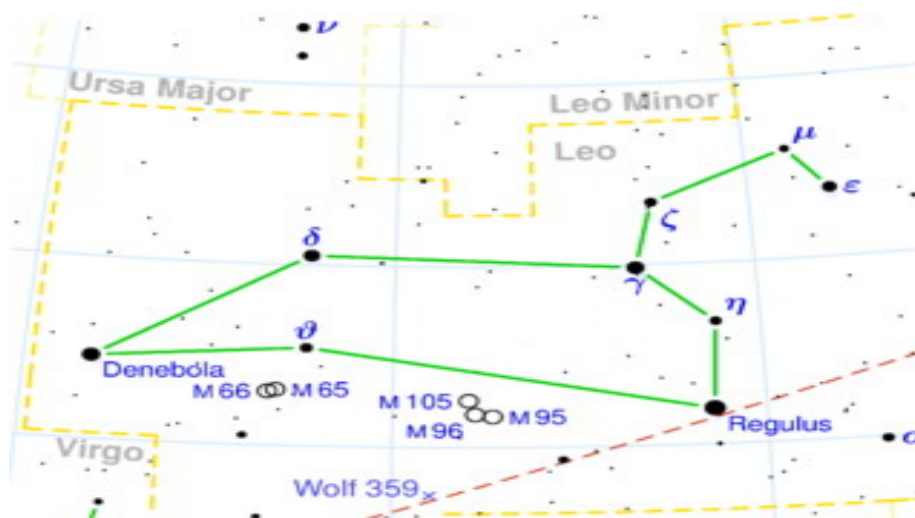


Figura 1.16. Constelația Leul. Credit: Torsen Bronger.



Constelația este vizibilă și din România. Leul este o constelație ce poartă numele regelui junglei în cinstea Leului din Nemea care a fost învins de Heracles (Hercule).

Legenda spune că Heracles, pe când consulta Oracolul din Delphi (Grecia antică), a fost sfătuit de Pitia să intre în slujba regelui Euristeu, din Micene. Ascultând de sfatul Pitiei, el a plecat la Micene, un oraș din anticul Argos, din care au mai rămas, în zilele noastre, numai ruinele palatului regal. Ajuns aici, regele i-a încredințat sarcina de a omorî un leu uriaș care teroriza locuitorii din Nemea și care sălășuia într-o grotă din munții din apropiere. Heracles l-a găsit în grotă sa, iar legenda spune că l-a năucit cu o lovitură de măciucă și apoi l-a sugrumat. Trofeul, astfel obținut, l-a dus regelui. Acesta n-a prea fost încântat de izbânda lui Heracles și de aceea i-a mai dat și alte munci, douăsprezece în total, pe care Heracles le-a îndeplinit cu succes.

Zei cei nemuritori au ridicat la cer leul sub forma unei constelații împreună cu Heracles și celelalte trofee: Hidra, Racul, ș.a.

## 6. Constelația FECIOARA (Virgo)

Constelația se află situată în regiunea ecuatorială a cerului, fiind străbătută de Soare în perioada 23 august-22 septembrie. Cea mai strălucitoare stea este Spica, iar constelația mai conține și un număr mare de nebuloase extragalactice. Din România constelația este vizibilă pe cerul de primăvară.

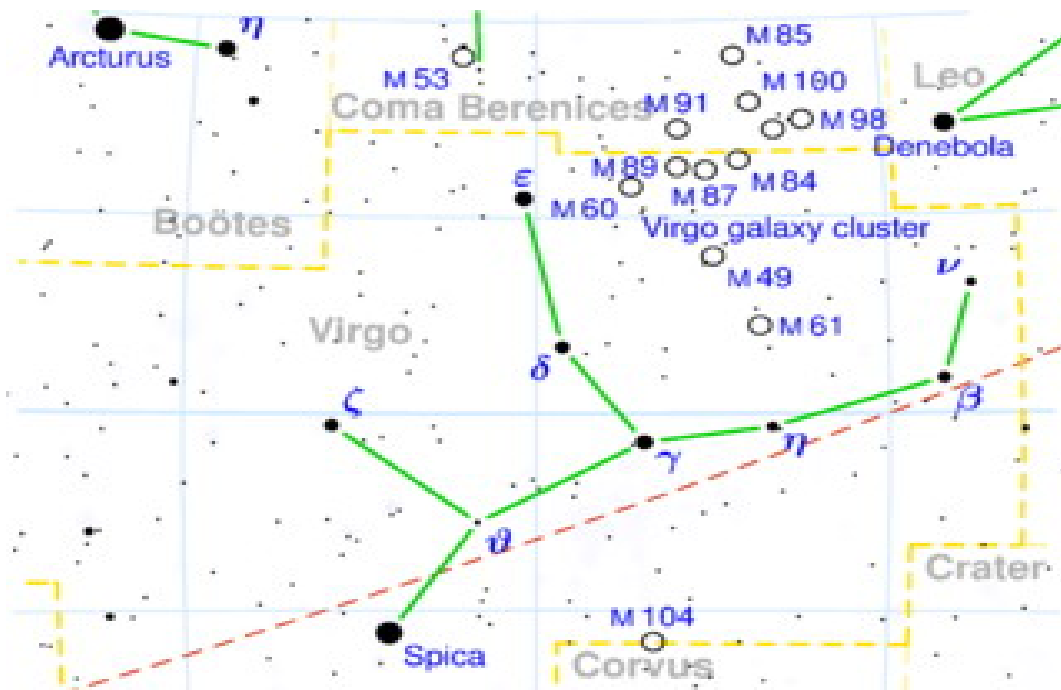


Figura 1.17. Constelația Fecioara. Credit: Torsen Bronger.

Pentru locuitorii Văii Eufratului această constelație era adulată ca fiind reprezentarea zeiței Iștar, fiică a cerului și regină a stelelor, iar pentru egipteni constelația se numea Izda, fiind reprezentarea zeiței mame a Soarelui și soția zeului adâncurilor.

Legenda ne spune că la început zeii locuiau pe Pământ cu oamenii. Oamenii în acele timpuri respectau toate legile, apreciind: fidelitatea, omenia, bunătatea, curajul, cinstea, și de aceea nu știau ce sunt pedepsele. Cu timpul au devenit răi, egoiști, lacomi, au început să jefuiască, să necinstească și să ucidă. În aceste condiții, Zeus a hotărât ca toți ca toți zeii să părăsească Pământul. Singura care a vrut să mai dea o șansă omenirii a fost Asteria, fiica lui Temis(zeița grecească a justiției), care încercat astfel să-i reînvețe pe oameni ordinea, dreptatea și respectul față de lege. Zeus nici nu a vrut să audă de așa ceva, dar Asteria, nedorind să se supună s-a aruncat în mare. Gestul său de fidelitate față de oameni a îmbunat mânia lui Zeus, care a ridicat-o la cer în constelația Fecioarei.

Din punct de vedere astronomic atunci când Soarele trece prin echinocțiul de toamnă, din constelația Fecioarei în constelația Balanței se termină vara astronomică și începe toamna astronomică.

## 7. Constelația BALANȚA (Libra)

Este traversată de Soare în perioada 23 septembrie – 22 octombrie, fiind situată în emisfera australă. Nu este o constelație prea mare, fiind vizibilă și din țara noastră .

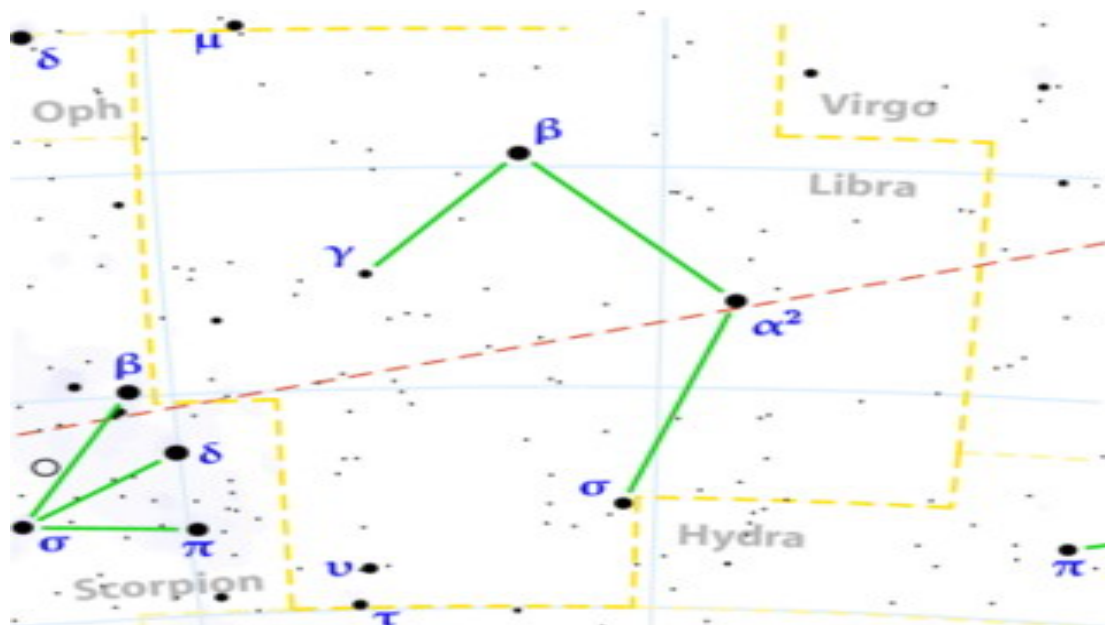


Figura 1.18. Constelația Balanța. Credit: Torsen Bronger.

Probabil ea reprezenta simbolul comparației dintre zi și noapte și indica primilor agricultori timpul când trebuiau să semene.

Aceeași reprezentare de balanță o aveau, în afară de greci și romani, indienii, chinezii, egiptenii din vremea faraonilor care cu toții considerau balanța ca un important instrument din viața de zi cu zi. Această constelație este mică, clară și singura care nu poartă nume de animale.

## 8. Constelația SCORPIONUL (Scorpius)

Este formată dintr-un grup de stele situat între Săgetător și Balanță sugerând imaginea unui scorpion gata de atac. Soarele traversează această constelație între 23 octombrie și 21 noiembrie. Din țara noastră această constelație este vizibilă din luna mai până în luna septembrie, dar se află mereu aproape de orizont observându-se doar parțial, ea răsărind atunci când Orion apune.

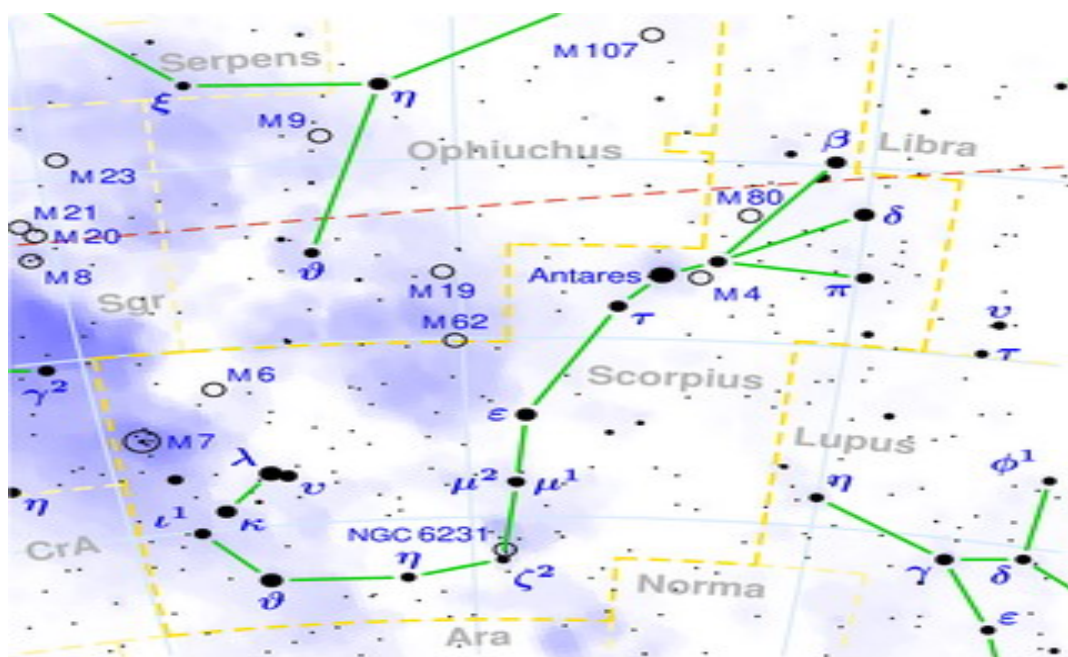


Figura 1.19. Constelația Scorpionul. Credit: Torsen Bronger.

Constelația conține un roi de stele fierbinți (NGC 6231) a căror vârstă este în jur de 10-12 milioane de ani, deci stele tinere.

Din mitologia greacă aflăm că Artemis, zeița vânătorii, s-a speriat la un moment dat că Orion, vestitul vânător, ar putea vâna toate animalele de pe Pământ. Din acest motiv, și pentru a proteja animalele, a eliberat de sub Pământ un scorpion uriaș cu scopul de a-l ucide pe Orion cu celebra-i înțepătură. Tot din aceste legende aflăm că Faeton, fiul lui Helios (zeul Soarelui), pe când conducea carul Soarelui s-a apropiat prea mult de Pământ, iar caii s-au speriat de Scorpion răsturnând carul, care a căzut pe Pământ pârjolindu-l. Zeus pentru a

feri Pământul de distrugere totală l-a trăznit pe Faeton și l-a scufundat în apele Eridanului, fluviul Pad de astăzi. Din acest motiv unii oameni au pielea neagră, ei fiind urmașii celor scăpați de pârjol.

Zeița, drept mulțumire pentru serviciul adus, a înălțat Scorpionul la cer sub forma unei constelații, dar locația a fost neinspirată, deoarece se află în fața Săgetătorului care-l țintește drept în inimă.

## 9. Constelația SĂGETĂTORUL (Sagittarius)

Este o constelație frumoasă fiind străbătută de Soare în perioada 22 noiembrie și 20 decembrie. Constelația conține multe stele duble și variabile, nebuloase. Din țara noastră majoritatea stelilor pot fi observate vara pentru scurtă perioadă de timp, deoarece se află la limita orizontului pe de o parte, iar pe de altă parte constelația se află în aceeași direcție cu centrul galaxiei noastre, adică în cea mai luminoasă porțiune.

Lumina din centrul Căii Lactee nu ajunge niciodată la noi datorită faptului că este absorbită de nori uriași de gaz și praf interstelar care ne privează de o priveliște mirifică. Dacă am primi lumina din centrul Galaxiei atunci nopțile ar fi luminate ca în timpul nopților cu Lună plină.

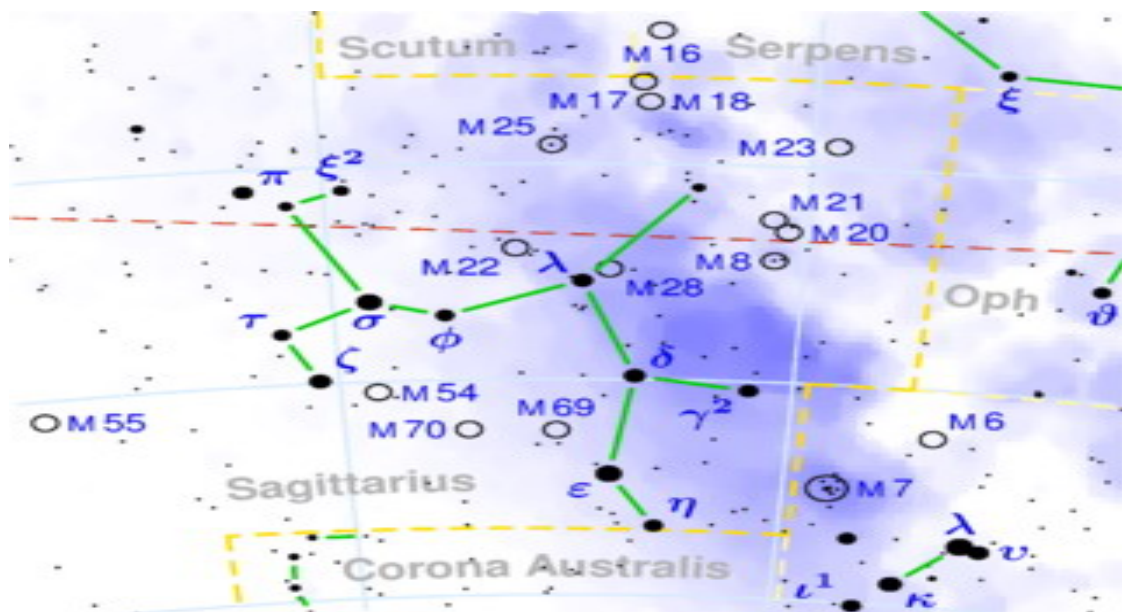


Figura 1.20. Constelația Săgetătorul. Credit: Torsen Bronger.

Din mitologia greacă aflăm că a fost un centaur, Chiron care a fost extrem de binevoitor cu oamenii. Chiron, fiul lui Cronos, zeul timpului, a fost de altfel și cel mai bun și cel mai înțelept dintre centauri, creaturi fabuloase jumătate oameni și jumătate cai, adică acele creaturi care pe un trup de cal aveau un bust de om. El l-a învățat pe tânărul Asclepos tainele medicinei, i-a instruit pe Ahile și Teseu și a fost maestrul lui Castor și Pollux.

Legenda spune că în timpul războiului cu centaurii Heracles l-a rănit de moarte pe Chiron, cu o săgeată otrăvită. Zeus înduișat de cumplita suferință a lui Chiron l-a ridicat la cer într-o constelație, cea a Săgetătorului.

## 10. Constelația CAPRICORNUL (Capricornus)

Este o constelație zodiacală din emisfera australă fiind traversată de Soare în perioada 21 decembrie–19 ianuarie. Constelația este vizibilă și din România, având denumirea de Cornul Caprei. Este formată dintr-o stea dublă și aproximativ 60 de stele mai slabe și mai multe nebuloase.

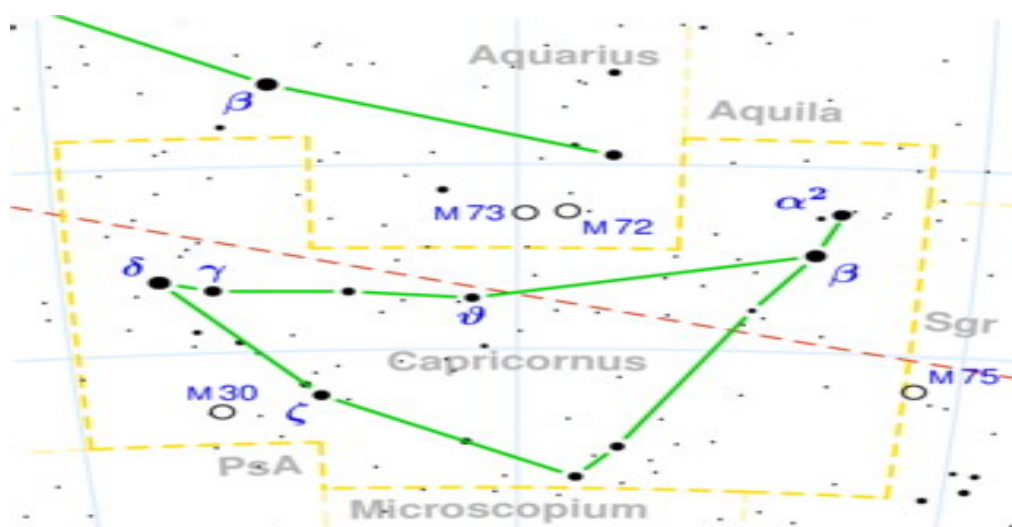


Figura 1.21. Constelația Capricornul. Credit: Torsen Bronger.

Din mitologia greacă aflăm că zeul pădurilor, al turmelor și al păstorilor era Pan, fiul lui Zeus și al Penlopei. Pan, sau Faun la romani ca zeu al grădinilor, era o făptură pe jumătate om pe jumătate țap, îi plăcea muzica și dansul fiind o prezență nelipsită de la petrecerile păstorilor și țăranilor.

Dar pe cât era de bun cu oamenii, pe atât de rău era cu nimfele, cântându-le în nopțile senine, sperându-le și fugărindu-le. Se spune că o nimfă, Siringa, a fost atât de înfricoșată de apariția sa neașteptată încât s-a aruncat în râul din apropiere prefăcându-se în trestie. Pan auzind sunetul trestiei în bătaia vântului, a fost convins că plânsul e al nimfei, așa că a tăiat trestia în bucăți construindu-și naiul cu care a cântat de atunci.

O altă reprezentare alui Pan a fost aceea a unui Capricorn cu coadă de pește. Această înfățișare a luat-o pentru scăpa de urmărirea uriașului Tifon. Reprezentarea Capricornului a ajuns pe cer și ca un simbol al Soarelui ce se înalță anunțând zilele lungi, devenind astfel simbolul timpului frumos. Cu toate acestea Pan a rămas în credința oamenilor ca paznic al pădurilor, gonind musafirii nepoftiți noaptea din pădure.

## 11. Constelația VĂRSĂTORUL (Aquarius)

Este o constelație traversată de Soare în perioada 20 ianuarie -18 februarie fiind vizibilă și din țara noastră pe înserat, toamna. Constelația are o stea cu magnitudinea aparentă  $2,9^m$  Sadalsuud ( $\beta$  Aqr).

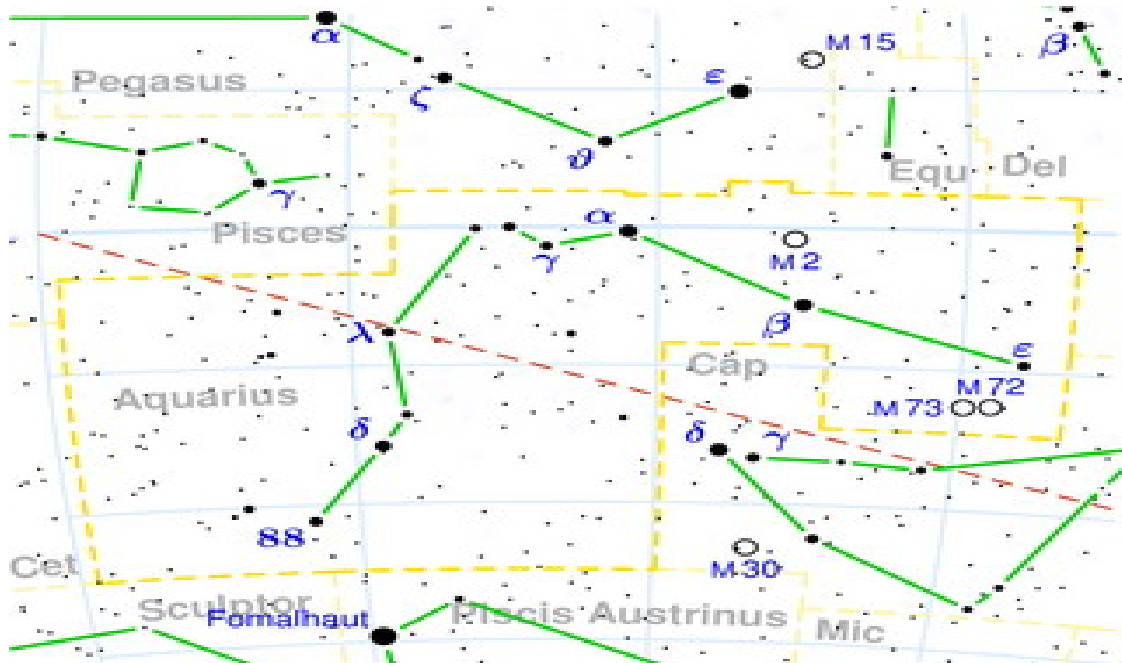


Figura 1.22. Constelația Vărsătorul. Credit: Torsen Bronger.

Constelația era cunoscută încă din antichitate. Babilonienii au reprezentat-o sub chipul unui bărbat îngenunchiat care varsă apă dintr-o cofă ținută pe umăr, egiptenii considerau Vărsătorul ca fiind cel ce varsă cu vadra apă la izvoarele Nilului, astfel era simbolul revărsării Nilului și a perioadei de belșug.

În mitologia greacă, Vărsătorul îl simbolizează pe însuși Zeus care varsă torenți de apă pe Pământ pentru a-i pedepsi în acest fel pe oamenii păcătoși. Noi cunoaștem varianta biblică a potopului, în care Noe și-a construit o arcă, pe care a îmbarcat perechi din toate viețuitoarele Pământului, la îndemnul lui Dumnezeu, pentru ca după potop Pământul să poată fi repopulat.

În versiunea grecească se spune că, la început oamenii erau foarte buni și fericiți și pe Pământ domnea primăvara veșnică. Apoi Zeus a împărțit anul în patru anotimpuri iar oamenii au fost siliți să suporte schimbările climatice. În acest mod oamenii neputându-se adapta au devenit răi, egoiști și lacomi, iar adevărul și virtutea aproape au dispărut. Zeus a fost atât de mâniat de comportamentul oamenilor încât a revărsat pe Pământ o cantitate imensă de apă, înecând toți oamenii. Întâmplarea a făcut ca Deucalion, fiul lui Prometeu și soția sa Pirra, doi oameni modești, drepecți și buni, să facă o corabie cu care au ajuns după nouă zile și nouă nopți pe singura bucățică de pământ de pe Muntele Parnas. După retragerea apelor, tot legenda ne spune, au consultat un oracol, care i-a sfătuit să se arunce în mare: el, soția lui și oasele mamei lor.

Înțelegând din spusele oracolului că este vorba despre oasele Mamei Pământului, ei au aruncat în urmă pietre, astfel din ele ieșind tot atâția bărbați și femei, iar Pământul a fost repopulat.

## 12. Constelația PEȘTII (Pisces)

Este o constelație zodiacală din regiunea ecuatorială a cerului având stele numeroase, dar mai puțin strălucitoare, traversată de Soare în perioada 19 februarie - 20 martie, în România fiind vizibilă în timpul toamnei.

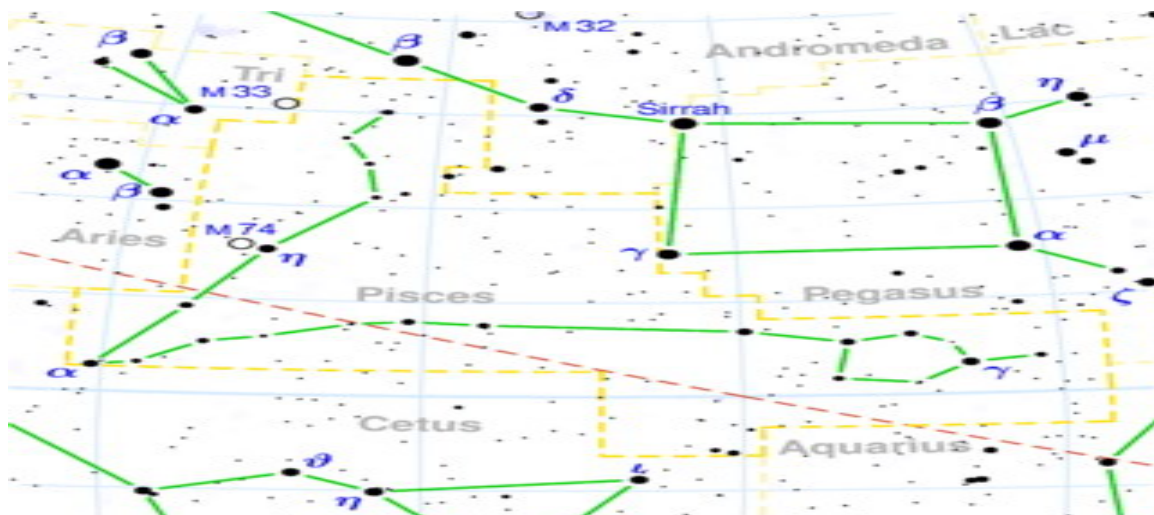


Figura 1.23. Constelația Peștii. Credit: Torsen Bronger.

Denumirea acestei constelații a fost dată de fiecare civilizație în funcție de cultura și nivelul de dezvoltare la care au ajuns, dar cu toate acestea numele s-a păstrat din perioada babilonenilor, perșilor și sirienilor, care, vând cunoștințe de astronomie foarte avansate pentru acea perioadă și probabil datorită configurației constelației de atunci, au văzut o asemănare cu doi pești.

Mitologia greacă ne spune că odată pe când Afrodita, zeița frumuseții, se plimba cu o altă zeitate celebră Eros, zeul iubirii, pe malul unei ape, în fața lor a apărut Tifon, monstrul uriaș care în loc de degete avea o sută de capete de balaur plasate pe un corp cu formă omenească ce în loc de picioare avea o împletitură de șerpi, aceasta a pus stăpânire pe Zeus. Speriați, cei doi zei au sărit în râu, transformându-se în pești pentru a-l salva pe șeful lor. După ce l-a învins pe Tifon, Zeus supărat, că a fost singurul care i s-a opus, l-a închis în insula Sicilia pentru totdeauna. Tot legenda spune că, ori de câte ori, Tifon încerca să se elibereze din închisoarea sa, Pământul se cutremura, iar prin craterul Etniei uriașul urla, scupând foc și lavă fierbinte ce distrugea totul în jur. În amintirea celor doi pești care l-au ajutat, Zeus i-a înălțat la cer sub forma unei constelații Afrodita și Eros. Romanii i-au spus Venus (zeița frumuseții) și Cupidon (zeul iubirii).

### 13. Constelația OPHICUS (Purtătorul de șerpi)

Cel mai important eveniment care s-a produs în constelația Ophiucus a fost explozia unei supernove, care a avut loc pe 10 octombrie 1604. Ea a fost observată de Johannes Kepler, de unde i-a venit și denumirea steaua lui Kepler. Kepler și-a publicat descoperirea în cartea "De Stella Nova in pede Serpentarii", iar după Kepler nu au mai fost observate explozii ale unei supernove până în 1987.

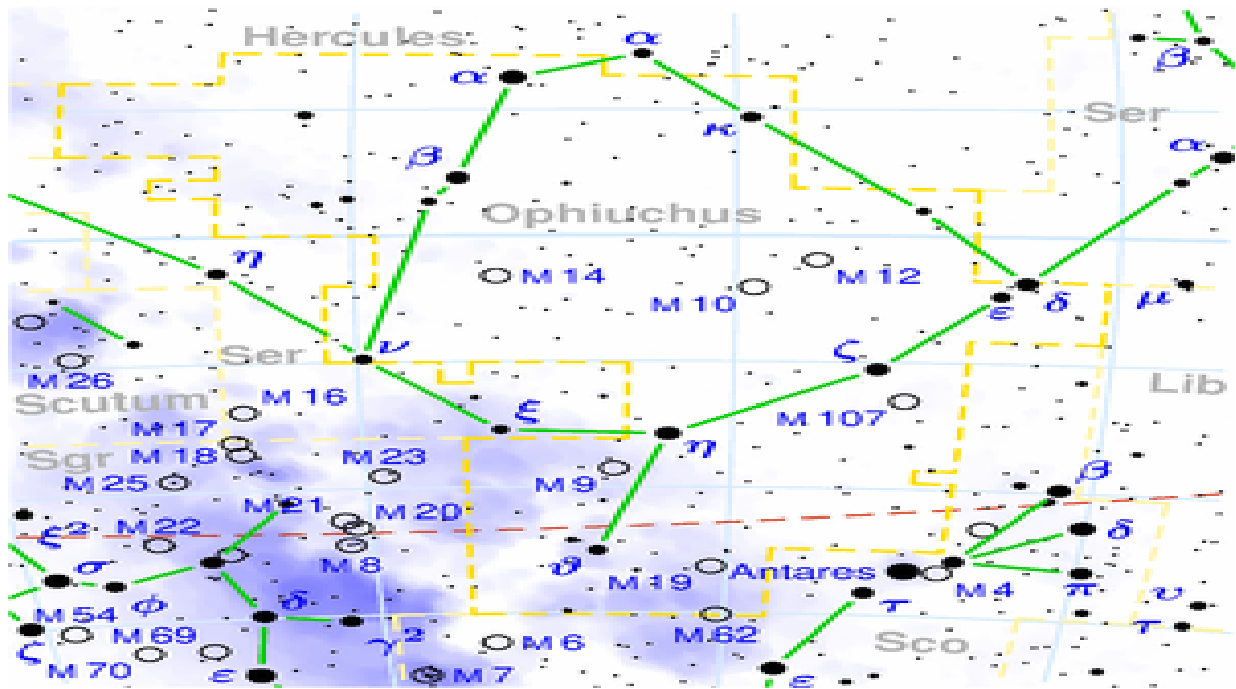


Figura 1.24. Constelația Ophiucus. Credit: Torsen Bronger.

Constelația Ophiucus este situată între constelațiile Scorpion și Săgetător, iar în opinia astrologilor, zodia ce poartă denumirea constelației ar trebui să urmeze imediat Scorpionului, fiind de fapt a 11-a din grupul zodiacal. Această idee nu a fost însă acceptată de majoritatea astrologilor, iar aceia care au susținut-o s-au intitulat "astrologi moderni".

În 1995, ipoteza existenței zodiei a fost lansată din nou și a fost considerată drept scandalosă, nefiind acceptată de astrologii renumiți în domeniu. Părerile privind perioada zodiei Ophiucus, adică atunci când constelația este traversată de Soare și devine mai vizibilă pe cer, sunt împărțite chiar și printre "astrologii moderni".

Unii dintre ei susțin că Ophiucus strălucește mai puternic la începutul lui decembrie pînă la sfîrșitul lunii, estimînd că persoanele născute între 6 și 31 decembrie ar trebui să facă parte din această zodie. Ipoteza acceptată de cei mai mulți dintre ei a fost aceea că, zodia Ophiucus este cuprinsă între 29 noiembrie și 18 decembrie. Acest lucru ar face însă ca zodia Scorpionului să fie doar foarte



scurtă, de 6 zile. Mai precis, prin acceptarea celei de a 13-a zodii, perioadele tuturor zodiilor s-ar modifica cu mult.

Legenda constelației spune că Ophiucus este de fapt spiritul lui Imhotep, renumit înțelept, cu vaste cunoștințe în ale medicinei și cu puteri tămăduitoare, care a trăit în vechiul Egipt, în secolul al 27-lea î.Hr. Imhotep era considerat pe jumătate zeu, datorită puterilor sale miraculoase și darului de a vindeca și cele mai grave boli. El a fost venerat atât de egipteni cât și de greci, mii de ani după moartea sa. Legenda spune că în onoarea sa, Zeus i-a găsit un loc pe cer, printre alte constelații și i-a dat denumirea grecească de Ophiucus, care s-ar traduce prin "Purtătorul de șerpi". Șarpele era cunoscut la egipteni ca simbol al tămăduirii. Ptolemeu a fost acela care a menționat existența lui Ophiucus ca una dintre cele 48 de constelații.

Conform opiniei "astrologilor moderni" cei născuți sub acest semn zodiacal au caracteristici total diferite de persoanele din Scorpion sau Săgetător. Se pare că ele nu au deloc înclinații spre politică și nici veleități de conducători, ci dovedesc înclinații către lumea spectacolului, în special talent muzical. Una dintre principalele trăsături ale celor născuți sub semnul Ophiucusului este nehotărârea. Ei au nevoie mereu de ajutor în luarea deciziilor și de aceea de multe ori, ei pot fi influențați negativ. Cei din Ophiucus par născuți pentru a fi în centrul atenției. Sunt buni povestitori și întotdeauna vor ști să întrețină atmosfera. Firi sociabile, vor ști să-și facă foarte ușor prieteni, dar îi pot schimba la fel de ușor, dacă vor găsi persoane mai interesante. Născuți pentru a fi artiști, cei din Ophiucus sunt firi foarte sensibile și au pretenția să fie înțeleși de cei apropiați, chiar și atunci când greșesc. Ei sunt considerați compatibili cu persoanele din zodiile Berbec, Rac, Balanță, Capricorn și cu persoanele născute cu zece zile înainte sau după ziua lor de naștere. Vărsător, Pești, Leu, Taur și Fecioară sînt zodiile care nu se înțeleg cu cei din Ophiucus.

Având în vedere apariția acestei a 13-a zodii, intervine decalarea întregului grup zodiacal.

## CAPITOLUL 2

### ORIENTAREA PE BOLTA CEREASCĂ

#### 2.1. ORIENTAREA CU AJUTORUL GNOMONULUI

Astronomia, printre altele, ne învață să cercetăm în mod eficient natura cu mijloace extrem de limitate, deoarece - în raport cu imensitatea și complexitatea Universului - mijloacele noastre vor fi, întotdeauna, limitate. Capacitatea de a exploata în mod inteligent cu mijloacele cele mai simple este o calitate care merită să fie cultivată și inclusă în formația omului, fiind o componentă importantă a relației sale cu natura și lumea înconjurătoare.

Pentru a facilita determinările, ca indicator al mișcării zilnice a Soarelui a fost ales un băț, fixat vertical pe un plan orizontal. Înălțimea sa nu are importanță, dar trebuie să fie cunoscută, pentru a face posibile calculele ulterioare legate de măsurarea umbrei sale.

Acest indicator se numește **gnomon** (din grecescul "gnomon" care se traduce prin "indicator"), nume sub care "instrumentul astronomic" s-a răspândit în lumea întreagă (vezi fig. 2.1.). Totul este ca locul pe care cade umbra (planșeta sau terenul din jur) să fie plan și orizontal, iar indicatorul să fie așezat vertical.

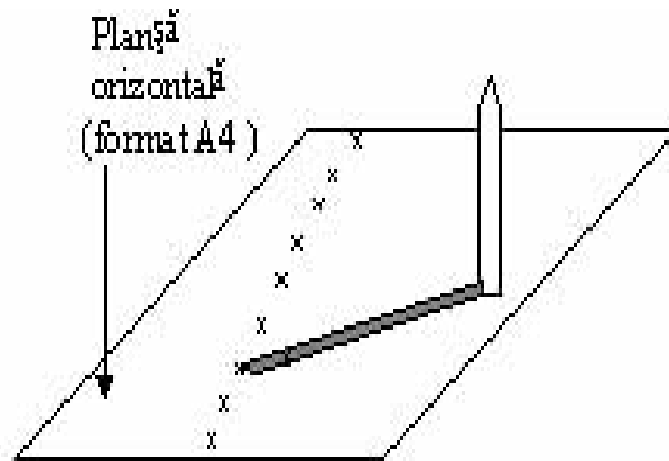


Figura 2.1.

Gnomonul permite utilizarea funcției trigonometrice tangentă care unifică elementele geometrice esențiale: planul orizontal, verticala locului și direcția observator-Soare. Astfel primul este materializat de terenul din jurul gnomonului iar al doilea de gnomonul însuși, iar direcția observator-Soare este definită de două puncte: capătul umbrei și vârful gnomonului.

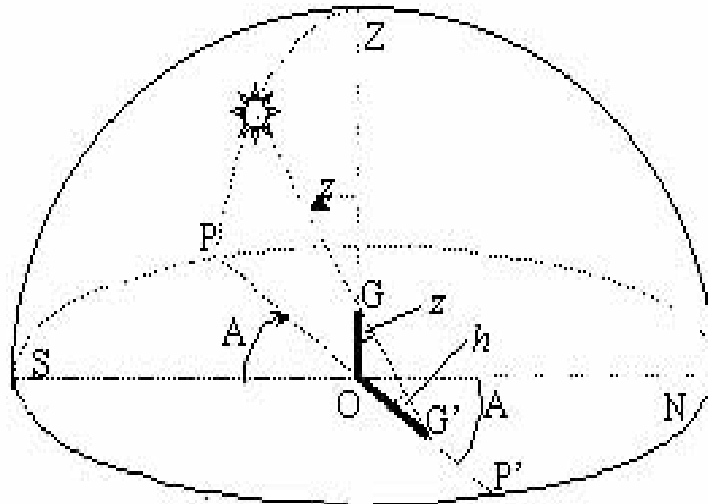


Figura 2.2.

Gnomonul și umbra sa reprezintă două laturi ale unui triunghi numit **triunghi gnomonic** ( $\Delta_{\text{gnomonic}} \text{GOG}'$  ca în figura 2.2.), acesta fiind întotdeauna dreptunghic, deoarece verticala locului (gnomonul) este perpendiculară pe orice dreaptă din planul orizontal, deci pe oricare din umbrele sale.

Deoarece lungimea,  $l_g$ , a gnomonului (OG) este cunoscută din construcție și este mereu aceeași, pentru determinarea completă a triunghiului gnomonic - la orice moment - este suficientă măsurarea lungimii  $l_u$  a umbrei (OG'). Înălțimea unghiulară  $h$  a Soarelui (unghiul  $G'$  al triunghiului gnomonic). Înălțimea poate fi determinată pe cale grafică, construind pe hârtie un triunghi asemenea "reduc la scara" cu cel gnomonic și măsurând cu raportorul unghiul corespunzător. Dar, evident, este mai indicat să determinăm acest unghi prin calcul, din relația imediată:

$$\text{tg } h = \text{OG}/\text{OG}' = l_g/l_u.$$

Gnomonul permite mai mult decât determinarea înălțimii unghiulare a Soarelui la diverse momente din timpul zilei pentru că direcția umbrei ne dă posibilitatea de a determina unghiul dintre planul vertical al Soarelui și direcția spre punctul cardinal Sud. Acest unghi în astronomie se numește **azimutul** Soarelui, iar în geodezie, topografie, orientare turistică etc., azimutul se măsoară de la Nord, dar pentru aceasta trebuie determinată meridiană locului.

Meridiană locului coincide cu direcția umbrei gnomonului din momentul culminației Soarelui; în plus, în acest moment, umbra gnomonului are lungimea minimă din timpul zilei respective.

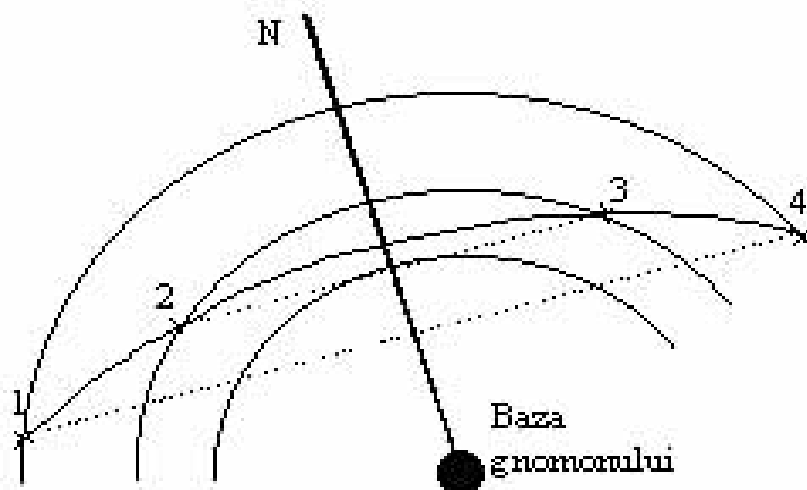


Figura 2.3.

Pentru determinarea meridianei, se trasează în jurul gnomonului câteva cercuri concentrice, de raze diferite. Figura 2.3. prezintă situația din planul orizontal, fiind figurat doar punctul de bază al gnomonului, precum și cercurile trasate. Observând Soarele înainte de trecerea la meridian, vom marca, pe fiecare cerc, punctul în care capătul umbrei gnomonului se suprapune pe cercul respectiv. Continuând observarea și după trecerea la meridian, se marchează perechile punctelor obținute până acum. Dacă am efectuat cu atenție toate marcările, mijloacele tuturor coardelor trebuie să fie coliniare și dispuse pe o dreaptă perpendiculară pe fiecare coardă iar dreapta care trece prin piciorul gnomonului este, evident, meridianul locului.

Determinarea meridianei permite cunoașterea punctelor cardinale pentru locul respectiv de observație.

## 2.2. NOȚIUNI ELEMENTARE DESPRE STRĂLUCIREA, MAGNITUDINEA ȘI LUMINOZITATEA STELELOR

În funcție de instrumentul optic pe care îl folosim pentru a observa cerul, strălucirea stelelor o percepem prin intermediul luminii pe care o emit și pe care o recepționează observatorul respectiv.

Din acest motiv **strălucirile aparente ( $I$ )** reprezintă cantitatea de energie (de lumină) ce cade în unitatea de timp, pe suprafața receptoare orientată perpendicular pe direcția astrului. De exemplu pentru Soare la zenit obținem o valoare de 150.000 sb [1 sb(stilb)=unitatea de măsură pentru strălucirea uniformă emisă de o suprafață plană de un centimetru pătrat în direcția normalei sale]. Pentru că aceste valori sunt mari și incomode în calcule în calcule se folosesc **magnitudinile aparente ( $m$ )**, care reprezintă exprimarea într-o scară logaritmică a strălucirilor aparente.

Încă din antichitate astronomii au clasificat stelele cele mai luminoase de magnitudinea întâia ( $1^m$ ), iar cele care abia se observă cu ochiul

liber erau de magnitudinea a 6-a ( $6^m$ ). Astfel avem intervalul de strălucire împărțit în cinci subintervale, fiecare fiind egal cu o magnitudine stelară.

În 1855 Pogson a stabilit între magnitudinea aparentă,  $m$ , și strălucirea aparentă,  $I$ , următoarea relație:

$$\log_{10} \left( \frac{I_m}{I_{m'}} \right) = -0,4 (m - m'),$$

unde  $I_m$  și  $I_{m'}$  reprezintă strălucirile aparente a doi aștri de magnitudini aparente  $m$  și  $m'$ .

**Formula lui Pogson** ne permite să lucrăm și cu fracțiuni de magnitudine, cu magnitudini negative sau cu magnitudini mult mai mari, care corespund la stele mult mai slab luminoase.

Știm că stelele se află la distanțe foarte mari față de observatorul terestru. Din acest motiv este necesar ca să definim câteva noțiuni de distanțe astronomice pentru a putea înțelege legătura dintre magnitudine, strălucire și luminozitate.

Se definește **paralaxa stelară anuală** ca fiind unghiul sub care un observator situat pe steaua respectivă ar vedea raza orbitei terestre atunci când linia Soare-stea este perpendiculară pe direcția Soare-Pământ.

Pământul descrie în jurul Soarelui în timp de un an orbita sa adevărată care poate fi asimilată cu un cerc trasat în planul eclipticii cu centrul în Soare. Din cauza acestei mișcări a Pământului în timp de un an, o stea nu rămâne fixă față de un observator, ci aparent descrie un cerc pe bolta cerească. Poziția aparentă a stelei este raportată la poziția ei mijlocie  $\sigma_0$  corespunzătoare poziției din care este văzută din Soare.

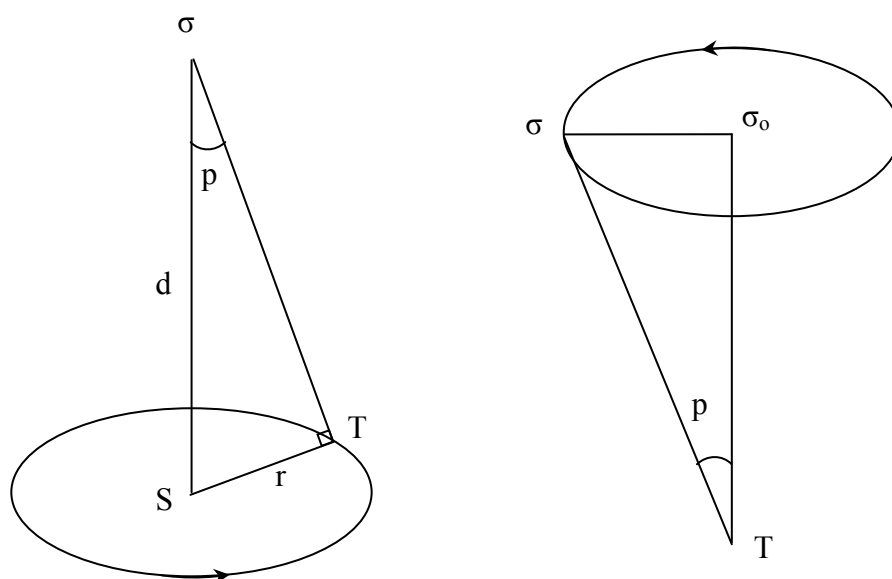


Figura 2.4.

Notând cu  $r$  distanța Pământ-Soare, cu  $d$  distanța Soare–stea și cu  $p$  paralaxa stelară, din triunghiul  $ST\sigma$  care are unghiul din  $T$  de  $90^\circ$ , obținem:

$$\sin p = \frac{r}{d} \quad \text{sau} \quad p = \frac{r}{d}.$$

Ultima egalitate s-a obținut din faptul că  $p$  este foarte mic. Din măsurători paralaxa stelară se obține în secunde de arc, iar ultima egalitate se rescrie astfel:

$$\frac{p}{206.265} = \frac{r}{d} \quad \Leftrightarrow \quad p = 206.265 \cdot \frac{r}{d}.$$

Din această relație obținem distanța de la Soare la celelalte stele din Univers în funcție de distanța Soare – Pământ și paralaxa stelară a stelei:

$$d = 206.265 \cdot \frac{r}{p}.$$

Distanțele tuturor stelelor în raport cu Soarele fiind mari în comparație cu semi-axa mare a orbitei terestre putem neglija variația razei vectoare  $r$  considerând orbita terestră circulară cu raza egală cu unitatea, numită **unitate astronomică (u.a.)**. Folosind această unitate distanța  $d$  este dată de relația:

$$d = \frac{206.265}{p} \text{ u.a.}$$

Unitatea astronomică de lungime fiind prea mică, se introduc și alte unități de măsură. Pentru distanțele stelare se utilizează ca unitate secunda-paralaxă sau **parsecul**, care este distanța care este corespunzătoare paralaxei stelare de  $1''$ .

Până în prezent nu se cunoaște nicio stea a cărei paralaxă să atingă valoarea de  $0'',8$ . Toate paralaxele cunoscute sunt sub această valoare. În relația pentru distanța stelelor exprimată în u.a. punând  $p = 1$  obținem:  $1 \text{ parsec} = 206.265 \text{ u.a.}$

O unitate de distanță larg răspândită este **anul-lumină**, care reprezintă distanța parcursă de lumină cu viteza  $c = 299792,5 \text{ km/s}$  în timp de un an tropic (un an tropic având 365,2422 zile, iar o zi având 86.400 secunde, atunci anul tropic are  $365,2422 \cdot 86.400 = 31.556.926$  secunde). Un an lumină reprezentat în km este:

$$1 \text{ an-lumină} = 31.556.926 \cdot 299792,5 = 9,461 \cdot 10^{12} \text{ km.}$$

Lumina străbătând distanța medie Pământ – Soare în 498,7 secunde, putem exprima anul-lumină în unități astronomice:

$$1 \text{ an-lumină} = \frac{31.556.926}{498,7} \text{ u.a.} = 63.278 \text{ u.a.}$$

Pentru a calcula numărul  $n$  de ani în care ne vine lumina de la o stea de parallaxă  $p$ , împărțim depărtarea stelei în u.a. la numărul de u.a. câte conține un an-lumină, adică:

$$n = \frac{d \text{ u.a.}}{63.304 \text{ u.a.}} = \frac{206.265 \text{ u.a.}}{63.304 \text{ u.a.}} = \frac{206.265}{63.278} \cdot \frac{1}{p} = 3,26 \frac{1}{p}.$$

Cea mai apropiată stea este Proxima Centauri care se găsește la o distanță de 1,36 parseci, având paralaxa heliocentrică de  $0'',76$ , iar lumina ne vine de la ea în:

$$n = 3,26 \cdot \frac{1}{0,76} \approx 4,24 \text{ ani.}$$

De la Steaua Polară (steaua  $\alpha$  din Ursa mică) având paralaxa heliocentrică de  $0'',07$  lumina ne vine în:

$$n = 3,26 \cdot \frac{1}{0,07} \approx 46,57 \text{ ani.}$$

Pentru o mai bună corelare a proprietăților fizice ale stelelor cu strălucirea lor s-a introdus noțiunea de **magnitudine absolută**,  $M$ , care este definită ca fiind magnitudinea aparentă a aceleiași stele aflată la distanța de 10 parseci.

Între magnitudinea aparentă,  $m$ , magnitudinea absolută,  $M$ , și paralaxa,  $p$ , avem următoarea relație:

$$M = m + 5 + 5 \log_{10} p'' = m + 5 - 5 \log_{10} d,$$

unde  $p$  este exprimat în secunde de arc, iar  $d$  este distanța în parseci.

Ultima relație ne permite să facem legătura între magnitudinea absolută și **luminozitatea**,  $L$ , care este definită ca fiind cantitatea de energie emisă de o stea în unitatea de timp:

$$\log_{10} L - \log_{10} L_{\odot} = -0,4 (M - M_{\odot}),$$

unde:  $L_{\odot} = 3,86 \cdot 10^{26}$  J/s, reprezintă luminozitatea Soarelui, iar  $M_{\odot} = +4,71$ , magnitudinea absolută a Soarelui.

**Stelele strălucitoare** sunt acele stele pe care le vedem că emit lumină fie pentru că sunt foarte strălucitoare, fie că sunt aproape de noi sau ambele. Magnitudinea aparentă măsoară luminozitatea pe care o putem observa cu ochiul liber, pe când magnitudinea absolută ne indică luminozitatea reală a stelelor:

	<b>Magnitudine</b>	<b>Denumirea Bayer</b>	<b>Numele stelei</b>	<b>distanța (ani-lumină)</b>
0	-26.73		Soare	0.000 016
1	-1.44	$\alpha$ CMa	Sirius	8.61
2	-0.62	$\alpha$ Car	Canopus	312.73
3	-0.05 var	$\alpha$ Boo	Arcturus	36.69
4	-0.01	$\alpha_1$ Cen	Alpha Centauri A	4.40
5	0.03	$\alpha$ Lyr	Vega	25.31
6	0.08	$\alpha$ Aur	Capella	42.21
7	0.18	$\beta$ Ori	Rigel	772.91
8	0.4	$\alpha$ Cmi	Procyon	11.42
9	0.45	$\alpha$ Eri	Achernar	143.81
10	0.45 var	$\alpha$ Ori	Betelgeuse	427.47
11	0.61	$\beta$ Cen	Hadar	525.22
12	0.76	$\alpha$ Aql	Altair	16.76
13	0.77	$\alpha$ Cru	Acrux	320.72
14	0.87 var	$\alpha$ Tau	Aldebaran	65.10
15	0.98	$\alpha$ Vir	Spica	262.20
16	1.06	$\alpha$ Sco	Antares	604.02
17	1.16	$\beta$ Gem	Pollux	33.73
18	1.17	$\alpha$ PsA	Fomalhaut	25.08
19	1.25	$\beta$ Cru	Becrux	352.62
20	1.25	$\alpha$ Cyg	Deneb	3229.35
21	1.35	$\alpha_2$ Cen	Alpha Centauri B	4.40
22	1.36	$\alpha$ Leo	Regulus	77.50
23	1.5	$\epsilon$ CMa	Adhara	430.86
24	1.58	$\alpha$ Gem	Castor	51.57
25	1.59	$\gamma$ Cru	Gacrux	87.93
26	1.62	$\lambda$ Sco	Shaula	702.95
27	1.64	$\gamma$ Ori	Bellatrix	243.06
28	1.65	$\beta$ Tau	El Nath	131.05
29	1.67	$\beta$ Car	Miaplacidus	111.16
30	1.69	$\epsilon$ Ori	Alnilam	1342.23
31	1.73	$\alpha$ Gru	Al Na'ir	101.40
32	1.74	$\zeta$ Ori	Alnitak	817.46
33	1.75	$\gamma$ Vel	Gamma	840.62



			Velorum	
34	1.76	$\epsilon$ UMa	Alioth	80.92
35	1.79	$\alpha$ Per	Mirfak	591.95
36	1.79	$\epsilon$ Sgr	Kaus Australis	144.65
37	1.81	$\alpha$ UMa	Dubhe	123.65
38	1.83	$\delta$ CMa	Wezen	1792.11
39	1.85	$\eta$ UMa	Alkaid Benetnasch	100.69
40	1.86	$\epsilon$ Car	Avior	632.11
41	1.86	$\theta$ Sco	Sargas	272.02
42	1.9	$\beta$ Aur	Menkalinan	82.13
43	1.91	$\alpha$ TrA	Atria	415.50
44	1.93	$\gamma$ Gem	Alhena	104.80
45	1.93	$\delta$ Vel	Delta Velorum	79.75
46	1.94	$\alpha$ Pav	Peacock	183.24
47	1.97 var	$\alpha$ UMi	Polaris	431.45
48	1.98	$\beta$ CMa	Murzim	499.49
49	1.99	$\alpha$ Hya	Alphard	177.27
50	2.01	$\alpha$ Ari	Hamal	65.92
51	2.01	$\gamma$ Leo	Algieba	125.64
52	2.04	$\beta$ Cet	Deneb Kaitos	95.83
53	2.05	$\sigma$ Sgr	Nunki	224.34
54	2.06	$\theta$ Cen	Menkent	60.93
55	2.07	$\alpha$ And	Alpheratz	97.07
56	2.07	$\kappa$ Ori	Saiph	2104.28
57	2.07	$\beta$ And	Mirach	199.35
58	2.07	$\beta$ UMi	Kochab	126.45
59	2.07	$\beta$ Gru	Beta Gruis	170.13
60	2.08	$\alpha$ Oph	Ras Alhague	46.71
61	2.09 var	$\beta$ Per	Algol	92.83
62	2.1	$\gamma$ And	Alamach	354.90
63	2.14	$\beta$ Leo	Denebola	36.17
64	2.15	$\gamma$ Cas	Gamma Cassiopeiae	613.09
65	2.2	$\gamma$ Cen	Gamma Centauri	130.40
66	2.21	$\zeta$ Pup	Naos	1399.83
67	2.21	$\iota$ Car	Aspidiske	692.48

68	2.22	$\alpha$ CrB	Gemma Alphecca	74.72
69	2.23	$\lambda$ Vel	Lambda Velorum	573.23
70	2.23	$\zeta$ UMa	Mizar	78.15
71	2.23	$\gamma$ Cyg	Sadr	1524.13
72	2.24	$\alpha$ Cas	Schedar	228.58
73	2.24	$\gamma$ Dra	Eltanin	147.59
74	2.25	$\delta$ Ori	Mintaka	916.19
75	2.28	$\beta$ Cas	Caph	54.47
76	2.29	$\epsilon$ Cen	Epsilon Centauri	375.77
77	2.29	$\delta$ Sco	Dschubba	401.67
78	2.29	$\epsilon$ Sco	Wei	65.43
79	2.3	$\alpha$ Lup	Alpha Lupi	548.18
80	2.33	$\eta$ Cen	Eta Centauri	308.58
81	2.34	$\beta$ UMa	Merak	79.42
82	2.35	$\epsilon$ Boo	Izar	209.76
83	2.38	$\epsilon$ Peg	Enif	672.52
84	2.39	$\kappa$ Sco	Girtab	463.97
85	2.4	$\alpha$ Phe	Ankaa	77.43
86	2.41	$\gamma$ UMa	Phecda	83.66
87	2.43	$\eta$ Oph	Sabik	84.12
88	2.44	$\beta$ Peg	Scheat	199.25
89	2.45	$\alpha$ Cep	Alderamin	48.79
90	2.45	$\eta$ CMa	Aludra	3197.68
91	2.47	$\kappa$ Vel	Kappa Velorum	539.12
92	2.48	$\epsilon$ Cyg	Gienah	72.05
93	2.49	$\alpha$ Peg	Markab	139.63
94	2.54	$\alpha$ Cet	Menkar	220.10
95	2.54	$\zeta$ Oph	Zeta Ophiuchi	458.10
96	2.55	$\zeta$ Cen	Zeta Centauri	384.61
97	2.56	$\delta$ Leo	Zosma	57.70
98	2.56	$\beta$ Sco	Acrab	530.34
99	2.58	$\alpha$ Lep	Arneb	1284.11
100	2.58	$\delta$ Cen	Delta Centauri	395.34

După magnitudinea absolută cele mai reprezentative stele sunt:

Numele stelei	Magnitudine aparentă	Magnitudine Absolută	Luminozitatea în unități solare
<i>Soarele</i>	-26.8	4.8	1
LBV 1806-20	8.6		40,000,000
Pistol		-13.2	6,000,000
Cyg OB2-12		-12.2	
HD 93129A		-12.1	
Eta Carinae	3,9 to 10,5	-12.1	4,000,000
QPM-241		-11.9	
HDE 319718		-11.8	
Rho Cassiopeiae	4.4	-9.6	550,000
Deneb	1.25	-8.73	135,000
Rigel	0.12	-8.1	100,000
Eta Canis Majoris	2.45	-7.51	85,000
Betelgeuse	0.41	-7.2	80,000
Delta Canis Majoris	1.83	-6.87	50,000
Omicron Canis Majoris	3.02	-6.46	
Epsilon Orionis	1.69	-6.38	23,000
Gamma Cygni	2.23	-6.12	
Zeta Puppis	2.21	-5.95	
Epsilon Aurigae	3.03	-5.95	
Iota Scorpis	2.99	-5.71	
Eta Leonis	3.48	-5.60	
Upsilon Carinae	2.92	-5.56	
Canopus	-0.62	-5.53	
Beta Centauri	0.61	-5.42	
Alpha Leporis	2.58	-5.40	
Phi Velorum	3.52	-5.34	
Gamma Velorum	1.75	-5.31	
Iota Orionis	2.75	-5.30	
Antares	0.92	-5.28	10,700
Zeta Orionis	1.74	-5.26	10,500
Beta Crucis	1.25	-5.2	10,000

Lambda Scorpii	1.62	-5.05	
Delta Orionis	2.25	-4.99	
Pi Puppis	2.71	-4.92	
Epsilon Canis Majoris	1.50	-4.8	
Xi Puppis	3.34	-4.74	
Kappa Orionis	2.07	-4.65	
Alpha Crucis	0.76	-4.6	3960
Epsilon Carinae	1.86	-4.58	
Spica	1.00	-3.55	2180
Achernar	0.46	-1.3	910
Gamma Crucis	1.63	-1.2	
Aldebaran	0.85	-0.63	149
Regulus	1.35	-0.52	134.2
Arcturus	-0.04	-0.31	114
Capella	0.08	0.4	76
Castor	1.98	0.5	58
Vega	0.00	0.58	50.1
Pollux	1.14	0.7	30.5
Sirius	-1.46	1.4	23

### 2.3. ELEMENTE DE TRIGONOMETRIE SFERICĂ

Trigonometria sferică are o mare importanță teoretică și practică atât în astronomie cât și în navigarea în spațiu, aer și apă recurgându-se la o sferă ajutătoare. Să facem cunoștință cu noțiunile de bază ale geometriei sferice, care are ca obiect studiul proprietăților figurilor așezate pe suprafața unei sfere.

Segmentul de dreaptă care unește centrul sferei cu orice punct de pe suprafața ei se numește **raza sferei**, iar segmentul de dreaptă care unind două puncte de pe suprafața sferei și trece prin centrul ei se numește **diametru** (punctele M și N se numesc diametral opuse). Secțiunea sferei cu un plan oarecare este un cerc (cerc mic). Atunci când, planul secant trece prin centrul sferei, curba de intersecție a sferei cu planul se numește **cerc mare**. Cea mai scurtă distanță pe sferă între două puncte A, B de pe suprafața ei este un arc de cerc mare, mai mic de  $180^\circ$ . Această distanță dintre punctele de pe sferă se numește **distanță sferică**.

Arcul AB măsoară în același timp și unghiul la centru AOB.

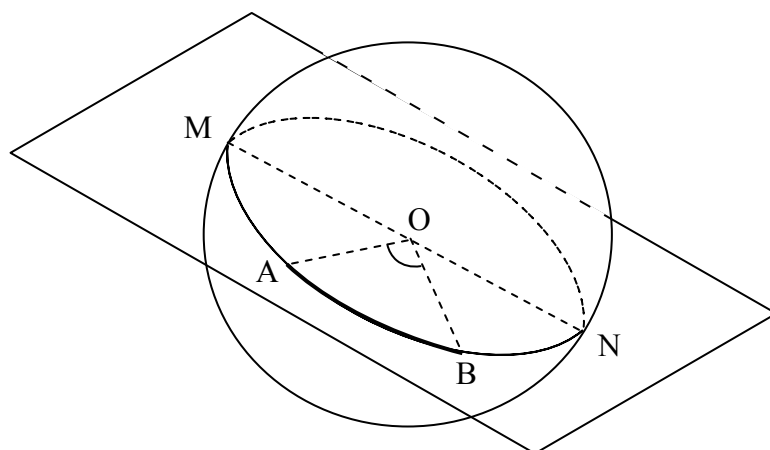


Figura 2.5.

Dacă ducem pe planul unui cerc o perpendiculară din centrul sferei, obținem la intersecția cu sfera, două puncte  $P$  și  $P'$ , numite **poli** sau **centri sferici** ai cercului. Numim **rază sferică** distanța sferică de la un pol la un punct oarecare al cercului. Este evident că razele sferice ale unui cerc mare au măsura de  $90^\circ$ .

$PA', PB', P'A', P'B'$  sunt raze sferice pentru cercul cu centrul în  $O'$

$PA, PB, P'A, P'B$  sunt raze sferice pentru cercul mare cu centrul în  $O$

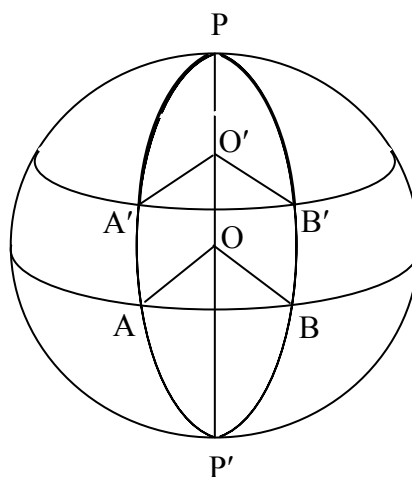


Figura 2.6.

Dacă vom considera acum două semicercuri mari care au un diametru comun, unghiul sub care se întretaie se numește **unghi sferic**. Partea de pe suprafața sferei cuprinsă între cele două semicercuri care au același diametru, se numește **fus sferic**.

Extremitățile  $A$  și  $A'$  se numesc **vârfurile fusului sferic** cuprins între semicercurile mari care sunt laturile fusului sferic. Locul geometric al punctelor situate la distanța sferică de  $\frac{\pi}{2}$  față de punctul  $A$  determină un cerc mare numit **ecuatorul** punctului  $A$ .

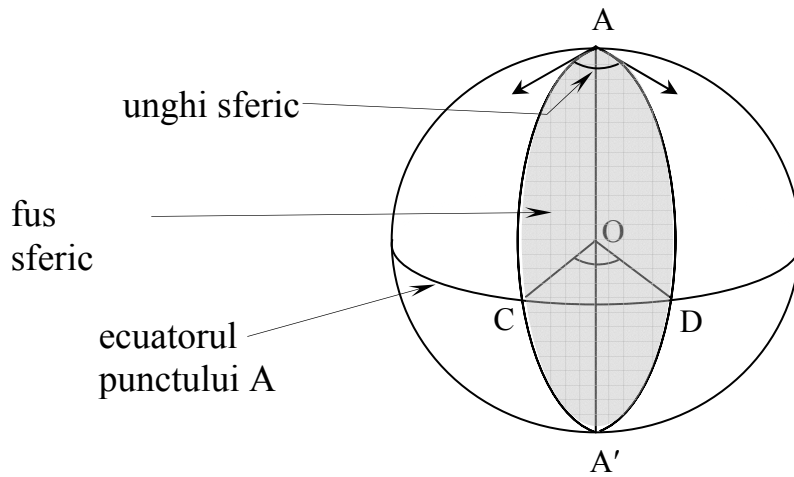


Figura 2.7.

Unghiul a două semicercuri mari care au un diametru comun se măsoară prin unghiul determinat de tangente în unul din punctele lor comune și are aceeași măsură cu unghiul COD sau cu unghiul diedru al planelor celor două semicercuri mari. Dacă rotim un semicerc în jurul diametrului său cu un unghi de măsură  $2\pi$  obținem suprafața sferei de arie  $4\pi R^2$ . Dacă unghiul de rotație are măsura  $A$ , prin regula de trei simplă obținem aria fusului sferic:

$$A_{\text{fus sferic}} = 2 R^2 A.$$

Figura de pe suprafața sferei formată din trei arce de cerc mare care se întretaie în trei puncte, astfel încât două dintre ele să nu fie diametral opuse, se numește **triunghi sferic**.

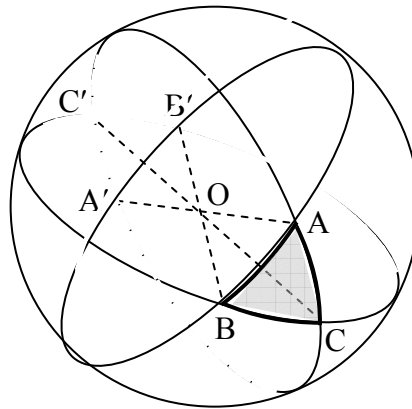


Figura 2.8.

Elementele triunghiului sferic sunt: trei vârfuri, trei unghiuri – fiecare în parte mai mic decât  $180^\circ$  și trei laturi. Dacă laturile au măsura mai mică decât  $180^\circ$  (o semicircumferință), atunci triunghiul se numește **triunghi sferic simplu**, cu care se va lucra în general.

Laturile triunghiului sferic simplu se notează, de obicei, cu  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . Triunghiul sferic având cel puțin una din laturi de măsură  $2\pi - a$ ,  $2\pi - b$ ,  $2\pi - c$

se numește **triunghi sferic concav**. Este evident că pentru un triunghi sferic simplu atât laturile cât și unghiurile au măsuri cuprinse între  $0^\circ$  și  $180^\circ$ .

Clasificând triunghiurile sferice simple în funcție de laturi, distingem:

- **triunghi sferic oarecare**;
- **triunghi sferic isoscel** – are două laturi egale;
- **triunghi sferic echilateral** – are toate laturile egale;
- **triunghi sferic rectilater** – are o latură cu măsura de  $90^\circ$ ;

Triunghiurile sferice simple pot avea și două sau trei laturi cu măsura de  $90^\circ$ , situație în care triunghiul sferic se numește **birectilater**, respectiv **trirectilater**.

Dacă unul din unghiurile unui triunghi sferic simplu are măsura de  $90^\circ$ , triunghiul se numește **triunghi sferic dreptunghic**. Triunghiurile sferice pot avea și două unghiuri drepte (bidreptunghic) sau trei unghiuri drepte (tridreptunghic).

Triunghiul sferic tridreptunghic este și trirectilater, deci echilateral și reprezintă a opta parte din suprafața sferei.

Într-un triunghiului sferic avem următoarele proprietăți:

- Laturilor egale li se opun unghiuri egale și reciproc.
- Unghiului mai mare i se opune latura mai mare și reciproc.

Planele cercurilor mari, care constituie triunghiul sferic, formează la intersecția lor un unghi triedru, care are ca vârf centrul sferei, iar ca muchii razele sferei corespunzătoare vârfurilor triunghiului sferic.

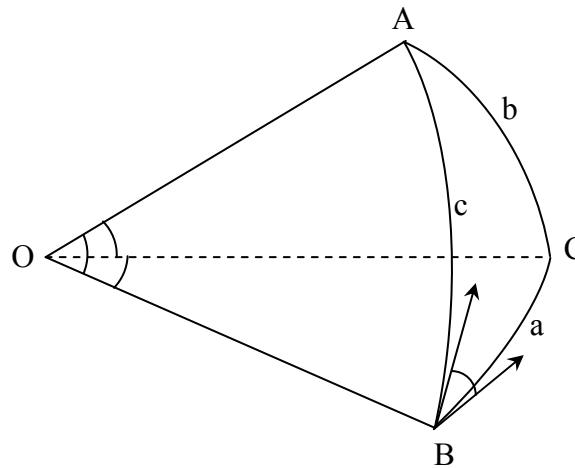


Figura 2.9.

Fiecare unghi plan al triedrului OABC se măsoară prin latura respectivă a triunghiului sferic, iar fiecare unghi diedru este egal cu unghiul sferic respectiv al triunghiului sferic. Din geometria clasică se cunosc următoarele proprietăți ale unui triedru:

- fiecare unghi plan al triedrului are măsura mai mică decât suma măsurilor celorlalte două unghiuri plane ale triedrului;
- suma măsurilor celor trei unghiuri plane ale triedrului este mai mică decât  $360^\circ$ ;

- suma măsurilor unghiurilor diedre ale unui triedru este mai mare decât  $180^\circ$  și mai mică decât  $540^\circ$ ;

Pentru un triunghi sferic simplu, aceste proprietăți ale triedrului devin:

- într-un triunghi sferic, o latură are măsura mai mică decât suma măsurilor celorlalte două laturi:

$$a < b + c,$$

$$b < a + c,$$

$$c < a + b;$$

- într-un triunghi sferic, suma măsurilor laturilor sale este mai mică decât  $360^\circ$ :

$$0^\circ < a + b + c < 360^\circ;$$

- într-un triunghi sferic, suma măsurilor unghiurilor sale este cuprinsă între  $180^\circ$  și  $540^\circ$ :

$$180^\circ < A + B + C < 540^\circ.$$

Din această ultimă dublă inegalitate, deduce că un triunghi sferic poate avea două sau trei unghiuri drepte (obtuze).

## 2.4. COORDONATE ASTRONOMICE

Coordonatele astronomice sunt sisteme de coordonate sferice folosite pentru determinarea poziției stelelor sau a altor obiecte astronomice. Poziția pe sfera cerească se determină fără să se considere distanța până la corpul ceresc, deci se folosesc doar două coordonate asemenea coordonatelor geografice, spre deosebire de sistemul de coordonate polare unde se include și distanța ca un al treilea parametru.

Coordonatele astronomice diferă după modul cum se alege suprafața fundamentală. Coordonatele care se definesc față de punctul de observare se numesc **locale**. Din această categorie fac parte coordonatele **astronomice orizontale**. Pentru coordonatele astronomice absolute punctul de origine al sistemului se alege indiferent de poziția observatorului. Acestea sunt coordonatele ecuatorale, ecliptice, galactice și supergalactice.

- **Sistemul de coordonate sferice** este un sistem de coordonate pentru reprezentarea figurilor geometrice în trei dimensiuni folosind trei coordonate: distanța radială dintre un punct și o origine fixată, unghiul zenit față de axa pozitivă  $z$  și unghiul azimut față de axa pozitivă  $x$ . Există mai multe convenții pentru reprezentarea acestor coordonate, dar cea mai des întâlnită folosește simbolurile  $\rho$ ,  $\varphi$  și  $\theta$ , unde  $\rho$  reprezintă **distanța radială**,  $\varphi$  reprezintă **unghiul zenit**, iar  $\theta$  reprezintă **unghiul azimut**.



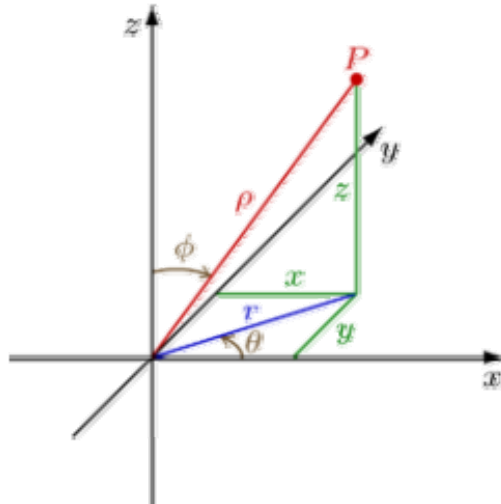


Figura 2.10. Un punct reprezentat folosind coordonate sferice.

- **Sistemul de coordonate polare** este un sistem de coordonate bidimensional în care fiecărui punct din plan i se asociază un unghi și o distanță. Sistemul coordonatelor polare este util mai ales în situații în care relația dintre două puncte este mai ușor de exprimat în termeni de distanțe și direcții (unghiuri); în sistemul cartezian sau ortogonal, o astfel de relație poate fi găsită doar cu ajutorul formulelor trigonometrice.

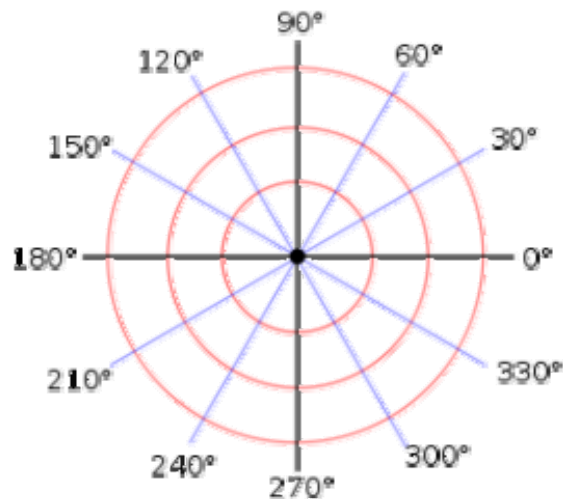


Figura 2.11. Un sistem polar, cu unghiuri exprimate în grade.

Fiecare punct din sistemul de coordonate polare poate fi descris folosind două coordonate polare, notate uzual prin  $r$  (coordonata radială) și  $\theta$  (coordonata unghiulară, unghiul polar, sau azimutul, uneori reprezentat ca  $\varphi$  sau  $t$ ). Coordonata  $r$  reprezintă distanța radială de pol, și coordonata  $\theta$  reprezintă unghiul în sens trigonometric (invers acelor de ceasornic) de la direcția de  $0^\circ$

(numită uneori axă polară), cunoscută ca axa pozitivă a absciselor în Sistemul coordonatelor carteziane plane.

Trasarea punctelor în coordonate polare se efectuează ca în figura 2.12:

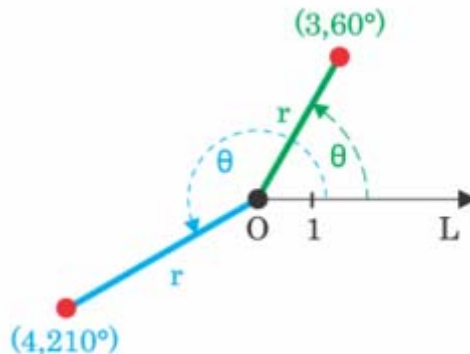


Figura 2.12. Punctele de coordonate  $(3, 60^\circ)$  și  $(4, 210^\circ)$ .

Unghiurile în notație polară sunt în general exprimate fie în grade, fie în radiani, utilizând conversia  $2\pi \text{ rad} = 360^\circ$ . Alegerea depinde de context. Aplicațiile nautice folosesc gradele, în timp ce unele aplicații din fizică (mai ales mecanica rotației) și aproape toată literatura matematică legată de analiza matematică folosesc radiani.

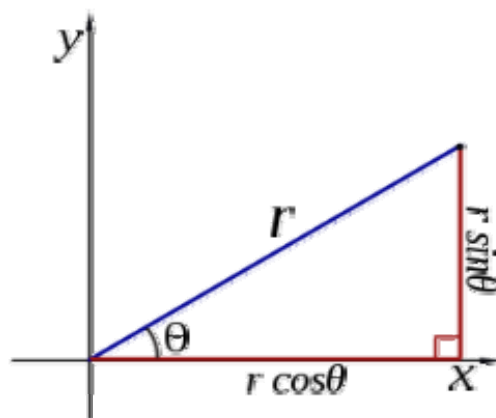


Figura 2.13. Diagramă care ilustrează formulele de conversie.

Cele două coordonate polare  $r$  și  $\theta$  pot fi convertite în coordonate carteziane  $x$  și  $y$  prin utilizarea funcțiilor trigonometrice sinus și cosinus:

$$\begin{aligned} x &= r \cos \theta \\ y &= r \sin \theta, \end{aligned}$$

în timp ce două coordonate carteziane  $x$  și  $y$  pot fi transformate în coordonata polară  $r$  prin:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (\text{prin aplicarea teoremei lui Pitagora}).$$

Pentru a determina coordonata polară  $\theta$ , trebuie să fie luate în considerare următoarele două idei:

- Pentru  $r = 0$ ,  $\theta$  poate fi orice număr real.
- Pentru  $r \neq 0$ , pentru a obține o unică reprezentare a lui  $\theta$ , aceasta trebuie limitată la un interval de lungime  $2\pi$ . Alegeri convenționale pentru acest interval sunt  $[0, 2\pi)$  și  $(-\pi, \pi]$ . Pentru a obține  $\theta$  în intervalul  $[0, 2\pi)$ , se poate folosi următoarea expresie:

$$\theta = \begin{cases} \arctan\left(\frac{y}{x}\right) & \text{daca } x > 0 \text{ si } y \geq 0 \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) + 2\pi & \text{daca } x > 0 \text{ si } y < 0 \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) + \pi & \text{daca } x < 0 \\ \frac{\pi}{2} & \text{daca } x = 0 \text{ si } y > 0 \\ \frac{3\pi}{2} & \text{daca } x = 0 \text{ si } y < 0 \end{cases}$$

- Pentru a obține  $\theta$  în intervalul  $(-\pi, \pi]$ , se poate folosi următoarea expresie:

$$\theta = \begin{cases} \arctan\left(\frac{y}{x}\right) & \text{daca } x > 0 \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) + \pi & \text{daca } x < 0 \text{ si } y \geq 0 \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) - \pi & \text{daca } x < 0 \text{ si } y < 0 \\ \frac{\pi}{2} & \text{daca } x = 0 \text{ si } y > 0 \\ -\frac{\pi}{2} & \text{daca } x = 0 \text{ si } y < 0 \end{cases}$$

Arctangenta este funcția inversă tangentei și după cum se vede ne dă chiar valoarea unghiurilor.

Coordonatele polare pot fi extinse în trei dimensiuni folosind și coordonatele  $(\rho, \phi, \theta)$ , unde  $\rho$  este distanța de la origine,  $\phi$  este unghiul făcut cu axa z (numită **colatitudine** sau **zenit** și măsurată de la 0 la 180°) iar  $\theta$  este unghiul cu axa x (ca și în coordonate polare). Acest sistem de coordonate, numit **sistemul de coordonate sferice**, este similar cu sistemul de latitudine și longitudine folosit pentru Pământ, cu originea în centrul Pământului, latitudinea  $\delta$  fiind complementul lui  $\phi$ , determinat de relația  $\delta = 90^\circ - \phi$ , iar longitudinea  $l$  fiind măsurată ca  $l = \theta - 180^\circ$ .

Cele trei coordonate sferice pot fi convertite în coordonate carteziane (vezi figura 2.12) prin transformarea:

$$\begin{aligned} x &= \rho \sin \phi \cos \theta \\ y &= \rho \sin \phi \sin \theta \\ z &= \rho \cos \phi. \end{aligned}$$

Între elementele unui triunghi sferic apar o mulțime de relații însă din punctul nostru de vedere importante sunt numai cinci: legea sinusurilor, formulele lui Delambre, legea cosinusurilor, relațiile lui Napier și formulele lui Borda.

**a) Legea sinusurilor** ne spune că:

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c} ,$$

conform figurii 2.9.

**b) Legea cosinusurilor** matematic se exprimă astfel:

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A$$

$$\cos b = \cos a \cdot \cos c + \sin a \cdot \sin c \cdot \cos B$$

$$\cos c = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos C ,$$

$$\cos A = -\cos B \cdot \cos C + \sin B \cdot \sin C \cdot \cos a$$

$$\cos B = -\cos A \cdot \cos C + \sin A \cdot \sin C \cdot \cos b$$

$$\cos C = -\cos A \cdot \cos B + \sin A \cdot \sin B \cdot \cos c .$$

**c) Relațiile lui Napier** se exprimă astfel:

$$\operatorname{tg} \frac{A+B}{2} = \frac{\cos \frac{a-b}{2}}{\cos \frac{a+b}{2}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{C}{2}$$

$$\operatorname{tg} \frac{a+b}{2} = \frac{\cos \frac{A-B}{2}}{\cos \frac{A+B}{2}} \cdot \operatorname{tg} \frac{C}{2}$$

$$\operatorname{tg} \frac{A-B}{2} = \frac{\sin \frac{a-b}{2}}{\sin \frac{a+b}{2}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{C}{2}$$

$$\operatorname{tg} \frac{a-b}{2} = \frac{\sin \frac{A-B}{2}}{\sin \frac{A+B}{2}} \cdot \operatorname{tg} \frac{C}{2} .$$

**d) Formulele lui Borda** sunt următoarele:

$$\sin \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{\sin(p-b) \cdot \sin(p-c)}{\sin b \cdot \sin c}}$$

$$\cos \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{\sin p \cdot \sin(p-a)}{\sin b \cdot \sin c}}$$

$$\sin \frac{B}{2} = \sqrt{\frac{\sin(p-a) \cdot \sin(p-c)}{\sin a \cdot \sin c}}$$

$$\cos \frac{B}{2} = \sqrt{\frac{\sin p \cdot \sin(p-b)}{\sin a \cdot \sin c}}$$

$$\sin \frac{C}{2} = \sqrt{\frac{\sin(p-a) \cdot \sin(p-b)}{\sin a \cdot \sin b}}$$

$$\cos \frac{C}{2} = \sqrt{\frac{\sin p \cdot \sin(p-c)}{\sin a \cdot \sin b}} , \text{ iar}$$

e) **Formulele lui Delambre** au următoarea formă:

$$\frac{\cos \frac{A - B}{2}}{\sin \frac{C}{2}} = \frac{\sin \frac{a + b}{2}}{\sin \frac{c}{2}} .$$

## 2.5. REFRAȚIA ASTRONOMICĂ. ABERAȚIA ASTRONOMICĂ

Poziția aștrilor pe bolta cerească este determinată cu ajutorul instrumentelor astronomice care sunt situate pe suprafața terestră. Aceste instrumente suferă aceleași modificări pe care le are și Pământul în raport celelalte corpuri cerești din spațiu.

Așadar, mișcările Pământului în spațiu datorate forțelor care intervin asupra lui, precum și modificarea razelor de lumină care traversează atmosfera terestră, duc la modificarea poziției aștrilor în sistemele de coordonate geocentrice. O explicație clară a acestor fenomene a fost dată în secolul al XVI-lea de către astronomii N. Copernic și J. Kepler datorită cărora astronomia a devenit o știință modernă.

### 2.5.1. Refracția astronomică

Razele luminoase ce vin de la aștri trebuie să traverseze întreaga atmosferă, ele suferind schimbări de direcție care vor face să vedem astrul într-o altă direcție decât cea reală. Acest fenomen se numește **refracție astronomică**. Se știe din fizică că lumina se propagă în linie dreaptă atât timp cât străbate un mediu având densitate constantă sau în vid. Dacă lumina trece dintr-un mediu într-un alt mediu avem următoarele legi din fizică:

- Raza incidentă, normala în punctul de incidență și raza refractată sunt în același plan;

- Când raza trece dintr-un mediu mai rar într-unul mai dens, raza refractată se apropie de normală, adică unghiul de refracție este mai mic decât unghiul de incidență. Dacă raza trece din vid într-un mediu determinat M, raportul  $\frac{\sin i}{\sin r} = n$

este constant și se numește **indice de refracție absolut al mediului M**. Dacă raza trece dintr-un mediu  $M_1$  având indicele de refracție absolut  $n_1$  într-un alt mediu  $M_2$  cu indicele de refracție absolut  $n_2$ , atunci avem relația:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} = n .$$

Acest raport, care este constant atâta timp cât densitățile celor două medii rămân constante, se numește **indice de refracție relativ** al mediului  $M_2$  în raport cu mediul  $M_1$ .

Atmosfera terestră este un mediu neomogen, densitatea sa crescând pe măsură ce ne apropiem de suprafața pământului. Din legile precedente, rezultă că, dacă o rază luminoasă provenită de la un astru  $\sigma$  pătrunde în atmosfera terestră, ea se transformă într-o linie frântă de laturi infinit de mici și infinit de multe, adică într-o curbă.

Indicele de refracție crește în mod continuu de la limita superioară a atmosferei până la suprafața pământului. Mărimea refracției depinde de valoarea indicelui de refracție a aerului.

S-a stabilit experimental că între indicele de refracție  $n$  și densitatea  $d$  a aerului există relația:  $n = 1 + c \cdot d$ , unde  $c$  este o constantă.

Densitatea aerului scade până la zero când ne ridicăm de la suprafața pământului până la limita superioară a atmosferei. Deci, indicele de refracție al aerului descrește de la o valoare mai mare ca unitatea (care este 1,00029255 la  $0^\circ \text{ C}$  și la presiunea de 760 mm Hg) la suprafața Pământului, până la valoarea 1 la limita superioară a atmosferei. Pentru simplificare, vom presupune Pământul sferic, iar atmosfera constituită din straturi concentrice infinit de subțiri și omogene în toată întinderea lor.

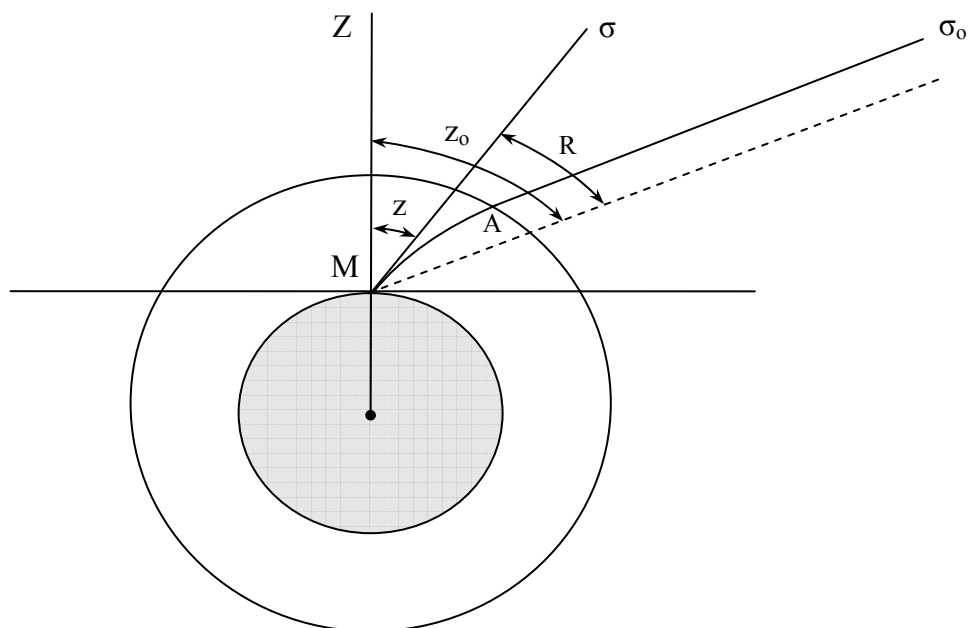


Figura 2.14.

Lumina se apropie în linie dreaptă de atmosfera Terrei pornind de la steaua  $\sigma_0$  până în punctul A (limita superioară a atmosferei terestre) și de aici în interiorul atmosferei ea străbate linia curbă AM până ajunge în ochiul observatorului M, care va vedea steaua  $\sigma_0$  pe direcția aparentă  $M\sigma$ , tangentă în

M la curbă. Diferența dintre distanța zenitală adevărată  $z_0 = ZM\sigma_0$  și distanța zenitală aparentă  $z = ZM\sigma$  o numim **refracție astronomică** (notată cu R):

$$R = z_0 - z.$$

Curba descrisă de raza luminoasă este o curbă plană, a cărei concavitate este îndreptată spre centrul Pământului deci, refracția astronomică este totdeauna pozitivă.

Să considerăm unul dintre straturile atmosferice care are indicele de refracție  $n'$ , iar stratul următor superior lui cu indicele de refracție  $n$ . Notând cu O centrul Pământului, cu  $l$  distanța OA și cu  $l'$  distanța OA', atunci în triunghiul OAA' aplicând analogia sinusurilor avem:

$$\frac{\sin r}{l'} = \frac{\sin(180 - i')}{l} \Leftrightarrow \frac{\sin r}{l'} = \frac{\sin i'}{l} \Leftrightarrow \frac{\sin r}{\sin i'} = \frac{l'}{l} \quad (1)$$

$$\text{Din legile refracției avem: } \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n'}{n} \Leftrightarrow \sin r = \frac{n \cdot \sin i}{n'}$$

Înlocuind pe  $\sin r$  în relația (1) obținem:

$$\frac{n \cdot \sin i}{n' \cdot \sin i'} = \frac{l'}{l} \Leftrightarrow l \cdot n \cdot \sin i = l' \cdot n' \cdot \sin i' = \dots = k = R_0 \cdot n_0 \cdot \sin z$$

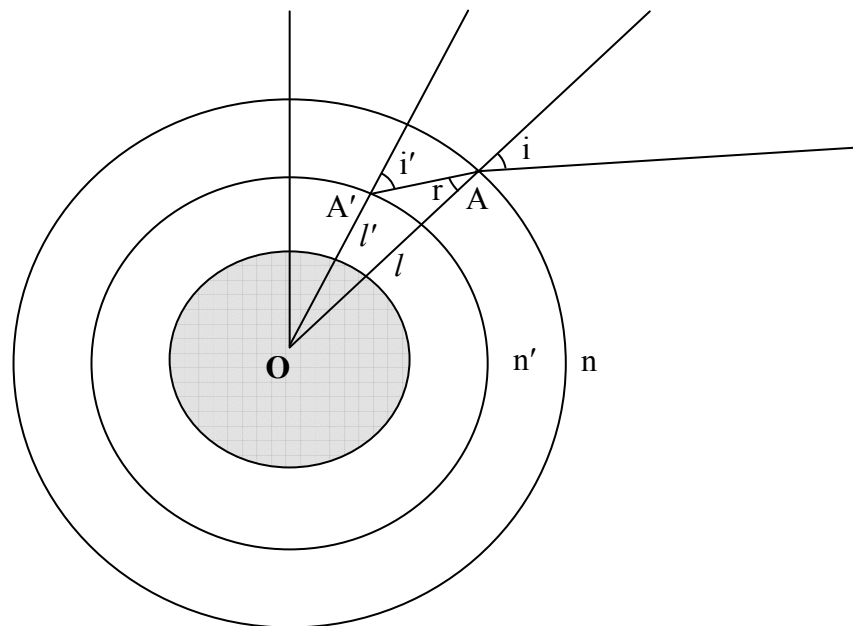


Figura 2.15.

Deci, produsul dintre distanța unui punct al razei luminoase la centrul Pământului, indicele de refracție al aerului în acel punct și sinusul unghiului de incidență păstrează o valoare constantă în tot lungul razei. Valoarea acestei constante  $k$  este:  $R_0 \cdot n_0 \cdot \sin z$ , unde  $R_0$  este raza Pământului,  $n_0$  indicele de refracție la suprafața solului, iar  $z$  distanța zenitală aparentă.

Aici, ne vom limita la deducerea unei formule aproximative. Presupunând atmosfera constituită din straturi concentrice infinit de subțiri și omogene, putem considera că distanțele a două puncte de incidență A și A' (situat pe două straturi consecutive), ale razei luminoase la centrul Pământului, sunt egale.

Deci, având  $l = l'$ , obținem:

$$\frac{n \cdot \sin i}{n' \cdot \sin i'} = \frac{l'}{l} = 1 \Rightarrow n \cdot \sin i = n' \cdot \sin i'.$$

Folosind această egalitate pentru toate straturile atmosferice, avem:

$$n_m \cdot \sin z_0 = \dots = n \cdot \sin i = n' \cdot \sin i' = \dots = n_0 \cdot \sin z,$$

unde  $n_m = 1$  este indicele de refracție al celui mai înalt strat atmosferic.

$$\Rightarrow \sin z_0 = n_0 \cdot \sin z \Rightarrow \frac{\sin z_0}{\sin z} = n_0.$$

Știind că  $z_0 = z + R$ , avem :

$$\frac{\sin(z + R)}{\sin z} = n_0 \Rightarrow \frac{\sin z \cdot \cos R + \sin R \cdot \cos z}{\sin z} = n_0.$$

Ținând cont de faptul că pentru  $0^\circ \leq z \leq 70^\circ$  refracția are valori mici, deci putem considera  $\cos R = 1$  și  $\sin R = R$ . Atunci:

$$\frac{\sin z + R \cdot \cos z}{\sin z} = n_0.$$

Pentru condiții normale (temperatura  $t=0^\circ\text{C}$  și presiunea  $p=760$  mmHg),  $n_0$  se poate determina din măsurători, iar  $z$  se găsește din observații. În acest caz refracția este:

$$R = 58,3 \cdot \text{tg } z.$$

**Refracția astronomică** are următoarele **influențe**:

- Coordonatele orizontale ale unui astru nu se modifică de refracție, deoarece traiectoria luminoasă prin atmosferă este o curbă plană continuă într-un plan vertical. Refracția micșorează distanța zenitală a astrului. Descreșterea distanței zenitale este cu atât mai mare cu cât astrul este mai apropiat de orizont. Un astru situat în zenit are refracția nulă.
- Deformarea aștrilor în vecinătatea orizontului. Corpurile cerești care se văd sub formă de disc (Soarele, Luna, planetele mai privite prin instrumente optice) se deformează în apropierea orizontului, discurile lor turtindu-se pe verticală. Fenomenul se explică ușor: marginea inferioară a discului cu distanța zenitală mai mare este ridicată mai mult de refracție decât marginea superioară cu distanța zenitală mai mică.
- Asupra răsăritului și apusului unui astru. Dacă astrul se ridică deasupra orizontului, refracția face ca răsăritul astrului să se producă mai repede, iar apusul mai târziu cu o cantitate mică dH.



La orizont refracția este de aproximativ  $38'$  iar o stea sau o planetă va părea că răsare sau apune când încă se află la  $38'$  sub orizont. Deci, efectul refracției este acela de a grăbi răsăritul și de a întârzia apusul unui astru.

În cazul Soarelui, al cărui diametru aparent este de aproximativ  $32'36''$ , rezultă că acesta se vede deasupra orizontului și tangent la el, când însă este complet dedesubtul lui. Răsăritul Soarelui având loc mai devreme și apusul mai târziu decât adevăratul răsărit și apus, lungimea zilei apare ca fiind mărită.

### 2.5.2. Aberația luminii

Fenomenul aberației luminii este un fenomen optic datorat vitezei pe care o posedă Pământul în mișcarea sa relativă în spațiu în raport cu stelele fixe, care face ca direcția de mișcare a sa să fie mereu alta în timp de un an și faptului că lumina nu se propagă în mod instantaneu, ci în mod progresiv cu viteza constantă de aproximativ  $300.000 \text{ km/s}$ .

Să presupunem că un observator terestru se găsește în punctul  $T$ , o stea are poziția  $\sigma$  și fie  $T\sigma$  direcția adevărată a stelei. Dacă observatorul ar rămâne nemișcat în  $T$  sau dacă lumina pornită din steaua  $\sigma$  s-ar propaga instantaneu, observatorul ar vedea neconținut steaua pe aceeași direcție  $T\sigma$ , însă observatorul  $T$  se mișcă cu viteza relativă a Pământului în jurul Soarelui de circa  $30 \text{ km/s}$  dirijată în sensul mișcării lui, și propagarea luminii venită de la astrul  $\sigma$  se face cu viteza  $\bar{c} = 300.000 \text{ km/s}$ . În fiecare unitate de timp (secunda) atât unda luminoasă cât și observatorul se deplasează parcurgând spațiile  $c$  și  $v$  ( $300.000 \text{ km}$  și  $30 \text{ km}$ ) astfel încât pentru a recepta unda luminoasă la momentul  $t_0 + 1$  în punctul  $T$  observatorul trebuie să se afle în momentul  $t_0$  cu  $v \text{ km}$  înaintea poziției  $T$  pe traiectoria sa din spațiu.

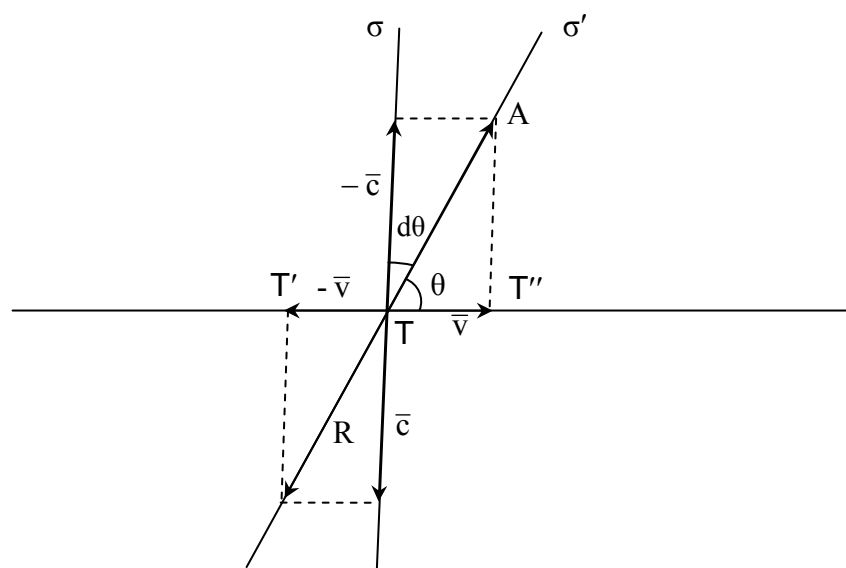


Figura 2.16.

În aceste condiții compunând viteza observatorului terestru cu viteza luminii se obține rezultanta care dă direcția aparentă  $T\sigma'$  a stelei  $\sigma$ .

Observatorul din T are impresia că nu primește unda luminoasă pe direcția adevărată  $\sigma T$ , ci pe direcția aparentă  $\sigma' T$  ca și cum steaua s-ar găsi ceva mai în fața observatorului în sensul în care el se deplasează. Acest fenomen se numește **aberația luminii**.

Unghiul dintre direcția adevărată și cea aparentă se numește **unghi de aberație**. Notăm cu  $d\theta$  unghiul de aberație, care este foarte mic deoarece  $v$  este mic în raport cu  $c$ , raportul lor fiind  $\frac{30}{300.000} = 10^{-4}$ .

Folosind analogia sinusurilor pentru triunghiul  $ATT''$  obținem :

$$\frac{\sin d\theta}{v} = \frac{\sin \theta}{c} \Rightarrow d\theta \approx \sin d\theta = \frac{v}{c} \sin \theta .$$

Unghiul de aberație are valoare maximă când  $\theta = 90^\circ$  și aceasta este  $\frac{v}{c}$  sau în secunde de arc este  $206265'' \frac{v}{c}$ , atunci când direcția vitezei Pământului este perpendiculară pe direcția aparentă a astrului. În acest caz unghiul de aberație maximă se numește constantă de aberație pentru care s-a adoptat valoarea de  $20'',47$  cu o aproximație de  $0'',01 - 0'',02$ .

Observatorul T se mișcă neconținut în decursul unui an construind în fiecare poziție a sa direcția aparentă  $T\sigma'$ . Această direcție formează un con a cărui intersecție cu bolta cerească este o elipsă pe care observatorul (aparent imobil) o observă în jurul poziției reale a stelei. Această elipsă se numește **elipsă de aberație** și este aceeași pentru toate stelele, având axa mare egală cu dublul constantei de aberație.

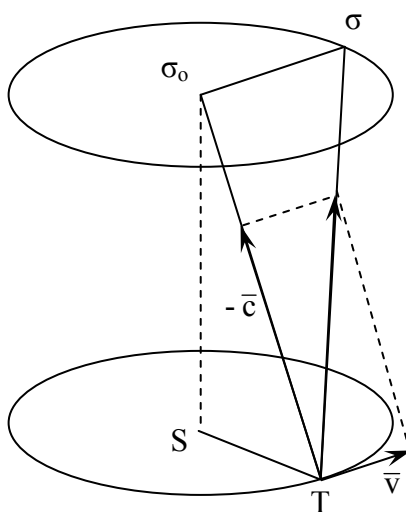


Figura 2.17.

Poziția aparentă a stelei  $\sigma$  pe această elipsă este decalată față de poziția Pământului pe traiectoria sa cu  $90^\circ$ , deoarece poziția aparentă a stelei se află în planul definit de razele de lumina și de viteza  $v$ , adică într-un plan perpendicular pe planul determinat de raza vectoare Pământ–Soare și de direcția reală a stelei.

Mișcarea de rotație a Pământului face ca un punct aflat pe suprafața lui și având latitudinea geografică  $\varphi$ , să aibă în fiecare moment viteza:

$$v = \frac{2 \pi R \cdot \cos \varphi}{86.164} \frac{\text{km}}{\text{s}},$$

unde  $R$  este raza Pământului presupus sferic, iar 86.164 reprezintă numărul de secunde medii într-o zi siderală. Luând  $R = 6368 \text{ km}$  avem:

$$v = 0,465 \cdot \cos \varphi \text{ km/s.}$$

Această viteză este tangentă în acest punct la paralela lui și îndreptată spre est și ea face ca fiecare stea  $\sigma$  să se deplaseze pe bolta cerească.

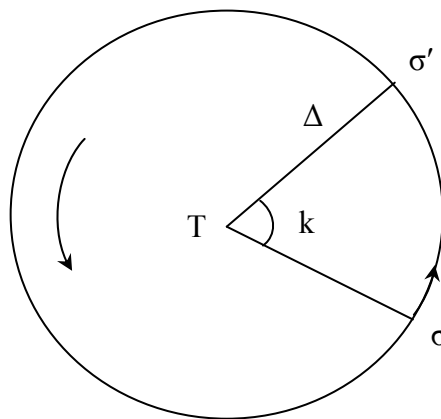


Figura 2.18.

Lumina emisă de astru, atunci când aceasta se găsea în poziția  $\sigma$  este percepută de observatorul terestru după timpul  $\tau$ , dar în acest timp astrul descrie arcul  $\sigma\sigma'$ . Deci, observatorul vede astrul în poziția aparentă  $\sigma$  pe câtă vreme, astrul în acel moment se găsește în  $\sigma'$ , poziția geometrică.

### CAPITOLUL 3

#### MIȘCAREA ANUALĂ APARENTĂ A SOARELUI ȘI MIȘCAREA REALĂ A PĂMÂNTULUI ÎN JURUL SOARELUI

##### 3.1. MIȘCAREA APARENTĂ A SOARELUI PE SFERA CEREASCĂ

Mișcarea Soarelui pe sfera cerească este ca și mișcarea diurnă un fenomen obișnuit. Simple observații făcute cu ochiul liber au dovedit că Soarele are o mișcare printre stele. Întrădevăr pentru toți locuitorii globului pământesc, cu excepția celor care locuiesc în regiunile polare, în fiecare zi, Soarele, ca orice stea se ridică deasupra orizontului dinspre punctul cardinal Est și dispăre sub orizont în partea punctului cardinal Vest. Spre deosebire de stele, Soarele nu răsare în aceeași zi din același punct, vara Soarele răsare mai la nord iar iarna mai la sud astfel încât Soarele atinge culminația superioară vara la data de 21 iunie și iarna ajunge la culminația inferioară pe data de 22 decembrie.

Soarele descrie astfel, pe sfera cerească, un cerc mare numit **ecliptică**, înclinat la ecuator cu  $23^{\circ}27'$ . Această mișcare anuală aparentă a Soarelui este aproape uniformă și are loc în sens direct.

Perioada acestei mișcări se numește **an sideral** și reprezintă intervalul de timp care separă cele două întâlniri ale Soarelui cu o aceeași stea pe ecliptică.

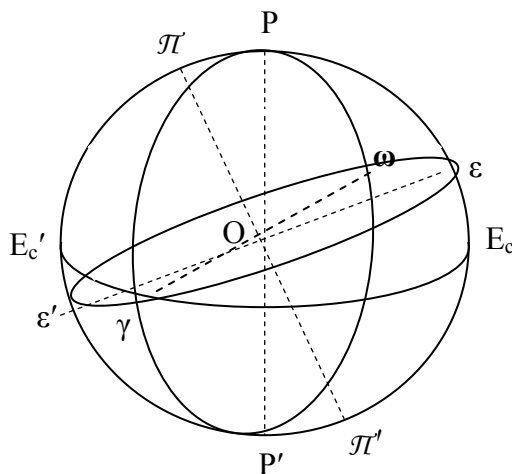


Figura 3.1.

Ecliptica Soarelui trece prin cele 12 constelații zodiacale recunoscute de către astrologi, dar și prin constelația Ophiucus observată de astronomi, în interiorul unei benzi numită **fâșie zodiacală**.

Mișcarea Soarelui printre constelațiile zodiacale se numește **mișcare anuală aparentă**, ea desfășurându-se pe o ecliptică care taie ecuatorul în două puncte, numite **puncte echinoctiale** (vezi figura 3.1).

Cele două puncte echinoctiale sunt astfel alese încât **punctul vernal** ( $\gamma$ ), adică punctul prin care trece Soarele din emisfera australă în emisfera boreală și de la declinații negative la declinații pozitive, să coincidă cu punctul în care se află Soarele atât în mișcarea anuală aparentă cât și în mișcarea reală. Din acest motiv el se determină prin calcule matematice riguroase.

**Punctul autumnal** ( $\omega$ ) reprezintă punctul prin care Soarele trece din emisfera boreală în cea australă și de la declinații pozitive la declinații negative.

$\gamma$   $\omega$  reprezintă **linia echinoctiilor** iar  $\epsilon$   $\epsilon'$  **linia solstițiilor**.

**Punctul solstițiului de vară** ( $\epsilon$ ) reprezintă punctul în care Soarele ajunge la culminația superioară, iar durata zilei în care Soarele luminează este cea mai mare și noaptea este cea mai mică. Planul paralelului care intersectează în acest punct Pământul este un cerc numit **tropicul Racului**.

**Punctul solstițiului de iarnă** ( $\epsilon'$ ) reprezintă punctul în care Soarele atinge culminația inferioară, noaptea având durata cea mai mare din și ziua cea mai mică, iar paralelul său terestru se numește **tropicul Capricornului**.

### 3.2. CONSECINȚELE MIȘCĂRII ANUALE APARENTE A SOARELUI

**O primă consecință o reprezintă anotimpurile.** Numim **anotimp** intervalul de timp necesar Soarelui să descrie arcul dintre două puncte fundamentale consecutive ale eclipticii (vezi figura 3.1).

Anotimpurile sunt:

- Primăvara – de la 21 martie până la 22 iunie, atunci când Soarele străbate arcul de cerc de la ( $\gamma$ ) la ( $\epsilon$ ).
- Vara – de la 22 iunie la 23 septembrie, atunci când Soarele străbate arcul de cerc de la ( $\epsilon$ ) la ( $\omega$ ).
- Toamna – de la 23 septembrie la 22 decembrie, atunci când Soarele străbate arcul de cerc de la ( $\omega$ ) la ( $\epsilon'$ ).
- Iarna – de la 22 decembrie la 21 martie, atunci când Soarele străbate arcul de cerc de la ( $\epsilon'$ ) la ( $\gamma$ ).

**A doua consecință este inegalitatea zilelor și nopților.** Prin **zi** înțelegem durata vizibilității Soarelui pe cer, adică timpul în care Soarele se află deasupra orizontului locului, în opoziție cu noaptea, atunci când Soarele nu este deloc vizibil.

Mișcarea Soarelui pe ecliptică timp de o zi este mică și de aceea putem presupune că, în fiecare zi, Soarele, descrie câte un paralel care se deplasează în fiecare zi cu câte un grad, adică atâtea paralele diurne câte zile are anul. Paralelii tereștri ai echinoctiilor coincid cu ecuatorul, iar paralelii solstițiilor coincid cu

tropicele: la solstițiul de vară cu tropical Racului și la cel de iarnă cu tropical Capricornului.

Drumul aparent al Soarelui pe ecliptică nu este descris în mod uniform așa că cele patru arce de cerc sunt parcurse în timpi inegali cu următoarele durate:

- Primăvara – 92 de zile și 20 de ore.
- Vara – 93 de zile și 15 ore.
- Toamna – 89 de zile și 19 ore.
- Iarna – 89 de zile.

Într-un loc dat, planul ecuatorului poate să taie sau nu paralelii diurni. Dacă îi taie determină arcul diurn deasupra orizontului corespunzător zilei definite mai sus și arcul nocturn sub orizont, corespunzând nopții. În acest caz spunem că avem **zile și nopți normale**.

La poli Soarele rămâne fie deasupra orizontului, fie dedesubtul orizontului timp de mai multe rotații, determinând **zilele și nopțile polare**. Din acest motiv în apropierea paralelei de  $66^{\circ}33'$  în jurul solstițiului de vară, deși Soarele apune, crepusculul cuprinde scurta noapte dând naștere celebrelor **nopți albe**.

În România zilele și nopțile sunt normale, fiind cuprinse ca durată între 8 ore 50 de minute și 15 ore 32 de minute.

**O a treia consecință o reprezintă zonele climatice ale Pământului.** Soarele este singura sursă de căldură pentru sistemul nostru solar iar în funcție de căldura pe care o primește Pământul pe suprafața sa avem următoarele zone climatice:

- **Zona caldă** care este cuprinsă între cele două tropice și în care Soarele se află de două ori pe an la zenit.
- **Zonele reci /polare** care sunt în număr de două. Ele sunt formate de cele două calote polare delimitate de paralelii de latitudine  $\pm (90^{\circ} - \epsilon)$ , **cercurile polare**, fiind zonele care au nopți polare.
- **Zonele temperate** care sunt în număr de două și sunt cuprinse între tropice și cercurile polare.

România este mărginită de paralelii  $43^{\circ}37'$  și  $48^{\circ}15'$  fiind cuprinsă în întregime în zona temperată de nord.

### 3.3. MIȘCAREA DE REVOLUȚIE, ORBITA, PRECESIA ȘI NUTAȚIA PĂMÂNTULUI

Marii învățați ai antichității, Aristotel și Ptolemeu, erau adepții mișcării geocentrice, după care Soarele se mișcă în jurul Pământului parcurgând ecliptica sa în timp de un an. Genialul astronom polonez Nicolai Copernic a reușit să demonstreze că Pământul se mișcă în jurul Soarelui.

Cele două mișcări, cea geocentrică și cea heliocentrică, din punct de vedere al observațiilor sunt echivalente și aproape că nu am ști să le deosebim dacă nu ar exista fenomenele: de parallaxă prin care steaua descrie o mică eclipsă, cu atât mai mică cu cât steaua este mai departe și aberația luminii prin care stelele descriu elipse anuale, dar oricare ar fi steaua, axa mare a traiectoriei este aceeași,  $41''$ ,2.

Fenomenul aberației este analog cu cel al refracției, deoarece face ca steaua aflată real în într-un punct S să fie văzută într-un alt punct S'. Existența celor două fenomene constituie dovada că Pământul are o mișcare de revoluție pe o traiectorie numită **orbita Pământului** (vezi figura 3.2).

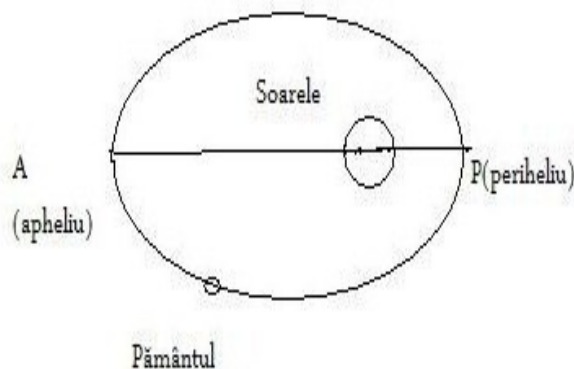


Figura 3.2. Orbita Pământului.

**Orbita Pământului** reprezintă traiectoria pe care o străbate Pământul în jurul Soarelui aflată în planul eclipticii. Axa de rotație a Pământului este înclinată pe planul eclipticii cu aproape  $66^{\circ}33'$ , iar în timpul mișcării acest unghi rămâne neschimbat. Axa polilor rămâne paralelă cu ea însăși pe parcursul acestui drum, fenomen reflectat prin existența anotimpurilor și a zonelor climatice.

Mișcarea anuală a Soarelui este aparentă fiind o consecință a mișcării reale a Pământului. Din figura 3.2. observăm că orbita Pământului este eliptică, punctul cel mai apropiat de Soare se numește **periheliu**, P, iar cel mai îndepărtat **afeliu**, A.

Într-un interval de timp mai lung, pozițiile planetelor fundamentale se schimbă datorită mișcărilor perturbatoare pe care le suferă Pământul în mișcarea de revoluție. Astronomul elen Hipparc (secolul al II-lea î.Hr.) preocupat de alcătuirea unui catalog de stele a calculat coordonatele ecliptice pentru aproximativ 1.206 stele. El a constatat că stelele au o variație a longitudinilor cerești, comparând longitudinea cerească determinată de el pentru steaua Virginis din constelația Fecioara cu longitudinea cerească determinată de Timocharis cu 144 de ani mai înainte. El a găsit pentru această stea longitudinea de  $174^\circ$  în anul 129 î.Hr., iar Timocharis găsisse  $172^\circ$  în anul 273 î.Hr. Deci, Hipparc descoperă că longitudinea stelei crescuse cu:

$$\frac{2^\circ}{144} = \frac{7200''}{144} = 50'' \text{ /an.}$$

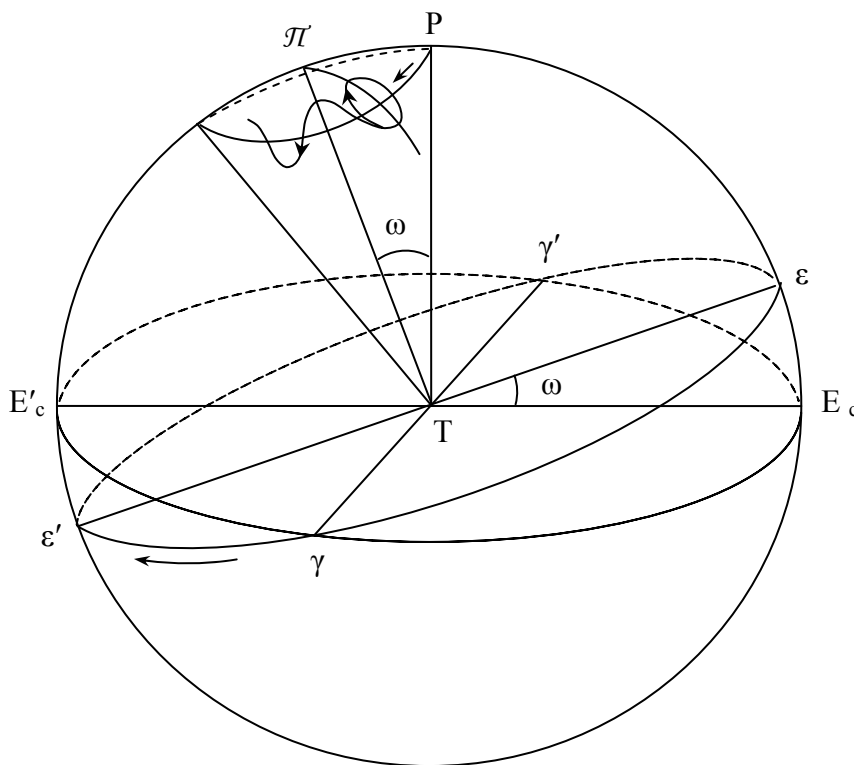


Figura 3.3.

Hipparc considera anul tropic egal cu 365,247 zile, iar pe cel sideral egal cu 365,260 zile. El a presupus că anul sideral este cu  $365,260 - 365,247 = 0,013$  zile mai lung decât cel tropic, aceasta înseamnă că dacă în momentul unui echinocțiu de primăvară Soarele se află în punctul vernal  $\gamma$ , împreună cu o stea  $\sigma$ , după scurgerea unui an tropic, Soarele se întoarce în  $\gamma$  dar steaua nu se mai găsește acolo, ci într-un punct  $\sigma'$  la o depărtare  $\gamma\sigma'$  pe care Soarele în mișcarea sa directă în lungul eclipticei, cu viteza unghiulară de  $3548''$  pe zi, o străbate în 0,013 zile, cât îi mai trebuie să meargă pentru ca după ce a împlinit în  $\gamma$  anul tropic, să împlinească în  $\sigma'$  și anul sideral. Din cele arătate rezultă că în mișcarea sa pe ecliptică, în sens direct, Soarele revine mai curând la punctul vernal decât în dreptul unei aceeași stele, deci revenirea Soarelui la echinocțiu precede



revenirea sa în dreptul unei stele, de aici și numele de **precesia echinoctiilor** dat fenomenului.

Hipparc a dat următoarea interpretare fenomenului descoperit; știind precis că longitudinile tuturor stelelor cresc cu  $50''$  pe an, două ipoteze pot justifica această creștere:

- sau punctul vernal are o mișcare de  $50''$  de-a lungul eclipticei, în sens retrograd, ceea ce face să crească longitudinile stelelor cu aceeași cantitate;
- sau punctul vernal rămâne fix și întreaga sferă cerească, cu toate stelele fixate pe ea, se rotește cu  $50''$  pe an în sens direct în jurul axei eclipticei.

Datorită concepțiilor acelor timpuri, care considerau Pământul imobil, Hipparc a fost înclinat să interpreteze precesia ca o mișcare de rotația a sferei cerești în jurul axei polilor eclipticei. Interpretarea precisă a fenomenului, admisă și astăzi, a fost dată de N. Copernic (1473 – 1543), care a demonstrat că direcția axei terestre nu rămâne invariabilă în spațiu, ci ea descrie în sens retrograd un con de revoluție având semiunghiul la vârf egal cu  $\omega$ ; în consecință, traiectoria descrisă în sens retrograd de polul ceresc nord pe sfera fixelor este un cerc mic de latitudine  $90^\circ - \omega$  având ca centru polul eclipticei.

Punctul vernal  $\gamma$  parcurge ecliptica cu viteza de  $50'',26$  în aproape 26.000 de ani în sens retrograd, iar Soarele descrie pe ecliptică arcul de  $360^\circ$  nu într-un an tropic, ci într-un an sideral. Până în secolul al XVIII-lea s-a considerat că  $\omega$  este constantă deoarece în latitudinea cerească a astrilor nu se constatau variații. Aceste variații mici ale lui  $\omega$  nu puteau fi descoperite datorită imperfecțiunii mijloacelor de observație.

Euler este acela care dezvoltând teoria perturbațiilor exercitate de planete asupra mișcării de translație a Pământului a demonstrat că și planul eclipticei este mobil și că oblicitatea eclipticei suferă o descreștere lentă de  $46''$  pe secol.

Așa cum se amintea în introducere, studii recente au arătat că anticii cunoșteau mișcarea de precesie a Pământului iar astronomii din Angkor cunoșteau perioada de precesie de 26.000 de ani și că Pământul se deplasează cu  $1^\circ$  în 72 de ani, iar turnul Bayon era orientat cu  $\frac{3}{4}$  dintr-un grad (54 de ani) putându-se astfel prevedea cu 2-3 zile mai devreme echinoctiul de primăvară.

Din observațiile efectuate se arată că planele fundamentale ecuatorul și ecliptica sunt mobile, iar teoria întemeiată pe legea gravitației universale poate da poziția planelor fundamentale la o epocă  $t$  când se cunoaște poziția lor la epoca  $t_0$ .

Să presupunem că  $E_0$  și  $\varepsilon_0$  sunt pozițiile planului ecuatorial și ecliptic la un moment dat  $t_0$ , iar  $E$  și  $\varepsilon$  pozițiile planului ecuatorial și ecliptic la momentul  $t$  (vezi figura 3.4).

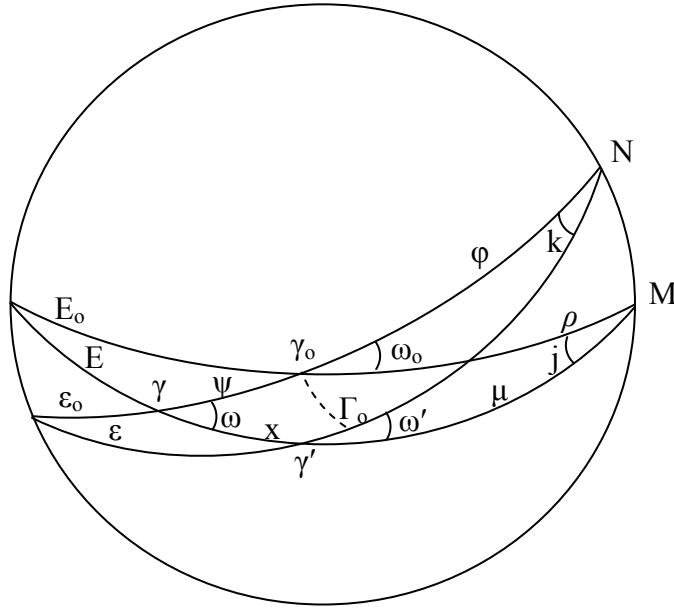


Figura 3.4.

La epoca de origine  $t_0$  punctul vernal ocupă poziția fixă  $\gamma_0$ , la epoca  $t$  ocupă poziția  $\gamma'$ ;  $\omega_0$  este înclinarea eclipticii fixe pe ecuatorul fix,  $\omega$  este înclinarea eclipticii fixe pe ecuatorul mobil și  $\omega'$  este înclinarea eclipticii mobile pe ecuatorul mobil.  $\Gamma_0$  este definit de condiția  $N\gamma_0 = N\Gamma_0$  și se găsește situat pe ecliptica mobilă.

Notăm  $N\gamma_0 = \varphi$ ,  $M\gamma' = \mu$  și  $M\gamma_0 = \rho$ . Arcul  $\gamma_0\gamma$  notat cu  $\psi$  se numește **precesie luni-solară**. Arcul  $\gamma\gamma'$  notat cu  $x$  se numește **precesie planetară** și reprezintă deplasarea echinocțiului datorită deplasării seculare a eclipticii.

Arcul  $\gamma'\Gamma_0$  notat cu  $\psi'$  se numește **precesie generală în longitudine**. Arcul  $\gamma'M$  notat cu  $\mu$  se numește **precesie generală în ascensie dreaptă**. Unghiul  $k$  se numește **precesie în latitudine**, iar unghiul  $j$  se numește **precesie în declinație**. Cantitățile definite mai sus nu sunt independente între ele și sunt funcții de timp.

Mecanica cerească ne dă dezvoltările următoare, luând ca unitate de timp anul tropic și momentul inițial ca fiind anul  $t_0 = 1900$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} \psi' = \psi'_1 \cdot t + \psi'_2 \cdot t^2 + \psi \\ \omega' = \omega_0 + \omega_1 \cdot t + \omega_2 \cdot t^2 + \Omega \\ \psi = -(17'',234 + 0'',000000174 \cdot t) \cdot \sin \lambda - 1'',272 \cdot \sin 2\otimes_m \\ \Omega = (9'',210 + 0'',000000009 \cdot t) \cdot \cos \lambda + 0'',551 \cdot \cos 2\otimes_m \end{array} \right.$$

unde  $\lambda$  reprezintă **longitudinea mijlocie a nodului ascendent al orbitei lunare pe ecliptică**,  $\otimes_m$  este **longitudinea mijlocie a Soarelui**, iar coeficienții  $\psi'_1$ ,  $\psi'_2$ ,  $\omega_0$ ,  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  din dezvoltările de mai sus au valorile:

$$\psi'_1 = 50'',25641$$

$$\omega_0 = 23^\circ 27' 8'',26$$

$$\psi'_2 = 0'',00011115$$

$$\omega_1 = -0'',46844$$

$$\omega_2 = -0'',0000006.$$

Aceste formule ne ajută să calculăm pozițiile medii ale planelor fundamentale pentru epoca  $t$ . În practică este mai avantajos să se separe calculul precesiei de cel al nutației. Neglijând termenii  $\psi$  și  $\Omega$ , formulele (1) descriu fenomenul de precesie.

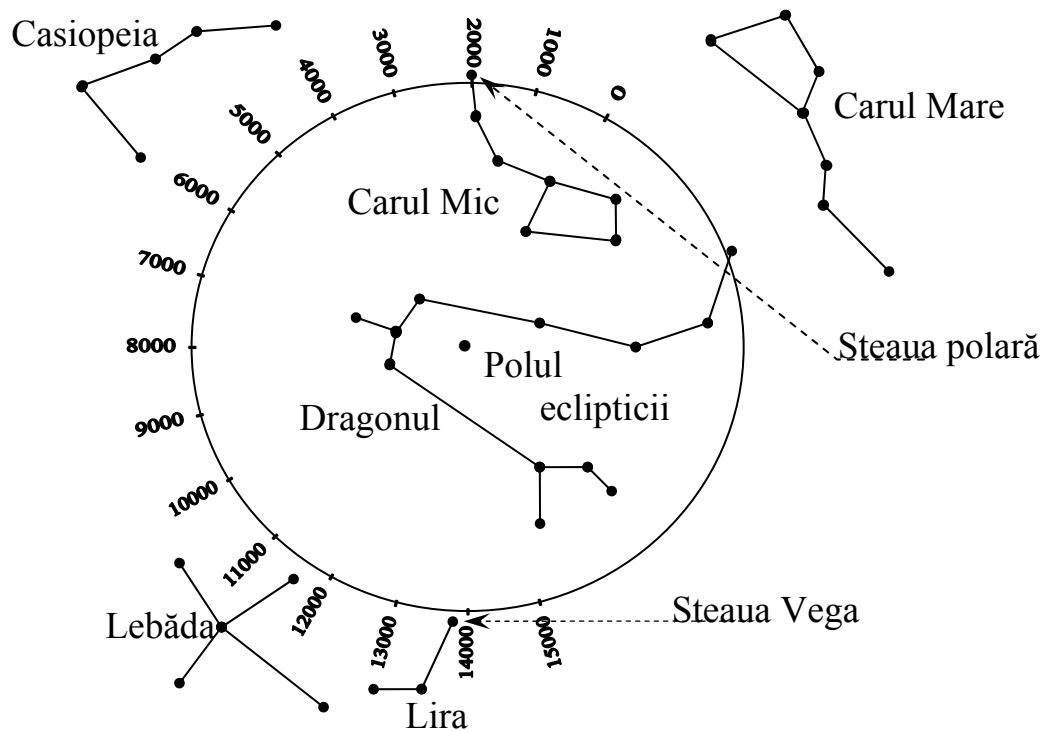


Figura 3.5.

Pentru a afla perioada de mișcare a polului ceresc se ia  $\psi' = 360^\circ = 1.296.000''$  și obținem:

$$1.296.000'' = 50'',25641 \cdot t + 0'',00011115 \cdot t^2.$$

Soluția acestei ecuații de gradul al doilea este :

$$t \approx 25.800 \text{ ani.}$$

Variația polului face ca în zilele noastre rolul de stea polară să îl joace steaua  $\alpha$  din Ursa Mică care se găsește la  $1^\circ 10'$  de pol, iar în anul 2100 se va afla la  $27'$  de pol și după circa 12.000 de ani se va găsi în apropierea stelei Vega din constelația Lira.

**Efectul de nutație (N)** a fost descoperit de astronomul englez James Bradley în 1728 în timp ce analiza coordonatele unor stele. Explicația corectă a cauzei sale nu a putut fi însă determinată decât 20 de ani mai târziu.

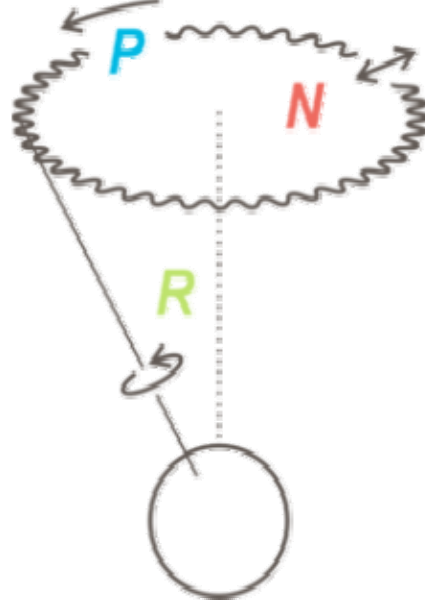


Figura 3.6. Nutația (N), precesia (P) și rotația (R) Pământului.

În astronomie, prin **nutație** se înțelege variația unghiului pe care îl face axa de rotație a Pământului cu axa de precesie (perpendiculară pe ecliptică), vezi figura 3.6. Această variație are un ciclu de circa 18,6 ani și se consideră că își are originea în forța gravitațională cu care Luna acționează asupra geoidului de rotație al Pământului, dar și de distribuția inegală a maselor în interiorul Pământului.

În afară de oscilația cu o perioadă de 18,6 ani mai există și o nutație secundară, având o perioadă scurtă de timp de numai o lună, a cărei amplitudine însă este de doar 0,01".

Pentru a vedea mai clar fenomenul de nutație vom considera un sistem de axe  $xP_m y$ , unde  $P_m x$  este tangenta în  $P_m$  la paralela ecliptică prin  $P_m$ , dirijată în sensul creșterii precesiei, iar  $P_m y$  este tangenta la cercul de latitudine cerească a lui  $P_m$  îndreptată spre sud.  $P_m$  este poziția medie a polului cerească. În acest sistem de coordonate rectangulare, polul aparent  $P$  va avea coordonatele:

$$\begin{cases} x = -17'',234 \cdot \sin \omega \cdot \sin \lambda \\ y = 9'',210 \cdot \cos \lambda. \end{cases}$$

Aceste coordonate au fost obținute folosind dezvoltările lui  $\psi$  și  $\Omega$  în care au fost neglijați termenii foarte mici care depind de  $t$  și de  $\otimes_m$ .

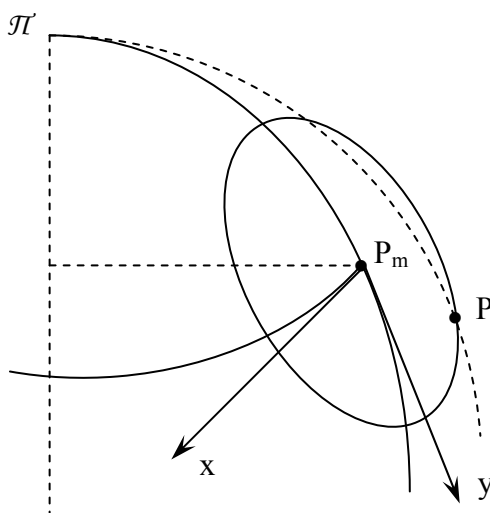


Figura 3.7.

Efectuând calculul numeric, folosind pentru  $\omega$  valoarea de  $23^{\circ}27'8''$  obținem:

$$\begin{cases} x = -6'',9 \cdot \sin \lambda \\ y = 9'',2 \cdot \cos \lambda. \end{cases}$$

Așadar, traiectoria polului nord aparent este elipsa dată de ecuația:

$$\frac{x^2}{(6,9)^2} + \frac{y^2}{(9,2)^2} = 1$$

Faptul că perioada mișcării, 18 ani și 8 luni, este însăși durata revoluției nodurilor orbitei lunare pe ecliptică, arată calea care duce la găsirea cauzei fenomenului.

Planul orbitei lunare face cu ecliptica un unghi de  $5^{\circ}9'$ ; el intersectează ecliptica după linia nodurilor, nodul ascendent fiind acela în care latitudinea Lunii trece de la valori negative la valori pozitive. Linia nodurilor orbitei lunare retrogradând și înclinarea acestei orbite pe ecliptică rămânând aproape constantă, înclinarea orbitei lunare pe ecuator variază în timp de 18 ani și 8 luni între valorile:

- $23^{\circ}27' + 5^{\circ}9' = 28^{\circ}36'$  (maxim, când nodul ascendent coincide cu punctul  $\gamma$ ) și
- $23^{\circ}27' - 5^{\circ}9' = 18^{\circ}18'$  (minim, când nodul ascendent coincide cu echinocțiu de toamnă).

Variațiile acestei înclinări provoacă variații ale cuplului perturbator exercitat de Lună asupra umflăturii terestre ecuatoriale, variații care au aceeași perioadă.

## CAPITOLUL 4 TIMPUL ȘI CALENDARUL

### 4.1. MĂSURAREA TIMPULUI

Timpu, ca una din formele de existență a materiei, este unul și același dar diferă originea și unitatea sa de măsură.

În astronomie problema timpului se pune cu totul diferit deoarece în observațiile efectuate se caută fixarea datei unui eveniment în raport cu o origine determinată sau cu alte cuvinte această dată trebuie situată într-o scară de timp uniform. În aceste condiții, avem nevoie de un orologiu perpetuu, adică de un orologiu care să funcționeze neîntrerupt și care să poată măsura orice durate, oricât de mari ar fi ele.

Mișcarea Soarelui reprezintă etalonul după care se determină timpul iar denumirile pentru timp vor fi în funcție de mișcarea diurnă a acestuia.

**Timpu sideral** reprezintă timpul măsurat prin unghiul orar al punctului vernal ( $\gamma$ ) cu planul orar al astrului și se măsoară pe ecuatorul ceresc în sens direct de la  $0^\circ$  la  $360^\circ$  sau în unități de timp de la 0 la 24 h, vezi figura 4.1. Unitatea de măsură este **ziua siderală**, adică timpul scurs între două culminații consecutive ale punctului vernal. Submultiplii zilei siderale sunt ora, minutul și secunda siderală.

Punctul vernal ( $\gamma$ ) este punctul în care drumul aparent al Soarelui (ecliptica) intersectează ecuatorul ceresc, când trece din emisfera sudică în cea nordică. Fiind un punct al sferei cerești, punctul vernal participă la mișcarea diurnă împreună cu astrul, deci ascensia dreaptă a astrului este constantă. Se admite că punctul vernal are o poziție fixă pe sfera cerească.

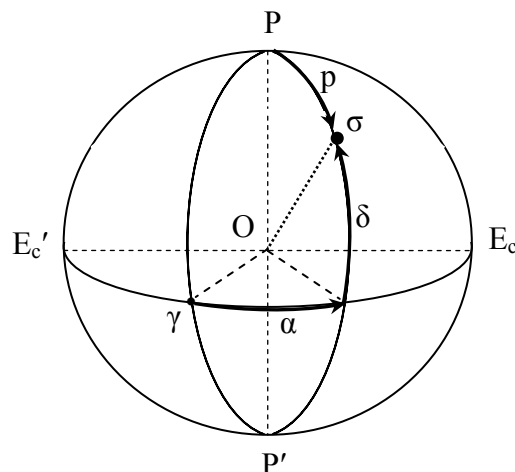


Figura 4.1. Coordonate ecuatoriale.

Coordonatele ecuatoriale  $\alpha$  și  $\delta$  sunt utilizate la întocmirea cataloagelor și hărților stelare.

Planul fundamental în acest sistem este planul ecuatorului ceresc, iar axa fundamentală este axa lumii. Planul definit de axa lumii și astru se numește **planul orar al astrului** și el taie sfera cerească după un cerc mare numit **cercul orar al astrului**.

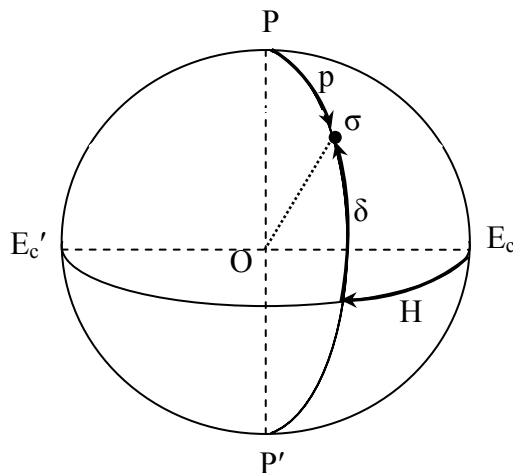


Figura 4.2. Coordonate orare.

Coordonatele orare ale unui astru  $\sigma$  sunt:

- **declinația ( $\delta$ )** este unghiul format de raza corespunzătoare astrului cu planul ecuatorului ceresc. Acest unghi se măsoară prin arcul de cerc orar de la ecuatorul ceresc la astru și variază între  $0^\circ$  și  $\pm 90^\circ$ . Uneori, în locul declinației se folosește distanța polară a astrului, notată cu  $p = 90^\circ - \delta$ . Distanța polară este arcul de cerc orar cuprins între Polul Nord ceresc și astru și având valori cuprinse între  $0^\circ$  și  $180^\circ$ . Astrul descriind în mișcarea sa diurnă un paralel ceresc, declinația și distanța polară nu variază cu mișcarea diurnă.
- **unghiul orar ( $H$ )** este unghiul format de meridianul ceresc al locului cu cercul orar al astrului. Unghiul orar se măsoară prin arcul de ecuator ceresc de la meridianul ceresc al locului până la cercul orar al astrului și crește proporțional cu timpul în mod uniform de la  $0^\circ$  la  $360^\circ$  (în sens retrograd). Unghiul orar se poate exprima și în unități de timp având valori cuprinse între 0 și 24 h.

Unghiul orar al punctului vernal se numește timp sideral și se notează cu  $t$  vezi figura 4.2. Se observă că:  $t = \alpha + H$ , deci timpul sideral la un moment dat este suma dintre ascensia dreaptă și unghiul orar al unui astru oarecare. Această relație face legătura între sistemul de coordonate ecuatoriale și sistemul de coordonate orar. Dacă astrul se află la meridianul ceresc, unghiul orar este zero, deci  $t = \alpha$ , relație care se utilizează pentru determinarea timpului sideral atunci când se cunoaște ascensia astrului ce trece prin planul meridianului ceresc sau pentru determinarea ascensiilor drepte ale astrilor când se cunoaște timpul sideral.

Timpu sideral este utilizat în astronomie, dar în viața de zi cu zi nu este util deoarece punctul vernal este un punct imaginar și se determină prin calcule matematice riguroase.

O altă unitate de timp o reprezintă **timpu solar adevărat**. Prin timpu solar adevărat noi înțelegem timpu măsurat prin unghiul orar al centrului Soarelui. Ca unitate de măsură se utilizează **ziua solară adevărată**, adică timpu scurs între două culminații superioare consecutive ale centrului Soarelui. Cu alte cuvinte ziua solară adevărată începe la momentul culminației superioare a centrului Soarelui adică la miezul zilei.

Dezavantajele timpului solar adevărat sunt următoarele:

- Soarele adevărat, în mișcarea sa anuală aparentă, descrie o ecliptică și nu un cerc paralel cu ecuatorul.
- Mișcarea anuală nu este uniformă, vara fiind mai lentă iar iarna mai rapidă.

Din aceste considerente s-a ales un Soare fictiv care descrie ecliptica cu o mișcare uniformă și trece prin perigeu și apogeu odată cu Soarele. Astfel prin **Soare mijlociu** se înțelege Soarele fictiv care parcurgând ecuatorul cu o mișcare uniformă trece prin punctul vernal odată cu Soarele.

**Timpu mijlociu** reprezintă astfel timpu măsurat prin unghiul orar al Soarelui mijlociu. Unitatea de timp solar mijlociu este **ziua solară mijlocie**, adică intervalul de timp dintre două culminații inferioare consecutive ale Soarelui mijlociu la meridianul locului. S-a ales culminația inferioară pentru ca începutul zilei să aibă loc în perioada de întuneric.

Legătura dintre timpu adevărat și timpu mijlociu este dată de relația:

$$T_{\text{mijlociu}} = T_{\text{adevărat}} + \Delta T(\text{ecuația timpului}),$$

unde  $\Delta T$  reprezintă o corecție fiind o cantitate variabilă a cărei valoare este dată pentru fiecare zi din anuarele astronomice, iar mărimea ei poate să ajungă la  $\pm 17$  minute.

Toate timpurile de mai sus sunt timpuri locale deoarece sunt raportate la meridianul locului. Principalul inconvenient este acela că diferă de la o localitate la alta iar utilizarea lor ar stingheri mult desfășurarea activităților chiar în cdrul teritoriului aceleiași țări.

Din acest motiv s-a introdus **timpu legal**.

Timpu legal este singura formă de măsurare a timpului care este adecvată pentru legăturile externe și interne ale unei țări.

Oamenii au observat că globul poate fi împărțit în 24 de fuse orare (un fus orar fiind suprafața cuprinsă între două meridiane care diferă cu  $15^\circ$ ).

Avantajele timpului legal sunt:

- a) pe o regiune întinsă toate localitățile au același timp;
- b) la trecerea de la un fus orar la altul, timpu se schimbă cu un număr întreg de ore, minutele și secunde fiind aceleiași pentru toate localitățile globului.



Meridianul origine, meridianul zero, a fost ales după dezbateri îndelungate meridianul pe care este situat Observatorul de la Greenwich din Anglia, iar timpul corespunzător acestui meridian se numește **timp universal**.

**Timpul universal** este un timp de referință folosit atât în astronomie cât și în viața de zi cu zi. În astronomie timpul universal se calculează prin relația:

$$T_{\text{universal}} = T_{\text{mijlociu}} \pm \text{longitudinea},$$

unde semnul „+” se ia pentru longitudinea vestică, iar „-” pentru longitudinea estică.

În practică relația dintre timpul legal și cel universal este:

$$T_{\text{legal}} = T_{\text{universal}} \pm n(\text{ore}),$$

unde **n** reprezintă numărul de ordine al fusului orar, iar semnul „+” se aplică la est, iar semnul „-” la vest.

Pentru țara noastră timpul legal este dat de relația:

$$T_{\text{legal România}} = \text{G.M.T.} + 2\text{h},$$

unde G.M.T. înseamnă timpul măsurat la meridianul Greenwich.

Datorită faptului că în perioada primăverii și verii Soarele luminează mai mult, în unele țări s-a adoptat ora oficială de vară, care are un avans de o oră față de fusul orar.

În România ora de vară a fost introdusă din 1932 până în 1943 și reintrodusă din nou în 1979. Ora de vară se introduce din ultima duminică a lunii martie până în ultima duminică din luna octombrie, adică este folosită aproape șapte luni din anul calendaristic.

Datorită sistemului de fuse orare, la meridianul  $180^\circ$  există o decalare de 24 de ore între două puncte vecine de o parte și de alta a acestui meridian, anume la est de meridian avem o dată, iar la vest avem aceeași oră dar cu o zi în urmă. Cu alte cuvinte, este necesară o schimbare de dată, ori de câte ori, se traversează acest meridian. Practic, pentru evitarea confuziilor, această linie a fost convențional deviată în așa fel încât să se evite orice regiune locuită. Atunci când se traversează acest meridian  $180^\circ$  mergând spre est, se scade o zi din dată, iar când se traversează mergând spre vest, se adaugă o zi la dată.

În 1967 în Sistemul Internațional de Unități de Măsură s-a introdus ca unitate de timp **secunda de timp atomic** cu durata de **9192631770** perioade ale radiației care corespunde tranziției între cele două nivele de energie hiperfine ale stării fundamentale ale atomului de cesiu 133.

Menținerea orei exacte se face cu ajutorul unor ceasuri atomice păstrate în condiții speciale. În România, la Observatorul Astronomic de la București, păstrarea orei exacte se face cu ajutorul a două orologii: unul cu cuarț și unul atomic, putându-se măsura timpul cu o precizie de o miliardime de secundă.

## 4.2. CALENDARUL

În limbajul curent cuvântul calendar înseamnă un indicator sistematic (de exemplu în formă de carte, agendă sau tablou) al succesiunii zilelor, săptămânilor, lunilor și anotimpurilor unui an.

Popoarele mari, încă din antichitate au folosit calendare bazate pe modelul de **calendar solar**. Astfel egiptenii au avut primul calendar al unui an de 360 zile împărțit în 12 luni. Mai târziu tot ei au adoptat un alt calendar în care se atribuia anului calendaristic durata de 365 de zile. Cele cinci zile suplimentare erau adăugate la finele celei de-a douăsprezecea luni. Consecința a fost că lunile acestui an rătăceau cu timpul, trecând de la un anotimp la altul. Acești ani erau numiți **vagi** sau **rătăcitori**.

Romanii aveau un calendar și mai incomod. Anul avea la ei 355 de zile, astfel încât, după 2-3 ani, începutul anotimpurilor trecea în alte luni decât cele prevăzute pe cale astronomică. Pentru rectificare, un an oarecare se lungea cu încă o lună, a treisprezecea lună a calendarului, numită **mercedonius** care avea 22 de zile și se intercala între 23 și 24 februarie.

În anul **45 î.Hr.** **împăratul Iulius Cezar** a adoptat un calendar elaborat de astronomul egiptean **Sosigene**. Acest calendar numit și **calendar iulian** avea trei ani consecutivi de 365 de zile (ani comuni), iar al patrulea de 366 de zile (an bisect). Totodată anul începea la **1 ianuarie** în loc de 1 martie (anul astronomic).

Inconvenientul major al acestui calendar era acela că anul iulian era mai lung decât anul astronomic, iar la 400 de ani rămânea în urmă cu aproximativ 3 zile.

În anul **1582 Papa Gregoriu al XIII lea** a constatat că întârzierea calendarului iulian era deja de 10 zile. Din acest motiv a făcut o reformă pentru eliminarea neajunsurilor calendarului iulian, decretând:

- a) după 4 octombrie 1582 să urmeze ziua de 15 octombrie, recuperând astfel întârzierea de 10 zile;
- b) ca anii seculari să fie bisecți numai anii la care numărul secolelor este divizibil cu 4: adică 1600, 2000, 2400, etc.

Noul calendar se numește **calendarul gregorian** și este în uz și în zilele noastre, iar în **țara noastră** a fost introdus de la **14 octombrie 1924**, când întârzierea calendarului iulian era de 14 zile.

Marele neajuns al calendarului gregorian este că rămâne în urmă cu 1,2 zile la 4000 de ani, diferență care în zilele noastre este neglijabilă.

Calendarele considerate au ca unitate de bază anul bazat pe perioada mișcării anuale aparente a Soarelui, motiv pentru care se numesc **calendare solare**.

Există și calendare care au la bază perioada fazelor lunare, numită **perioadă sinodică** egală cu 29,5306 zile. Acestea sunt **calendare lunare** și sunt folosite de unele țări musulmane.

Observăm că, oricare ar fi tipul de calendar, el are ca unități: anul, luna, ziua. La acestea se mai adaugă o altă unitate, săptămâna, care, spre deosebire de unitățile anterioare este o grupare de șapte zile, fiecare dintre ele fiind închinată încă din vechime câte uneia din cele șapte planete, deoarece atât Soarele cât și Luna erau considerate tot planete în antichitate.

Problema fundamentală a oricărui calendar este data de la care se începe numărătoarea anilor, numită și **eră calendaristică**.

Romanii numărau anii începând cu întemeierea Romei (ab Urbe condita).

Lumea creștină numără anii de la data nașterii lui Hristos. Aici Dionisius, cel care a calculat data nașterii lui Hristos, a făcut două erori de calcul ale anului și anume: Iisus s-a născut în timpul domniei lui Augustus, dar în primii 4 ani, acesta a domnit sub numele de Octavian, deci 4 ani la care se adaugă și anul 0. Din Biblie știm că cei trei magi au fost călăuziți spre locul de naștere al pruncului Iisus de o stea. Ei aveau cunoștințe solide de astronomie, iar steaua, pe care o urmăreau, era defapt chiar **Jupiter**, considerat **steaua regilor**. De aici, s-a dedus că, defapt **Iisus** s-a născut pe data de **17 aprilie anul 6 î.Hr.** Cu toate acestea noi vom sărbători **Nașterea Domnului** tot pe data de **25 decembrie**.

Divergențe sunt și în ceea ce privește stabilirea datei Sărbătorilor Pascale datorită faptului că reprezentanții Bisericii Ortodoxe folosesc un algoritm de calcul bazat pe calendarul iulian, corectat cu diferența aferentă față de calendarul gregorian, iar catolicii folosesc pentru calcul calendarul gregorian.

Dr. Ovidiu Văduvescu, profesor la Institute of Astronomy, Universidad Catolica del Norte, Antofagasta, Chile a creat o metodă nouă de calcul bazată pe datele astronomice clasice ale echinocțiului de primăvară și fazele Lunii, găsind compatibilități și diferențe, cum era normal.

Iată câteva dintre rezultatele obținute prin metoda Văduvescu:

ANUL	ORTODOX	CATOLIC	ASTRONOMIC
2001	9 aprilie	9 aprilie	2 aprilie
2002	5 mai	31 martie	31 martie
2003	27 aprilie	20 aprilie	20 aprilie
2004	11 aprilie	11 aprilie	4 aprilie
2005	1 mai	27 martie	24 aprilie
2006	23 aprilie	16 aprilie	16 aprilie
2007	8 aprilie	8 aprilie	1 aprilie
2008	27 aprilie	23 martie	20 aprilie
2009	19 aprilie	12 aprilie	12 aprilie
2010	4 aprilie	4 aprilie	4 aprilie
2011	24 aprilie	24 aprilie	17 aprilie
2012	15 aprilie	8 aprilie	8 aprilie

2013	5 mai	31 martie	31 martie
2014	20 aprilie	20 aprilie	13 aprilie
2015	12 aprilie	5 aprilie	5 aprilie
2016	1 mai	27 martie	24 aprilie
2017	16 aprilie	16 aprilie	16 aprilie
2018	8 aprilie	1 aprilie	1 aprilie
2019	28 aprilie	21 aprilie	21 aprilie
2020	19 aprilie	12 aprilie	12 aprilie
2021	2 mai	4 aprilie	28 martie
2022	24 aprilie	17 aprilie	17 aprilie

Observăm că nu există o periodicitate, pe de o parte datorită algoritmilor diferiți de calcul, iar pe de altă parte și datorită faptului că punctul vernal, pe baza căruia se calculează echinocțiul de primăvară (21 martie), este un fenomen care variază în timp, în funcție de momentul când longitudinea Soarelui este zero. Interesant este faptul că în anii 2010 și 2017 coincid datele calculate. Aceste trei date, calculate prin această metodă originală, vor mai coincide în: 2028, 2034, 2041, etc.

## CAPITOLUL 5 NOȚIUNI ELEMENTARE DE MECANICĂ CEREASCĂ

### 5.1. MIȘCAREA APARENTĂ A PLANETELOR ȘI EXPLICAȚIA ACESTEI MIȘCĂRI

Astronomii din antichitate au observat că în timp ce marea majoritate a aștrilor nu-și schimbă poziția unii în raport cu alții (reciprocitate), unii dintre aștri rătăcesc printre stele prin diferitele constelații zodiacale. Din acest motiv au fost denumiți planete (din cuvântul grecesc **planetos** care în traducere înseamnă **rătăcitor**).

În același timp au observat că planetele nu scânteiază la fel ca stelele (a căror luminozitate și culoare variază continuu datorită perturbațiilor induse de atmosfera terestră), iar dacă sunt privite prin lunetă diametrul lor crește în funcție de puterea de mărire a lunetei.

În antichitate Soarele și Luna erau considerate planete deoarece își schimbau poziția față de stele care erau fixe. Numărul de planete era șapte și de aici și denumirea zilelor săptămânii. Totodată au observat că unele se deplasau când în sens direct, când în sens retrograd, trecând de la un sens la altul printr-o oprire aparentă numită **stație**.

Din acest motiv planetele Mercur și Venus au fost numite **inferioare**, deoarece erau considerate ca „mai jos” decât Soarele. Azi știm că cele două planete descriu orbite eliptice în jurul Soarelui, dar fiind situate între Soare și Pământ traiectoria lor observată este una sinuoasă exact ca în figura 5.1.

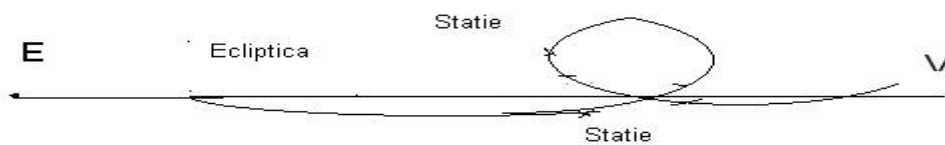


Figura 5.1. Traiectoria unei planete inferioare.

Astfel ele pot fi văzute fie seara după apusul Soarelui, fie dimineața înainte de răsăritul Soarelui. Celelalte planete Marte, Jupiter și Saturn au fost numite **superioare** fiind considerate „mai sus” decât Soarele. O planetă

superioară se îndepărtează de Soare, descrie o buclă, apoi ajunge din urmă Soarele.

Aceste traiectorii aparent fără nicio logică au constituit tocmai punctul de plecare al astrologiei. Astrologii consideră că pot citi viitorul unui om în funcție de poziția astrelor. Toți marii conducători ai lumii antice aveau câte un astrolog renumit, iar obligația acestora era ca să observe în permanență cerul. Tocmai observațiile independente ale astrologilor au furnizat o serie de date astronomilor, care interpretate just mai târziu, au permis descoperirea legilor mecanicii cerești.

Pe baza observațiilor făcute s-a născut ideea sistemului geocentric în care Pământul este fix, aflat în centrul Universului. Acest sistem a fost susținut de Platon (427-347 î.Hr.), dar au fost și idei revoluționare pentru acea vreme care au presupus că Soarele, fiind mai mare, trebuie așezat în centrul Universului așa cum a propus Aristarh din Samos (sec.3 î.Hr.), iar Pământul să fie considerat o planetă oarecare ce se rotește în jurul axei proprii și în jurul Soarelui.

Ideea lui Aristarh a fost susținută de Nicolaus Copernic care a demonstrat că Pământul este o planetă ce se mișcă în jurul Soarelui, orbitele lui Mercur și Venus nu cuprind Pământul spre deosebire de celelalte planete. Sistemul heliocentric al lui Copernic statuează următoarele:

- a) Soarele și stelele sunt fixe.
- b) Planetele: Mercur, Venus, Pământ, Marte, Jupiter și Saturn efectuează mișcări de revoluție în jurul Soarelui.
- c) Pământul pe lângă mișcarea de revoluție în timp de un an în jurul Soarelui mai are o mișcare de rotație diurnă în jurul axei proprii.
- d) Toate mișcările au același sens.

Sistemul copernican a avut atât partizani înflăcărați cât și opozanți pe măsură. Cel care a adus dovezi incontestabile pentru susținerea sistemului heliocentric a fost Galileo Galilei (1564-1642) care, după ce a construit prima lunetă astronomică în 1609, a putut vedea mai mult decât toată omenirea până la el. Astfel, Galilei a putut să:

- a) vadă suprafața accidentată a Lunii și să ajungă la concluzia că nu există deosebire dintre **ceresc** și **pământesc** așa cum susținea Aristotel;
- b) descopere cei patru mari sateliți ai lui Jupiter: Io, Europa, Genimede și Calipso;
- c) decopere fazele planetei Venus precum și variația diametrului său aparent, de unde a dedus că Venus primește lumina de la Soare și se rotește în jurul acestuia;
- d) descopere petele de pe suprafața Soarelui și cu ajutorul lor rotația Soarelui în jurul axei sale;
- e) vadă Calea Lactee descompunându-se într-o mulțime de stele mici și să ajungă la concluzia că Universul, care este foarte mare, nu se poate roti în jurul Pământului în 24 de ore.

Observațiile sale și descoperirile făcute de el au fost atât de revoluționare pentru acele timpuri, încât inchiziția l-a obligat să reneghe toate afirmațiile sale care susțineau sistemul heliocentric. Galilei, datorită faptului că spre bătrânețe a orbit și nu mai putea cerceta cerul, dar și ținând cont de sfârșitul tragic al lui Giordano Bruno, oficial și-a renegat ideile heliocentrice, dar cu înțelepciunea omului de geniu și-a pus ideile, în lucrarea „Dialog despre cele două sisteme principale ale lumii”, apărută în 1632, în gura a două personaje imaginare. Legenda spune că după ce aieșit din sala de judecată a murmurat: **E PUR SI MUOVE** adică **ȘI TOTUȘI SE MIȘCĂ**.

A fost obligat să-și petreacă restul zilelor în localitatea Arceti lângă Florența. Este considerat părintele astronomiei moderne.

## 5.2. MIȘCAREA REALĂ A PLANETELOR

Astronomul danez Tycho Brache (1546-1601), cât timp a lucrat ca astronom imperial la Observatorul din Praga, a adunat un bogat material observațional, cu erori de 2'-3', cu scopul de a confirma teoria lui Ptolemeu. El nu a putut concretiza rezultatele observațiilor sale excepționale, ținând cont de modestia instrumentelor sale, poate și datorită faptului că fiind o fire petrecăreață nu a avut luciditatea necesară de a analiza și concretiza rezultatele observațiilor lui. Un episod tragicomic din viața sa aventuroasă a fost acela când în urma unui duel și-a pierdut nasul, fiind obligat să poarte o mască cu nasul de aur.

Asistentul său, Johann Kepler (1581-1630), a valorificat observațiile de excepție a lui Tycho Brache făcând o analiză atentă și astfel a stabilit legile după care se mișcă planetele, numite **Legile lui Kepler**.

**Legea întâi** afirmă că fiecare planetă descrie o mișcare pe o orbită eliptică, Soarele aflându-se într-unul din focare.

**Legea a doua** ne spune că raza vectorie pornind de la planetă mătura arii egale în intervale de timp egale.

**Observație:** prin **rază vectorie** a planetei se înțelege segmentul de dreaptă orientat care unește planeta cu centrul Soarelui vezi figura 5.2.

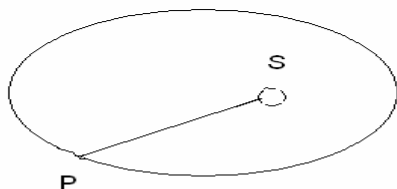


Figura 5.2.

Pe baza acestei legi se deduce că viteza unei planete este mai mare la periheliu și mai mică la afeliu.

**Legea a treia** afirmă că pătratele perioadelor de revoluție (T) sunt proporționale cu cuburile semiaxelor mari ( $a^3$ ) ale orbitelor.

Cunoscând datele referitoare la Pământ, ca și perioada de revoluție a planetei, se poate calcula semiaxa mare **a**, a orbitei planetei după relația:

$$\frac{T^2}{T_p^2} = \frac{a^3}{a_p^3}.$$

Legilor lui Kepler li se mai pot adăuga următoarele;

- a) toate orbitele planetare sunt parcurse în același sens;
- b) planele orbitelor planetare sunt aproape confundate cu planul eclipticii, planul orbitei lui Marte fiind înclinat cu  $7^\circ$  față de planul eclipticii, al planetei Venus cu  $3^\circ 24'$ , iar pentru celelalte planete înclinările sunt mai mici de  $2^\circ$ .

### 5.3. LEGEA ATRACȚIEI GRAVITAȚIONALE

Legile lui Kepler au arătat că Universul se află în armonie dar nu au reușit să explice această armonie și cauza care face ca planetele să descrie orbite eliptice în jurul Soarelui.

Pornind de la legile lui Kepler savantul englez, sir Isaac Newton (1643-1727), a descoperit legea atracției gravitaționale arătând că, în sistemul solar, Soarele atrage planetele cu o forță direct proporțională cu masele lor și invers proporțională cu pătratul distanței dintre Soare și planetă, iar pe baza principiului acțiunii și reacțiunii, el presupune că și planeta respectivă, care are masa  $m$ , atrage Soarele de masă  $M$  cu aceeași forță, adică:

$$F = f \frac{mM}{d^2},$$

unde:  $m$  este masa planetei,  $M$  masa Soarelui,  $d$  este distanța de la Soare la planetă iar  $f$  reprezintă un factor de proporționalitate, care este o constantă ce nu depinde de corpurile cerești alese, având o valoare determinată experimental:

$$f = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}.$$



## 5.4. PROBLEME DE MECANICĂ CEREASCĂ

Legea atracției universale, descoperită de Newton, ne explică convenabil modul în care se produce mișcarea planetelor și a corpurilor cerești, în general, însă nu ne furnizează și legile de mișcare ale corpurilor. În consecință, problema fundamentală a mecanicii cerești o constituie tocmai determinarea legilor de mișcare ale corpurilor.

Presupunem că avem numai două corpuri, care se mișcă fiecare sub acțiunea forței de atracție a celuilalt. Acest tip de problemă care presupune aflarea legilor de mișcare a celor două corpuri se numește **problema celor două corpuri**. Pentru a simplifica și mai mult lucrurile se consideră unul din corpuri fix și se determină mișcarea celui de-al doilea în raport cu primul. O astfel de mișcare se numește **mișcare relativă**.

Legile mișcării ce rezultă din calcule reprezintă legile generalizate ale lui Kepler:

- 1) Un corp descrie o mișcare pe o traiectorie elipsoidală, paraboloidală sau hiperboloidală, în jurul primului aflat într-unul din focare.
- 2) Razele vectoriale descriu în planul orbitei arii proporționale cu timpul.
- 3) Raportul dintre produsul pătratului perioadei de revoluție a unei planete și suma dintre masa Soarelui și a planetei, și cubul semiaxei mari este constant, ca în relația următoare:

$$\frac{T^2(M+m)}{a^3} = \frac{T_1^2(M+m_1)}{a_1^3} = \text{constant.}$$

Legile generalizate sunt valabile pentru mișcarea oricăror două corpuri: comete, sateliți artificiali, rachete, stele duble, etc., iar din cea de-a treia se pot determina masele corpurilor cerești.

Dacă avem mai multe corpuri, cazul real, atunci problema celor două corpuri devine **problema celor n corpuri**. O astfel de problemă este imposibil de rezolvat deoarece numărul de necunoscute depășește numărul de ecuații. Din matematică știm că un sistem de ecuații are soluții exacte dacă numărul de ecuații este cel puțin egal cu numărul de necunoscute. Pentru a ieși din acest impas tot natura ne oferă un ajutor prețios. Știm că forța atractivă variază invers proporțional cu pătratul distanței ori în acest caz acțiunea majorității corpurilor, aflate la distanțe foarte mari, devine neglijabilă. Astfel rămân doar un număr limitat de corpuri care se iau în considerare. Dintre toate acestea unul se consideră fix (de exemplu Soarele pentru că are masa extrem de mare) care imprimă celuilalt o mișcare conformă cu legile lui Kepler. Celelalte corpuri produc doar mici deviații de la orbita astfel calculată, deviații ce poartă numele de **perturbații**. În cursul miliardelor de ani perturbațiile se compensează nemodificând structura sistemului solar. Stabilitatea sistemului solar este dovedită de însăși existența noastră.

Astronomul român Spiru Haret (1851-1912) a dovedit că axele mari ale orbitelor planetare prezintă mici variații seculare. De asemenea, un alt reprezentant de marcă al astronomilor români, profesorul Nicolae Coculescu (1866-1952) a adus contribuții prețioase în problema perturbațiilor, iar rezultatele sale au fost folosite de matematicianul francez H. Poincaré în elaborarea tratatului său de mecanică cerească.

## 5.5. DESCOPERIREA PLANETELOR TRANSSATURNIENE

Marea majoritate a astronomilor au fost amatori, dar dragostea lor pentru cercetarea bolții cerești a ajutat omenirea să pătrundă în înțelegerea spațiului infinit, în descifrarea a cât mai multe din tainele Universului.

În acest sens englezul Wiliam Herschel (1738-1822) cu ajutorul telescopului construit de el descoperea cea de-a șaptea planetă în ordinea distanțelor de la Soare și anume planeta Uranus.

Studiind mișcarea acestei planete la începutul secolului al XIX-lea astronomii au pus în evidență perturbații, care nu puteau fi atribuite în întregime planetelor cunoscute. Au emis ipoteza că o altă planetă necunoscută ar fi cauza acestor perturbații. Pentru rezolvarea acestei probleme francezul Urban Le Verrier (1811-1877) a determinat masa, orbita și poziția ei la un moment dat. Calculul hârtiei mai trebuia însă demonstrat și de aceea în septembrie 1846 la cererea sa astronomul Johann Gottfried Galle de la Universitatea din Berlin a fost convins să caute planeta. Neptun a fost descoperit în seara de 23 Septembrie 1846, la 52' de locul pe care l-a prevăzut Le Verrier și la aproximativ 1° de locul prevăzut de Adams. Astronomul englez Adams rezolvase aceeași problemă înaintea francezului, dar neîncrederea compatrioților săi a făcut ca întâietatea să-i revină lui Le Verrier. Astăzi amândoi sunt considerați descoperitorii planetei, care a fost numită Neptun, după numele zeului roman al mărilor.

Chiar după descoperirea planetei Neptun mai rămâneau nejustificate o parte din din perturbațiile planetei Uranus, care indicau existența unui corp ceresc transneptunian. De aceea astronomii și-au unit eforturile și în 1930 Clyde W. Tombaugh, astronom american, la 18 februarie a anunțat descoperirea unui nou corp ceresc. Noul corp ceresc a fost numit Pluto, după zeul întunericului, al lumii umbrelor în mitologia romană.

Astronomia modernă, în general, și cea spațială, în special, a adus noi informații despre marginile sistemului nostru solar, iar prin metoda perturbațiilor s-au pus în evidență stele care au un sistem planetar propriu confirmând previziunea de acum peste 400 de ani a lui Giordano Bruno, aceea că sistemul nostru solar nu este unic în Univers.

## CAPITOLUL 6

### METODE ȘI INSTRUMENTE PENTRU STUDIULUI UNIVERSULUI

Cea mai simplă metodă de studiu al astrilor este observația directă, cu ochiul liber. Ea a fost singura metodă disponibilă la îndemâna astronomilor până în anul 1609, când Galileo Galilei a inventat luneta astronomică .

În afară de performanța instrumentelor folosite, un observator situat pe Pământ mai are o serie de dificultăți pe care trebuie să le depășească, deoarece însăși existența atmosferei terestre presupune existența fenomenului de refracție a luminii, iar turbulențele atmosferice îngreunează și mai mult cercetarea. Cu toate acestea un observator terestru își dă seama de existența corpurilor cerești prin lumina pe care o primește de la ele.

Din fizică cunoaștem că orice corp emite radiații pe toate lungimile de undă. Atmosfera terestră lasă să treacă radiațiile din domeniul optic (lumina) și cel al undelor radio. Ambele tipuri de radiații sunt de natură electromagnetică și se deplasează cu viteza de 300.000 km/s în vid. Domeniile în care se pot face cele două tipuri de observații se numesc **ferestre**.

Din acest motiv s-au dezvoltat două categorii de metode și respectiv instrumente de observare:

- \* **optice ( astronomice);**
- \* **radioastronomice.**

#### 6.1. INSTRUMENTE OPTICE

Instrumentele optice sunt mijloace de cercetare ale astrilor folosite de astronomi în domeniul spectral numit **fereastră optică**.

Cele mai importante sunt:

**a) Luneta astronomică** este un instrument optic care are ca obiectiv un sistem de lentile, dar posibilitățile de construcție limitează la 1m diametrele lentilelor. Cel mai cunoscut tip de lunetă, luneta lui Kepler, este monoculară, are un focar mai scurt dar care, în comaprație cu luneta astronomică, realizează o imagine de perspectivă.

În figura 6.1. este prezentată schema de principiu a lunetei, unde:

- Obiectivul (1) produce o imagine reală și răsturnată (5) a obiectului (4), situat departe de observator.
- Prin lentila ocularului (2) lumina ajunge la ochi (3), care vede o imagine virtuală mărită (6).
- Mărirea imaginii depinde de distanța focală a lentilei obiectivului și ocularului .

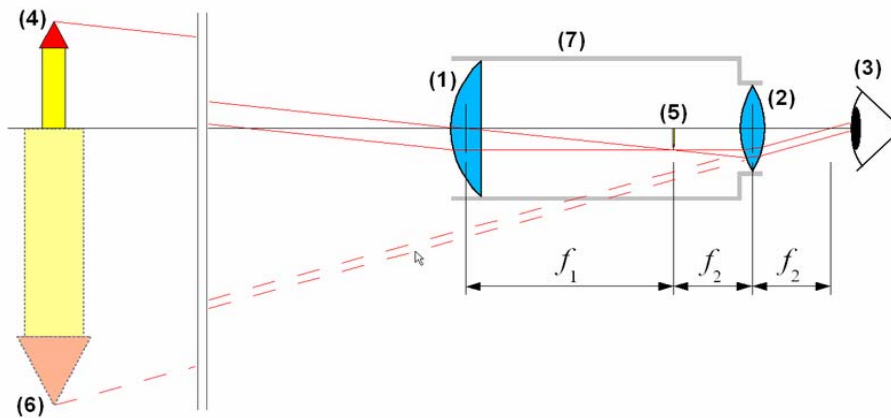


Figura 6.1. Luneta lui Kepler.

În România, Observatorul de la București dispune de o lunetă ce are lentilele la obiective cu un diametru de 38 cm și distanțele focale de 6 m.

**b) Telescopul** (din cuvintele grecești tele=departe, skopein=a cerceta, a examina) este un instrument optic care are ca obiectiv o oglindă parabolică. Deși sunt mai greu de mânuit, telescoapele sunt mai mari decât lunetele dar oglinzile se construiesc mai ușor, iar puterea de mărire crește simțitor. Telescopul optic formează imagini ale cerului relativ apropiate și mărește luminozitatea aparentă a astrilor, permițând distingerea detaliilor și observarea mai multor stele decât cu ochiul liber. Obiectivul telescopului este constituit dintr-o oglindă (sau un sistem de oglinzi) de sticlă metalizată de formă paraboloidală, care poate atinge chiar și 11 m în diametru. Cu ajutorul unei oglinzi plane sau curbe, imaginea dată de obiectiv este îndreptată spre un ocular, vezi figura 6.2:

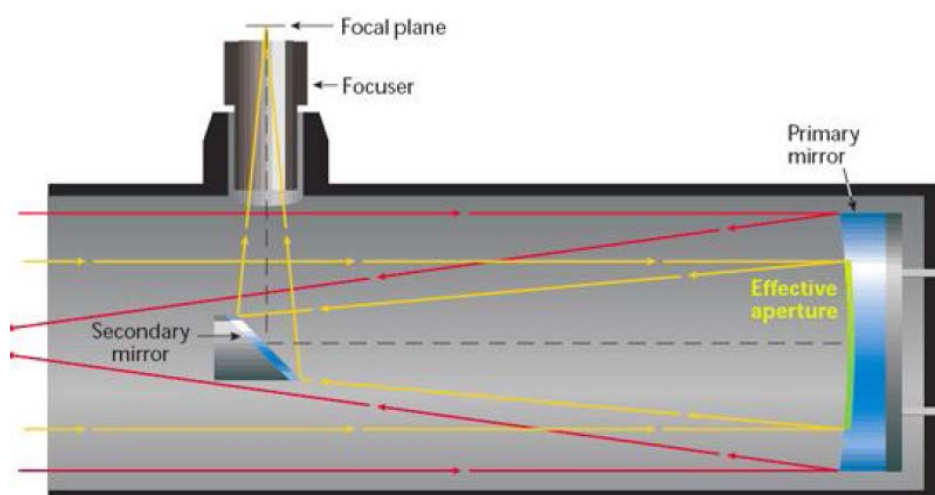


Figura 6.2. Schema de principiu a unui telescop.

Comparativ cu luneta astronomică, telescopul are ca avantaje:

- posibilitatea construirii obiectivelor de diametre mari;
- lipsa aberațiilor cromatice;
- efecte de difracție mai mici;
- putere separatoare și grosisment superior.

Telescopul optic poate fi utilizat atât pentru observarea directă, cât și pentru cercetări fotografice sau spectroscopice. La perfecționarea telescopului au contribuit, printre alții, Cassegrain, W. Herschel, J. Herschel, Foucault, Schmidt.

Imaginea corpului ceresc formată în focar este privită cu un ocular. Din cauză că ochiul nu este îndeajuns de sensibil și obosește ușor, instrumentele performante au ocularul înlocuit cu o cameră fotografică în care placa fotografică este mai sensibilă și acumulează mai multă lumină de la aștri.

La noi, Observatoarele din București și Cluj dispun de telescoape cu oglinzi cu un diametru de 50 cm .

## 6.2. METODE DE CERCETARE ALE ASTROFIZICII

Astrofizica cercetează energia pe care o radiază un astru. Această energie depinde de compoziția chimică a materiei și de condițiile fizice ale astrului respectiv.

Fizicianul german Gustav Kirchhoff a descoperit în anul 1861 că un corp emite o anumită radiație (spectru) atunci când este supus sub acțiunea unei descărcări electrice. Aceste spectre sunt specifice fiecărui corp și reprezintă chiar un „cod de identificare“ al elementului respectiv.

Din această cauză dacă energia primită de la un astru este suficientă atunci cu ajutorul unui spectroscop se poate studia fiecare radiație în parte, vezi figura 6.3.

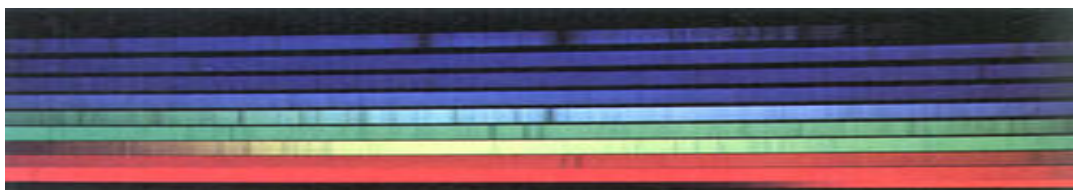


Figura 6.3. Spectrul solar.

Această metodă de cercetare este numită **spectroscopie**. Prin metoda spectroscopică în anul 1868 s-a descoperit în spectrul Soarelui un element nou, necunoscut până atunci pe Pământ, care a fost numit **heliu**. Ulterior heliul s-a găsit și în componența substanțelor terestre.

Dacă energia primită de la un astru este prea mică atunci se poate studia radiația globală, adică se folosește **metoda fotometrică** ce constă în fotografierea astrului respectiv și apoi se analizează imaginea obținută.

În cazul stelelor foarte îndepărtate energia primită de la ele nu este suficientă pentru a da un spectru dar cu ajutorul fotometrului putem determina unele caracteristici ale stelei (luminozitatea, temperatura, culoarea, dimensiunile ei, etc.). Desigur că informațiile furnizate prin metoda fotometrică sunt mult mai modeste decât cele furnizate de prin metoda spectroscopică, dar sunt singurele pe care le avem la dispoziție.

S-a ajuns astfel la o concluzie importantă și anume aceea că toate corpurile cerești sunt formate din aceleași elemente care se găsesc în sistemul periodic al elementelor chimice, cu alte cuvinte **materia din Univers este unică**.

### 6.3. RADIOASTRONOMIA

A doua fereastră a atmosferei terestre ce permite observarea aștrilor folosește instrumente numite **radiotelescoape**, care captează undele radio provenite de la aștri.

Radioastronomia este o ramură relativ tânără a astronomiei. În anul 1932 inginerul american Jansky studia paraziții atmosferici cu ajutorul unei antene mobile. La un moment dat zgomotul de fond a crescut atunci când antena era îndreptată într-o anumită direcție. După ce se scurgea o zi, revenea. Jansky și-a dat seama că zgomotele captate erau de natură extraterestră, fiind emisii radio ale Căii Lactee.

În cinstea lui a fost denumită unitatea de măsură folosită în radioastronomie:

$$1 \text{ Jansky} = 1 \text{ Jy} = 1 \cdot 10^{-26} \text{ W/m}^2 \text{ Hz.}$$

Deoarece această descoperire pe atunci n-a avut un ecou deosebit în lumea astronomilor, primul radiotelescop va fi construit în anul 1937 de către inginerul american Grote Reber (1911-2002) din Wheaton, Illinois, iar în cinstea lui este denumit Grote asteroidul 6886. În Germania este construit în 1956 primul radiotelescop mobil (cu un diametru al antenei de 25 m) „Stockert” (Astropeiler) de lângă „Eschweiler” în Eifel (din 1999 obiect de muzeu).

**Radiotelescopul** care este un instrument astronomic de măsură prevăzut cu antene speciale, folosit la recepționarea și la studierea în domeniul spectral al undelor radio (cuprinse între frecvențele de la câțiva kHz până la 3 GHz) emise de corpurile cerești.

Cele mai multe radiotelescoape au o antenă din metal parabolică, care joacă rolul unei oglinzi concave de a concentra prin reflexie într-un focar undele recepționate. Azi radiotelescoapele constau din mai multe antene parabolice (engl. Arrays = ordonare, așezare, serie, câmp), ca în figura 6.4.

Antenele unui sistem Arrays sunt legate între ele, astfel suprafața fiecărei antene cumulată constituie o suprafață globală mare, avantajul este că pot fi observat concomitent mai multe obiecte (surse) cerești, azi astfel de radiotelescoape obțin imagini comparabile cu imaginile telescopului optic. Sunt radiotelescoape fixe (fixate permanent spre zenit) sau mobile care pot fi rotite, măbind considerabil domeniul de recepție. Calitatea rezultatelor obținute e influențat numai parțial de diametrul antenei, această valoare fiind completată de sensibilitatea instrumentelor care detectează impulsurile primite.



Figura 6.4. Radiotelescop Arrays.

În timp ce telescoapele mari pot recepționa unde radio cu lungimile de undă cuprinse între metri și câțiva centimetri, telescoapele mai mici, ca telescopul IRAM din Spania sau KOSMA din Elveția cu diametrul antenei de 30 m poate recepționa unde care au lungimi de ordinul milimetrilor. Radiotelescoapele sunt utilizate și la observarea corpurilor cerești, prin recepționarea datelor emise de sondele spațiale îndepărtate. Fizica ne spune că atomii de hidrogen emit unde radio cu lungimea de 21cm. Această descoperire a fost cu atât mai importantă cu cât hidrogenul este cel mai răspândit element din Univers.

Studiindu-se amănunțit cerul cu ajutorul radiotelescoapelor au fost identificate numeroase radiosurse, multe având corespondent optic.

Radioundele pot fi utilizate nu numai pentru a obține informații asupra unor mari îngrămădiri de materie, ci și ca instrument al omului pentru explorarea astrilor, astfel radioastronomia a furnizat observații uimitoare, care au completat pe cele cunoscute din cercetările optice.

Cel mai mare Radiotelescop fix din lume este telescopul rusesc RATAN 600 din Republica Karaciai-Cercheză, iar cel mai mare Radiotelescop mobil din lume (diametrul antenei 100x110 m) este Robert C. Byrd Green Bank Telescope aparținând Green-Bank - Observatoriums in West Virginia, USA pe locul doi urmează 100m - Radiotelescop ce aparține institutului radioastronomic Max Planck din Bonn și este amplasat în apropiere de Effelsberg în Eifel, Germania.

Cel mai mare Radiotelescop din categoria milimetrilor de lungimi de undă recepționate este radiotelescopul cu diametrul de 50 m din Puebla Mexic, iar cel mai mare Radioteleskop-Array este Very Large Array din Socorro, New Mexico, USA cu 27 de telescoape fiecare cu un diametru de 25 de m amplasate sub forma literei Y. Un proiect important al radioastronomiei este stabilirea hidrogenului în Univers ca indicator al existenței unei galaxii, în emisfera sudică acest proiect este deja încheiat, datele cele mai multe au fost găsite cu ajutorul Radiotelescopului-Parkes din Australia .

#### 6.4. OBSERVATOARE ASTRONOMICE

Astronomii profesioniști își desfășoară activitatea în observatoare astronomice dotate cu instrumente și aparatură de de vârf. Azi munca astronomilor din marile observatoare astronomice de la Pulkovo, Mount Palomar, ș.a. este susținută și de astronomii români.

Astfel la Observatorul din București, fondat de prof. N. Coculescu în anul 1908, se lucrează la întocmirea de cataloage stelare, la probleme de mecanică cerească, contribuind la studiul fotosferei și cromosferei solare, la studiul sateliților artificiali ai Pământului. Totodată, efectuează și studii de astrofizică (fizica aștrilor): structura internă a stelelor, stelelor variabile și stelele fotometrice duble, precum și studii de astronomie galactică și extragalactică.

Observatoarele din Cluj (fondat de Gh. Bratu și Gh. Demetrescu), Timișoara (fondat de I. Ciurea) și cel din Iași studiază stelele variabile, sateliții artificiali, efectuează cercetări solare, etc.

Amplasarea observatoarelor astronomice trebuie aleasă astfel încât atmosfera terestră să fie rarefiată pentru a nu produce turbulențe și alți factori perturbatori.

Cu toate acestea, datele obținute sunt perturbate. Pentru o precizie mult mai mare a fost lansat în 1990 telescopul Hubble. Ideea a fost aceea că în spațiul cosmic nu există atmosferă și, implicit, observațiile nu vor avea de suferit. Telescopul spațial Hubble care are mai multe avantaje față de un telescop terestru, dintre care amintim doar:

- imaginea clară, fără turbulențe atmosferice;
- poate capta lungimi de undă care nu pot fi detectate de niciun aparat terestru.

Cea mai tânără ramură a astronomiei este **astronomia spațială**, iar N.A.S.A. a lansat programul spațial „**Great Observatory**“ prin care se încearcă obținerea de informații de bază pentru astronomie, astrofizică, cosmologie, ș.a.



## CAPITOLUL 7

### SISTEMUL SOLAR

#### 7.1. FORMAREA SISTEMULUI SOLAR. COMPOZIȚIA SISTEMULUI SOLAR

Dacă, la începuturile omenirii, anticii au clădit monoliți, piramide și temple pentru a slăvi divinitățile și pentru a prevedea venirea anotimpurilor, odată cu inventarea primelor instrumente optice, astronomii acelor vremuri au văzut un altfel de Univers, fără zei, populat doar cu planete, stele și nori imenși de gaz și praf interstelar.

În anul 1755 filozoful german Immanuel Kant (1724-1804) a emis o teorie, revoluționară pentru acea vreme, și anume că Universul s-a format dintr-o nebuloasă. Această teorie, a **nebulosei originare**, care este defapt una dintre primele teorii moderne asupra formării Universului, susținea că la rândul ei a dat naștere la alte nebuloase care prin condensare au dat naștere la alte corpuri: stele, planete, etc.

În acord cu teoria kantiană cercetătorii au stabilit că nebuloasa din care s-a format sistemul nostru solar și-a început colapsul în urmă cu peste 4,6 miliarde de ani în urmă. Probabil s-a rotit în spațiu de la începutul existenței sale, iar odată intrată în colaps a început să se rotească mai repede. În urma contracției, energia s-a concentrat într-un spațiu mai mic în centru formându-se un **bulb**, un nucleu de materie, care după un timp a început să lumineze dând naștere **protostelei** care a devenit mai târziu **Soarele** nostru. Pe măsură ce valoarea temperaturii s-a mărit, ajungând la valoarea critică de zece milioane de grade Celsius, a început să se declanșeze fuziunea nucleară.

Acest lucru se întâmpla acum 4,5 miliarde de ani când a luat naștere Soarele nostru. La **nașterea sa**, se pare că, Soarele a fost **moșit** și de un violent eveniment cosmic și anume moartea explozivă a unei alte stele, o **supernovă**. Undele de șoc rezultate în urma exploziei au comprimat gazul din materia nebuloasei. După ce a fost comprimată suficient a intrat în colaps astfel că în interiorul norului, în jurul Soarelui, au apărut planetele. Cum au reușit particulele de praf să formeze aglomerări masive ?. Răspunsul la această întrebare este surprinzător de simplu și anume acela că în imponderabilitate firicelele de praf prin frecare s-au unit electrostatic, astfel că bulgărele de particule și-a mărit masa până la o valoare critică ce a declanșat acțiunea forțelor gravitaționale. Acest proces este cunoscut sub numele de **acreție**. Prin **efectul bulgărelui de zăpadă**, în circa un milion de ani, aglomerările au devenit tot mai mari, continuând să crească până când au devenit, din protoplanete, planete.

Gravitația a menținut planetele pe orbită în jurul Soarelui, le-a dat o formă sferică, dar compoziția lor chimică se datorează temperaturii la care se afla materia din care s-au format.

La început materia din jurul protostelei era fierbinte, adică în stare gazoasă. Pe măsură ce s-a răcit, materia a început să se condenseze, dar în jurul Soarelui a fost prea fierbinte pentru formarea gazelor sau a gheții. Tot atunci s-au format circa 20 de planete care au avut orbite care se intersectau între ele, astfel au avut loc evenimente cosmice dramatice: ciocniri între planete, devieri ale orbitelor datorită influențelor gravitaționale ale planetelor gigantice: Jupiter și Saturn și altele.

În prezent urme ale trecutului tumultuos al sistemului nostru solar se găsesc în Centura Kuiper și Norul lui Oort.

Sistemul solar are astăzi următoarea structură:

- a) Soarele care este steaua centrală a sistemului.
- b) Planetele mari, în ordinea distanțelor lor de la Soare: Mercur, Venus, Pământ, Marte, Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun.
- c) Sateliții naturali ai planetelor, în număr de peste 160.
- d) Plutoizi, planete de mărimea lui Pluto și a unuia dintre sateliții săi, Charon.
- e) Planetoizi, corpuri de mărimea asteroidului Ceres.
- f) Cometele al căror număr depășește 2000 de comete catalogate.
- g) Materia interplanetară.

## 7.2. SOARELE

Soarele a fascinat omenirea din toate timpurile. La babiloneni și persani, Zeul Soare se numea Șarmaș și respectiv Mitra. Egiptenii l-au numit Ra, romanii i-au spus Phoebus Apollo, iar aztecii chiar făceau sacrificii umane în cinstea Zeilor Soarelui Tezcatlipoca și Huitzilopchtli.

Soarele are o importanță fundamentală în viața noastră. Iată câteva dintre nevoile pe care ni le satisface:

- Datorită energiei pe care o radiază, Soarele este singura sursă de viață de pe planeta noastră și unica sursă de energie din sistemul planetar din care facem parte.
- Prin mișcările sale aparente, care duc la fenomene ușor de observat, ca de exemplu: succesiunea zilelor și nopților, succesiunea anotimpurilor, Soarele este folosit la stabilirea unităților de timp și implicit a activităților umane.
- Fiind cea mai apropiată stea, Soarele poate fi studiat în mod amănunțit și în acest mod se pot descifra procesele care au loc în stele, nu numai în steaua noastră centrală .

## 7.2.1. METODE DE OBSERVARE. OBSERVAREA SUPRAFETEI SOARELUI

Observarea directă a Soarelui este imposibilă cu ochiul liber, fără filtre speciale sau protecție adecvată.



Figura 7.1. Soarele. Credit: NASA.

Pentru observarea Soarelui se folosesc diverse metode indirecte :

**i) Observarea discului solar.** Se face cu ajutorul lunetei fie proiectând discul solar pe un ecran perpendicular pe axa optică a lunetei, fie direct prin luneta prevăzută cu filtre, prisme sau diafragme pentru a micșora cantitatea de de lumină care intră în lunetă.

**ii) Observarea atmosferei solare în timpul eclipselor totale de Soare.** Este o metodă avantajoasă deoarece discul strălucitor al Soarelui este acoperit timp de câteva minute de Lună iar lumina primită de la atmosfera solară permite o mai bună studiere a atmosferei. Din nefericire această metodă depinde de producerea eclipselor, care au loc în număr mic în decursul unui secol. În lipsa eclipselor de Soare se aparate numite **cromografe** care permit studiul atmosferei solare.

**iii) Observarea cu ajutorul spectrografului.** Se concentrează lumina solară pe fanta unui spectrograf pentru analiza spectrală.

**iv) Cercetarea emisiunii radio a Soarelui.** Se înregistrează emisiunea Soarelui pe diferite frecvențe și după aceea se analizează.

Observarea suprafeței solare a pus în evidență un disc solar ce prezintă o serie de particularități. El nu emite uniform lumină, spre margine

prezentând o întunecare treptată. Acest fenomen se explică prin faptul că temperatura sa crește odată cu adâncimea.

Suprafața Soarelui se descompune în formații mai strălucitoare, numite **granule**, având un diametru de circa 1.000 de km pe un fond întunecat. Ele se datorează unor curenți de convecție care ridică la suprafață mase fierbinți care după răcire se lasă în jos și astfel dispar și granulele, în locul lor apărând altele.

Pe discul solar se mai pot distinge **pete solare**. Acestea sunt regiuni mai întunecate deoarece au o temperatură de 4.500 de grade, în raport cu cele 6.000 ale discului. Ele apar în regiuni mari, fin dantelate numite **facule**. Petele nu sunt fixe pe suprafața Soarelui ci se deplasează de la stânga la dreapta, dovedind că Soarele se rotește în jurul axei proprii în sens direct (sensul acelor de ceasornic) cu o perioadă de 25 de zile la ecuator și 35 de zile la poli. Acest lucru este în concordanță cu rotația corpurilor gazoase, care spre deosebire de cele rigide, se rotesc diferențial în benzi.

## 7.2.2. DATE FIZICE ALE SOARELUI

a) Distanța medie față de Pământ este de 149.600.000 km, fiind străbătută de lumină în circa 8 minute și 20 secunde.

b) Diametrul Soarelui este de 109 ori mai mare decât al Pământului, având o circumferință de 342 de ori mai mare.

c) Volumul Soarelui este de 1,3 milioane de ori mai mare decât al Pământului și de 600 de ori mai mare decât suma volumelor planetelor.

d) Masa Soarelui este de circa 333 de mii de ori mai mare decât masa Pământului concentrând 99,86% din masa întregului sistem solar.

e) Densitatea medie este de  $1,41 \text{ g/cm}^3$ .

f) Accelerația gravitațională este de 27,9 ori mai mare decât cea terestră, cu alte cuvinte un om cu masa de 70 kg ar cântări pe Soare cam două tone.

Din observațiile de până acum a reieșit că Soarele are în compoziția sa 74% hidrogen, 25% heliu și restul este constituit din cantități mici de metale grele. Datorită acestor condiții și a temperaturii mari la suprafața Soarelui de circa 6.000 K, pe suprafața Soarelui nu există scoarță solidă, materie în stare lichidă, toată materia din compoziția sa fiind în întregime în stare de plasmă și gazoasă.

Soarele nostru se află în faza principală a existenței sale de aproximativ 4,57 miliarde de ani și se estimează că va dura în total aproximativ 10 miliarde de ani.

Soarele are vârsta de 20 de „ani galactici“, dacă ținem cont că el împreună cu sistemul său orbitează în jurul centrului galaxiei cu o viteză de 220 km/s, parcurgând o distanță de o unitate astronomică la fiecare opt zile și se află

situat la o distanță de 25-28 de mii de ani-lumină de centrul Galaxiei realizând o revoluție completă în circa 225-250 de milioane de ani .

Soarele este o stea din a treia generație deoarece în sistemul nostru solar sunt din abundență metale grele: aur, uraniu, etc.

### 7.2.3. STRUCTURA SOARELUI

Ca și celelalte stele, Soarele este format din două părți mari:

- 1) Atmosfera solară.
- 2) Interiorul Soarelui.

#### 1. Atmosfera solară

Atmosfera solară se compune de fapt din trei mari straturi: fotosfera, cromosfera și coroana solară.

##### a. Fotosfera

Este stratul care delimitează globul solar, care se prezintă sub forma unei sfere luminoase, are o grosime de câteva sute de km și o temperatură de 6.000 K.

Formațiunile fotosferice sunt petele solare și faculele. Petele solare au o culoare mai închisă deoarece temperatura lor este de circa 4.500 de grade, iar faculele sunt percepute de observator ca regiuni mari, fin dantelate și mai strălucitoare. Petele solare nu sunt fixe ci ele se deplasează de la stânga la dreapta, ceea ce arată că Soarele are o rotație proprie în jurul axei de simetrie, dar datorită compoziției sale gazoase, rotația nu este uniformă ci diferențială, astfel la ecuator rotația se face în 25 de zile, iar la poli în 35 de zile.

Natura petelor solare și a faculelor s-a stabilit în urma unor cercetări recente că este datorată liniilor de câmp magnetic ale Soarelui. Din acest punct de vedere petele solare și faculele care le mărginesc sunt produsul activității Soarelui, având o durată de viață de circa trei săptămâni petele solare, iar faculele o viață mai lungă dar au aceeași periodicitate de apariție de 11 ani.

##### b . Cromosfera

Este stratul, care înconjoară fotosfera, cu o structură eterogenă și o grosime de circa 10.000 de km. În cromosferă s-au observat scânteieri de scurtă durată, între petele unor grupuri, numite **erupții cromosferice**, regiuni de nori de culoare albă (nori de calciu) numiți **floculi** iar spre marginea discului solar apar și unele jeturi de materie ca niște limbi de flăcări ce ies din cromosferă, numite **protuberanțe**.

În funcție de durata lor de viață protuberanțele pot fi **liniștite**, dacă forma lor nu se schimbă timp de săptămâni de zile și **eruptive** dacă se ridică în câteva ore, evoluează și apoi dispar, având aceeași periodicitate ca și petele solare. Tot aici se formează undele radio care au o lungime de undă scurtă, de ordinul centimetrilor .

### c. Coroana solară

Al treilea mare strat al atmosferei solare se întinde în jurul cromosferei, având o grosime de sute de mii de kilometri. Structura sa este destul de complicată poate și datorită temperaturii uriașe de un milion de grade. Coroana solară produce unde radio cu lungimea de undă de ordinul metrilor. În timpul maximului de pete solare ea este bogată și aproape uniform răspândită în jurul discului solar, iar în timpul minimului de pete se reduce alungindu-se în regiunea ecuatorului, la poli rămânând doar fire scurte numite **iarbă polară**.

## 2. Interiorul Soarelui

Observațiile astronomice detaliate au condus la concluzia că masa din interior este puternic concentrată spre centru, aflându-se la o presiune de sute de miliarde de atmosfere și la o temperatură cu o valoare de circa 14 milioane de grade. Din cauza acestor condiții materia este în stare de plasmă, comportându-se ca un gaz perfect.

Aceste condiții au făcut posibilă producerea de energie prin reacțiile de fuziune nucleară. Modelul reacției de fuziune nucleară, conform căruia nucleele de hidrogen se contopesc formând nucleee de heliu, explică în concordanță cu datele observate modul de producere a energiei solare, știut fiind faptul că în urma reacției de fuziune se eliberează o cantitate enormă de energie și căldură. Oamenii nu au reușit să obțină o astfel de reacție nucleară decât pentru o scurtă durată de timp, deoarece atingerea condițiilor necesare producerii reacției sunt extrem de dificil de realizat.

### 7.2.4. ENERGIA ȘI TEMPERATURA SOARELUI

Pentru a putea estima atât energia radiată de Soare cât și temperatura sa, specialiștii au măsurat ce cantitate de energie primește o suprafață cu aria de  $1 \text{ cm}^2$ , așezată perpendicular pe direcția Soarelui, aflată la limita superioară a atmosferei terestre timp de un minut. Valoarea obținută este de 2 cal și a fost numită **constantă solară**. Dacă ținem cont de constanta solară și dacă ne imaginăm o sferă cu raza de o unitate astronomică atunci, printr-o estimare simplă, se deduce că Pământul primește numai a 2,2 miliarde parte din energia radiată de Soare. Această formidabilă cantitate de energie este emisă în mod constant de Soare în continuu, de peste trei miliarde de ani. În cele mai vechi roci ale scoarței terestre cu o vârstă estimată la circa 2,6 miliarde de ani au fost găsite alge fosile, fapt ce dovedește că încă de atunci, condițiile climatice erau apropiate de cele actuale. Cunoscând energia radiată de Soare s-a calculat că temperatura suprafeței solare are o valoare de circa 6.000 de grade.

Ne punem întrebarea: „Cât timp va dura acest proces ?“. Răspunsul cel mai simplu ar fi acela că atâta timp cât rezerva de hidrogen nu se epuizează. Sigur că ritmul transformării hidrogenului în heliu se accelerează cu timpul, dar există suficientă rezervă de hidrogen pentru miliarde de ani de aici înainte.

Această imensă cantitate de energie care ne vine în mod gratuit de la Soare este foarte puțin fructificată. Se pare că plantele și unele animale cu sânge rece o folosesc mult mai eficient decât noi oamenii. Totuși s-au construit centrale solare care captează lumina și căldura Soarelui și o transformă în electricitate. Marele neajuns al acestei tehnologii, nu este atât factorul de conversie, cât faptul că această tehnologie nu se poate folosi decât atunci când este Soare. De aici apare necesitatea găsirii unor modalități economice de stocare și producere a energiei electrice prin folosirea energiei solare.

### 7.2.5. ACTIVITATEA SOARELUI

Masa Soarelui este puternic concentrată spre centru la presiuni și temperaturi inimaginabile. Materia, în aceste condiții, este în stare de plasmă. Plasma, este a patra stare de agregare a materiei, comportându-se ca un gaz perfect, fiind formată din particule încărcate cu sarcină electrică: electroni, protoni, ioni, etc.

Știm că Soarele, ca orice corp gazos, are o mișcare de rotație în jurul axei de simetrie neuniformă și diferențială, rotația de la ecuator fiind mai rapidă decât cea de la poli. Din acest motiv se crează un curent electric, care la rândul său dă naștere la un câmp magnetic. Câmpul magnetic astfel creat, are o valoare mare, întinzându-se în tot sistemul solar, protejându-l de radiațiile galactice.

Tot în interiorul Soarelui materia, aflată la o temperatură de milioane de grade, caută să iasă la suprafață spre straturi mai reci, producând astfel curenți de convecție, exact ca într-o oală în care fierbe apă. Să ne amintim că acești curenți de convecție au în componența lor sarcini electrice, care atunci când se află în mișcare produc câmp magnetic. Aceste linii de câmp magnetic ies la suprafața Soarelui fiind percepute ca pete solare. Petele solare apar câte două, liniile de câmp magnetic ieșind dintr-o pată, ca din polulul Nord al unui magnet și intrând în cealaltă pată pe la polul Sud. Plasma solară trasează astfel liniile de câmp magnetic dintre polii Nord și Sud.

Mecanismul producerii magnetismului solar descris aici este unul simplist, dar sigur că magnetismul solar este mult mai complex, iar atunci când Soarele este mai activ, suprafața sa se transformă într-o furtună magnetică ce dă naștere la și mai multe pete solare.

Această formă de activitate, noi o percepem vizual sub forma unor proeminente, care nu sunt altceva decât materializarea liniilor de forță ce acționează trăgând plasma spre exteriorul Soarelui din interiorul său. Ele pot

pluti deasupra Soarelui săptămâni întregi, constituind dovada câmpului magnetic invizibil, având forma liniilor de câmp magnetic pe care le vedem în jurul unui magnet. Proeminențele se pot observa pe suprafața Soarelui ca niște fâșii înguste sub forma unor limbi de foc, cunoscute sub denumirea de **filamente**.

Pe lângă cele două tipuri de activitate solară, erupțiile solare sunt, de departe, cele mai spectaculoase, dar și cele mai periculoase pentru activitatea terestră. Erupțiile solare sunt asemănătoare unei proeminențe sau pete solare, dar energia astfel eliberată din interiorul Soarelui, este fantastică, de scurtă durată și cu o luminozitate foarte intensă.

Atât erupțiile cât și proeminențele când se desprind de Soare se alătură vântului solar, care este un flux de particule încărcate cu sarcină electrică. Existența vântului solar s-a pus în evidență cu ajutorul cometelor. În anul 1996 Cometa Hale-Bopp a fost observată ca având două cozi, una de culoare galbenă, iar cea de-a doua, de culoare albastruie, fiind alcătuită din particule încărcate cu sarcină electrică a fost deviată de vântul solar.

În 1989 s-a produs o puternică erupție solară care a dat naștere la o furtună magnetică. Efectele acesteia au fost resimțite pe Pământ în special de cei șase milioane de oameni din regiunea Quebec, care au rămas în beznă în urma defectării centralelor electrice.

Activitatea Soarelui crește și descrește odată la 11 ani, numărul de pete solare înregistrând un minim și un maxim. Următorul maxim de pete solare se așteaptă în jurul anului 2011.

Studii recente au demonstrat că există o strânsă legătură între activitatea Soarelui și clima terestră. Astfel s-a observat o perioadă caldă în secolele al X –lea și al XI –lea, atunci când vikingii au descoperit **Groenlanda**, adică „**Tara verde**“, ceea ce dovedește că temperatura era mai ridicată, numărul de pete solare fiind mai mare, iar lipsa petelor solare din a doua jumătate a secolului al XVII–lea a coincis cu o perioadă foarte friguroasă numită **mica eră glaciară**.

În concluzie totalitatea acestor fenomene de variație a maximului și minimului de pete solare constituie activitatea Soarelui, iar studiul acesteia, după cum am văzut, este extrem de importantă pentru noi, atât din punct de vedere teoretic cât și practic.



### 7.3. PLANETELE INTERIOARE

Aceste planete: Mercur și Venus, în ordinea lor de la Soare, se află între Soare și Pământ, fiind cunoscute și observate din vechime.

#### 7.3.1. MERCUR

Planeta Mercur era cunoscută încă din mileniul 3 î.Hr. de către sumerieni, care au denumit-o **steaua de dimineață** sau **de seară**, în funcție de apariția sa. Astronomii greci știau că cele două denumiri se referă la unul și același corp ceresc. Datorită mișcării sale „sinuoase” l-au botezat Hermes, adică mesagerul zeilor, iar romanii, au făcut analogie cu negoțul, botezând corpul ceresc Mercur, zeul comerțului.

Fiind aproape de Soare, la 0,38 unități astronomice, adică 57,91 milioane de km, cu un diametru de 4.880 km și cu o masă de  $3,3 \cdot 10^{23}$  kg, Mercur a fost mult timp greu de observat și analizat .



Figura 7.2. Mercur. Credit: NASA.

Astronomii din veacul al XIX-lea, în urma observațiilor atente ale planetei, au calculat că orbita este foarte excentrică, la periheliu are 46 de milioane de km față de Soare, iar la afeliu 70 de milioane de km. Încercând să pună în concordanță parametrii orbitali, calculați în urma observațiilor în acord cu legile mecanicii newtoniene, au găsit diferențe care nu puteau fi explicate, decât admitând că perturbația este produsă de o nouă planetă, mult mai apropiată de Soare pe care au numit-o Vulcan. Încercările astronomilor de a găsi noua planetă au eșuat. Adevărata explicație a fost obținută prin aplicarea teoriei relativității a lui Einstein, care a demonstrat că raza de lumină se curbează în jurul Soarelui și din acest motiv apăreau neconcordanțele dintre datele observaționale și calculele teoretice.

Sonda spațială Mariner 10 a survolat planeta în 1974 și 1975 cartografiind numai 45% din suprafața planetei. Datele transmise pe Pământ au arătat că la suprafața planetei variația de temperatură este extrem de mare, de la  $-183^{\circ}\text{C}$  la aproximativ  $427^{\circ}\text{C}$ . Suprafața planetei este foarte asemănătoare cu a Lunii fiind brăzdată de cratere, având densitatea de  $5,43\text{ g/cm}^3$ . Fiind situată în apropierea Soarelui, Mercur s-a format din elemente grele, iar miezul planetei pare să fie mai mare decât al Pământului, având raza cuprinsă între  $1800 \div 1900$  km, mantaua de silicați având grosimea de circa  $500 \div 600$  km. Se pare că cel puțin mijlocul miezului planetei este topit.

Atmosfera sa este foarte rarefiată datorită temperaturilor extreme. Un observator plasat pe o anumită longitudine ar observa: cum Soarele răsare gradual până într-un anumit punct de zenit, apoi stă pe loc după care apune, stelele se mișcă de trei ori mai repede și alte mișcări bizare. Aceste lucruri bizare se datorează marii excentricități a orbitei planetei.

Mercur nu are sateliți naturali, dar în anul 2004 s-a lansat o sondă spațială care va deveni satelitul artificial al planetei în 2011. Cercetarea și cartografierea completă a planetei este justificată și prin prisma faptului că în urma observațiilor asupra polului Nord s-a pus în evidență existența gheții, în umbra unor cratere. Un alt motiv, în afară de faptul că este bine să ne cunoaștem vecinii, îl constituie faptul că scoarța planetei prezintă semnificativ de concentrații de metale prețioase destul de mari.

Anul 2011, când sonda spațială Messenger va orbita planeta, coincide și cu anul de maximă activitate a Soarelui.

### 7.3.2. VENUS

Este a doua planetă de la Soare fiind la 0,72 unități astronomice de acesta și a șasea ca mărime.

La fel ca Mercur, Venus ca planetă interioară pentru un observator din afară are două puncte, de maxim și minim, când apare fie dimineața fie seara. Acest **comportament** al lui Venus a fost observat încă din timpuri preistorice, deoarece este, în afară de Soare și Lună, cel mai strălucitor obiect de pe cer. La noi este denumit **Luceafărul de dimineață** sau **Luceafărul de seară**. Astronomii greci din antichitate, exact ca în cazul lui Hermes (Mercur), și-au dat seama că steaua de dimineață, **Eosphorus** și cea de seară, **Hesperus**, sunt unul și același corp.

Venus a fascinat și a stimulat imaginația oamenilor care sperau să găsească pe planetă elementele necesare vieții. Galilei, prin observațiile sale, a descoperit că Venus prezintă faze la fel ca Luna îmbogățind astfel argumentele în favoarea teoriei heliocentrice a sistemului solar.

Măsurătorile de mai târziu, bazate pe date observaționale, o recomandau ca **soară geamănă** a Pământului cu o masă de 80% din masa Pământului și cu un diametru cu numai 5% mai mic decât al Pământului.



Figura 7.3. Venus. Credit: NASA.

Prima sondă spațială care a survolat planeta în anul 1962 a fost sonda americană Mariner 2. Datele primite cu această ocazie au arătat că Venus are o atmosferă densă cu o presiune de 7÷8 ori mai mare decât cea terestră și o temperatură de circa 400 grade Celsius, iar la solul venusian o presiune de 15 atmosfere și o temperatură de 280 °C.

Programul spațial sovietic Venera a îmbogățit cunoștințele noastre despre Venus realizând și o premieră la 15 decembrie 1970, atunci când sonda sovietică Venera 7 a ajuns pe altă planetă. Datele primite de la toate misiunile spațiale ce au vizat planeta au arătat o lume de infern cu vânturi mai puternice decât uraganele, temperaturi ce pot topi plumbul, neexistând condiții propice vieții datorită efectului de seră, care a facilitat evaporarea apei și a dus la aplatizarea reliefului.

Interiorul planetei se bănuiește că ar avea o structură similară cu a Pământului, adică un miez din fier cu o rază de 3000 km, o manta din rocă topită și o scoarță de grosime mică.

Perioada de rotație a planetei este de 243,5 zile având sens retrograd de rotație, motiv pentru care Venus trece cam de două ori într-un secol prin fața Soarelui. În secolul nostru a trecut prin fața Soarelui pe data de 8 iunie 2004 atunci când am avut ocazia să vedem vârful unui ac de gămălie ce traversa suprafața Soarelui în plină zi. Cei care au pierdut acest fenomen mai pot să-l vadă în 2012 sau, dacă îl vor rata, vor trebui să mai aștepte până în 2117.

Acest fenomen de tranzitare nu este atât de spectaculos ca o eclipsă totală de Soare, dar pentru astronomii amatori, și nu numai, rămâne un fascinant moment când Venus poate fi observată ziua.

## 7.4. PĂMÂNTUL

A treia planetă de la Soare, Pământul, este unic în Universul cunoscut deoarece reprezintă casa noastră, fiind aflat în interiorul ecosferei, adică locul în care se poate dezvolta viața în jurul unei stele, în cazul nostru Soarele.

### 7.4.1. FORMAREA PĂMÂNTULUI ȘI A CONTINENTELOR

În urmă cu circa 5 miliarde de ani, la periferia Căii Lactee se afla un nor imens de gaz și praf stelar. Acest nor avea dimensiuni gigantice și reprezenta rămășițele unei stele moarte.

Marele nor molecular avea o mișcare de rotație, iar pe măsură ce se micșora, sub acțiunea gravitației, viteza sa de rotație a început creșcă producând și creșterea energiei și implicit creșterea temperaturii în centrul norului care a devenit un glob rotitor ce s-a transformat în Soarele nostru. Restul norului se învârtea așa de repede încât s-a extins devenind un disc imens de praf și gaze constituind astfel materia primă din care s-a format Pământul și celelalte planete.

La început s-au format aproximativ 20 de **aglomerări** care au devenit în timp de câteva milioane de ani planete. Sistemul solar timpuriu, timp de aproximativ 30 de milioane de ani, a fost într-o efervescență continuă deoarece orbitele planetelor nou create se intersectau, erau mai aproape de Soare și din acest motiv coliziunile dintre ele au fost inevitabile. În urma coliziunilor unele s-au unit, altele s-au dezintegrat dar s-a redus numărul lor la mai puțin de jumătate din numărul inițial.

Energia generată de aceste coliziuni a făcut ca Pământul să aibă o temperatură de  $4700^{\circ}\text{C}$ , adică un ocean de lavă incandescentă. Materialele ușoare s-au ridicat la suprafață iar cele grele s-au scufundat spre centru formând un miez de materie topită.

După alte 20 de milioane de ani, când temperatura la suprafața sa a devenit **mai rece** ajungând la circa  $1000^{\circ}\text{C}$ , o planetă de mărimea lui Marte, formată din fier și alte materiale grele, a ciocnit Pământul sub un unghi de  $45^{\circ}$ . În urma acestui cataclism, atât Pământul cât și Theia aproape că s-au dezintegrat pentru moment, dar Pământul având masa mai mare a reușit să atragă materia expulzată din jurul său, înghițind nucleul planetei Theia, dar nu a mai reușit să adune materialele ușoare, care s-au aglomerat într-un disc ce gravita în jurul Pământului. Din acel disc de materiale ușoare, care au rezultat în urma impactului, s-a format Luna, satelitul nostru natural.

În acest stadiu materia a rămas topită mai multe mii de ani, iar Luna era de 15 ori mai aproape de Pământ decât este astăzi.

Această coliziune a cauzat înclinația axei rotație a Pământului iar consecința o reprezintă anotimpurile. În acele vremuri agitate Pământul a mai

suferit și alte coliziuni cu asteroizi, meteoriți, comete, etc. Toate acestea au dus la **răcirea** Pământului și formarea apei, care s-a format surprinzător de repede, după unele estimări acum 4,4 miliarde de ani.

Oceanele aveau un bogat conținut de fier, având o culoare verzuie, atmosfera era mult mai densă având o culoare roșiatică fiind formată din azot, dioxid de carbon, metan iar temperatura s-a apropiat de de aproximativ 93 °C.

Din analiza compoziției celor mai vechi structuri primitive create de bacterii, **stromatolitele**, s-a constatat că la aproximativ un miliard de ani de la formarea Pământului a apărut viața favorizând astfel producerea oxigenului din atmosferă. A fost un proces îndelungat ajungând la nivel optim pentru viața terestră după miliarde de ani.

Dacă s-ar condensa timpul, de la ora 12 noaptea până la ora 12 ziua, despre viață am putea spune următoarele: au apărut cu o oră înainte de ora 12 condițiile propice vieții, la 37 de minute au apărut dinozaurii care au dispărut cu 10 minute înainte de ora 12, iar cu 19 secunde înainte de ora 12 au apărut primii oameni.

În paralel cu evoluția descrisă mai sus, Pământul, în urma coliziunii cu planeta Theia, era un glob de lavă fierbinte, fiind ușor de imaginat că elementele grele **au căzut** în interiorul Pământului **ridicând** la suprafață elemente ușoare ca oxigenul și silicații. Odată cu răcirea Pământului, lava topită s-a solidificat formând plăci de crustă uscată, care au fost **germenii** noilor continente la circa 150 de milioane de ani de la formarea Pământului. Mineralul format în acea perioadă, granitul, a fost elementul cheie care a ajutat Pământul să-și formeze primul uscat. Magma granitică s-a ridicat la suprafață dând naștere astfel la un protocontinent.

Protocontinentul s-a transformat în primul uscat continental, supercontinentul Vaalbara. Rămășițele acestui supercontinent se găsesc azi într-un craton din Africa de Sud. Analizarea probelor luate din craton au arătat că acesta are o vârstă de 3,5 miliarde de ani.

După circa un miliard de ani, Vaalbara s-a fărâmițat în continente mai mici, ca rezultat al dinamicii plăcilor tectonice. Acestea s-au unificat formând un alt supercontinent, Rodinia, care conținea aproape tot uscatul, centrul său fiind situat în America de Nord de astăzi.

Ciclul creației și distrugerii a durat peste 350 de milioane de ani, timp în care Rodinia a fost **ruptă în bucăți** formându-se astfel continente mai mici, care în urma derivei continentale s-au îndepărtat unele de altele sfârșind prin a se unifica, formând un alt supercontinent, situat în emisfera sudică, Gondwana. Gondwana, la rândul său, în câteva sute de milioane de ani a urmat același ciclu al distrugerii și creației dând naștere ultimului supercontinent, Pangeea.

Pangeea conținea toate continentele de azi unificate într-o masă uriașă de uscat, iar acum 250 de milioane de ani a început să se rupă lăsând astfel să se formeze continentele pe care le știm astăzi: Africa, America de Nord, America de Sud, Antarctica, Asia, Australia și Europa.

## 7.4.2. FORMA PĂMÂNTULUI ȘI DIMENSIUNILE LUI

Forma Pământului a fost mult timp subiect de contradicție, atribuindu-i-se când formă plată, când formă rotundă.

Forma rotundă a fost remarcată și de **Aristotel** (384–322 î.Hr.) în urma observațiilor pe care le-a făcut în timpul eclipselor de Lună, dar cel care a determinat primul circumferința Pământului, prin măsurători și calcule, a fost **Eratostene** (276-194 î.Hr.). El a citit într-un papirus vechi din Alexandria că în momentul solstițiului, într-o localitate, Syena (Assuanul de azi) se văd fundurile puțurilor, adică Soarele se află la zenit. Acest fapt l-a intrigat, deoarece atunci când a determinat distanța zenitală a Soarelui, în același moment la Alexandria, a găsit o valoare de  $7,2^\circ$ . Această măsurătoare, deși făcută cu ajutorul unui instrument rudimentar, gnomonul, contrazicea teoria conform căreia Pământul are formă plată. Pentru a lămuri această problemă a presupus că Pământul are formă rotundă și a măsurat distanța pe sol neted, de la Syena la Alexandria, găsind astfel valoarea de 5.000 de stadii, adică o distanță de 787,5 km (1 stadiu  $\approx$  0,1575 km).

Aplicând proporționalitate arcelor cu unghiurile la centru corespunzătoare:

$$\frac{2\pi R}{360^\circ} = \frac{l}{n^\circ} \text{ sau } 2\pi R = \frac{l}{n^\circ} \cdot 360^\circ ,$$

Eratostene a găsit următoarea valoare:

$$2\pi R = 252.000 \text{ stadii} \approx 39.690 \text{ km} ,$$

adică :

$$R = 40.126,9 \text{ stadii} \approx 6.320 \text{ km}.$$

Valoarea găsită de Eratostene pentru raza medie a Pământului are o diferență de 50 km față de valoarea de azi, 6.370 km, măsurată prin tehnici moderne. În prezent s-a convenit că forma Pământului este de geoid de rotație.

Forma rotundă a Pământului a permis stabilirea poziției unui punct de pe suprafața terestră prin analogie cu stabilirea punctelor de pe sfera cerească, cu ajutorul coordonatelor geografice: **latitudinea**, care se măsoară de la ecuator spre cei doi poli, de la  $0^\circ$  la  $90^\circ$ , distingându-se în funcție de emisferă, latitudini nordice și sudice; **longitudinea**, care se măsoară de la meridianul  $0^\circ$  la  $180^\circ$ , în ambele sensuri, distingându-se longitudini estice și vestice.

Coordonatele geografice sunt esențiale în multe domenii, fiind folosite pentru alcătuirea hărților geografice, topografice, în navigație, etc.



Figura 7.4. Pământul văzut din spațiu. Credit: NASA.

După cum am văzut, studierea Pământului s-a început demult, dar dezvoltarea aeronauticii din secolul trecut a făcut posibilă cunoașterea Pământului și din exteriorul său.

Pământul se află la o distanță de o unitate astronomică față de Soare, adică la 149.600.000 km, are un diametru de 12.756,3 km și o masă de  $5,9742 \cdot 10^{24}$  kg, orbitând pe o traiectorie eliptică, având la periheliu 147.098.074 km și la afeliu 152.097.701 km, cu o viteză medie de 29.783 km/s, parcurgând o circumferință a o orbitei de 924.375.701 km în 365,256366 zile.

Din raportul masă-volum s-a calculat o densitate medie de  $5,5153 \text{ g/cm}^3$  ceea ce corespunde unei accelerații gravitaționale medii de  $9,7801 \text{ m/s}^2$ . Aceste date fizice ne arată că pentru lansarea în spațiu a unui satelit artificial, nava care-l transportă are nevoie de o viteză de 7,9 km/s, pentru a scăpa de atracția gravitațională și de a-l lansa pe orbită. Pentru a părăsi definitiv Pământul este nevoie de o viteză de 11,2 km/s, iar pentru a putea călători în spațiul galactic, adică pentru a părăsi sistemul nostru solar, nava ar trebui să aibă o viteză cel puțin egală cu valoarea de 13,6 km/s.

Am văzut că Pământul are o formă de geoid, adică mai bombat la ecuator și mai turtit la cei doi poli, astfel că raza sa variază ca valoare de la 6.357 km la 6.378 km.

Atmosfera care înconjoară Pământul are următoarea compoziție: azot (N) 77%, oxigen (O) 21%, argon (Ar) 1%, bioxid de carbon ( $\text{CO}_2$ ) 0,038% și apă ( $\text{H}_2\text{O}$ ) sub formă de vapori ce variază în funcție de zona climatică.

### 7.4.3. STRUCTURA PĂMÂNTULUI

Cu toate că știm destul de multe despre suprafața Pământului, călătoria spre centrul său rămâne o pură fantezie.

Peste 99% din planeta de sub noi a rămas neexplorată. Cea mai îndrăzneță expediție abia dacă a ajuns la 1,5 km. Cele mai adânci mine, sunt minele de aur din Africa de Sud, aflate la o adâncime de aproape 4 km sub pământ, iar condițiile de lucru impun echipamente speciale, datorită temperaturii de aproximativ 54 de grade Celsius cauzată de rocile fierbinți de dedesubt.

Cel mai adânc puț de foraj din lume se află în localitatea Kola din Rusia și are o adâncime de 12 km, dar raportat la raza Pământului seamănă cu o înțepătură de ac de albină pe spinarea unui elefant.

Ne-am dat seama cu ușurință că nu putem face observații **la fața locului** în legătură cu structura Pământului. Din analiza unor observații asupra activității geologice la suprafața Pământului: cutremure, erupții vulcanice, oamenii de știință au conceput un model de structură a Pământului pe straturi, vezi figura 7.5:



Figura 7.5. Model de structură a Pământului.

**1. Scoarța** sau **crusta Pământului** este stratul de la suprafață. Crusta este în stare solidă, cu o grosime ce oscilează între 30 și 60 de km, media fiind de 35 km. Scoarța este compusă în special din roci cristaline: cuarț, feldspat, oxizi metalici, etc.

**2. Mantaua** este stratul următor cu o grosime de 2.900 km fiind alcătuită din roci în stare topită (magma) în care predomină silicații și oxizii. Mantaua reprezintă o treime din masa Pământului cu o densitate cuprinsă între  $3,25 \text{ g/cm}^3$  și  $5 \text{ g/cm}^3$  în funcție de straturile sale.

**3. Nucleul Pământului** este format din două straturi distincte: nucleul extern și nucleul intern.



**i. Stratul nucleului extern** este situat între adâncimile de 2.900 și 5.100 de km, aflându-se într-o stare de agregare fluidă, constituită din topitură metalică, ce mai conține probabil și concentrații mici de sulf și oxigen care se rotește, iar sarcinile electrice din componența sa, în mișcare, reprezintă un curent electric care generează la rândul său magnetismul terestru.

**ii. Stratul nucleului intern sau miezul Pământului** este stratul cuprins între 5.100 și 6.371 km, fiind constituit dintr-un amestec de fier și nichel, aflat în stare solidă. Starea solidă se explică prin presiunea enormă exercitată de straturile superioare a cărei valoare este de 3,6 de milioane de ori mai mare decât cea de la suprafață, deși temperatura miezului are o valoare ce oscilează între 5.000 și 6.500 de grade Celsius, comparabilă cu temperatura de la suprafața Soarelui.

Nucleul Pământului are masa egală cu 31,5% din masa totală a Pământului, dar un volum de numai 16,2% din volumul Pământului, ceea ce ne sugerează că densitatea medie a nucleului este de  $10 \text{ g/cm}^3$ .

#### 7.4.4. MAGNETISMUL TERESTRU

Pământul se află la 150 milioane de km depărtare de forțele distructive ale Soarelui. Este apărat de un scut magnetic fragil, în comparație cu intensitatea radiațiilor solare, având în vedere că Soarele bombardează zilnic Pământul cu unde magnetice și radiații ce echivalează cu o explozie de 4 milioane de ori mai mare decât cea de la Hiroșima.

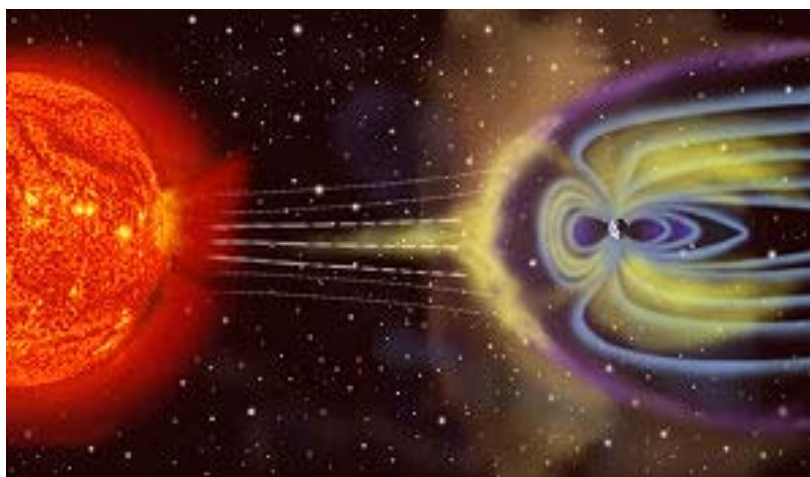


Figura 7.6. Câmpul geomagnetic. Credit: NASA/ESA.

Furtunile solare, generate de activitatea Soarelui, cauzează mari fluctuații în forța câmpului magnetic al Pământului, interferând cu telecomunicațiile, transportul energiei electrice, sistemele de navigație, etc.

Activitatea Soarelui are un ciclu de 11 ani, atunci când polii magnetici ai câmpului al Soarelui se schimbă. Dar și polii Pământului se pot

schimba. Am aflat că geomagnetismul pornește din inima Pământului spre spațiu și din când în când se descompune schimbându-și polii, cauzând numeroase efecte.

Încă din secolul al XVI-lea, atunci când s-au început primele măsurători ale câmpului magnetic, s-a constatat că polii magnetici nu coincid cu cei geografici, fiind cu  $6^{\circ}$ - $7^{\circ}$  mai la est.

În jurul anului 1666 busola arăta că polii se suprapuneau, iar la începutul secolului al XIX-lea se deplasaseră cu  $18^{\circ}$  spre vest. Astăzi este cam la  $4^{\circ}$ - $5^{\circ}$  spre vest.

În ultimele 40 de milioane de ani schimbarea de polaritate a întârziat cu peste o jumătate de milion de ani, iar în ultimii 2.000 de ani, câmpul magnetic a slăbit în intensitate. Acest fapt ne sugerează că ne putem aștepta, conform specialiștilor, la o inversare a polilor magnetici în jurul anului 3400.

Știm că orice formă de viață este alcătuită din celule, iar acestea din molecule. Orice moleculă plasată în câmp magnetic devine puțin magnetică, fenomen care poartă numele de **diamagnetism**. Acest fenomen ne explică dependența de magnetism, care ne ajută în orientare, emblematic fiind cazul cârțițelor, care trăiesc sub pământ și au îndreptate galeriile întotdeauna dinspre nord spre sud, „locuința” lor fiind situată la capătul nordic.

Dacă perioada de tranziție ar fi scurtă, atunci animalele s-ar adapta la schimbarea polilor într-o generație, dar problema apare în cazul unei perioade de tranziție mai îndelungată. Dacă aceasta va dura 10.000 de ani, animalele vor trebui să-și dezvolte alte mecanisme de adaptare. Pentru oameni, tot ce înseamnă tehnologie de vârf, dar și starea mentală, stabilitatea socială vor fi afectate de haosul magnetic.

În concluzie următoarea schimbare a polilor magnetici ai Pământului va afecta evoluția rasei umane deoarece, ca orice formă de viață terestră, este bazată pe gravitație și geomagnetism.

## 7.5. PLANETELE EXTERIOARE

Au fost denumite așa deoarece ele orbitează pe traiectorii ce înconjoară orbita Pământului, fiind în ordinea depărtării lor Marte (ultima planetă de tip terestrial) Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun, giganticele planete gazoase.

Ne-am fi așteptat ca să mai fie o planetă între Marte și Jupiter, dar aici orbitează un brâu de asteroizi, numit **Centura Principală**, iar Pluto a fost după cum știm „decăzut” din statutul de planetă considerându-se că face parte din Centura Kuiper.

### 7.5.1. MARTE

Marte este cunoscută din timpuri străvechi. Un observator terestru vede planeta într-o culoare roșiatică. Astronomii din Grecia Antică au numit planeta Ares, zeul războiului. În opoziție romanii i-au spus Marte, zeul agriculturii, iar prima lună de primăvară calendaristică se numește tot Martie.



Figura 7.7. Marte. Credit: NASA.

Cunoștințele despre planetă s-au îmbogățit pe măsură ce s-au dezvoltat instrumentele de observare. Astronomul italian Schiaparelli, cu ajutorul unui telescop, a descoperit pe solul marțian o rețea complexă de șanțuri, pe care le-a numit **canali** (șanț, canion natural). Comunicarea sa a fost tradusă eronat, astfel canali a devenit **canale**, termen care denumește o lucrare făcută după un anumit proiect, cu un scop anume de o ființă superioară. Din acest motiv, dar și din dorința ca să avem ca vecini ființe vii, imaginația scriitorilor de science-fiction a luat-o razna, prezentându-ne planeta ca fiind habitatul unor ființe stranie, care din când în când ne invadează.

Pentru a elucida aceste enigme, dar mai ales din pură curiozitate științifică, au fost trimise sonde spațiale pentru observarea planetei încă din secolul trecut. Prima sondă spațială, Mariner 4, care a survolat planeta în 1965 ne-a arătat o lume lipsită de viață, cu o atmosferă rarefiată, compusă din dioxid de carbon 95,3%, azot 2,7%, argon 1,6%, și urme de oxigen 0,15% și apă 0,03% cu o temperatură ce variază de la -133 °C iarna la poli până la 27 °C în timpul zilei de vară.

Observațiile efectuate cu ajutorul roboților, care au asolenizat pe Marte și au luat monstre, au scos în relief faptul că Marte a avut într-un trecut îndepărtat activitate vulcanică, iar apă există, dar sub formă solidă în calotele polare.

Tot din aceste observații recente s-a presupus că interiorul planetei este întrucâtva similar cu cel al Pământului, în sensul că miezul planetei este dens, solid, având o rază de 1.700 km, înconjurat de o manta formată din rocă topită, dar foarte vâscoasă și o crustă foarte subțire, cuprinsă între 80 km în emisfera sudică și 35 km grosime în emisfera nordică.

Dacă ținem cont că are un diametru de 6.794 km și o masă de  $6,4219 \cdot 10^{23}$  kg atunci înțelegem de ce nu și-a putut păstra atmosfera, așa cum a făcut-o Pământul, deoarece atracția gravitațională este de trei ori mai mică decât cea terestră.

Datorită atmosferei rarefiate, suprafața planetei nu a fost remodelată foarte mult, dar și din lipsa activității vulcanice, iar Marte ne oferă câteva forme de relief cu adevărat spectaculoase, unice ca dimensiuni pentru o planetă terestrială. Iată câteva din aceste forme:

- \* Muntele Olympus cu o înălțime de 24 km.

- \* Tharsis, un „bulgăre de rocă” înfipt în suprafața marțiană, cu un diametru de 4.000 de km.

- \* Valea Marineris, care este defapt, un sistem de canioane lung de 4.000 de km a căror adâncime oscilează de la 2 km la 7 km.

- \* Hellas Planitia, un crater de impact din emisfera sudică, care are un diametru de 2.000 de km și o adâncime de 6 km.

Aceste forme de relief, absolut spectaculoase, au fost observate numai de sondele spațiale, deoarece deocamdată este imposibilă cercetarea planetei cu ajutorul echipajelor umane.

Marte are doi sateliți naturali Phobos (Lumina), cu o rază de 11 km ce orbitează la o distanță de 9.000 de km de Marte și Deimos (Întunericul), cu o rază de 6 km ce orbitează la o distanță de 23.000 km. Ambii sateliți au masele aproximativ egale, Phobos are masa de  $1,08 \cdot 10^{16}$  kg, iar Deimos are masa de  $1,8 \cdot 10^{15}$  kg, fiind descoperiți în anul 1877 de către astronomul Hall.

Explorările viitoare ale planetei Marte sunt pline de optimism, deoarece oamenii, odată ajunși pe Marte, speră să facă o terraformare a planetei, să o facă locuibilă, să-i schimbe culoarea roșietică, datorată furtunilor de praf, în albastru ca a Terrei.

## 7.5.2. CENTURA DE ASTEROIZI

Astronomul italian Giuseppe Piazzi, în timp ce verifica „Legea lui Bode”, o regulă empirică stabilită în 1772 de Johann Bode, care stabilea estimativ distanța dintre planete și Soare, pentru a găsi planeta lipsă dintre Marte și Jupiter, a avut surpriza ca pe data de întâi ianuarie 1801 să descopere o mică planetă, pe care a numit-o Ceres. Bucuria de a fi descoperit planeta lipsă, din șirul lui Bode, a durat un an, deoarece în 1802 a fost descoperit Pallas, în aceeași regiune. Astronomii au presupus că dacă în acea regiune există două planete mici, atunci pot exista și altele. Continuând cercetările, au descoperit în 1804 pe

Juno, în 1807 pe Vesta, în 1837 pe Astreea până în 1890 când au fost catalogați peste 300 de asteroizi.

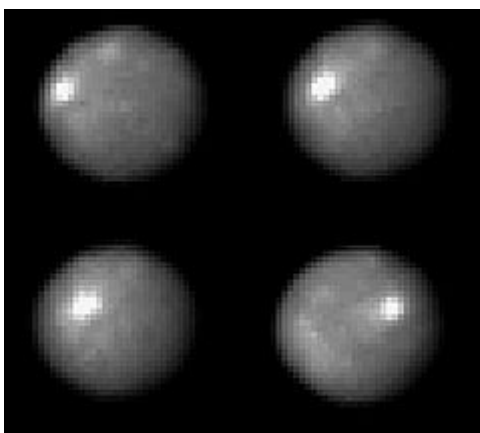


Figura 7.8. Imagini ale lui Ceres luate de telescopul spațial Hubble în 2003-2004. Credit: NASA/ESA.

Aceste corpuri au fost denumite **asteroizi** de către astronomul William Herschel, ele fiind corpuri cerești reci, mici ca dimensiuni, cu diametre cuprinse între câteva zeci de metri și câțiva kilometri, care se învârt în jurul Soarelui. Fiind mai mici decât planetele sunt numiți uneori **planetoizi**. Cei mai mulți orbitează în jurul Soarelui, între orbitele planetelor Marte și Jupiter, formând așa-numita **Centură Principală**, cuprinsă între 2 și 3,4 unități astronomice. Astăzi se estimează că numărul asteroizilor este de peste 500.000, catalogați, cu o masă totală mai mică decât a Lunii, și poate milioane care nu au fost observați încă.

Asteroizii, la fel ca planetele, orbitează în jurul Soarelui de la vest spre est, pe orbite al căror plan este apropiat de planul orbitei Pământului, iar timpul necesar asteroizilor pentru a efectua o mișcare de revoluție completă în jurul Soarelui oscilează între 3,5 și 6 ani tereștri.

S-au observat destule abateri de la valorile medii ale orbitelor asteroizilor cauzate, fie de atracția enormă exercitată de Jupiter, fie de ciocnirile dintre ei și din acest motiv, orbitele unora dintre ei se intersectează cu cele ale planetelor. Acest lucru poate avea consecințe majore, deoarece o ciocnire a lor cu Pământul poate avea efecte catastrofale pentru viața de pe Terra. O astfel de ciocnire se presupune că a avut loc în urmă cu 65 de milioane de ani, atunci când în urma impactului unui asteroid cu Pământul, în dreptul peninsulei Yukatan din Mexic, au dispărut dinozaurii.

Natura asteroizilor este în atenția oamenilor de știință, deoarece cunoscându-le compoziția chimică, putem deduce mult mai multe informații despre sistemul nostru solar. În acest sens, sonda spațială NEAR Shoemaker a orbitat începând cu luna februarie a anului 2000, în jurul asteroidului Eros, iar anul următor, în aceeași lună, a aterizat pe suprafața asteroidului.

Compoziția chimică a asteroizilor îi împarte în trei clase majore:

- \* Tipul C – formați în special din carbonați (75%);
- \* Tipul S – formați dintr-un amestec de fier-nichel și silicați (17%);
- \* Tipul M –formați din fier-nichel pur.

După cum am văzut asteroizii ocupă locul unde s-ar fi putut forma o planetă, iar cercetarea lor directă rămâne o prioritate pentru oamenii de știință.

### 7.5.3. JUPITER

A cincea planetă de la Soare și a patra ca strălucire pe cer (după Soare, Lună și Venus), Jupiter este cunoscută încă din vechime ca o **stea călătoare**. Grecii îl asemuiau pe Jupiter cu Zeus, conducătorul zeilor olimpici, iar românii l-au considerat Protectorul Imperiului Roman fiind considerat „Steaua Regilor”.



Figura 7.9. Jupiter. Credit: NASA.

Jupiter orbitează la 778.330.000 km față de Soare, adică la peste cinci unități astronomice și are un diametru de 11 ori mai mare decât al Pământului. Cu o masă mai mare de 318 ori decât a Pământului și cu un volum de 1.300 de ori mai mare, Jupiter ar putea „înghiți” cea mai mare parte a tuturor planetelor din sistemul solar.

În anul 1610, Galileo Galilei a descoperit că „Regele planetelor” avea un alai compus din patru companioni mai mici, **lunile galileene**: Io, Europa, Ganymede și Callisto. Descoperirea lui Galilei a fost crucială pentru astronomi, ea venind în sprijinul teoriei copernicane, dar a mai fost folosită la prima măsurătoare a vitezei luminii de către astronomul danez Ole Rómer (1644–1710). În 1676, pe când studia mișcarea lui Io, în jurul lui Jupiter, i-a venit ideea genială de a măsura timpul cât Io era ocultat de Jupiter. Efectuând calculele, cu ajutorul distanțelor astronomice din acea vreme, el a găsit valoarea de 135.000 km/s, adică 45% din valoarea cunoscută astăzi de 300.000 km/s.

În anul 1973, sonda spațială, Pioneer 10 a vizitat planeta Jupiter pentru prima dată, fiind urmată de Pioneer 11, Voyager 1 și Voyager 2 și altele. În urma prelucrării informațiilor, s-a dedus că Jupiter are un miez de material solid, cu o masă ce oscilează între 10 și 15 mase terestre. Acest miez solid este înconjurat de o „manta“, formată din hidrogen metalic în stare lichidă, adică un amestec format din electroni și protoni, aflat la o presiune de peste 4 milioane de ori mai mare decât presiunea atmosferică, dar la o temperatură mai mică decât cea din interiorul Soarelui. Acest strat, care este un bun conductor de electricitate, este angrenat în mișcare, datorită mișcării planetei în jurul axei proprii, generând ca orice curent electric câmp magnetic.

Atmosfera jupiteriană, stratul de la suprafață pe care îl vedem noi, este formată din 86% hidrogen și 14% heliu, reprezentând o compoziție apropiată de cea a Nebuloasei primordiale din care s-a format întregul nostru sistem solar. Atmosfera jupiteriană este foarte turbulentă, mișcându-se în benzi la fel ca în cazul Soarelui.

În secolul al XVII –lea a fost observată Marea Pată Roșie, care este o formațiune ovală, destul de mare cât să cuprindă două Pământuri. Din observațiile făcute în infraroșu, Marea Pată Roșie se prezintă ca o regiune de înaltă presiune ai cărei nori superiori sunt mult mai înalți și mai reci decât zonele înconjurătoare. Misterul Marii Pete Roșii este cu atât mai mare, cu cât această formă rezistă în timp, în ciuda unor vânturi cu viteze de circa 650 km/h.

Sonda Galileo, care a transmis date de ultimă oră, a confirmat că Jupiter are un câmp magnetic uriaș, cu mult mai puternic decât cel al Pământului, care se întinde pe o distanță de peste 650 milioane de km, dincolo de orbita lui Saturn, iar spre Soare la numai 4,3 milioane de km.

Uriașa magnetosferă jupiteriană, care cuprinde cei 63 de sateliți naturali cunoscuți până în prezent, cei mari purtând numele unor personaje din viața lui Zeus, ceilalți fiind numai catalogați, își pune amprenta pe activitatea unor sateliți galileeni, ca în cazul lui Io, dar prezintă și o radiație mult mai puternică decât cea observată în centurile Van Allen ale Pământului.

Atunci când sonda spațială Voyager 1, în călătoria ei prin sistemul nostru solar pe care îl va părăsi în 2015, survola planeta Jupiter, oamenii de știință au avut surpriza să observe că planeta are inele, dar mult mai palide și mai mici decât inelele lui Saturn, fiind probabil alcătuite din fragmente de material

pietros. Mai târziu, sonda Galileo a furnizat informații clare, care arată că inelele sunt alimentate permanent de praful format de impactul micrometeoritilor cu cele patru luni interioare, ce sunt foarte energice, datorită forței de atracție a câmpului gravitațional al lui Jupiter.

Dovada colosalei forțe de atracție gravitațională a lui Jupiter a fost observată de astronomi „pe viu“, în 1994, când cele 21 de fragmente ale cometei Shoemaker-Levy 9 au căzut pe planetă, timp de 6 zile, între 15 iulie și 21 iulie, producând impacturi care, dacă ar fi fost pe Pământ, ar fi fost catastrofale pentru viața terestră.

Probabil rolul de „aspirator“ al cometelor, jucat de Jupiter de-alungul existenței Pământului a fost esențial pentru apariția, dezvoltarea și perfecționarea sistemelor vii de pe Pământ.

#### 7.5.4. SATURN

A șasea planetă de la Soare și a doua ca mărime din sistemul nostru solar, Saturn, a fost cunoscută încă din antichitate. Observată de antici ca o stea de culoare galbenă pe cerul vestic, le-a sugerat astronomilor greci denumirea de Cronos, după numele celui mai tânăr dintre titani, tatăl lui Zeus. Romanii i-au spus Saturn asemuindu-l cu zeul agriculturii, inspirați probabil de culoarea galbenă a grânelor coapte.

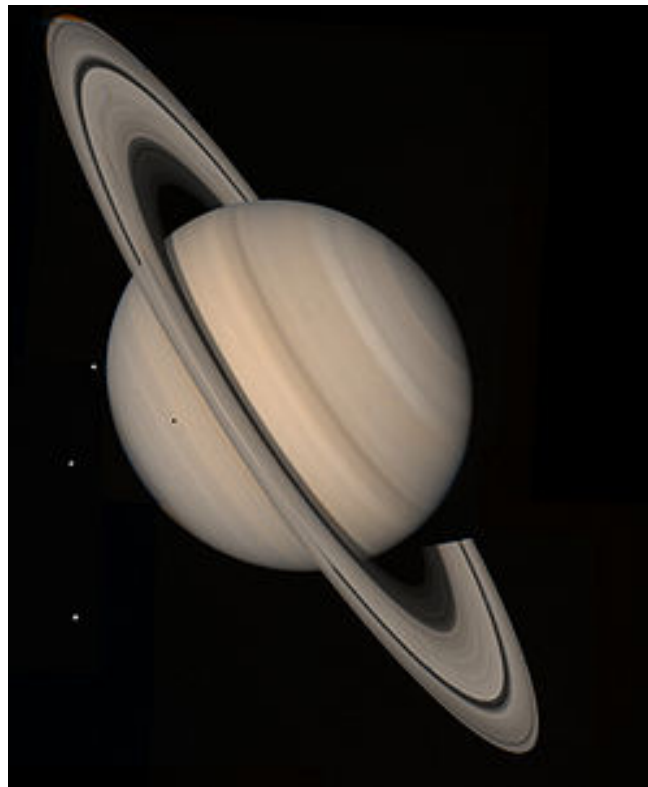


Figura 7.10. Saturn. Credit: NASA.



În anul 1610 Galileo Galilei, scrutând mai atent planeta, a observat un glob cețos și gălbui cu dungi paralele cu ecuatorul, înconjurat de niște formațiuni inelare, absolut senzaționale, **celebrele Inele ale lui Saturn**. În 1659 Christiaan Huygens a observat că inelele sunt divizate și au culori diferite.

Informațiile acumulate până în prezent ne prezintă planeta, care se află la 9,54 unități astronomice față de Soare, ca un sferoid aplatizat, diametrul ecuatorial este de 120.7536 km, iar distanța dintre poli de 108.728 km, a cărui masă de  $5,68 \cdot 10^{26}$  kg, ne indică o densitate medie mai mică decât a apei. Atmosfera superioară, cea pe care o putem observa, prezintă benzi paralele, asemănătoare cu cele ale lui Jupiter, dar nu atât de clar conturate și mai late la ecuator.

Ca și Jupiter, Saturn are o compoziție chimică de 75% hidrogen, 25% heliu și urme de apă, metan, amoniac și silicați la fel ca și compoziția Nebuloasei primordiale. Atmosfera saturniană „ascunde” în interior un miez solid de rocă, înconjurat de o „manta” formată dintr-un strat superior de hidrogen molecular metalic lichid și un strat superior de hidrogen molecular. La fel ca și Jupiter, Saturn este înconjurat de un câmp magnetic puternic, dar tot la fel ca și Jupiter radiază mai multă energie decât primește de la Soare. Acest lucru înseamnă că interiorul lui Saturn este foarte fierbinte cu o temperatură de circa 12.000 grade.

Privit din spațiu Saturn ne oferă un peisaj de un calm absolut, creându-ne o falsă impresie, deoarece în atmosfera saturniană furtunile sunt de proporții epice. Ca și planeta noastră, Saturn are axa de rotație înclinată la circa 23 de grade față de orbită, ceea ce înseamnă că are anotimpuri distincte în timpul unui an saturnian, circa 30 de ani terestri. Vara saturniană începe cu o furtună care se iscă din adâncul planetei spre suprafață, iar acestea apar ca viscole mari de zăpadă de amoniac, ceea ce înseamnă că gigantul gazos are o compoziție chimică ce face viața imposibilă.

Sondele spațiale Voyager au pus într-o lumină nouă inelele lui Saturn, care sunt defapt mii de inele mai mici, care dau impresia unor șanțuri pe un disc de gramofon, formate din particule diferite, ce dau culori diferite: gheața de mărimea bobului de mazăre ne dă culoarea maro, inele apropiate de planetă fiind formate din milioane de particule a căror mărime variază de la dimensiunea unei pietre până la cea a unui automobil. Pe lângă informațiile furnizate despre inelele saturniene au făcut completări asupra sateliților naturali ai planetei, ridicând numărul acestora la 56, din care 34 au primit nume. Cel mai mare satelit Titan, descoperit în 1655 de Christiaan Huygens, este singurul din întregul sistem solar care are o atmosferă densă, similară cu cea de pe Pământ înainte de apariția vieții. Atmosfera lui Titan are o culoare portocalie, fiind formată dintr-un amestec de gaze, unde zăpada de metan cade prin atmosfera de azot. Este aceeași combinație ca ca acum 3,5 miliarde de ani, numai că aici temperatura este de  $-165^{\circ}\text{C}$ , iar pe planeta noastră din acele timpuri temperatura era cu mult mai mare.

### 7.5.5. URANUS

A șaptea planetă de la Soare este situată la o distanță de 19,218 unități astronomice față de Soare. Din acest motiv nu se poate observa decât cu ajutorul instrumentelor optice. A fost semnalată pentru prima dată, în 1690 de către astronomul englez John Flamsteed dar, probabil, fiind pe direcția constelației Taurus, a fost catalogată ca 34 Tauri. După 91 de ani, pe 13 martie 1781, genialul astronom William Herschel, în urma unei cercetări sistematice a cerului a descoperit planeta, numind-o „Planeta Georgiană” în onoarea regelui său, Regele George al treilea al Angliei. Din 1850 a intrat în uz denumirea, propusă de Bode, Uranus, Uranus fiind tatăl lui Cronos.



Figura 7.11. Uranus. Credit: NASA.

Datele furnizate de Voyager 2, care a survolat planeta pe 24 ianuarie 1986, au arătat că Uranus, ca orice planetă gazoasă, are inele și o atmosferă de culoare albastră. Atmosfera planetei este compusă din 83% hidrogen, 15 % heliu și restul metan. Probabil culoarea albastru-verzui se datorează faptului că atmosfera superioară absoarbe culoarea roșie a metanului. Interiorul planetei este în multe privințe similar cu cel al lui Jupiter și Saturn, mai puțin stratul de hidrogen metalic care-i conferă un câmp magnetic de 48 de ori mai puternic decât cel terestru, aliniat normal la rotația planetei.

Observațiile făcute de Voyager 2 au scos în evidență că axa lui Uranus e aproape paralelă cu elipsa, polul sud al planetei fiind orientat atunci aproape direct spre Soare. Concluzia ce s-ar putea desprinde de aici, că regiunile polare primesc mai multă energie de la Soare, este contrazisă de măsurători, care arată că Uranus este mai caldă la ecuator.

Savanții au explicat această anomalie printr-o ipoteză destul de plauzibilă și anume că într-un trecut îndepărtat, Uranus a suferit o coliziune catastrofală, iar în urma impactului, planeta a fost distrusă aproape complet, dar miezul rămas a avut suficientă forță pentru a reîntregi planeta sub forma pe care o vedem astăzi.

Ca și celelalte planete gazoase atmosfera are grupări de nori care se plimbă cu viteza de circa 576 km/h, menținându-se modelul de centuri latitudinale în ciuda orientării axei sale.

Până acum s-au descoperit 27 de sateliți, din care numai 20 au fost denumiți, dar Voyager 2 a scos în evidență satelitul Miranda, descoperit de Kuiper în 1948, care cu un diametru de numai 480 km prezintă cele mai variate forme de relief (platouri, canioane, vârfuri și cratere) pentru un corp mic. Explicația acestei suprafețe dinamice constă în jocul atracției gravitaționale dintre corpurile ce formează suita planetei, precum și gravitația enormă pe care o exercită planeta.

Sunt cunoscute 11 inele ale planetei, care are o temperatură de -216 grade Celsius, dar numai unul este mai luminos - inelul Epsilon.

#### 7.5.6. NEPTUN

A opta planetă de la Soare și ultima din sistemul nostru solar, Neptun a fost observată pentru prima dată pe 28 decembrie 1612 și din nou pe 27 ianuarie 1613 de către Galileo Galilei, care a confundat planeta cu o stea fixă.



Figura 7.12. Neptun. Credit: NASA.

Perturbațiile care rezultau în urma observațiilor și calculelor asupra traiectoriei lui Uranus arătau că exista „ceva“ dincolo de orbita uraniană care le producea. Au fost mai multe încercări de a descoperi acel „ceva“, dar francezul Urban Le Verrier, calculând traiectoria acelui „ceva“ l-a convins pe Johann Gottfried Galle de la Observatorul din Berlin să cerceteze regiunea de cer corespunzătoare. La 23 septembrie 1846, Galle a descoperit planeta la numai 1° de locul prezis de Le Verrier cu puțin timp în urmă.

A fost denumită Neptun, după numele zeului mărilor din mitologia romană, probabil și datorită faptului că se află la o distanță de peste 30 de unități astronomice față de Soare. Această depărtare face ca anul neptunian să fie cât 165 de ani terestri. Interesant este că la 248 de ani, pentru o perioadă de 20 de ani, Neptun este cu adevărat cea mai îndepărtată planetă față de Soare, datorită faptului că orbita lui Pluto este în acest timp în interiorul orbitei neptuniene.

Datele primite de la sonda spațială Voyager 2, care a survolat planeta la 25 august 1989, au arătat că, spre deosebire de Uranus, Neptun are un diametru mai mic, de numai 49.532 km (la ecuator), dar o masă mai mare de  $1,0247 \cdot 10^{26}$  kg, adică de peste 17 ori mai mare decât masa Pământului.

Atmosfera neptuniană este alcătuită din 80% hidrogen, 19% heliu și restul metan. Tocmai fracțiunea de metan din atmosferă se pare că este responsabilă de culoarea albastră a planetei. Ca orice planetă gazoasă are benzi în latitudine, dar prezintă și ochiuri de furtună cu vânturi ce ajung la 2.000 km/h, fiind de altfel cele mai rapide vânturi înregistrate în sistemul solar. Acest lucru s-a dedus din faptul că Voyager 2 a văzut o Mare Pată Neagră în emisfera sudică, iar în anul 1994 Telescopul Hubble a observat o Mare Pată Neagră în emisfera nordică. Această schimbare rapidă din atmosfera neptuniană se poate datora și diferențelor de temperatură dintre vârful norilor săi și baza norilor săi. Atmosfera neptuniană este adâncă, transformându-se treptat în apă și gheață topită, a altor elemente, ce înconjoară un miez solid de dimensiunea Pământului.

Magnetosfera neptuniană are oscilații serioase la fiecare rotație, dar este de 27 de ori mai puternică decât cea a Pământului. Neptun ca și ceilalți giganti gazoși are inele, primul descoperit în 1968 de Edward Guinan, iar celelalte cinci au fost descoperite de Voyager 2. Natura lor nu este lămurită pe deplin, dar se presupune că sunt relativ recente și au o viață scurtă.

În 1846 Lasell a descoperit că Neptun avea o lună, Triton, ce orbita în jurul planetei în direcție opusă față de direcția obișnuită a majorității lunilor din sistemul solar, ceea ce sugerează că este un „orfan“ capturat și adoptat de Neptun. Gigantul de gaz, de culoare albastră, și luna sa de gheață, care are o temperatură de -235 grade Celsius, formează un cuplu ciudat. Ciudat este și faptul că acest satelit are gheizere, formate probabil din azot, ce aruncă jeturi de gaz la unghiuri de 90° și transportă praful astfel format la sute de km, după care cade pe suprafața satelitului formând dungi întunecate.

În afară de Triton, Neptun mai are încă 12 sateliți, dintre care ultimul descoperit în 2003 nu are încă un nume.

## 7.6. MATERIA INTERPLANETARĂ

Noi nu putem observa decât corpurile luminoase sau corpurile luminate, dacă au mase și volume suficient de mari pentru a reflecta lumina. Cu toate acestea spațiul dintre planete, care este imens în raport cu dimensiunile acestora, nu este gol ci este ocupat de materie rarefiată. Aceasta are diferite dimensiuni și provine din ciocnirea/dezintegrarea unor corpuri din sistemul solar: comete, asteroizi, resturi ale materiei originare din care s-a format sistemul nostru solar sau emisiunea corpusculară a Soarelui.

### 7.6.1. Meteori și meteoriți

În nopțile senine, adesea avem parte de un spectacol feeric atunci când observăm mici corpuri luminoase denumite popular „stele căzătoare“. Ele nu sunt altceva decât fenomene luminoase provocate de corpuri numite **meteori**.

**Meteorii** sunt resturi de materie de mărime mică, rezultate în urma coliziunii între asteroizi, sau a dezintegrării cometelor. În general sunt compuși din fier și rocă. De foarte multe ori cad asemenea fragmente în atmosfera terestră cu viteze de cuprinse între 10 și 70 km/s dar, în urma frecării cu atmosfera, se întâmplă ca unii meteori să nici nu atingă pământul. Fenomenul luminos provocat de căderea prin atmosferă a unui corp solid de dimensiuni mici se numește **meteor**.



Figura.7.13. Ploaie de meteori.  
Credit foto: North American Meteor Network (NAMN).

Meteorii care au o masă apreciabilă rezistă la frecarea cu aerul atmosferic și ajung pe suprafața terestră se numesc **meteoriții**, iar cei cu viteze mult mai mari se numesc **bolizi**.

**Meteoriții** sunt bucăți de diverse dimensiuni de fier și rocă rezultate în urma coliziunii dintre asteroizi. De asemenea, ei s-au putut forma și în urma dezintegrării cometelor în fragmente.

Mulți meteoriți cad spre Pământ, dar majoritatea ard din cauza frecării cu aerul încă înainte să atingă Pământul, în momentul intrării lor în straturile înalte ale atmosferei.

Craterelor care se găsesc pe Lună sunt datorate tot meteoriților, iar din cauza lipsei atmosferei, nu există eroziune care să le estompeze cu timpul. Mare parte din cei peste 22.000 de meteoriți găsiți pe Pământ sunt resturi din centura de asteroizi. Doar 18 din ei se pare ca provin de pe Lună, și numai 14 de pe Marte. Unii ar putea să provină din comete, deși nu s-au găsit resturi de comete.

Cele mai probabile locuri unde pot fi găsiți meteoriți sunt cele deschise, cum sunt câmpurile de gheață și deșerturile, unde nu au fost îngropați de sedimente sau roci, acoperiți de vegetație sau îngropați sub construcții. Numai în Antarctica au fost colecționate 17.000 eșantioane de meteoriți.

Există însă și cazuri în care meteoriți mari și chiar gigantici au lovit serios Pământul. Așa s-a întâmplat cu meteoritul "Chicxulub" (cuvânt din limba Yucatec-Maya care se pronunță aproximativ Cic-șu-'lub), care a căzut pe Pământ acum circa 65 milioane de ani și a provocat printre altele un crater de 180 km în diametru. Mărimea meteoritului se apreciază de a fi fost de cel puțin 10 km. Locul impactului se află în mare, nu departe de coasta nordică a peninsulei Yucatán și de orașul Chicxulub din Mexic. Craterul de sub mare a stat îngropat în sedimente pietroase, din care cauză el nu a suferit erodări naturale și s-a păstrat foarte bine până în zilele noastre. Se crede că ciocnirea meteoritului Chicxulub de Pământ a fost cauza dispariției dinozaurilor.

În secolul trecut, pe 30 iunie 1908, a avut loc un incident similar la nord de râul Tunguska, din Siberia, când un corp, cu un diametru de 50 m (un meteorit) a explodat la o înălțime de 6 km, producând o explozie echivalentă cu 15-30 de tone de explozibil convențional. Nu s-au produs pagube umane semnificative, deoarece zona era izolată, dar undele de șoc au înconjurat Pământul de mai multe ori. Pentru comparație, la data de 29.01.2008 un „cartof” enorm, cu dimensiuni cuprinse între 150 m și 600 m, asteroidul „2007 TU 24” a trecut la „numai” 537.500 km de Pământ, cu o viteză de 9.248 km/s.

V-ați întrebat vreodată de ce sunt importanți meteoriții pentru noi? Unii da, unii nu. Răspunsul este simplu: sunt singurele dovezi palpabile care ne vin din spațiu despre materia cosmică pe care le putem atinge, studia și de ce nu... colecționa.

◆ Meteoriții au următoarele caracteristici generale:

- Conținut de fier ridicat.
- Magnetism relativ ridicat.

- Crusta de fuziune – creată datorită trecerii prin atmosfera terestră.
  - ◆ Meteorii sunt clasificați în funcție de conținutul lor:
- **Pietroși sau litici** se află într-o proporție de 95,6% și au în compoziție Si, O, Fe, Mg, Ca la fel ca pe Pământ. Ca și rocile terestre, aceștia se compun din minerale ca: piroxen, olivină și plagioclaz dar, spre deosebire de rocile terestre, au un conținut mai mare de fier și nichel. Aceștia se mai pot clasifica în **condrite** și **acrodite** în funcție de conținutul de formațiuni sferice (**condrule** care în grecește înseamnă grăunte).
- **Feroși sau sideriți** se află într-o proporție de 4,5%, fiind bucăți rupte în urma coliziunii dintre asteroizi. Acest tip de meteorii au o structură mineralogică determinată de întrepătrunderea a două faze ale aliajelor nichel-fier: **camacitul** (predomină fierul și nichelul este <7%) și **taenitul** (nichelul este într-o proporție de 20-50%). Din acest motiv mai pot fi clasificați în: **magmatici** (solidificați prin solidificare parțială) și **nemagmatici**, aceștia din urmă fiind rezultatul proceselor de impact.
- **Amestecați (litosiderit sau fero-litici)** – provin din mantaua corpului de origine (preponderent altele decât asteroizi) – care au următoarele subclase: pallasite, mesosiderite și lodranite. Avem puține specimene din acest tip de meteorii, cele mai frecvente sunt din primele două, iar din ultima doar doi până în prezent.
  - ◆ Din punct de vedere al provenienței, cei mai cunoscuți sunt:
- **Meteorii lunari**, în număr de 31 dintre care 15 au fost găsiți în Antartica. Mulți au compoziție de natură: gabroică (adică feldspați plagioclazi și minerale fero-magneziene ca piroxenii, olivină sau/și amfiboli) sau bazaltică, dar majoritatea sunt breccii regolitice (de acumulare), de compoziție anortozică – rocă alcătuită din peste 90% felspat plagioclaz și maxim 10% minerale mafice: fero-magneziene.
- **Meteorii marțieni** (cu origine aproape sigură) sunt în prezent în număr de 37. La stabilirea originii lor s-a avut în vedere vechimea și „inventarul“ de gaze nobile. Ei au fost împărțiți în patru grupe:
  - i)* **Shergottite** sunt roci piroxenice-plagioclazice care se mai pot subîmpărți în bazaltice și lherzolitice.
  - ii)* **Nakhilite** sunt acumulări de suprafață, care au fost expuse hidrosferei marțiene și conțin astfel ansamble de carbonat, sulfat și halite.
  - iii)* **Chassigny** care este un daunit bogat în olivină singurul de acest tip.
  - iv)* **Alan Hills ALH84001** este, ca și cel anterior singurul de acest tip, un ortopiroxenit bogat în carbonat. Acest meteorit a fost supus celor mai aprofundate cercetări, deoarece prezintă niște formațiuni microscopice care par a fi incluziuni de bacterii fosilizate ca urmare a unor posibile urme de viață pe Marte.
    - ◆ Una dintre cele mai recente modalități de analiză și totodată de clasificare rapidă și nedistructivă a meteoritelor se bazează pe magnetismul lor furnizând cinci metode de studiu:

**a) Susceptibilitatea magnetică** constă în măsurarea volumului magnetizării în funcție de valoarea câmpului aplicat. Se obține astfel o măsură a concentrației mineralelor, îndeosebi a celor feromagnetice dar și paramagnetice, care depinde de dimensiunea granulelor componente.

**b) Temperatura Curie** constă în determinarea variației susceptibilității magnetice în funcție de temperatură. Metoda constă în trasarea unor curbe ale susceptibilității magnetice în funcție de variația temperaturii probei care se află într-un mediu lipsit de aer (argon), pentru a nu se afecta probele. Se obțin astfel curbe ale susceptibilității magnetice care în funcție de palierele atinse pot da informații despre mineralele din componența probei. Palierile intermediare, dacă sunt, asigură mai multe elemente de identificare cum ar fi: taenitului, kamacitului, magnetitului, troilitului, etc.

**c) Magnetizarea izotermă remanentă** constă din măsurarea magnetizării unei probe care a fost supusă anterior unui câmp magnetic extern, la o temperatură constantă. Din graficele astfel obținute se poate deduce prezența mineralelor magnetice.

**d) Dependența de frecvență** presupune urmărirea raporturilor dintre măsurătorile obținute la diferite frecvențe.

**e) Anizotropia** este o metodă bazată pe măsurarea răspunsului la aplicarea unui câmp electromagnetic în funcție de poziționarea probei. Rezultatul obținut reprezintă o măsură precisă a dependenței magnetizării de poziție prin compararea rezultatelor la multiple măsurători cu proba într-o poziție fixă, cu cele obținute după orientarea aleatoare a probei.




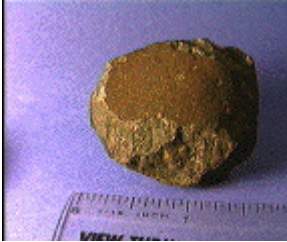

Aceste măsurători se fac, însă, numai meteoriților cu un conținut redus de fier.



Figura.7.14. Un meteorit și craterul său.  
Credit foto: Frank Florian, TWoS-E / RASC.



◆Tipuri de meteoriți:

Feroși	alcătuiți din fier și nichel; similari asteroizilor de tip M.	
Fero-litici	amestec de fier și material pietros, asemeni asteroizilor de tip S.	
Condrite	cei mai mulți meteoriți fac parte din această clasă; sunt similari ca și compoziție cu mantaua și crustele planetelor terestriale.	
Condrite- Carbonacee	foarte asemănători, ca și compoziție cu Soarele, mai puțin volatili; similari cu asteroizii de tip C.	
Acondrite	similar cu bazaltul; se presupune că originea lor este de pe Lună sau Marte.	

Datorită rarității lor , deoarece locurile favorabile găsirii lor sunt: deșerturi, albiile secate, zonele înghețate de la poli, prețurile meteoriților variază în funcție de raritatea clasei din care fac parte și de mărimea lor. Cei mai scumpi sunt cei acondritici care au un preț de zeci de mii de dolari per gram, urmați de cei fero-litici cu un preț cuprins între 20 și 50 de dolari per gram, iar cei mai ieftini sunt cei feroși cu un preț de câțiva dolari per gram.

Și pe teritoriul țării noastre s-au găsit meteoriți conform datelor de mai jos:

NR. CRT	LOCALITATEA	MASA(KG)	DATA
1.	Cacova	0,577	19.05.1858
2.	Mező-Madaras	22,7	04.09.1852
3.	Moci/Mocs	300	03.02.1882
4.	Ohaba	16,25	11.10.1857
5.	Sopot	0,958	27.04.1927
6.	Tauti	21	07.08.1937
7.	Jadani /Zadany	0,552	31.03.1875

Odată cu cercetarea meteoritului marțian ALH84001, cel care a făcut ca oamenii de știință și nu numai ei, ci chiar pe președintele american în exercițiu Bill Clinton să afirme că au existat forme primitive de viață pe Marte, a apărut nevoia de a cerceta mai îndeaproape acești soli cerești. În cercetările efectuate în diverse medii foarte ostile vieții pe Pământ s-au descoperit organisme extremofile care trăiesc în medii radioactive (bacteria Radiodurans), în apele de la Marea Moartă (bacteria Halobacterium), care au capacitatea de a repara defecțiuni ale ADN.

### 7.6.2.Comete

Armonia sistemului nostru solar este perturbată din când în când de apariția unei stele cu coadă, considerată până nu demult o stea de groază, malefică: **o cometă**. Studiile lui Edmund Halley din secolul al XVII-lea au revoluționat știința cometelor. Cele mai apropiate comete, cele cu perioadă scurtă, sunt cele din Centura Kuiper. Aceste comete sunt și mai accesibile pentru studiu și cercetare.

**Cometele** sunt corpuri cerești mici care se rotesc în jurul unui Soare. În mod normal este vorba de Soarele Sistemului nostru Solar. Majoritatea cometelor sunt formate din trei părți:

- un nucleu central, solid, alcătuit din gaze înghețate, care înglobează pietricele și praf,
- o coamă rotundă sau cap care înconjoară nucleul, formate tot din gaze și particule,
- o coadă lungă de gaze și praf în prelungirea capului, ce poate atinge o lungime de câteva sute de milioane de km.

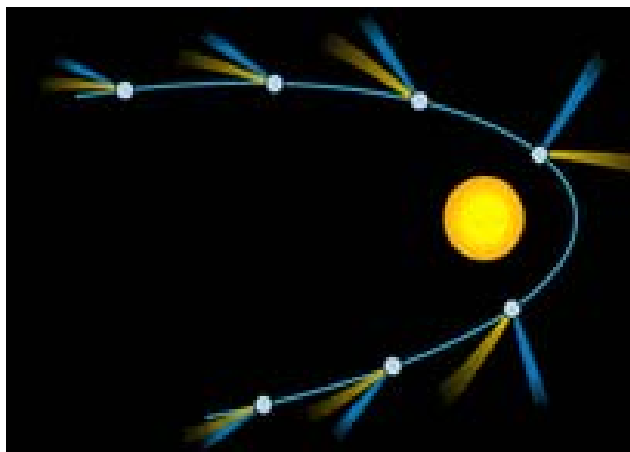


Figura 7.15. Orbita unei comete cu coadă dublă.

Multe comete trec prin zonele marginale ale Sistemului Solar. Uneori, unele din ele ajung totuși și în apropierea Soarelui, unde capetele lor luminoase și cozile lor lungi și strălucitoare constituie o imagine spectaculoasă. Majoritatea cometelor se apropie de Soare doar pentru o scurtă perioadă de timp.

Cercetările moderne au început prin lansarea sondei spațiale Giotto de către ESA–Agenția Spațială Europeană, care a cercetat cometa Halley în martie 1989. Datele obținute au scos în evidență faptul că nucleul cometei are o lungime de 16 km și un diametru de 6,5 km, prezentând o structură complexă. Activitatea de la suprafață constă din praf și gaze în fierbere, gaze care nu ocupă 10% din suprafață, iar în rest uriașul „cartof” este negru ca tăciunile.

Când o cometă se apropie de Soare, căldura acestuia „crapă” suprafața cometei și gheața solidă aflată în miezul ei, se transformă în gaz prin procesul fizic numit **sublimare**. Astfel cometa se înconjoară de un nor de gaz, numit **coamă**, care se întinde datorită vântului solar pe o distanță de mai multe milioane de km, dar atât de ușoară încât ar putea încăpea într-o valiză de voiaj. Vântul solar este atât de puternic încât, indiferent de direcția cometei, coada se propagă în partea opusă Soarelui.

Cometele, care au provocat groază de-a lungul timpului, sunt defapt niște „bulgări murdari” compuși din: carbon, hidrogen, minerale și apă înghețată în proporție de 50%. Tocmai această incredibilă cantitate de apă i-a făcut pe savanți să presupună că apa de pe planeta noastră provine din perioada când aceste comete „bombardau” Pământul, perioadă în care Pământul se pregătea să găzduiască viața. Cometele Centurii Kuiper continuă să furnizeze și astăzi materie Pământului sub forma prafului cometar și a bucăților mari, care ard la intrarea în atmosferă, sau a fragmentelor mici ce cad pe suprafața Pământului.

Pentru a putea studia monstre nealterate, dintr-o cometă, a fost lansată o sondă spațială, prin programul STARDUST, spre cometa Wild 2. În ianuarie 2004 sonda, aflată la 240 km de cometă, a prelevat probe de praf și după doi ani a revenit acasă, aducând noi informații despre compoziția și evoluția cometelor, demonstrând că acestea conțin și molecule organice.

Ca de obicei, cu cât s-au acumulat mai multe informații despre comete, cu atât s-a mărit și numărul de întrebări, iar în consecință, studiul și explorarea cometelor rămâne o prioritate pentru programele spațiale de cercetare.

## 7. 7. MARGINILE SISTEMULUI SOLAR

Din antichitate oamenii au considerat că sistemul solar împreună cu stelele reprezintă tot Universul , iar Pământul este centrul acestui Univers. Când Nicolaus Copernic a presupus că Soarele, și nu Pământul, se află în centrul acestui Univers, s-a produs o adevărată revoluție în cunoaștere, zdruncinând din temelii credințe, obiceiuri și tradiții.

Atunci când Galileo Galilei a descoperit inelele lui Saturn, în anul 1610, astronomii au fost convinși că hotarele imperiului solar se întind mult mai departe decât puterea de observare a instrumentelor astronomice din acea perioadă, iar Universul este nesfârșit, infinit.

Îmbunătățirea performanțelor telescoapelor a făcut ca în anul 1781 William Herschel să descopere planeta Uranus, iar în anul 1846 Johann Gottfried Galle să descopere planeta Neptun.

Astfel la începutul secolului al XX-lea, sistemul solar avea următoarea structură: Soarele înconjurat de cele opt planete (Mercur, Venus, Pământ, Marte, Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun) și lunile lor, care orbitau în jurul Soarelui. Data de 18 februarie 1930 a fost un alt punct de reper în încercarea de a cunoaște granițele sistemului nostru solar, atunci când astronomul american Clyde W. Tombaugh a avut norocul să descopere la o distanță de peste 39,5 unități astronomice o nouă planetă. Datorită distanței mari față de Soare, precum și a faptului că mișcarea sa de revoluție este de aproximativ 249 de ani tereștri, a primit numele Pluto, după numele zeului roman al Lumii de dincolo. Astfel structura sistemului nostru solar în secolul trecut s-a modificat prin adăugarea lui Pluto la numărul planetelor cunoscute și a lui Charon, satelitul său descoperit în 1978 de Jim Christy, adăugat la numărul sateliților naturali ai sistemului.

Începutul nostru de secol a fost bulversat, atunci când, pe 24 august 2006, în urma unei rezoluții a Uniunii Astronomice Internaționale, Pluto a fost retrogradat la statutul de planetă pitică sau **plutoid**. Această reclasificare și reordonare a corpurilor din sistemul nostru solar a fost necesară, deoarece în ultimul deceniu al secolului trecut au fost observate peste 1.000 de obiecte cerești, situate într-o bandă cuprinsă între 30 și 50 de unități astronomice, care a fost numită **Centura Kuiper**. Numele a fost dat în cinstea astronomului american, de origine olandeză, Gerard Peter Kuiper (1905–1973), cel care a prezis și a demonstrat existența acesteia, ca fiind formată din corpuri ce

reprezintă rămășițe ale materiei primordiale din care s-a format sistemul nostru solar.

Centura Kuiper este populată din plutoizi, planete mici și comete. Vom trece în revistă cele mai reprezentative corpuri din această regiune.

**Pluto** a fost considerată până de curând a noua planetă de la Soare, deși era mai mică decât cei mai mari sateliți din sistemul solar: Ganimede, Titan, Callisto, Io, Luna, Europa și Triton. Masa plutoniană nu depășește 0,2 din masa Lunii. Atmosfera sa este formată din azot și monoxid de carbon, aflată în echilibru cu interiorul său solid. Temperatura sa de  $-240^{\circ}\text{C}$  se pare că se datorează și efectului de sublimare a gheții de azot.

Pluto are astăzi trei sateliți cunoscuți: Charon, cunoștința noastră mai veche, Nix și Hydra. Pentru a afla mai multe despre acest corp ceresc îndepărtat, NASA a lansat o sondă spațială New Horizons, pe data de 19 ianuarie 2006, care după 9 ani, în 2015, va ajunge la Pluto oferindu-ne noi informații.

Al doilea corp din categoria plutoizilor a fost descoperit în Centura Kuiper în 2002. A fost botezat **Quaoar** de descoperitorii săi, după numele zeului creației din mitologia tribului Tongva. Corpul este mai mare decât Charon, satelitul lui Pluto, având un diametru de 1.250 km și un volum în care ar putea încăpea peste 50.000 de asteroizi. Quaoar mai fusese fotografiat în 1980 de echipa lui M. Brown, dar nu a fost recunoscut decât în 2002, probabil și datorită faptului că ocolește Soarele la fiecare 288 de ani, pe o orbită situată la o distanță de 6,4 de miliarde de kilometri.

Al treilea plutoid ca mărime din Centura Kuiper a fost descoperit în 2005 la Observatorul de pe Mount Palomar din SUA. Corpul a fost botezat **Make Make** de descoperitorii săi, după numele Zeului Creației al tribului Rapa Nui. Fiind situat la circa 7,8 miliarde de km și înconjurând Soarele la aproximativ 306,5 ani odată, a fost puțin cercetat. Observațiile de până acum au arătat că are un diametru de 1.600 km la fel ca Rhea, satelitul lui Saturn.

Cel mai important obiect ceresc din această regiune este, de departe, **plutoidul Eris**. A fost descoperit de Mike Brown și echipa sa de la Caltech-Pasadena din California, în 2005, la circa 15 miliarde de km. Cu un diametru de 3.000 de km, Eris este cea mai importantă descoperire, de la descoperirea satelitului neptunian, Triton, din 1846 până în prezent. Fiind mai mare cu 27% decât Pluto a fost numit și a zecea planetă.

Numele Eris a fost dat, de descoperitorii săi, după numele zeiței gâlcevii și discordiei din mitologia greacă. Corpul are o suprafață gălbuie, probabil de la metanul care iese din interior și îngheață imediat la suprafața, datorită unei temperaturi mai mici de  $-240^{\circ}\text{C}$ . Eris înconjoară Soarele într-un timp de două ori mai mare decât timpul necesar lui Pluto, fiind însoțit de un satelit, **Dysnomia**, cu diametrul de 150 km, care-l înconjoară la fiecare 16 zile. Satelitul a primit numele fiicei lui Eris, Dysnomia, zeița haosului și fărâdelegii.

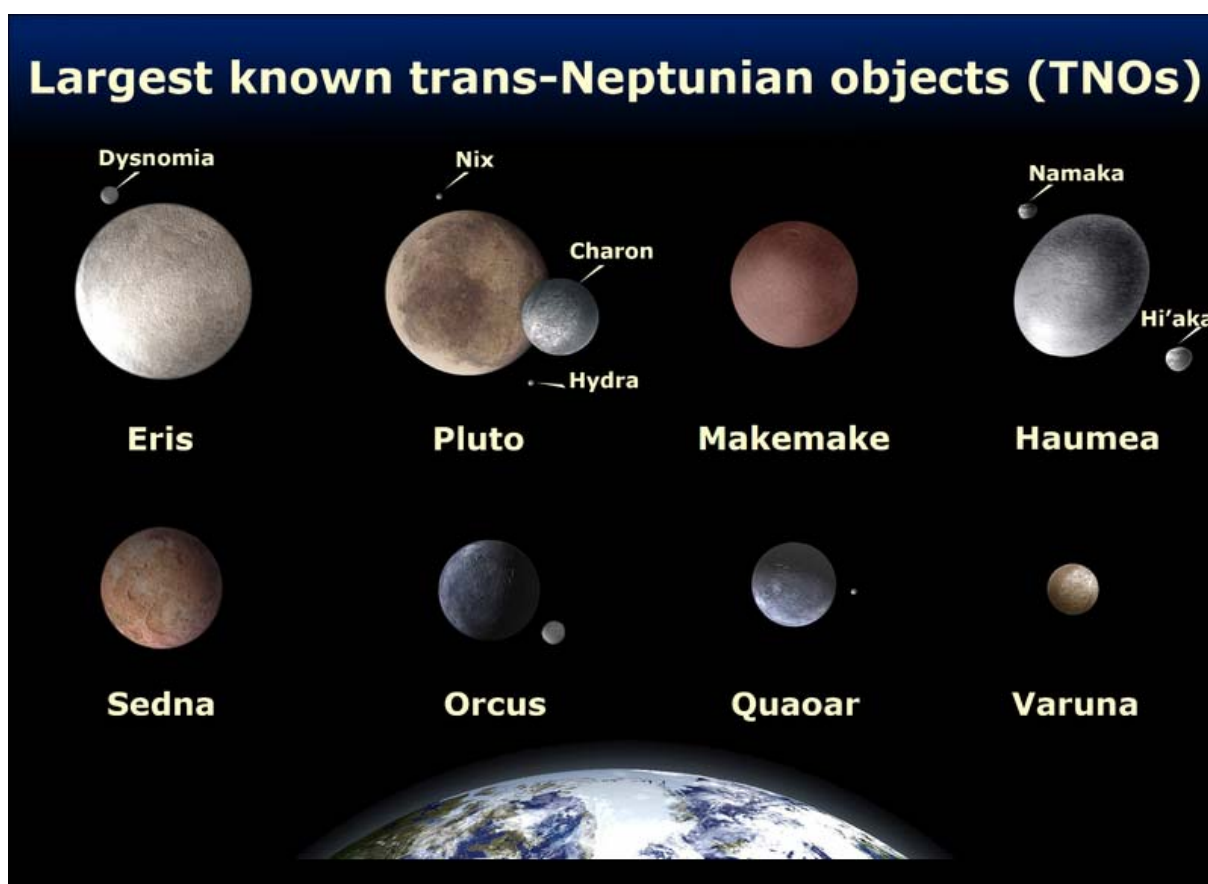


Figura 7.16. Cele mai mari corpuri transneptuniene cunoscute.  
Credit: NASA/ESA.

În martie 2004 diferite echipe de astronomi au anunțat prezența unui obiect la 86 de unități astronomice, care nu făcea parte din Centura Kuiper. Corpul, aflat în cele mai reci regiuni ale sistemului solar, a fost numit de descoperitorii săi **Sedna**, după numele unui zeu inuit ce sălășuia în adâncul Oceanului Înghețat. Sedna este cu atât mai important cu cât nimeni nu se aștepta să găsească un astfel de corp între Centura Kuiper și Norul lui Oort.

Sedna mai atrage atenția și pentru culoarea sa roșiatică fiind, după Marte, al doilea obiect ceresc de culoare roșie cunoscut din sistemul nostru solar. Este mai mic decât Pluto, având un diametru de 1.700 km și înconjoară Soarele la 10.500 de ani. Temperatura plutoidului la suprafață este de circa  $-240^{\circ}\text{C}$ . Existența acestui corp la o asemenea distanță, care să înconjoare Soarele, a fost explicat de oamenii de știință prin următoarea ipoteză și anume: ori Norul lui Oort se întinde mult mai aproape de Soare, ori Sedna este încă un obiect provenit din materia primordială din care s-a format sistemul solar.

**Norul lui Oort** este defapt o ipoteză propusă de astronomul Jan Oort în 1950. Pentru a explica dimensiunile sistemului nostru solar, el a presupus că influența Soarelui se manifestă într-o regiune sferică ce are Soarele în centru și o rază egală cu jumătate din distanța de la Soare la cea mai apropiată stea, Proxima Centauri, aflată la 4,24 ani-lumină, adică o sferă cu raza de 2,12 ani-

lumină. Această sferă extinsă pe aproximativ 30 de mii de miliarde de km este formată din materia primordială din care s-a format sistemul solar, un imens nor molecular și miliarde de corpuri de gheață, comete cu perioadă lungă. Acest tip de comete cu perioadă lungă au fost observate în interiorul sistemului solar numai odată, spre deosebire de cometele din Centura Kuiper a căror perioadă nu depășește 200 de ani.

Norul lui Oort conține miliarde de comete, aflate la distanțe cuprinse între 16 și 160 de milioane de km, una de alta. Existența lor este stranie și datorită faptului că „plutesc de la sine” în spațiu de patru miliarde de ani, pe orbite atât de ample și de lente, încât înconjoară Soarele în aproape 30 de milioane de ani. Orice perturbație, a unui astru din vecinătatea traiectoriei lor, le poate modifica traiectoria, trimițându-le fie spre interiorul sistemului solar cu viteză accelerată, fie în spațiul interstelar.

Norul lui Oort, un gigantic nor molecular, este datorat acumulării de hidrogen provenit de la nașterea Imperiului Solar. Datorită forțelor moleculare de legătură dintre ele, moleculele reacționează foarte rar, cam la 300÷500 de milioane de ani, dar destul de violent încât să redistribuie configurația cometelor din Nor. Masa totală a cometelor din Norul lui Oort este estimată a fi de circa 40 de ori mai mare decât masa Pământului.

## CAPITOLUL 8

### LUNA

#### 8.1. FORMAREA LUNII

Este singurul satelit natural al Pământului, fiind cunoscut încă din timpuri preistorice, deoarece este al doilea corp ceresc ca strălucire după Soare. Fiecare civilizație a numit Luna în funcție de de cultură și nivelul de dezvoltare, grecii i-au spus Artemis și Selena, romanii Luna, etc.

Abia în secolul trecut, primul pas în cunoașterea de aproape a Lunii, s-a făcut prin lansarea sondei spațiale sovietice Luna 2, în anul 1959, iar zece ani mai târziu, în 20 iulie 1969, Luna a fost vizitată de un echipaj uman.

Satelitul nostru natural este un bulgăre de rocă și praf de 81 de milioane de miliarde de tone cu un diametru de 3476 km, ce orbitează la aproape 400.000 de km deasupra noastră. Are munți de până la 4.800 m înălțime și milioane de cratere ce-i brăzdează solul uscat, pentru că nu a fost găsită apă în stare lichidă. Temperatura variază între  $-250^{\circ}\text{C}$  și  $380^{\circ}\text{C}$ , iar gravitația sa este de șase ori mai mică decât cea terestră.

Din sumara descriere de mai sus deducem cu ușurință că nu este nici pe departe un loc primitiv, dar cu toate acestea, Luna continuă să ne fascineze și să ne impresioneze.

Luna este partenerul nedespărțit al Pământului în mișcarea sa de revoluție în jurul Soarelui. Cu toate acestea, Luna nu exista acum 4,5 miliarde de ani, atunci când sistemul nostru solar timpuriu avea mai multe planete. Printre acestea se afla o planetă, cam jumătate cât Pământul, Theia, a cărei orbită s-a intersectat cu a Pământului, iar la un moment dat a intrat în coliziune cu Pământul. În urma acestei ciocniri catastrofale, de o putere inimaginabilă, s-au desprins secțiuni cât continentele de pe suprafața Terrei, fiind aruncate în spațiu. Acestea conțineau elemente mai ușoare decât fierul, iar atmosfera din jurul planetei topite era formată din vapori de rocă.

Gravitația Pământului a atras majoritatea vaporilor de rocă, dar restul au ajuns în spațiul cosmic și pentru că nu au reușit să scape definitiv de atracția Pământului au format în jurul acestuia un inel de praf și rocă. Prin procesul numit **concreștere**, particulele s-au ciocnit și au fuzionat între ele formând bulgări mai mari. În timp ce resturile se uneau, forțele de gravitație combinate au atras și mai multe fragmente, până când miliardele de particule au format o minge fierbinte de materie topită, **protoluna**. În mai puțin de 100 de ani s-a răcit, devenind un bulgăre solid de piatră, de cinci ori mai mic decât Pământul, la o distanță de 27.350 de km de acesta. Geneza ei violentă a îndepărtat-o de Pământ într-o călătorie ireversibilă, care va dura până la sfârșitul vieții Soarelui nostru. Anual Luna se îndepărtează cu 3,8 cm de noi.

Acum 4 miliarde de ani, Luna orbita la 138.400 de km afectând profund Pământul prin atracția sa gravitațională. Atracția sa gravitațională a



creat marea cu valuri înalte de mii de metri, care năvălind pe uscat au creat **supa primordială** din care a apărut viața. Un alt efect benefic al giganticelor marea a fost acela că au **îmblânzit** atmosfera planetei permițând astfel evoluția diverselor forme de viață spre structuri mai complexe.

În urma coliziunii cu **Theia –Zeița Mamă a Lunii**, axa Pământului s-a înclinat la 23,5 grade și viteza sa de rotație în jurul axei proprii s-a mărit, fiind de patru ori mai mare ca astăzi.



Figura 8.1. Luna. Credit: NASA.

După formarea ei, Luna a menținut această înclinație și datorită permanentei interacțiuni dintre aceste corpuri cerești, Pământul și-a redus viteza de rotație la cea de azi. Astăzi, influența Lunii este mult mai mică, dar nu a dispărut complet, se pare că încă mai are suficientă forță pentru a produce erupții vulcanice și cutremure.

## 8.2.MIȘCAREA REALĂ ȘI APARENTĂ A LUNII

Observațiile sistematice făcute asupra Lunii din același loc de pe suprafața Pământului, în nopți succesive, dovedesc că imaginea aparentă a Lunii se deplasează printre stele, în sens direct, rătăcind numai printre stelele din constelațiile zodiacale.

Pentru a calcula mișcarea reală a Lunii trebuie să rezolvăm atât problema celor trei corpuri cât și problema perturbațiilor.

Într-o aproximație destul de bună putem considera că mișcarea reală a Lunii în raport cu Pământul este rezultatul strict al interacțiunii gravitaționale cu Pământul.

În aceste condiții mișcarea Lunii, în raport cu Pământul, în acord cu legile lui Kepler se face pe o traiectorie eliptică ce are Pământul într-unul din focare.

Planul traiectoriei mișcării reale a Lunii în raport cu Pământul este înclinat față de planul traiectoriei Pământului în jurul Soarelui cu un unghi variabil.

Din calcule reiese că luna siderală are o durată de 27 de zile  $1/3$ .

Luna se rotește în jurul axei proprii cu o asemenea viteză încât în mișcarea sa de revoluție în jurul Pământului ne arată aceeași față (fața vizibilă a Lunii).

### 8.3. CONFIGURAȚIILE LUNII

În funcție de pozițiile celor trei corpuri: Soarele, Pământul și Luna avem următoarele situații:

a) Luna și Soarele sunt în conjuncție față de Pământ atunci când Pământul, Luna și Soarele sunt pe aceeași direcție.

b) Luna și Soarele sunt în opoziție față de Pământ atunci când Luna, Pământul și Soarele sunt pe aceeași direcție.

c) Luna se află la pătrar adică atunci când Luna ocupă una din pozițiile de mai jos (vezi figura 8.2):



Figura 8.2. Pătrar.

d) Luna se află într-un octant (vezi figura 8.3):

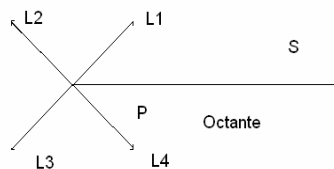


Figura 8.3. Octant.

## 8.4. CERCURILE DE VIZIBILITATE ȘI ILUMINARE ALE LUNII

O sferă opacă atunci când este privită dintr-un punct permite vizibilitatea observatorului numai asupra calotei din față (vezi figura 8.4).

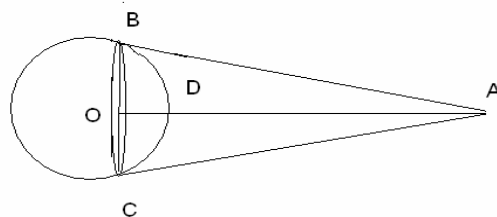


Figura 8.4. Cercul de vizibilitate.

Cercul BC se numește **cerc de vizibilitate** și separă calota vizibilă de calota invizibilă. Dacă ochiul observatorului A se înlocuiește cu o sursă de lumină atunci cercul de vizibilitate devine **cerc de iluminare**.

Acest lucru nu presupune că un observator terestru privind spre Lună sau spre oricare altă planetă va putea cuprinde în conul său de vedere întreaga emisferă luminată sau întreaga emisferă neluminată a Lunii.

Din acest motiv observatorul terestru apreciază că imaginea Lunii proiectată pe sfera cerească este un fie un disc luminat, fie un corn, fie o seceră în funcție și de poziția Lunii.

## 8.5. FAZELE LUNII

Luna orbitează în jurul Pământului în circa 29 de zile (ciclul lunar) arătându-ne aceeași față, dar deoarece se mișcă permanent în relația cu Soarele și Pământul, ne apare sub înfățișări diferite cunoscute ca **fazele Lunii**.

Acest lucru nu se datorează faptului că Luna și-ar schimba forma, ci pur și simplu datorită poziției sale, sub care este văzută de un observator terestru. Din acest motiv discul lunar de formă circulară, îi apare observatorului, ca având un sector luminat și unul întunecat, separate printr-o linie netă, numită **terminator**, astfel încât formele celor două regiuni, precum și ariile sunt variabile în timp.

Când observatorului îi apare emisfera neluminată spunem că avem **Lună Nouă**, iar în opoziție cu ea, când avem sfera neluminată, avem **Lună Plină**. Între cele două poziții, după Lună Nouă atunci când sectorul luminat este egal ca arie cu cel neluminat, adică în aproximativ 7 zile și trei optimi de la

momentul conjuncției, spunem că avem **Primul Pătrar**, iar opusul său se numește **Ultimul Pătrar**.

Când este Lună Nouă, atât Soarele cât și Luna sunt aliniată pe aceeași axă, iar gravitația lor combinată afectează scoarța Pământului mai mult decât de obicei. Când este Lună Plină, Soarele și Luna fiind în opoziție, atracția asupra Pământului se face din direcții opuse, ca într-un imens joc astronomic **care pe care**.

Oamenii din vechime și-au dat seama de influența Lunii în mod intuitiv, dar astăzi, cu ajutorul mijloacelor moderne, s-a constatat că Luna încă mai exercită o influență majoră asupra Pământului și chiar s-au creat teorii empirice pentru prevederea unor catastrofe naturale: erupții vulcanice, cutremure, dar și prevenirea oamenilor, pentru diminuarea pagubelor și a pierderilor de vieți omenești.

## 8.6. ROTAȚIA PROPRIE ȘI LIBRAȚIILE LUNII

Observațiile astronomice efectuate asupra Lunii îi prezintă Pământului întotdeauna aceeași față, reprezentată prin aceeași semisferă. Aceasta dovedește că pe de-o parte Luna are o mișcare de rotație în jurul axei proprii care are același sens cu sensul de revoluție a sa în jurul Pământului și pe de altă parte durata acestei rotații este egală cu durata rotației Lunii cu  $360^\circ$  în jurul Pământului.

Teoretic se știe că în orice moment din orice loc de pe suprafața Pământului este vizibilă numai jumătate din suprafața Lunii (fața vizibilă). Totuși observații mai atente au dovedit că este posibilă explorarea unei suprafețe mai mari de 60% din suprafața Lunii. Acest lucru este posibil datorită fenomenului numit **librație** (balans) ale Lunii.

Aceste librații sunt posibile datorită faptului că axa de rotație a Lunii este înclinată cu  $88^\circ 28' 38''$  pe planul eclipticii iar înclinarea ei pe planul orbitei sale variază între  $83^\circ 11'$  și  $83^\circ 29'$ .

În acest mod, datorită acestei mișcări care prezintă perturbații și din cauză că axa sa de rotație nu este perpendiculară pe planul orbitei sale, Luna are o mișcare de balansare în jurul unei poziții mijlocii, mișcare cunoscută sub numele de librația Lunii în longitudine și latitudine.

Datorită distanței mici a Lunii față de Pământ suprafața semisferei de vizibilitate nu este aceeași pentru toți observatorii aflați în puncte diferite pe suprafața terestră. Astfel atunci când un observator vede Luna răsărind va observa o parte a suprafeței acesteia situată la marginea de vest a discului lunar iar un alt observator care vede Luna apunând va observa o altă parte a suprafeței Lunii, aceea situată la marginea estică a discului lunar. Acest fenomen este cunoscut sub numele de **librație diurnă** (paralactică).

## CAPITOLUL 9 ECLIPSE

Un astru îndepărtat, spre care privește un observator terestru, poate deveni invizibil, din când în când, pentru scurt timp datorită Lunii care deplasându-se în jurul Pământului trece în fața astrului, fenomen numit **ocultație**. Cel mai des sunt ocultate stelele și mai rar planetele. Determinarea cu exactitate a momentelor de început și de sfârșit ale ocultațiilor are o importanță deosebită în studiul mișcării Lunii și a formei discului său.

### 9.1. ECLIPSELE DE SOARE

Ocultațiile pe care Luna i le produce Soarelui sunt percepute de observatorul terestru ca fiind **eclipsele de Soare**. Datorită interpunerii Lunii între Pământ și Soare, reprezentată în figura 9.1, pe semisfera terestră expusă Soarelui există o regiune unde, deși suntem în timpul zilei, nu mai poate sosi nici o rază de lumină directă de la discul solar (regiunea *ab*, aflată în conul de umbră al Lunii), există de asemenea, regiuni unde sosesc raze de lumină directe, provenind însă numai de la anumite zone ale discului solar (regiunile *ac* și respectiv *bd*, aflate în domeniul de penumbră al Lunii), precum și regiuni unde sosesc raze de lumină directe, provenind de la întregul disc solar (regiunile *cf* și respectiv *dg*, aflate în afara domeniului de penumbră al Lunii).

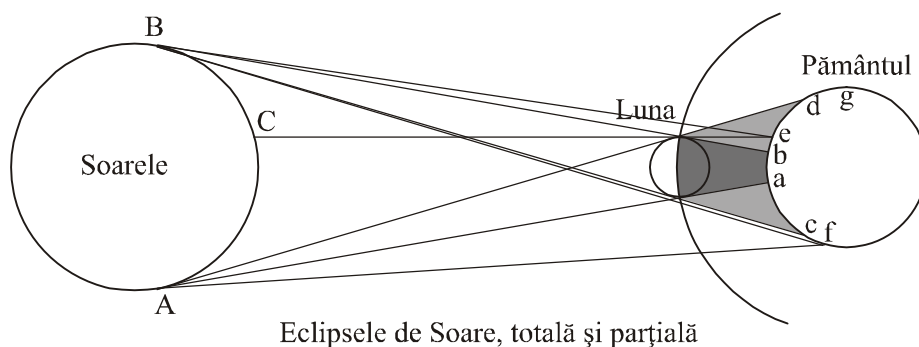


Fig. 9.1.

Pentru un observator aflat oriunde în regiunile *ac* sau *bd*, din interiorul domeniului (conului) de penumbră al Lunii, o parte a discului solar este invizibilă, discul solar fiind acoperit parțial de discul Lunii, apreciindu-se astfel că acolo s-a produs o **eclipsă de Soare parțială**. De exemplu, pentru observatorul din *e* este vizibilă numai zona BC a Soarelui. Distanța dintre Pământ și Lună fiind variabilă,  $363.300 \text{ km} < d_{TL} < 405.500 \text{ km}$  (deoarece traiectoria Lunii în raport cu Pământul este o elipsă), nu întotdeauna vârful conului de umbră al Lunii atinge suprafața Pământului (fig. 9.2).

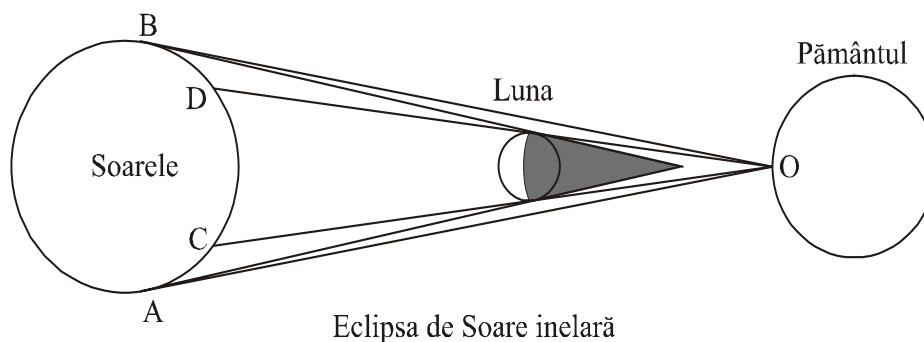


Fig. 9.2.

În aceste condiții, pentru un observator O aflat în apropierea axei conului de umbră al Lunii, discul aparent al Lunii se proiectează pe sfera cerească peste discul aparent al Soarelui în așa fel încât marginile discului solar rămân neacoperite și formează un inel subțire luminos în jurul discului întunecat al Lunii, apreciindu-se astfel că acolo s-a produs o **eclipsă de Soare inelară**. Datorită deplasării Lunii, de la Vest spre Est în jurul Pământului, toate eclipsele de Soare încep prin apariția unei scobituri circulare întunecate în partea de Vest a discului solar, scobitură care avansează lent în discul solar, transformându-l într-un corn luminos din ce în ce mai subțire, acoperind treptat numai o parte a discului solar (în cazul eclipsei parțiale) sau întregul disc solar (în cazul eclipsei totale). Apoi, discul întunecat al Lunii, descoperă discul aparent al Soarelui și eclipsa de Soare s-a terminat (pentru observatorul din punctul considerat). În faza maximă a eclipsei totale de Soare pata de umbră determinată de Lună pe suprafața Pământului are diametrul de aproximativ 300 km. Evident, datorită efectului cumulat al rotației Lunii în jurul Pământului și al rotației Pământului în jurul axei proprii, umbra de pe sol a Lunii aleargă de la Vest spre Est, cu o viteză relativă de aproximativ 500 m/s, măturând o bandă cu lungimea de câteva mii de km și cu lățimea de aproximativ 300 km. Dacă într-un anumit loc de observare, o eclipsă de Soare în faza totală durează, cel mai frecvent, 2-3 minute și cel mai mult 7 minute, atunci durata tuturor fazelor unei eclipse de Soare, de la debutul în primul loc de observare și până la momentul terminării în ultimul loc de observare, este de aproximativ două ore.

Deși eclipsele totale de Soare au o durată de numai câteva minute, corespunzător fiecărui loc de pe suprafața Pământului, totuși observarea lor prezintă un interes deosebit pentru astronomi și fizicieni în scopul studierii fenomenelor care se petrec în coroana solară, zonă greu accesibilă observațiilor în prezența întregului disc solar. Într-adevăr, în momentul realizării eclipsei totale de Soare, inelul luminos care înconjoară discul întunecat al Lunii reprezintă coroana solară, locul exploziilor solare. Un fenomen deosebit de interesant, denumit „inelul cu diamante“, are loc în momentul începerii reapariției discului solar, după faza de eclipsă totală, când o jerbă luminoasă acoperă marginea din față a discului lunar, părând că izbucnește din acesta,

astfel încât adăugându-se inelului luminos care înconjoară discul întunecat al Lunii, formează imaginea strălucitoare a unui inel cu diamante. Pentru a surprinde asemenea evenimente, fie și numai pentru câteva minute, echipe de cercetători fac deplasări de la mii de km cu aparatură diversă, complicată și grea până în zonele care să le ofere o vizibilitate optimă a eclipselor totale de Soare.



Figura 9.3. Eclipsă totală de Soare. Credit: Luc Viatour.

O eclipsă totală de Soare vizibilă din țara noastră a avut loc pe data de 11 august 1999, iar o eclipsă parțială a putut fi observată din România la 29 martie 2006 și la 1 august 2008.

Eclipsele de Soare au loc numai atunci când Luna, în fază de Lună Nouă, se află foarte foarte aproape de ecliptică.

## 9.2. ECLIPSELE DE LUNĂ

Un con de umbră și un con de penumbră însoțesc, asemănătoare Lunii, însoțesc și Pământul în mișcarea sa din planul eclipticii în jurul Soarelui. Semisfera terestră înscrisă în acest con de umbră este în noapte.

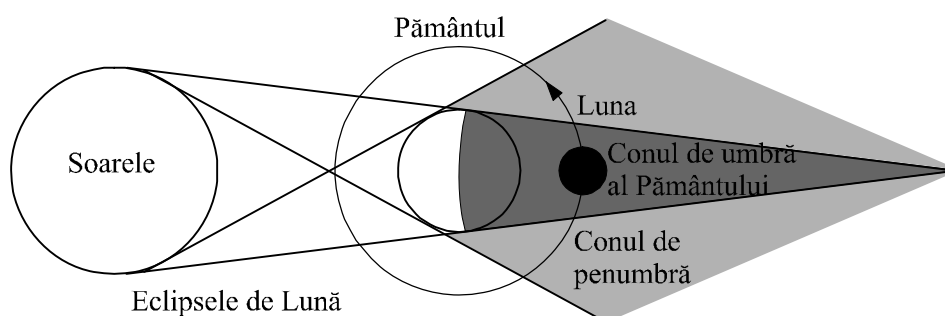


Figura 9.4.

Mișcându-se în jurul Pământului, Luna poate pătrunde în conurile de penumbră și umbră ale Pământului astfel încât pentru un observator terestru aflat în semisfera nocturnă ea devine invizibilă total sau parțial, ceea ce înseamnă o **eclipsă de Lună totală** sau **eclipsă de Lună parțială**.

O eclipsă de Lună este vizibilă din toate punctele aceleiași emisfere terestre nocturne, debutul și finalul său fiind evenimente simultane pentru toți observatorii aflați în puncte terestre diferite.

Dacă în drumul ei în jurul Pământului, Luna, traversează numai conul de penumbră al Pământului atunci se produc eclipse de Lună parțiale și totale de penumbră.

Orice eclipsă de Lună parțială sau totală de umbră este precedată și urmată de câte o eclipsă de Lună în penumbră, deoarece traversarea conului de umbră implică intrarea și apoi ieșirea din conul de penumbră. Nu același lucru se întâmplă în cazul unei eclipse de Lună în penumbră, adică nu este urmată întotdeauna de o eclipsă în umbră.

În timpul unei eclipse totale de Lună aceasta nu este întotdeauna complet invizibilă deoarece atmosfera terestră absorbind mai mult radiația din extremitatea violetă a spectrului, o mare parte din radiația roșie trece, iar în acest fel discul Lunii în timpul eclipsei totale apare de culoare roșietică.

Eclipsele de Lună nu pot avea loc decât atunci când Luna, în faza de Lună Plină, se află foarte aproape de ecliptică.

### 9.3. PERIODICITATEA ECLIPSELOR

Într-un an se pot produce cel mult **șapte** eclipse în următoarele variante:

#### 1. **cinci eclipse de Soare și două de eclipse de Lună:**

- două eclipse de Soare și o eclipsă de Lună la începutul anului (eclipsa de Lună are loc între cele două eclipse de Soare);
- două eclipse de Soare și o eclipsă de Lună între ele la mijlocul anului;
- o eclipsă de Soare la sfârșitul anului.

#### 2. **patru eclipse de Soare și trei eclipse de Lună:**

- o eclipsă de Lună urmată de o eclipsă de Soare la începutul anului;
- două eclipse de Soare și o eclipsă de Lună între ele la mijlocul anului;
- o eclipsă de Soare urmată de o eclipsă de Lună la sfârșitul anului.

Anii cu număr total maxim de eclipse sunt foarte rari. Cei mai frecvenți ani sunt aceia cu numai două eclipse de Soare și două eclipse de Lună. Anii în care numărul total al eclipselor este minim sunt anii cu două eclipse de Soare și nicio eclipsă de Lună.

Putem concluziona că eclipsele nu au o periodicitate anuală dar, din observațiile de lungă durată, ele se succed aproximativ în aceeași ordine după un interval de timp a cărui durată este de 18 ani și 11,3 zile. Caldeenii au numit această perioadă **ciclul lui Saros** și cuprinde 70 de eclipse (41 de Soare și 29 de Lună).

Cu toate că eclipsele de Soare sunt mai frecvente decât eclipsele de Lună, există puncte pe suprafața Pământului unde eclipsele de Lună sunt mai frecvente, ele fiind vizibile într-o emisferă terestră în timp ce eclipsele de Soare sunt vizibile într-o bandă îngustă. De exemplu se observă foarte rar o eclipsă totală de Soare cu toate că într-un saros se produc aproximativ zece eclipse totale de Soare.



## CAPITOLUL 10

### CALEA LACTEE-GALAXIA NOASTRĂ

Cine nu a admirat pe cerul înstelat, într-o noapte senină și fără Lună, o fâșie albicioasă a cărei lățime diferă din loc în loc ?. Dacă am privi printr-un binoclu sau lunetă am putea vedea că este compusă dintr-o puzderie de stele.

Această fâșie i-a fascinat și pe strămoșii noștri care au numit-o **Calea Laptelui**. Grecii i-au spus **Galaxis**, iar romanii **Via Lactea**. Galaxia, din care face parte sistemul nostru solar, este alcătuită din aproximativ 200 de miliarde de stele împreună cu planetele lor și peste 1.000 de nebuloase. Este o formațiune cosmică gigantică cu masa de circa 750-1.000 de miliarde de ori mai mare decât a Soarelui și cu un diametru de aproximativ 100.000 de ani-lumină, care are o formă discoidală, spiralată ale cărei brațe conțin pe lângă altele: materie interstelară, nebuloase și stele tinere ce iau naștere din această materie.

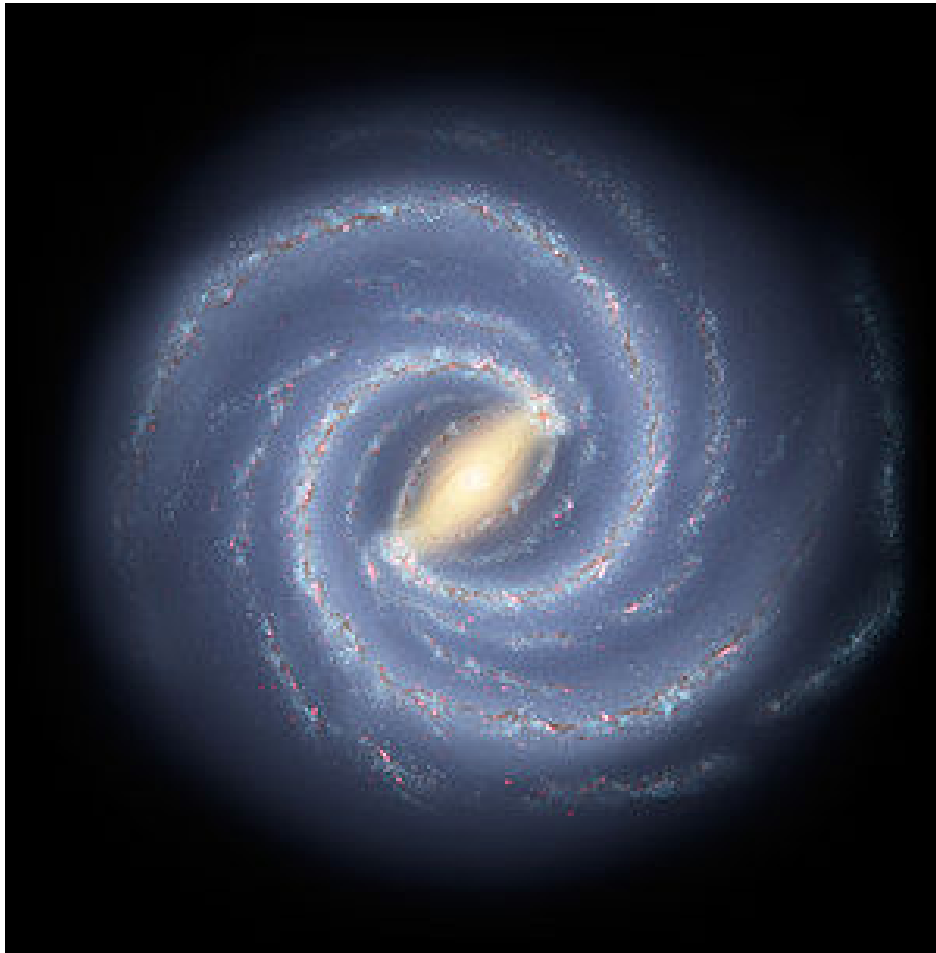


Figura 10.1.Calea Lactee, într-o reprezentare artistică bazată pe analiza a zeci de milioane de stele ale galaxiei.Credit:NASA/ESA.

## 10.1. STRUCTURA GALAXIEI

Centrul galactic se află situat în direcția Constelației Săgetătorului, la o distanță de circa 28.000 de ani-lumină, având planul ecuatorial de simetrie situat mai jos cu 20 de ani-lumină față de planul ecuatorial al sistemului nostru solar.

Marginile Galaxiei nu sunt delimitate cu precizie, exact ca în cazul atmosferei terestre care se pierde în spațiu, dar dacă admitem că Galaxia se întinde până acolo unde există cel puțin o stea într-un volum de un parsec cub, atunci diametrul mare al Galaxiei este de 30.000 de parseci, iar diametrul mic (grosimea de la centrul discului galactic) de numai 2.500 de parseci.

Pentru a ne forma o imagine cât de cât apropiată asupra dimensiunilor cu adevărat galactice ale Căii Lactee, să spunem că lumina străbate sistemul nostru solar într-o jumătate de zi, iar pentru a străbate, de la o margine la alta discul galactic, lumina are nevoie de circa 100.000 de ani.

Centrul galactic este format dintr-un nucleu, cu un diametru de circa 1.300 parseci, iar materia are o structură foarte complexă, aflându-se într-o mișcare violentă și având o temperatură înaltă. Galaxia efectuează o mișcare de rotație în jurul axei de simetrie, dar spre deosebire de corpurile solide, unde viteza de rotație este constantă, are o viteză de rotație ce se micșorează de la centru spre margine. În centrul Galaxiei se află o gaură neagră, adică o entitate orbitând la trei ani lumină de constelația Săgetătorului descoperită în noiembrie 2004 de un grup de cercetători, iar în februarie 2005, o stea gigantică (SDSS J090745,0+24507), părăsește Calea Lactee având o viteză de două ori mai mare decât în mod normal (aproximativ 0,0022 din viteza luminii), fapt care dovedește existența unei găuri negre foarte mari în centrul galaxiei.

În jurul centrului galactic se desfășoară patru brațe spirale mari, ce încep chiar din centrul galaxiei.

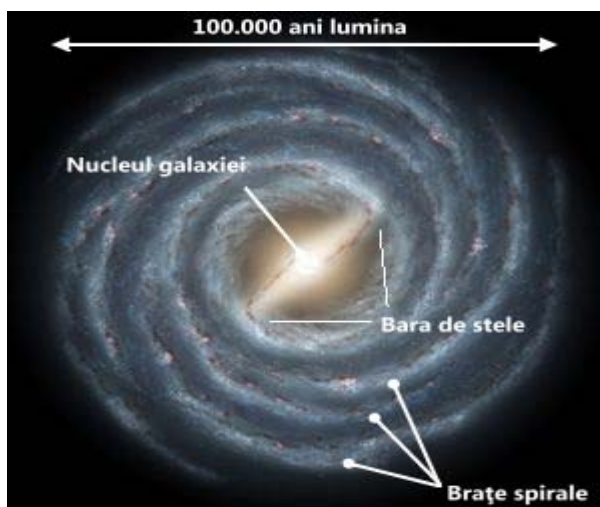


Figura 10.2. Galaxia Noastră văzută de sus.

Aceste brațe au primit numele constelației în care se proiectează:

- Brațul Perseu.
- Brațul Norma-Cygnus.
- Brațul Crux-Scutum.
- Brațul Carina-Sagittarius.
- Brațul Orion.

Figura 10.3. Galaxia Noastră văzută în plan orizontal. Credit: NASA.



Soarele împreună cu planetele, dar și alte stele sunt situate în brațul Orion (numit și Brațul Local). Inițial între stelele din braț se afla gaz, dar unda de șoc a unei supernove a golit o regiune de gaz. Această regiune, în care s-a format și Soarele se numește acum "Bula Locală". Distanța până la centrul galactic este de 26.000 ani lumină. Până la următorul braț spiral, brațul Perseus, este o distanță de 6500 ani lumină.

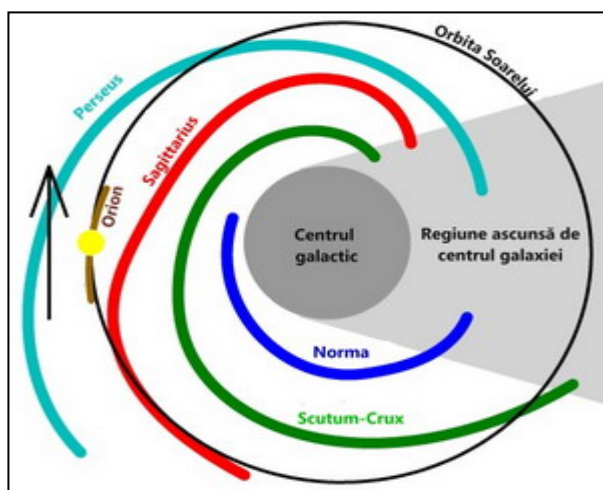


Figura 10.4. Locul Soarelui în Galaxie.

Față de stelele din vecinătate, Soarele se deplasează în direcția constelației Hercules, acest loc fiind numit **apexul solar**. În regiunea unde se află situat Soarele, se cunosc pozițiile exacte (în spațiu) a peste 100.000 de stele. Pe o rază de 10 ani lumină se află 12 stele. Șapte din cele 12 stele sunt pitice roșii. Doar stelele Sirius A și alpha Centauri A sunt mai mari decât Soarele. Cea mai apropiată stea, Proxima Centauri, se află la 4,24 ani lumină.

Sistemul nostru solar efectuează o rotație completă în jurul centrului galactic odată la aproximativ 250 de milioane de ani, cu o viteză de 220 km/s. Această durată se numește **an galactic**. Din punct de vedere al timpului galactic am văzut că Soarele are frumoasa vârstă de 20 de ani galactici. Vârsta Galaxiei este estimată la circa 10 miliarde de ani, iar a Soarelui la 5 miliarde de ani.

Discul galactic, în care se găsesc stele tinere și mult gaz, este înconjurat de un halou sferic de stele bătrâne, dar și de un halou de roiuri stelare globulare, formate odată cu Galaxia Noastră. Dar marea majoritatea a materiei din galaxie se afla sub formă de materie întunecată.

## 10.2. COMPOZIȚIA GALAXIEI

Principalele componente ale Galaxiei sunt:

- **gazul interstelar** – este repartizat neuniform în Galaxie, cu o masă estimată la o valoare cuprinsă între o sutime până la două sutimi din masa totală a tuturor stelelor din Galaxie.
- **praful interstelar** – este de obicei amestecat cu gazul interstelar, dar în regiuni distincte ale Galaxiei diferă proporțiile în care se află fiecare. Praful interstelar are o masă estimată la o valoare egală cu a suta parte din masa totală a stelelor din Galaxie și din acest motiv este considerat o componentă esențială.
- **nebuloasele** – sunt distribuite circa 1.000 într-un disc subțire în planul galactic.
- **stelele** – sunt neuniform distribuite în Galaxie, iar după densitatea lor s-a determinat aspectul în formă de disc al sistemului nostru galactic, astfel că în interiorul discului se află stelele duble și multiple care au o densitate mai mare ce descrește de la centru la periferie.

## 10.3. POPULAȚII STELARE

Asociațiile și roiurile de stele care constituie așa-numitele populații de stele au fost împărțite în trei subsisteme mari:

a. Populația I. În acest subsistem intră acea categorie de stele care prezintă o puternică concentrare spre planul galactic și mai ales în brațele spirale ale Galaxiei. La această categorie de stele majoritatea este formată din stele duble. Tot în această categorie mai găsim stele supergigantice fierbinți, stele variabile periodice și stele pitice. De asemenea, tot aici pot fi observate stele alb-albastre luminoase și tot în această categorie mai putem include norii de gaz și roiurile deschise.

Stelele din această categorie se caracterizează prin viteze mici, motiv pentru care ele execută oscilații mici în jurul planului galactic, neputându-se astfel îndepărta prea mult.

b. Populația II. Aștrii care alcătuiesc această categorie se pot întâlni atât în vecinătatea planului galactic, cât și la mari depărțări de aceasta. Având o distribuție sferică este numită și **componenta sferică** a Galaxiei. Din această categorie fac parte roiuri globulare, stele subpitice galbene și roșii, stele variabile, etc.

Din punct de vedere chimic, stelele din această categorie au un conținut metalic mai mare decât stelele din Populația I. Analiza lor spectrală a arătat că în compoziția lor chimică se mai găsesc molecule CH și CN, în afară de hidrogen, heliu și calciu.

Stelele din această categorie au viteze mari și din acest motiv orbitele lor sunt foarte alungite în jurul centrului galactic. Datorită faptului că stelele noi sunt puternic concentrate spre planul galactic, cele mai multe nedepășind  $10^\circ$  distanță de la ecuatorul galactic, dar și datorită faptului că sunt concentrate mai mult spre centrul galactic, s-a tras concluzia că pot fi catalogate în această categorie de stele.

c. Populația mixtă. Corpurile din această categorie se caracterizează prin faptul că sunt concentrate spre planul galactic, dar nu atât de puternic precum obiectele din Populația I. Din această categorie fac parte stele pitice galbene și roșii, stele gigantice galbene și roșii. Tot aici putem întâlni nove și nebuloase planetare.

În concluzie putem spune că nucleul și roiurile globulare conțin stele bătrâne, cunoscute ca stele care aparțin categoriei Populația II ce s-au format din materia cosmică originală. În brațele spiralei se află concentrată categoria Populația I, formată din stele tinere și de vârstă medie, bogate în metale. Tot aici se află creuzetul în care se nasc stele noi din materia stelară reciclată.

Vârsta celor mai vechi stele din Calea Lactee a fost estimată recent, în urma prelucrării observațiilor transmise de telescopul spațial Hubble, la 13,6 miliarde de ani, în concordanță cu vârsta Universului de 13,7 miliarde de ani, și în acord cu modelul standard de formare a Universului.

#### 10.4. GALAXII VECINE

În jurul galaxiei noastre, orbitează alte câteva galaxii mici, numite **sateliții galaxiei**, dar cei mai importanți vecini rămân: galaxia Andromeda și Norii lui Magellan. Până în prezent s-au descoperit 50 de sateliți ai Galaxiei Noastre, dar probabil sunt mai mulți.

Cele mai apropiate 10 galaxii:

- Pitica din Canis Major - 25.000 ani lumină.
- Grupul de stele din Virgo - 30.000 ani lumină.
- Pitica eliptică din Sagittarius - 81.000 ani lumină.
- Norul Mare al lui Magellan - 168.000 ani lumină.
- Norul Mic al lui Magellan - 200.000 ani lumină.
- Pitica din Ursa Minor - 240.000 ani lumină.
- Pitica din Sculptor - 254.000 ani lumină.
- Pitica din Draco - 280.000 ani lumină.
- Pitica din Sextans - 320.000 ani lumină.
- Pitica din Ursa Major - 330.000 ani lumină.

Vom analiza numai câteva galaxii mai importante:

1. Andromeda.
2. Norii lui Magellan.

## 1.Andromeda

**Galaxia Andromeda**, cunoscută și ca "Messier 31", "M31", sau și "NGC 224" (în textele mai vechi numită "Marea nebuloasă Andromeda") este o galaxie spirală care se află la aproximativ 2,5 milioane de ani-lumină depărtare de Pământ. Andromeda este cea mai mare galaxie din Grupul Local, ce constă în Galaxia Andromeda, Calea Lactee, Galaxia Triangulum și alte 30 de galaxii mai mici. Deși este cea mai mare, s-ar putea ca Galaxia Andromeda să nu fie și cea mai masivă, cercetările recente susținând că cea mai multă materie întunecată o conține Calea Lactee, care prin urmare este cea mai masivă galaxie.

La o magnitudine aparentă de 4,4, Galaxia Andromeda este notabilă ca fiind unul dintre Obiectele Messier cele mai luminoase, fiind ușor vizibilă cu ochiul liber. Totuși, fără un telescop ea pare destul de mică, deoarece partea ei centrală este mai întunecată, deși diametrul unghiular al ei este impresionant-de 7 ori mai mare decât cel al Lunii.

Galaxia Andromeda se apropie de Soare cu o viteză de aproximativ 300 de kilometri pe secundă. Cunoscând mișcarea Sistemului Solar în cadrul Căii Lactee, Galaxia Andromeda și Calea Lactee se apropie una de alta cu o viteză de 100 până la 400 de kilometri pe secundă. Calculele arată că ele se vor ciocni peste aproximativ 2,5 miliarde de ani. În cazul acesta galaxiile se vor unifica, formând o Galaxie Eliptică gigantă. Aceste evenimente sunt obișnuite printre galaxii.



Figura 10.5. Galaxia Andromeda. Credit:NASA.

În anul 2003, folosind infraroșul I-SBF și ajustând valoarea noului punct de luminozitate al lui Freedman găsit în 2001 o estimatie a distanței până la Andromeda de  $2,57 \pm 0,06$  mal (miliani-lumină). Folosind metoda Variabilei lui Cepheid, în 2004 a fost obținută o estimatie de  $2,51 \pm 0,13$  mal. Toate aceste măsurători produc o medie de  $2,54 \pm 0,06$  mal. Bazat pe informația de mai sus, diametrul maxim al lui M31 este estimat la  $141 \pm 3$  kal (kiloani-lumină).

Estimația greutății pentru haloul Andromedei (inclusiv materia întunecată) dă o valoare de aproximativ  $1,23 \times 10^{12} M_{\odot}$ , asemănându-se bine cu Calea Lactee care are circa  $1,9 \times 10^{12} M_{\odot}$ . Chiar dacă M31 ar putea fi mai puțin masivă ca galaxia noastră, eroarea metodei de estimare este încă prea mare ca să fim siguri. M31 nu conține mai multe stele decât galaxia noastră, dar ocupă un spațiu mult mai mare ca întindere.

În particular, M31 pare să aibă mult mai multe stele comune decât Calea Lactee, iar luminozitatea sa estimată este aproape dublă decât cea a galaxiei noastre. Totuși, rata de formare a stelelor în Calea Lactee este mult mai ridicată, M31 produce aproape numai o masă solară pe an - în comparație cu 3-5 mase solare anual pentru galaxia noastră. Rata novelor din Calea Lactee este și ea dublă pe lângă rata lui M31. Aceasta sugerează că în trecut M31 a suferit o mare fază de formare a stelelor, pe când Calea Lactee tocmai se află în mijlocul unei astfel de faze. Asta ar putea însemna că în viitor numărul stelelor din galaxia noastră va egala numărul de stele observate din M31.

Cea mai strălucitoare stea din constelație este Alpheratz, care corespunde capului Andromedei. Înainte, această stea a fost considerată drept stea comună a constelațiilor Pegas și Andromeda. Împreună cu  $\alpha$ ,  $\beta$  și  $\gamma$  Pegasi ea formează un asterism foarte cunoscut, numit și Marele Pătrat al lui Pegas.  $\beta$ Andromedae se mai numește Mirach și este la fel de strălucitoare ca și Alpheratz.  $\mu$ Andromedae posedă un sistem planetar, din care se cunosc trei planete, care au o masă de 0,71, 2,11 și 4,61 ori masa lui Jupiter, cea mai mare planetă din sistemul nostru solar.

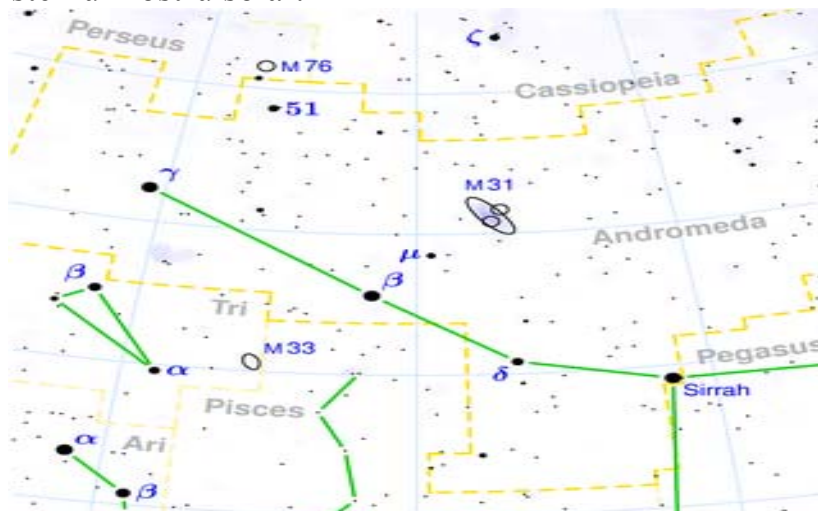


Figura 10.6. Constelația Andromeda. Credit:Torsen Bronger.

În mitologia greacă Andromeda era fiica lui Cepheus, regele Aethiopiei. Fiindcă mama ei, pe nume Cassiopea, își atrăsese mânia zeilor pretinzând că e mai frumoasă decât Nereidele, Poseidon a trimis un monstru marin ca să pustiască țara. Oracolul a prezis că păcatul Casiopeei poate fi ispășit numai de către Andromeda. Silit de etiopieni, Cepheus și-a sacrificat fiica: el a înlănțuit-o de o stâncă, lăsând-o acolo pradă monstrului. Andromeda e salvată însă de Perseus, la întoarcerea acestuia după izbânda repurtată asupra Meduzei. Cucerit de frumusețea fetei, Perseus împietrește monstrul arătându-i chipul Meduzei, după care o ia cu el pe Andromeda și o duce în Argos.

## 2. Norii lui Magellan

Norii lui Magellan: Norul Mare și Norul Mic pot fi văzuți de locuitorii din emisfera sudică și studiați de astronomii norocoși din aceeași emisferă sudică, fiind invizibili pentru locuitorii din emisfera nordică.

a) Norul Mare al lui Magellan este o galaxie care are 20.000 de ani lumină în diametru și este situat la 160.000 ani lumină depărtare. Marele Nor are o masă care reprezintă o zecime din masa galaxiei noastre și conține circa 10 miliarde de stele.



Figura 10.7. Marele Nor al lui Magellan. Credit: NASA.

Galaxia este situată pe locul patru în topul celor mai masive din Grupul Local de galaxii după Andromeda, Calea Lactee și Galaxia Triangulum. Este considerată o galaxie neregulară care nu are o formă spiralată cu brațe mari, dar are o bară centrală proeminentă. Este posibil ca Marele Nor să fi fost o galaxie spiralată la fel ca Galaxia Noastră, dar trecerea pe lângă Calea Lactee sau o altă galaxie i-a distorsionat forma, distrugându-i apoi forma spirală.



Din emisfera sudică Marele Nor se poate observa cu ochiul liber, pe cerul nopții, sub forma unui nor neclar aproape de marginea constelațiilor Dorado (Peștele de aur) și Mensa (Platoul). Cu un binoclu bun se poate vedea mai clar iar cu un telescop se poate vedea mai mare și mai luminos.

Marele Nor este un mare nor de gaz și praf care constituie o nebuloasă în care se observă mai multe regiuni în care se formează stele. Astronomii au observat 60 de roiuri globulare, 400 nebuloase planetare și 700 de roiuri deschise, cu sute de mii de stele gigantice și supergigantice.

În 1987 a avut loc explozia unei supernove din Marele Nor fiind cea mai strălucitoare supernovă observată de 300 de ani înapoi. Pentru scurt timp, supernova a fost vizibilă cu ochiul liber. Rămășițele supernovei sunt studiate în continuare cum evoluează și cum extind.

b) Norul Mic al lui Magellan este o galaxie mică localizată la aproape 200.000 de ani lumină de Calea Lactee, fiind unul dintre vecinii noștri apropiați. Având o magnitudine de 2,7 este ușor de observat cu ochiul liber. Norul Mic arată ca o picătură scursă din Calea Lactee fiind situată aproape de constelația Tucana (Tucanul). Astronomii cred că Norul Mic a fost odată o galaxie spiralată dar a fost deformată de gravitația Căii Lactee. Nu mai are familiarele brațe spiralate, dar are o structură de tip bară.



Figura10.8. Norul Mic. Credit: NASA.

Astronomii au presupus că odată Norul Mic a fost o galaxie satelit a Căii Lactee care a fost capturată pe o orbită extragalactică de gravitația Căii Lactee. Calcule recente ale vitezei galaxiei au arătat că se mișcă cu o viteză suficient de mare pentru a nu putea fi capturată de gravitația galactică, dar este în trecere pe lângă noi.

Norii au mai fost observați și de William Herschel cu un telescop de 6,1 m la Capul Bunei Speranțe dar notorietatea lor a fost determinată de consemnările lui Ferdinand Magellan, exploratorul care între anii 1519-1522 a făcut înconjurul lumii, demonstrând astfel că Pământul este rotund.

# CAPITOLUL 11

## CERCETAREA SPAȚIULUI COSMIC

### 11.1. NECESITATEA CERCETĂRII SPAȚIULUI COSMIC

Cerul cu stelele l-a fascinat întotdeauna pe OM, aprinzându-i dorința de a cunoaște, de a pătrunde în tainele cerului și de a-și explica fenomenele din jurul său. Totodată a aflat că există legi în natură, izvorâte din proprietățile materiei, legi imuabile, legi care dacă sunt cunoscute pot fi aplicate și folosite pentru nevoile sale. Omul și-a dat seama că Pământul pe care îl locuiește este o parte integrantă a Universului și din acest motiv vrea să-și cunoscă locul în Univers.

Odată cu dezvoltarea teoriei mecanicii cerești s-a putut stabili corelația dintre materia exterioară și Pământ pe baza efectului gravific. Mai mult, pe baza câtorva observații de bază, astronomii sunt în măsură să stabilească la un moment dat poziția unui corp ceresc.

Anul 1859 a fost anul când s-a născut un nou capitol al fizicii, **analiza spectrală**, grație lui Kirchhoff și Bunsen. În acest fel a devenit posibilă determinarea compoziției chimice a astrilor, a condițiilor fizice și deplasarea reală în spațiu a acestora prin efect Doppler. Putem spune că odată cu dezvoltarea cunoșterii fenomenelor fizice, cunoștințele omului despre Univers au căpătat o dimensiune superioară, iar astăzi, când se confruntă cu fenomenul de încălzire globală a climei terestre, omul încearcă să găsească factorii interni și externi care generează acest fenomen.

Datorită dezvoltării societății omenești, azi, mai mult ca niciodată, se simte nevoia aprofundării cunoștințelor despre Univers.

### 11.2. ASTRONOMIA INVIZIBILULUI

#### ***i) Ipoteza de lucru***

Pentru a putea observa cerul avem nevoie de condiții meteorologice bune, adică un cer senin, fără nori, pentru că lumina este o undă electromagnetică alcătuită dintr-o componentă electrică și una magnetică, iar componenta electrică este cea care impresionează ochiul uman. În acest caz radiațiile sunt în domeniul vizibil și au proprietatea de impresiona retina ochiului uman sau pot fi înregistrate cu ajutorul aparatelor optice.

Din fericire, odată cu descoperirea undelor radio, s-a constatat că astrii emit radiații și în domeniul undelor radio. Acest fapt i-a determinat pe astronomii profesioniști și nu numai pe ei să folosească pentru cercetarea cerului două domenii: **domeniul optic și domeniul radio**.

Radiațiile care nu aparțin domeniului optic nu pot fi reținute de retina ochiului omenesc. Din acest motiv toate radiațiile care nu impresionează ochiul și pot fi detectate cu ajutorul unor aparate speciale se numesc **invizibile**.

## **ii) Surse de radiații radio**

Radiația radio poate fi înregistrată în aproape orice direcție a spațiului înconjurător, existând un fel de radiație difuzată, analoagă luminii zilei care provine din difuzia luminii solare prin atmosfera terestră.

Astfel, în cadrul cercetărilor din domeniul radio, prioritară este problema identificării acestor obiecte cu cele corespunzătoare în domeniul optic. Studiind distribuția radiosurselor pe bolta cerească, astronomii le-au clasificat în două categorii:

- radiosurse concentrate în planul de simetrie al galaxiei noastre, care sunt formate din nebuloase galactice, rămășițe din exploziile unor nove sau supernove, etc;
- radiosurse distribuite aleatoriu pe întreaga boltă cerească.

Din acest punct de vedere, astronomii au convenit să numească **galaxii normale**, galaxiile în care energia radiației radio este mai mică decât energia radiată în domeniul vizibil și **radiogalaxii**, galaxiile care radiază mai multă energie în domeniul radio decât în cel optic.

Astrofizicienii din toată lumea sunt preocupați de studierea naturii acestor surse, deoarece cunoașterea acestora poate da răspunsuri la multe întrebări care-i frământă. În acest scop s-au construit radiotelescoape foarte puternice.

Din determinarea dimensiunilor surselor discrete de unde radio, s-a constatat că foarte multe dintre ele aveau dimensiuni aparente de ordinul zecilor de secunde arc pe când altele aveau dimensiuni aparente chiar mai mici de o secundă de arc. Aceste observații i-au determinat pe astrofizicieni să-i numească **quasari** (termenul în limba engleză este „quasi stellar radio source“ care în traducere înseamnă surse radio cu sistelare).

Alături de radiunde neregulate, au fost descoperite și semnale radio sub formă de pulsuri care se repetau în mod periodic. Studiul acestora a dus la concluzia că ele sunt de natură extraterestră, iar obiectele care le emit au fost numite **pulsari**.

## **iii) Observații în infraroșu**

Odată cu apariția analizei spectrale a apărut un alt domeniu de observare invizibilă și anume **domeniul infraroșu**. Radiația infraroșie face posibilă observarea corpurilor cerești ecranate de praful și gazul interstelar.

Astfel, stelele care emit lumină mai mult în infraroșu decât în domeniul optic se numesc **stele infraroșii**. Studiile amănunțite ale stelelor infraroșii au arătat că temperatura lor nu este atât de joasă cum s-ar deduce din culoarea lor. Acest tip de stele are o puternică concentrare spre planul galactic, dar și în interiorul materiei difuze care absoarbe din lumina lor.

Infraroșul este preferat pentru:

- Determinarea temperaturilor stelare deoarece, în acest domeniu, dependența dintre intensitatea radiației și temperatură este o funcție liniară.
- Determinarea compoziției chimice a anumitor corpuri cerești și abundența moleculelor de apă, bioxid de carbon, metan, amoniac, etc.
- Determinarea opacității anumitor obiecte cosmice deoarece în infraroșu opacitatea depinde aproape liniar cu lungimea de undă.

#### ***iv) Surse de raze X***

Un alt tip de surse în spațiul cosmic îl reprezintă **corpurile care emit raze X**. Fiind o categorie nouă de obiecte cerești, pentru cercetarea lor, în anul 1970, **NASA** a lansat un satelit **Explorer 42** de mici dimensiuni, supranumit **UHURU**, de la cuvântul **pace** din limba swahili. În urma prelucrării rezultatelor observaționale obținute cu ajutorul satelitului s-au desprins concluziile următoare:

\* Toate radiosursele puternic emițătoare de raze X din interiorul Galaxiei au fost identificate.

\* Sursele de raze X, care nu sunt în majoritate situate în planul galactic, sunt considerate ca fiind obiecte extragalactice.

### 11.3. TELESCOPUL SPAȚIAL HUBBLE- ULTIMA FRONTIERĂ

A fost lansat la 24 aprilie 1990, deși a fost conceput ca proiect de telescop spațial încă din 1946, prin colaborarea dintre NASA (National Aeronautics and Space Administration) și ESA (European Space Agency). Telescopul orbitează la 650 de km deasupra Pământului și înconjoară globul odată la 97 de minute. Cântărește 12 tone, cam cât un autobuz, fiind echipat cu un sistem format dintr-un telescop cu reflector Richey-Chretien cu un diametru de 2,4 m și cu o zonă de colectare de aproximativ 4,3 m<sup>2</sup>, o cameră în infraroșu/spectrometru și o cameră cu câmp vizual larg.



Figura.11.1. Telescopul Spațial Hubble (HST).

Credit: NASA/ESA.

Cea mai importantă parte a telescopului erau oglinda și sistemele optice, care trebuiau construite conform specificațiilor. Oglinzile telescoapelor trebuiau realizate cu o precizie de aproximativ o zecime din lungimea de undă a luminii vizibile, dar deoarece telescopul spațial urma să fie folosit și la observații în ultraviolet sau infraroșul apropiat, cu o rezoluție de zece ori mai bună decât telescoapele din trecut, oglinda lui trebuia șlefuită cu o precizie de 1/20 din lungimea de undă specifică luminii vizibile, aproximativ 30 nanometri.

Observațiile de pe Hubble sunt obținute cu Wide Field and Planetary Camera 2 (Camera planetară și de câmp larg) și cu Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer (Camera pentru spectru infraroșu apropiat și spectrometrul multiobiect). Astrometrul este fixat pe Fine Guidance Sensor (senzori pentru reglajul fin al poziției).

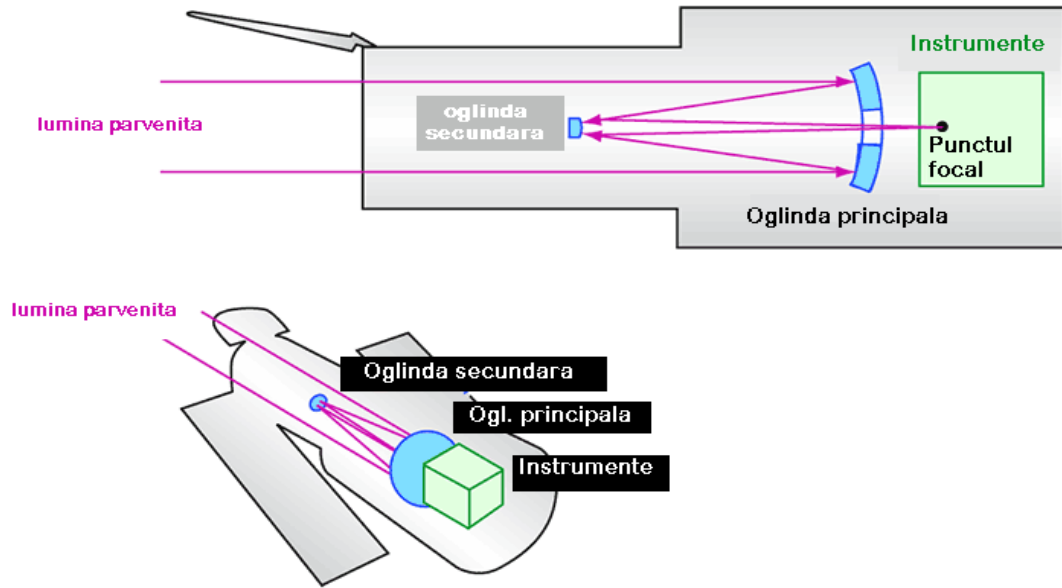


Figura.11.2. Schema de principiu. Credit: Marius Deaconu.

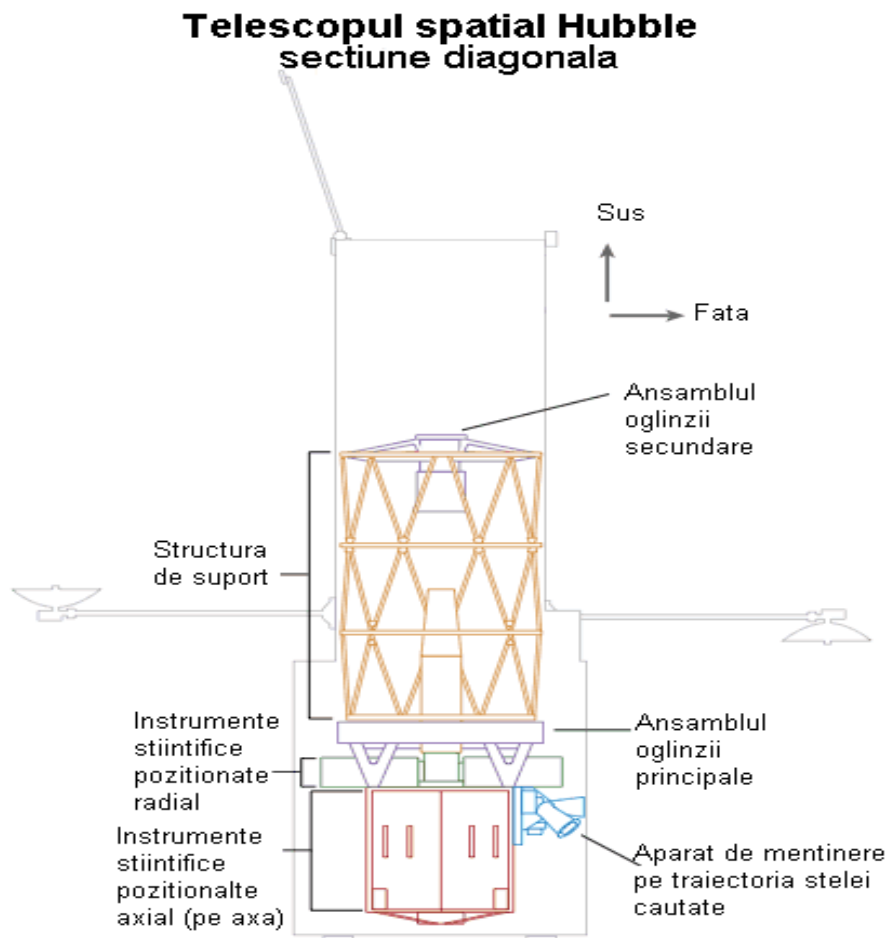


Figura.11.3. Secțiune prin Telescop. Credit: Marius Deaconu.

Imaginile captate și transmise de Telescopul Hubble sunt în alb-negru, iar după o prelucrare minuțioasă sub atenta îndrumare a expertului în imagistică, Zolt Levay de la STSI (Space Telescope Science Institute), care s-a bazat în prelucrarea lor pe analiza elementelor chimice depistate și a folosit următoarea schemă coloristică: albastrul pentru oxigen, roșul pentru sulf, verdele pentru hidrogen, etc, s-au obținut imagini de nedescris ale Universului.

Astronomii au avut de văzut, după obținerea imaginilor prelucrate, o adevărată feerie de culori ce descriau imaginile astfel obținute. Ajutați de aceste imagini au început să caute răspunsuri noi la întrebările mai vechi, care-i frământau.

„Cum s-au născut stelele ?“. Iată o întrebare fundamentală, firească, pentru orice astronom și nu numai. Datele oferite de telescop privind Nebuloasa Vulturul, care este situată la o distanță de 6.500 de ani-lumină de noi, au oferit indicii noi în legătură cu problema care îi frământa.



Figura 11.4.Nebuloasa Vulturul.  
Credit imagine: ESA(European Southern Observatory).



Figura.11.5. „Stâlpii creației“ unde se formează stele în Nebuloasa Vulturului.  
Credit: NASA/ESA.

Imaginea din figura 11.5 ne înfățișează trei coloane imense de nori, gaz și praf, unde numai turnul din stânga are o înălțime de 4 ani-lumină. Forma lor este dată de faptul că stelele care o alcătuiesc sunt foarte masive și incandescente, adică foarte fierbinți, care emit cantități imense de radiații ultraviolete ce formează zona înconjurătoare.

Astronomii au putut vedea mici aglomerări de gaz pe fiecare coloană pe care Dr. Jeff Hester, de la Universitatea de Stat din Arizona, le-a numit „globule gazoase evaporate“ (GGE). Acest termen în limba engleză este „evaporating gases globules“, a cărui prescurtare EGG înseamnă OU în limba română. Imaginea unui GGE reprezintă defapt embrionul unei noi stele. Un astfel de „ou“ este destul de încăpător pentru sistemul nostru solar. Aceasta este motivul pentru care aceste turnuri au primit numele de „Stâlpii creației“.

Astronomii cred că aceasta constituie prima etapă a formării stelelor, iar a doua etapă, cum apar stelele din aceste „ouă“, este arătată de Nebuloasa Orion care se află la o distanță de 1.500 de ani-lumină de Pământ.

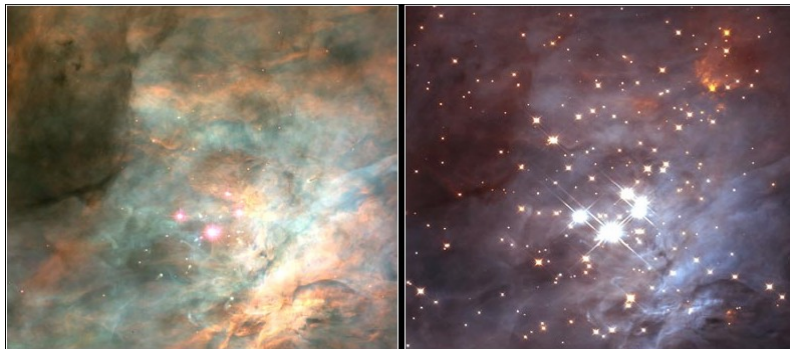


Figura 11.6. Imaginea din stânga ne arată câteva stele care strălucesc învăluite în gaz și praf, iar imaginea din dreapta scoate la iveală nori de gaz și praf.

Credit imagine: NASA/ESA.

Atunci când au analizat imaginea nebuloasei mai atent au observat mici puncte negre, discuri turtite de gaz și praf ieșite din globulele gazoase evaporate recent.



Figura 11.7. Discuri protoplanetare (proplide).

Credit imagine: C.R. O'Dell/Rice University; NASA.



Discurile au fost numite **proplide**, adică discuri protoplanetare. Nucleul cald are o culoare portocalie și atrage materie din discul care-l înconjoară. Materia este „presată” în centrul formațiunii prin contracție gravitațională, crescând astfel presiunea internă, iar formațiunea se încălzește în centru până când va deveni atât de fierbinte încât va declanșa fuziunea nucleară, dând naștere unei stele. Căldura și radiația creată de fuziune provoacă vânt stelar care împrăștie o parte din materia liberă din disc, iar partea care rămâne pe orbită în jurul protostelei, în timp, se adună în noduri și formațiuni care se transformă în planete.

A treia etapă din viața stelelor: îmbătrânirea și moartea lor a fost furnizată de imaginea Nebuloasei Carina care ne dezvăluie o stea în agonie.



Figura.11.8. Nebuloasa Carina cunoscută și ca NGC 3372.

Credit imagine: ESO (European Organisation for Astronomical Research in the Southern Hemisphere).

Imaginile surprinse arată învelișuri de gaz, adevărate giulgiuri de mormânt, deoarece atunci când steaua nu mai are energie, straturile sale se extind până când gravitația stelei nu le mai poate reține și în final se împrăștie în spațiu. Detalii mai convingătoare despre sfârșitul unei stele a fost surprinsă la Nebuloasa Helix.



Figura.11.9. Nebuloasa Helix situată la 650 ani-lumină.

Credit imagine: NASA/ESA.

Aici s-a observat că straturile externe ale stelei dispar lasând în urmă o minge fierbinte de carbon și oxigen solidificat care a fost numită de astronomi „pitica albă“.

Concluzia desprinsă de astronomi este că și Soarele nostru va trece prin cea de-a treia etapă, atunci când nu va mai avea combustibil și se va transforma într-o gigantă roșie. În această etapă și Pământul va suferi transformări dramatice: temperatura la suprafața sa se va ridica peste 500 °C, toate formele de viață se vor stinge iar gazul încins se va revărsa peste Pământ și peste sistemul solar, care va arde toate planetele și toți meteorii din calea lui.

Dr. Howard Bond, astronom la STCI (Space Telescope Science Institute), aproxima că această Apocalipsă se va produce peste cinci miliarde de ani, atunci când din falnicul nostru Soare nu va mai rămâne decât o pată de culoare, vizibilă de la mii de ani lumină.

Dispariția Soarelui nu se poate compara cu moartea altor stele care au o masă mult mai mare decât a Soarelui ( $M_{\text{stea}} > 100M_{\odot}$ ). Viața acestor stele este mult mai mică, iar moartea lor mult mai violentă, deoarece ele exploda într-o imensă minge de foc numită **supernovă**.

În galaxia noastră a avut loc o astfel de explozie, surprinsă de Telescopul Hubble după dezastru, în anul 1054 care a fost consemnată de astronomii chinezi. Rămășițele acestei supernove, veche de aproape un mileniu, se deplasează în spațiu cu o viteză de 5 milioane de km/h. Este vorba de Nebuloasa Crabului .

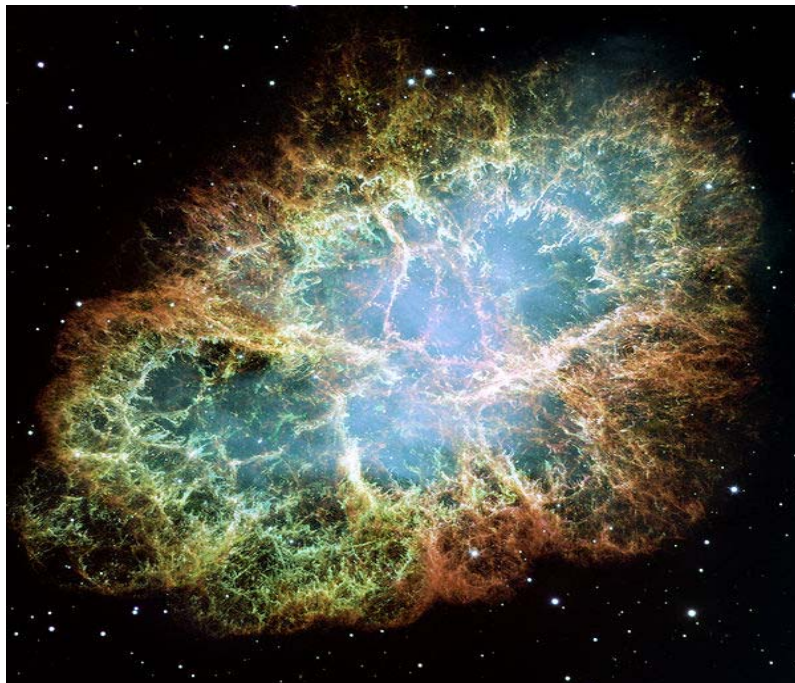


Figura 1.10. Nebuloasa Crabului.  
Credit imagine: NSA/ESA.

O altă candidată la titlul de supernovă este o stea supergigantică din galaxia noastră, Eta Carina din Nebuloasa Carina, care este de 100 de ori mai mare decât Soarele. În termeni spectrali mai mare înseamnă implicit și mai fierbinte. La suprafață este atât de fierbinte încât propriul său gaz se evaporă lăsând în urmă o dâră de gaz. Astfel de stele, supergigante și fierbinți, au zilele numărate, fiind una dintre stelele despre care știm că va dispărea înaintea Soarelui nostru.

Când va dispărea, va da naștere unei supernove, a cărei explozie va fi una catastrofală. După ce lumina exploziei va străbate cei 7.500 de ani-lumină care ne despart și va ajunge la noi vom avea parte de un spectacol grandios și înfricoșător, deoarece va fi ca un punct de lumină concentrat pe cer luminând ca Luna Plină.

Dr. Tod R. Lauer, astronom asociat la NOAO (National Optical Astronomy Observatory), susține o ipoteză prin care în timpul exploziei unei astfel de supernove, cu o masă destul de mare și o densitate pe măsură, miezul supernovei devine un punct unic, mai mic decât gămălia unui ac, numit de astronomi **singularitate**. În sprijinul acestei ipoteze dr. Sandra M. Faber, profesor la Universitatea din California, afirmă că o gaură neagră este „ceva simplu“ ca o bucată de materie extrem de mică, cu un câmp gravitațional infinit, care conform teoriei lui Einstein, nu mai permite luminii ca să iasă deoarece viteza de evadare pe o astfel de singularitate devine mai mare decât viteza lumii în vid.

„Cum poate fi căutat un punct invizibil ?“. O întrebare la care Telescopul Hubble trebuia să dea răspunsul scontat. Pentru aceasta astronomii l-au ajutat în sensul că l-au orientat spre centrele galaxiilor. A fost o decizie înțeleaptă, deoarece în centrul galaxiilor viteza stelelor ar trebui să fie lentă. Ei au observat că viteza stelelor este mult mai mare decât s-ar fi calculat teoretic, iar acest comportament atipic al lor nu putea fi determinat decât de prezența de prezența unui corp ultracompact și masiv care exercită o forță gravitațională extraordinară asupra lor, adică o gaură neagră. Așa s-a întâmplat când s-a cercetat M87.

Legătura dintre o galaxie și o gaură neagră din interiorul său nu este încă pe deplin înțeleasă. Astronomii cred că aceste obiecte misterioase joacă un rol important în formarea galaxiilor, iar în acest sens dr. Sandra M. Faber a lansat ideea că o gaură neagră este de fapt coșul de gunoi în care se depozitează gazul emis prin evoluția galaxiei, conform principiului conservării energiei. Este doar o ipoteză plastică, dar mai multe vom putea afla în viitor atunci când performanțele astronomiei spațiale vor fi superioare celor de azi.

Sigur că de departe cele mai spectaculoase imagini s-au obținut în urma programului „Hubble Deep Field“, prin care se putea calcula vârsta Universului, dar și confirmări sau infirmări asupra nașterii, evoluției și sfârșitului Universului la scală mare.

Dr. Phil Plait, unul dintre astronomii care au inițiat acest proiect, afirma că asta înseamnă a vedea adânc în spațiu. În acest sens Telescopul Hubble a fost direcționat către o regiune a cerului goală, iar timp de 10 zile a fost urmărită această regiune.

Imaginile surprinse în acea regiune aparent goală au fost adevărate revelații. S-au putut observa noi galaxii și roiuri de galaxii într-o zonă aglomerată și densă de parcă ar fi pozat licurici pe câmp. Galaxiile au fost surprinse în diferite etape de evoluție, de la momentul apariției până la momentul stadiului Căii Lactee. Ici și colo Hubble a surprins urmele unor accidente: ciocnirea unor galaxii sau înghițirea unei galaxii de către altă galaxie (canibalism galactic). Într-o singură imagine tip „deepfield“ s-a redat aproape întreaga istorie a galaxiilor.

Astronomii au observat cu această ocazie și alte ciudățenii. Există grupuri de sute de mii de galaxii care continuă să orbiteze, adică sunt „legate“.

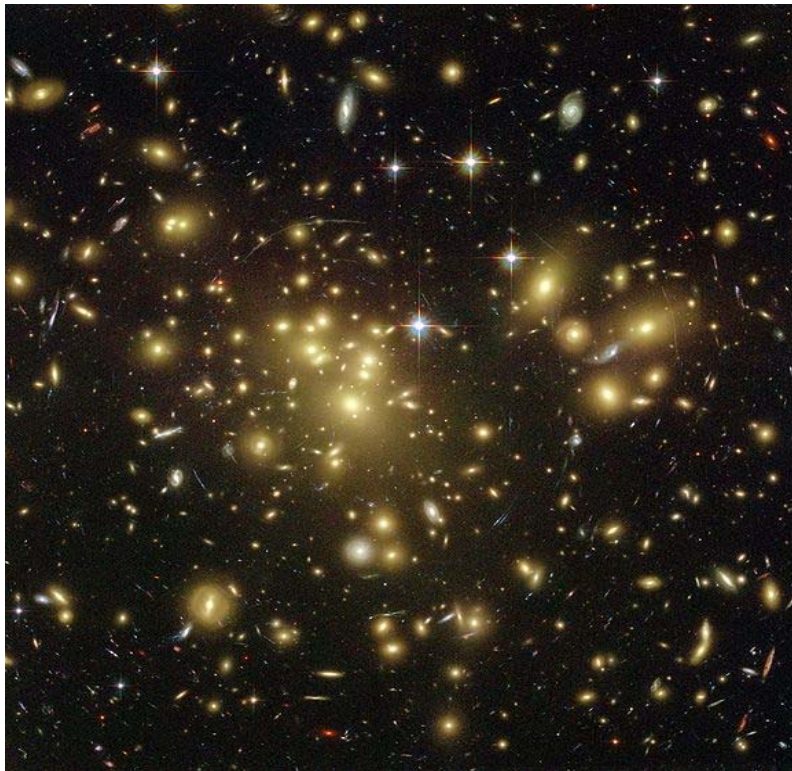


Figura.11.11. Roiul de galaxii Abell 1687.

Credit imagine: NASA/ESA.

Când a fost definitivată imaginea acestui roi, s-a observat că galaxiile centrale au o viteză mai mare decât cea normală și atunci a apărut suspiciunea că acolo se întâmplă ceva.

„De ce stau legate după atâta timp ?“. Această întrebare trebuia să-și afle răspunsul, iar astronomii analizând mai mai îndeaproape o suprafață de cer reconstituită din circa 600 de fotografii, care reprezentând circa 2 milioane de galaxii, au observat un halo format dintr-o materie necunoscută împrejurul

galaxiilor, care acționează ca un „lipici“ ce leagă inclusiv Universul. Această materie necunoscută au numit-o **materie neagră**.

După Big Bang, structura gravitațională a materiei negre a pus baza schimbărilor prin care a trecut Universul. Experiența noastră se datorează acestui schelet de materie neagră, de la începutul Universului.

În ciuda importanței ei, astronomii nu au identificat încă „materia neagră“, mai precis ce este ea, deoarece nu face parte din tabelul periodic al elementelor chimice cunoscute, așa cum le știm noi că pot fi atinse, gustate sau pipăite.

„Din ce este făcut restul Universului ?“. Altă întrebare supărătoare pentru toți nu numai pentru specialiști.

Echipele de astronomi au lucrat în acest sens și după ce au surprins exploziile unor supernove îndepărtate au folosit lumina exploziei ca etalon pentru a măsura distanța dintre Pământ și galaxie. Au descoperit că acestea se îndepărtează în mod accelerat, fapt care i-a determinat să dea o altfel de explicație evoluției Universului.

Dacă la început forța gravitațională a jucat un rol decisiv în evoluția Universului, ajutată de materia neagră care ține Universul „legat“, în prezent există „ceva“ care accelerează expansiunea Universului, o forță nevăzută pe care au numit-o **energia întunecată**. Energia întunecată este o altă manifestare a forței gravitaționale, iar în timp energia întunecată va fi chiar mai puternică decât forțele care unesc atomii. În acest model, pe care l-au numit Big Rip sau „Marea Ruptură“, energia întunecată va reuși să învingă forța gravitațională și atunci va avea loc Apocalipsa cosmică sau „Marea Falie“ când se va dezintegra totul.

După cum ne-am dat seama munca telescopului spațial Hubble a dovedit capacitatea de necontestat a unui astfel de telescop. De aceea munca sa va fi continuată de următoarea generație de telescoape spațiale, iar primul din noua generație, telescopul „James Webb“, va fi lansat în spațiu în anul 2013. Acesta va fi dotat cu aparatură mai performantă și va ajunge mai departe decât Hubble în încercarea de satisfacere a nevoilor de cunoaștere ale omenirii.

Cu toate acestea, performanțele lui Hubble vor rămâne în memoria colectivă pentru totdeauna, demonstrând că omenirea este capabilă de cooperare în înțelegerea și folosirea spațiului cosmic.

## CAPITOLUL 12 ELEMENTE DE COSMOLOGIE

### 12.1. NAȘTEREA UNIVERSULUI

#### **i) Ipoteze preliminare**

Universul în care trăim și evoluăm este omogen și izotrop deoarece nu s-a observat un centru unic sau o direcție privilegiată. În aceste condiții spațiul și timpul sunt coordonatele de care depinde forma generală a metricii care satisface condițiile de omogenitate și izotropie pentru metrica Robertson – Walker, care este o ecuație diferențială de ordin doi, de forma:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - a^2(t)[dx^2 + f(x)^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2)],$$

unde funcția  $f(x)$  descrie geometria spațială a Universului.

Funcția  $f(x)$  este parametrizată de o constantă de curbură  $k$  care are următoarele expresii în funcție de parametrul  $k$ :

- Pentru  $k > 0$  avem:  $f(x) = \frac{\sin \sqrt{k}x}{\sqrt{k}}$ , Universul este **deschis**.
- Pentru  $k = 0$  avem:  $f(x) = x$ , Universul este **plat**.
- Pentru  $k < 0$  avem:  $f(x) = \frac{\sinh \sqrt{|k|x}}{\sqrt{|k|}}$ , Universul este **închis**.

Coordonatele  $x$ ,  $\theta$  și  $\varphi$  sunt coordonatele unui sistem numit în **co-mișcare** și aflat în expansiune odată cu Universul, astfel încât distanța dintre două puncte față de acest sistem rămâne constantă în tot cursul evoluției Universului. Factorul de scală cosmică,  $a$ , face legătura dintre coordonatele sistemului în co-mișcare și distanțele fizice prin relația  $d = a x$ .

În funcție de valorile lui  $a$  avem:

- Dacă  $a > 0$  atunci Universul este în expansiune.
- Dacă  $a < 0$  atunci Universul este în colaps.

Einstein a observat că materia și energia acționează în sensul curbării spațiu-timpului și a elaborat următoarele ecuații pentru câmpul gravitațional:

$$R_{ij} - \frac{1}{2} R g_{ij} - \lambda g_{ij} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{ij},$$

unde:  $g_{ij}$  este tensorul metric,  $R_{ij}$  tensorul lui Ricci,  $R$  (scalarul de curbură) reprezintă tressul (urma) tensorului lui Ricci,  $\lambda$  este constanta cosmologică,  $G$  este constanta gravitațională iar  $T_{ij}$  este tensorul energie-impuls simetric.

Ecuațiile lui Einstein sunt ecuații tensoriale neliniare și ne furnizează informații asupra distribuției de materie și energie. Din mecanica cuantică știm că energia vidului este nenulă (efectul Casimir) și din acest motiv gravitația influențează o energie asociată stării de vid (teoria inflaționară).

Din cele de mai sus se poate deduce o ecuație de evoluție-ecuația lui Friedmann a Universului:

$$H^2 \equiv \left( \frac{1da}{adt} \right)^2 = \frac{8\pi G}{3} \rho + \frac{\lambda}{3} - \frac{k}{a^2},$$

unde în afară de mărimile introduse anterior,  $H$ , reprezintă constanta lui Hubble iar  $\rho$  reprezintă densitatea de materie și radiație.

Ecuația de mai sus este o ecuație diferențială care poate fi adusă la o formă mai simplă:

$$\left( \frac{da}{dt} \right)^2 = H_0^2 (\Omega_{m0} a^{-1} + a^2 \Omega_{\lambda0} + \Omega_{k0}),$$

unde s-au folosit următoarele notații:

$$\Omega_{m0} = \frac{8\pi G}{3H_0^2} \rho_{m0} \quad ; \quad \Omega_{\lambda0} = \frac{\lambda}{3H_0^2} \quad ; \quad \Omega_{k0} = - \frac{k}{H_0^2}$$

Ecuația de mai sus admite următoarea soluție:

$$\Omega_{m0} + \Omega_{\lambda0} + \Omega_{k0} = 1.$$

Indicele 0 reprezintă momentul actual iar  $a$  este normată astfel încât să fie egală cu unu la acest moment. Indicele  $m$  se referă la distribuția materiei și este dominantă astăzi față de contribuția radiației la densitate.

Dacă definim mărimea:

$$\Omega_{total,0} = \Omega_{m0} + \Omega_{\lambda0} = 1 - \Omega_{k0},$$

atunci membrul stâng ( $\Omega_{total,0}$ ) ne dă informații despre geometria spațială a Universului.

Astfel dacă:

- $\Omega_{total,0} < 1$ , atunci Universul este spațial deschis;
- $\Omega_{total,0} = 1$ , atunci Universul este spațial plat;
- $\Omega_{total,0} > 1$ , atunci Universul este spațial închis.

Problema formei Universului, este o problemă mai veche ce este asociată cu datele observaționale și metrica ecuației Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker. Universul poate avea o curbă spațială pozitivă, negativă sau cu valoare zero în funcție de densitatea totală de energie. Curbura este negativă dacă este mai mică decât densitatea critică, pozitivă dacă este mai mare și nulă dacă este egală, caz în care spunem că Universul este plat.

Problema este că orice mică variație în timp față de densitatea critică face ca aceasta să-și modifice valoarea și în aceste condiții Universul rămâne foarte aproape de forma plată. De exemplu la câteva minute (era nucleosintezei), densitatea Universului avea o valoare cu puțin peste a  $10^{14}$  parte din valoarea densității critice, altfel nu am exista azi.

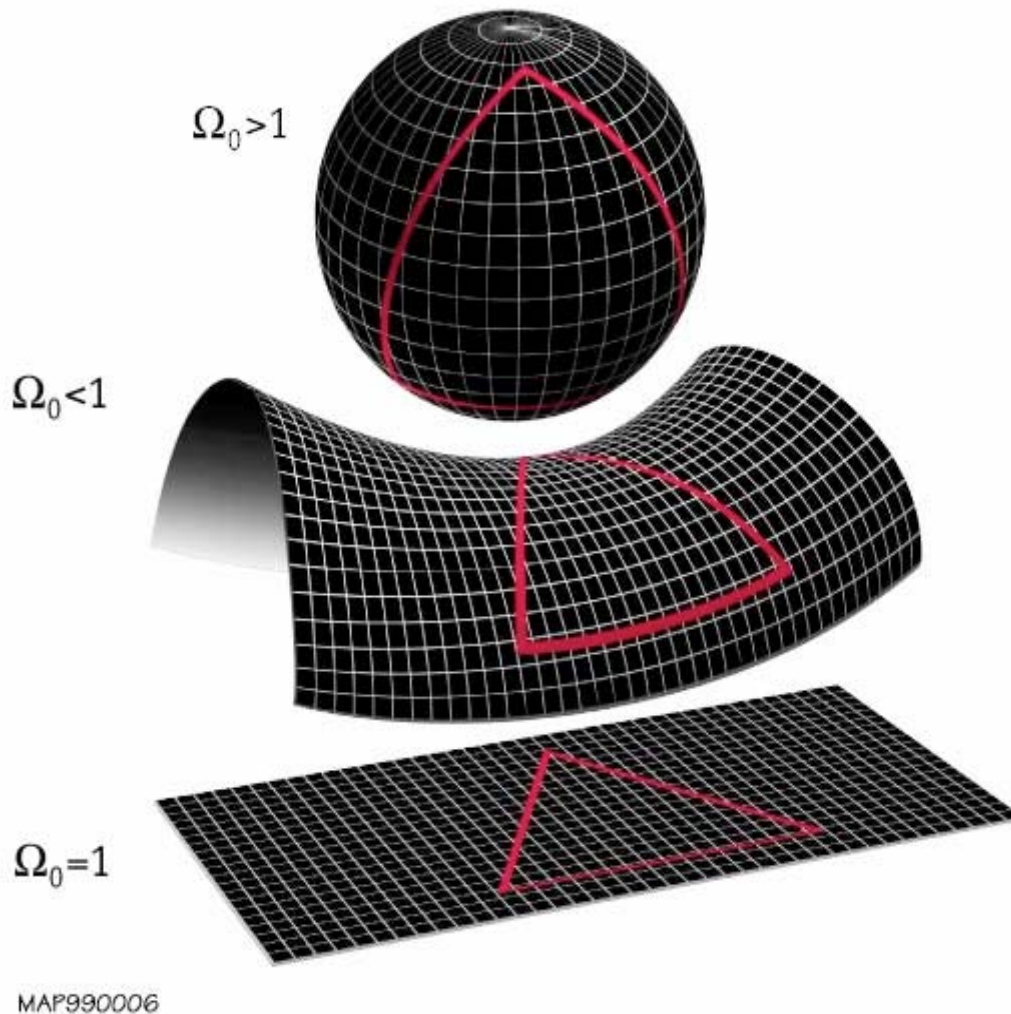


Figura.12.1. Diagramele celor trei tipuri de Univers: închis, deschis și plat, în funcție de valorile parametrului densitate  $\Omega_{total,0}$ . Credit: Gary Hinshow-NASA.

O soluție a acestei probleme este oferită de teoria inflaționară. În perioada inflaționară continuul spațiu-timp s-a extins atât de mult încât curbura a devenit mai lină. Din acest motiv se crede că în era inflaționară Universul era plat și avea o densitate aproape egală cu densitatea critică.

La mijlocul anilor '90 ai secolului trecut din observațiile roiurilor globulare care au fost efectuate s-a dedus că acestea ar avea vârsta de 15 miliarde de ani, ceea ce contrazicea teoria Big Bang-ului care-i conferea Universului vârsta de 13,7 miliarde de ani. Această neconcordanță a fost rezolvată mai târziu, la sfârșitul anilor '90 ai secolului trecut, atunci când noul program de simulare pe calculator s-a inclus și masa pierdută datorită vântului solar, ceea ce a dus la o vârstă mai mică a roiurilor. Totuși rămâne o problemă care trebuie rezolvată printr-o măsurare mai precisă a vârstei roiurilor, dar este clar că aceștia s-au format în Universul timpuriu.



## ii) Modelul standard – Marea Explozie

Cerul i-a fascinat și în același timp i-a ajutat să înțeleagă fenomenele astronomice care au avut loc de-a lungul vremii. Pe măsură ce s-au acumulat mai multe cunoștințe și-a pus întrebarea firească: „Cum s-a format Universul ?“.

Până la inventarea instrumentelor astronomice, care au făcut ca astronomii să poată „vedea” mai mult și implicit să afle mai multe despre structura Universului, ei considerau că sistemul nostru solar este centrul Universului.

Odată cu inventarea lunetei și a telescopului, marginea Universului vizibil s-a „lărgit” în mod apreciabil, iar astronomii, și nu numai ei, au găsit răspunsuri din ce în ce mai pertinente la întrebarea de mai sus. Așa s-a născut un nou capitol al fizicii **cosmologia**, care studiază Universul ca întreg, istoria, evoluția și tot ce-i aparține.

Dintre toate modelele cosmologice privind originea Universului a fost acceptat un model, numit **Modelul Marii Explozii**, ca model standard. Acest model ne poate explica suficient de bine numai ce s-a întâmplat după Marea Explozie ( în limba engleză **Big Bang**), atunci când, se presupune că toată materia ar fi fost o „supă” de particule elementare fundamentale, iar toate interacțiile erau unificate.

Dacă s-ar putea derula înapoi un film care să reprezinte istoria Universului, am putea înțelege foarte multe despre starea sa timpurie, imediat după Marea Explozie. Totuși, după un milion de ani începe era recombinației, adică nucleeele și electronii se recombina pentru a forma atomii. Universul devine astfel transparent, iar după un miliard de ani începe era formării galaxiilor.

Prima întrebare a dat naștere la o altă întrebare: „Există dovezi concludente despre nașterea Universului în urma Marii Explozii ?”.

Un prim răspuns la această întrebare ni l-a dat Edwin Hubble. El a descoperit că spectrul galaxiilor îndepărtate are o deplasare spre roșu, adică aceste galaxii se îndepărtează de observator. Acest fenomen este cunoscut sub numele de „fuga galaxiilor”. Atunci când a descoperit acest fenomen a încercat să calculeze viteza cu care se deplasează, cu ajutorul unei relații empirice :

$$v = H \cdot d$$

unde:  $v$ =viteza de deplasare,  $d$ =distanța iar  $H$  reprezintă **parametrul lui Hubble**. Hubble a estimat valoarea lui  $H$  la aproximativ  $20 \text{ (km/s)/}10^6$  ani-lumină, ceea ce l-a condus la o valoare de circa 15 miliarde de ani, a vârstei Universului. Observațiile făcute cu ajutorul telescopului Hubble, care a fost lansat în spațiu tocmai cu acest scop major, au condus la o valoare mai mică și anume de 13,7 miliarde de ani.

Un alt argument, în favoarea acestui model, este acela că în cele mai multe locuri din Univers, unde se poate determina cantitatea de heliu, heliul se

află într-o proporție de 10% față de hidrogen, care are o abundență covârșitoare de 90%. Această observație este în acord cu teoria Marii Explozii, deoarece cantitatea de heliu, din Universul Timpuriu, nu este sensibilă la detaliile de calcul.

În anul 1965 Arno Penzias și Robert Wilson, folosind o antenă cu o formă specială de con, au observat pentru prima dată radiația de fond. Calculând temperatura acestei radiații de fond au obținut o valoare de 3 K dovedind astfel că radiația constituie într-adevăr o rămășiță a Marii Explozii. Pentru descoperirea lor, Penzias și Wilson au primit premiul Nobel pentru fizică în 1978. Cercetări mai recente și mai avansate în acest domeniu, originea Universului, a galaxiilor și a stelelor, au făcut fizicienii John C. Mather de la NASA Goddard Space Flight Center Greenbelt, MD, USA și George F. Smoot de la University of California Berkeley, CA, USA, care pentru rezultatele obținute în urma prelucrării măsurătorilor făcute cu ajutorul satelitului Cobe, lansat de NASA în 1989, au fost recompensați cu premiul Nobel în 2006.

## 12.2. EVOLUȚIA UNIVERSULUI

La baza evoluției Universului se află interacțiunea dintre substanță, energie, informație, indiferent de cele două teorii cosmogonice care sunt:

- Big Bang adică marea explozie inițială ;
- Universul fără început există un consens asupra evoluției materiei de la simplu la complex.

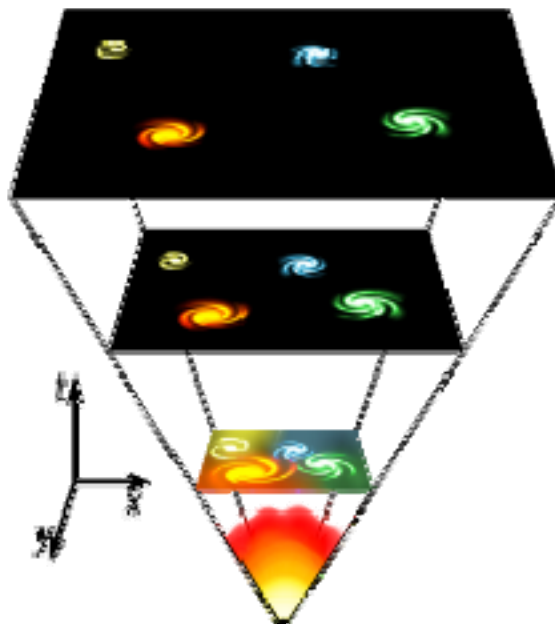


Figura 12.2. Diagrama evoluției Universului.  
Credit: NASA.

De la timpul  $10^{-35}$  la  $10^{-32}$  secunde Universul s-a umflat cu un factor de  $10^{50}$  (era inflaționară). De la această eră până în zilele noastre expansiunea (volumul) Universului s-a mărit cu un factor de  $10^9$  adică de un miliard de ori.

La  $10^{-32}$  secunde forța tare (care asigură coeziunea nucleului atomic) se detașează de forța electro-slabă (rezultată din fuziunea între forța electromagnetică și forța dezintegrării radioactive) iar Universul măsoară cam 300 metri de la un cap la altul, este întuneric absolut și temperaturi de neconceput.

La  $10^{-11}$  secunde s-au născut cele patru forțe fundamentale care interacționează (gravitația, forța electromagnetică, forța nucleară tare și forța dezintegrării); fotonii nu mai pot fi confundați cu alte particule.

Între  $10^{-11}$  și  $10^{-5}$  secunde quarkurile se asociază în neutroni și protoni, cea mai mare parte a antiparticulelor dispar; apar cinci populații de particulele elementare: protoni, neutroni, electroni, fotoni, neutrini. Totul se petrece în marea supă inițială, la o temperatură de un miliard de grade. După o secundă de la Big Bang temperatura a coborât la aproximativ un miliard de grade.

Universul este spațiu-timp și este în expansiune continuă. Aceasta se demonstrează plecând de la teoria relativității generale, prin care se explică un fenomen curios : spectrele galaxiilor îndepărtate prezintă un decalaj spre roșu, fenomen ce se produce atunci când sursa emițătoare este în mișcare în raport cu observatorul .

Întreaga materie este organizată pe sisteme:

- izolate care nu fac nici un schimb cu exteriorul sau unul foarte redus;
- închise care fac cu mediul lor numai schimb de energie;
- deschise ( cum sunt celula, molecula, organismul, biosfera, Universul) care fac schimb de substanță, energie și informație cu mediul în care se dezvoltă.

La nivelul întregii materii din Univers există o bază informațională. Informația, care există pretutindeni, este inerentă tuturor structurilor din Univers și reprezintă o succesiune discretă și continuă de evenimente măsurabile, repartizabile în timp. Structurile informaționale cuprind programele și legile naturii, modelele interne ale omului și celorlalte viețuitoare.

Soluțiile evoluției sunt date de modele informaționale de organizare și funcționare a lumii. Un exemplu care ilustrează aceste modele îl constituie trecerile de la praful cosmic la aglomerările de praf cosmic; de la aglomerări de praf cosmic la formarea corpurilor cerești; de la corpuri cerești la găuri negre (care sunt o fantastică aglomerare de energie).

Astăzi datele observaționale au condus la o ipoteza stranie și anume aceea că Universul nu numai că se dilată dar o face în mod accelerat.

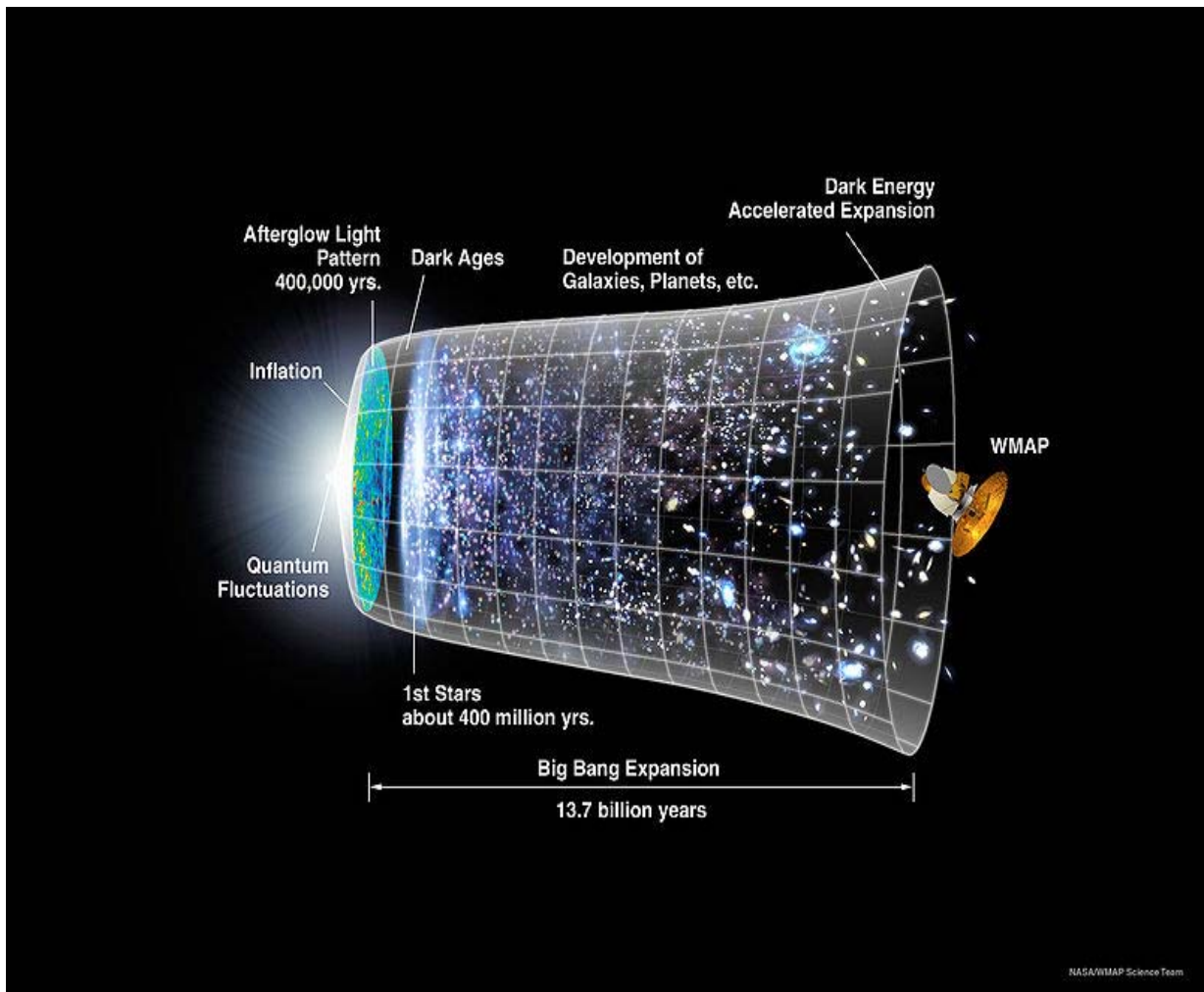


Figura 12.3. Modelul actual de evoluție a Universului. Credit: NASA.

Conform părerilor lui Stephen Hawking, Universul a avut o evoluție foarte regulată, în conformitate cu anumite legi. Astăzi, oamenii de știință descriu Universul în termenii a două teorii parțiale fundamentare—teoria generală a relativității și mecanica cuantică.

Ceea ce știm este că Universul se extinde cu 5 până la 10 procente la fiecare miliard de ani. Unele observații recente indică faptul că **rata expansiunii universului nu scade, ci crește**. Este foarte straniu, pentru că efectul materiei în spațiu, fie că are densitate mică, fie că are densitate mare, poate doar să încetinească expansiunea. La urma urmei, gravitația este atractivă. O expansiune cosmică accelerată este ceva în genul suflului unei explozii care sporește în loc să se disipeze după explozie. Ce forță ar putea fi responsabilă pentru a împinge tot mai rapid cosmosul către expansiune? Nimeni nu este încă sigur. În epoca târzie: „*Universul va continua să se extindă cu o rată mereu crescătoare*”, afirma Stephen Hawking.

Cauza expansiunii accelerate pare să fie din nou manifestarea caracterului repulsiv al gravitației; s-ar repeta astfel împrejurarea similară din

trecutul Universului când acesta a trecut printr-o perioadă de dilatare gigantică. Forța care a determinat comportarea „inflaționară” a Universului ar fi fost gravitația care, în acele condiții, s-a manifestat repulsiv, creând o așa-zisă „presiune negativă”.

Fără expansiunea Universului nu s-ar fi putut forma nicio legătură stabilă, niciun sistem, nicio organizare a materiei/substanței/energiei (atomi, molecule, celule, stele, planete, galaxii).

Einstein atenționa mai demult că Universul are mai puțină materie în compoziția sa în raport cu volumul său, mai precis densitatea sa presupune existența unei forme de materie necunoscute. Cercetările actuale au demonstrat că există „ceva” care se manifestă conform unor legi ale fizicii necunoscute, încă, nouă. Acel „ceva” a căpătat denumirea de materie întunecată iar opusul său energie întunecată.

Cosmologii s-au întrebat cum a acționat materia neagră asupra evoluției Universului. În acest sens o simulare computerizată efectuată de către cercetătorii din cadrul Universității Durham din Marea Britanie pare să indice că principala condiție a supraviețuirii Universului a fost prezența materiei negre.

Astrofizicianul Carlos Frenk din cadrul Universității Durham din Marea Britanie a susținut ipoteza conform căreia în interiorul norilor cosmici se formează noi și noi stele ca urmare a fuzionării materiei normale, învăluită de misterioasa materie neagră.

În cazul galaxiilor mari, această materie a fost îndeajuns de multă și de puternică, încât să protejeze stele abia formate sau în curs de formare. Acestea au supraviețuit. În schimb, cele mai multe galaxiile erau tinere, prin urmare mai mici ca dimensiuni. Lipsa unor cantități suficiente de materie neagră a dus la evaporarea sub efectul bombardamentului cu radiații puternice, a stelelor tinere, dar și a materiei normale care intră în compoziția acestora, nu și a materiei negre, care se regrupa rapid sub forma unor mici norișori.

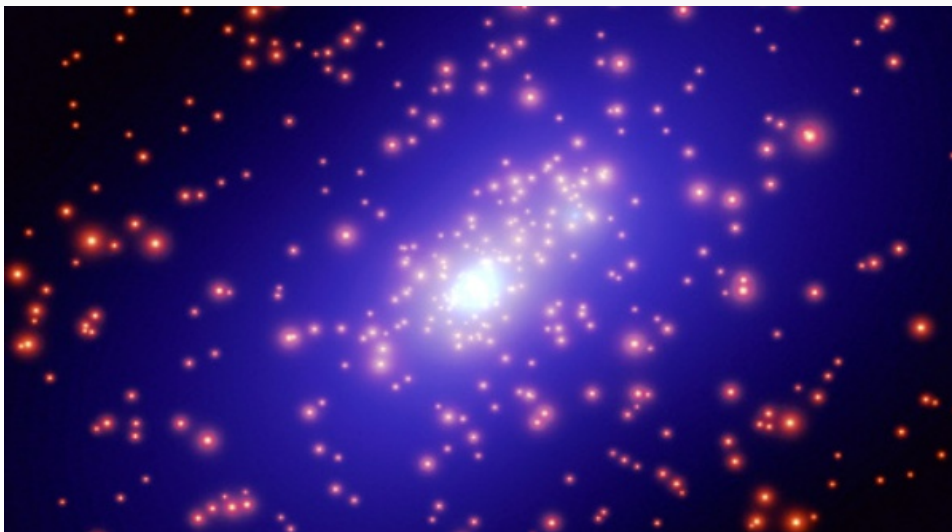


Figura 12.4.Masacrul cosmic. Credit: NASA.

Mult timp după ceea ce astronomii au numit “masacru cosmic”, nu a fost posibilă formarea unor noi galaxii. În schimb, materia neagră a continuat să fuzioneze și să crească, luând forma unor structuri uriașe. Episodul următor s-a petrecut în urmă cu 10 până la 12 miliarde de ani, atunci când norii de materie neagră au devenit îndeajuns de mari încât să absoarbă radiațiile puternice venite dinspre galaxiile supraviețuitoare. Acești nori au format un scut de protecție pentru materia normală, și astfel, noi galaxii au putut lua naștere.

Plecând de aici și de la datele observaționale primite de la Telescopul Hubble, oamenii de știință au încercat să evalueze compoziția actuală a Universului.

Ei au găsit că Universul are următoarea compoziție:

- ◆ **energie întunecată**: circa 74 % din totalul materiei Universului; aceasta este tot o substanță, o materie, foarte puțin cunoscută, doar că numele ei de „energie” este impropriu;
- ◆ **materie întunecată**: circa 22 % , la fel ca energia întunecată nu se știu prea multe lucruri ;
- ◆ **gaz intergalactic**: circa 3,6 %;
- ◆ **stele, planete, etc**: circa 0,04 % din materia Universului.

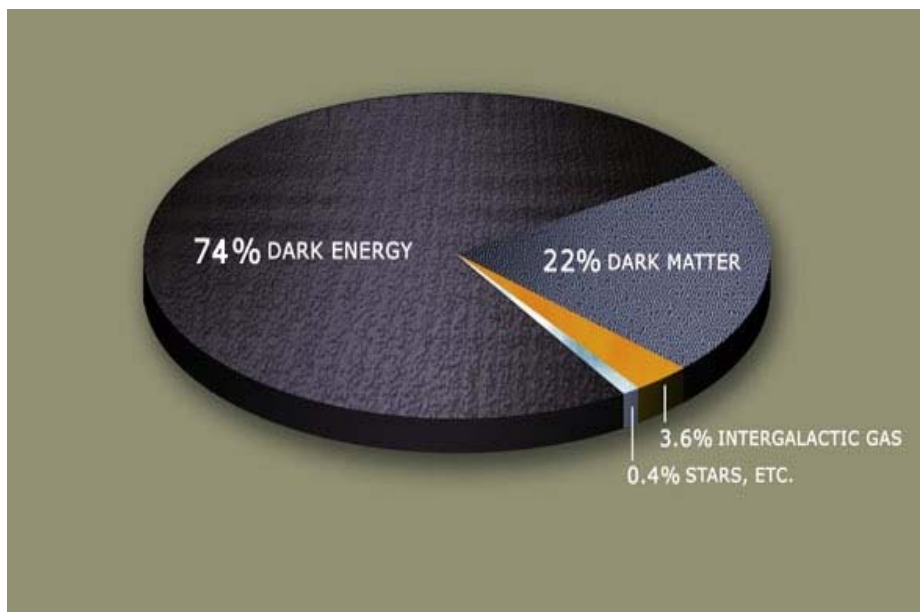


Figura 12.5. Diagrama compoziției Universului.  
Credit: NASA.

## 12.3. GALAXIILE

Unele dintre nebuloase, care se văd ca fiind compuse din stele, s-au dovedit a fi situate la distanțe mult mai mari decât dimensiunile galaxiei noastre, având o structură asemănătoare cu a Căii Lactee, motiv pentru care aceste obiecte extragalactice au fost numite **galaxii**.

### ***i) Proprietăți generale ale galaxiilor***

Aspectul exterior al galaxiilor este foarte diferit, dar cu toate acestea, pentru fiecare galaxie se poate găsi o altă galaxie care să-i semene. În vederea stabilirii unor trăsături comune ale galaxiilor au fost catalogate în patru categorii:

- ◆ galaxii eliptice;
- ◆ galaxii în spirală;
- ◆ galaxii în spirală barată;
- ◆ galaxii cu formă neregulată.

Această clasificare s-ar putea modifica datorită faptului că în anul 2003 a fost descoperit un nou tip de galaxii, care au fost botezate de descoperitorul lor, prof. Michael Drinkwater de la Universitatea din Queensland–Australia, **Galaxii Pitice Ultra Compacte**.

#### ◆ Galaxii eliptice

Acest tip de obiecte cerești au aspectul unor elipse sau cercuri netede în care strălucirea descrește de la centru spre periferie (vezi figura 12.6). Cele mai mici galaxii eliptice se aseamănă cu un roi stelar globular (diferența fiind că galaxiile conțin materie întunecată). Ca masă, aceste galaxii pot avea între 10 până la  $10^{13}$  mase solare. Observații recente arată că în galaxiile eliptice există roiuri stelare tinere, formate probabil în urma coliziunii cu o altă galaxie.

#### ◆ Galaxii spirale și în spirală barată

Galaxiile spirale se deosebesc de galaxiile eliptice prin faptul că au o structură bine determinată:

- au un nucleu asemănător cu o galaxie eliptică (compus din stele bătrâne);
- în centrul nucleului există o gaură neagră supermasivă;
- au brațe spirale, în care există stele tinere și mult praf și gaz interstelar;

Aceste galaxii au primit numele de spirale datorită brațelor de stele tinere ce se desfășoară în jurul nucleului. Brațele se formează după o spirală logaritmică. Centrul galaxiilor spirale poate avea formă sferică sau poate avea o formă de bară (galaxii spirale barate-SB).

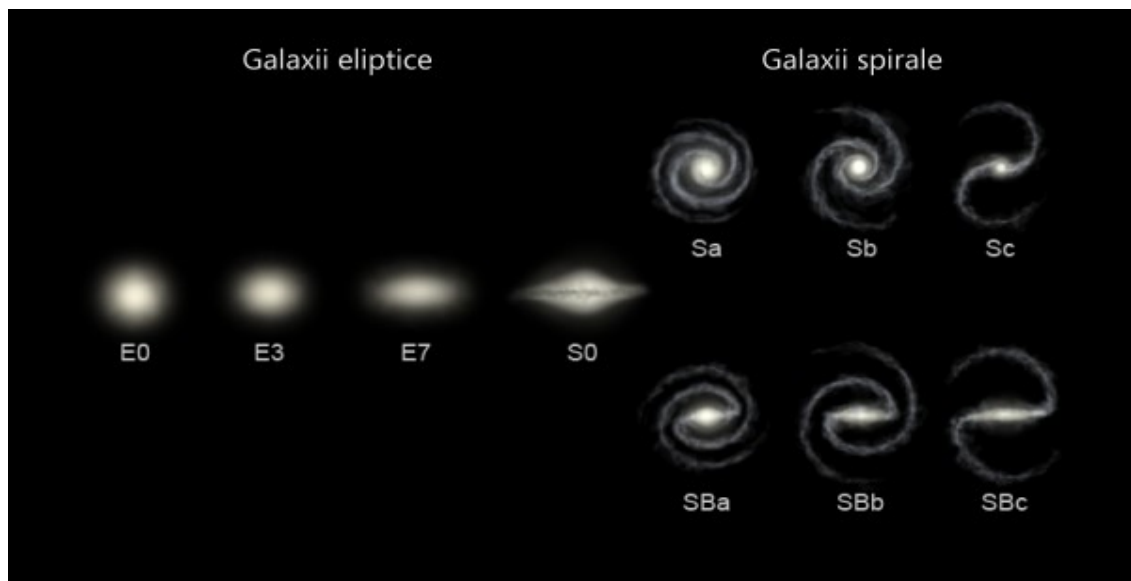


Figura.12.6. Tipuri de galaxii.

Conform figurii 12.6 avem următoarele tipuri de galaxii:

- E0 - galaxie eliptică rotundă (sferică);
- E3- galaxie eliptică elipsoidală (mingea de rugby) ;
- E7 - galaxie eliptică cu forma de disc;
- S0 - are aspect de galaxie eliptică dar există și un disc ce conține praf și gaz (galaxii lenticulare);
- Sa - galaxie spirală clasică, cu o parte centrală sferică și o structură spirală strânsă;
- Sc - galaxie spirală cu o parte central mică și brațe spirale desfășurate;
- SBa - spirală barată cu brațe spirale strânse;
- SBc - spirală barată cu brațe spirale desfășurate .

#### ◆ Galaxii neregulate

Aceste galaxii sunt compuse numai din stele tinere, gaz și praf interstelar. Ele reprezintă circa 3% din numărul galaxiilor cunoscute.

Ca aspect galaxiile neregulate nu se aseamănă una cu alta, neavând nucleu și nici brațe spirale. Se crede că majoritatea acestor galaxii au fost galaxii spirale sau eliptice, dar au fost deformate în urma întâlnirilor cu alte galaxii. Există două tipuri de galaxii neregulate:

- Irr I - galaxie ce are o anumită structură, fie un nucleu sau un braț;
- Irr II - galaxie fără structură.

După strălucirea absolută galaxiile se pot împărți în :

- galaxii supergigante;
- galaxii gigante;
- galaxii pitice.



Magnitudinile absolute ale galaxiilor variază iar dimensiunile acestora diferă de la un tip la altul. Cele eliptice au dimensiuni cuprinse între 3 și 5 kiloparseci iar cele spirale au diametrele de la 7 kiloparseci până la 20 kiloparseci.

## **ii) Probleme de evoluție a galaxiilor**

Dacă în evoluția stelelor avem rezultate ceva mai concludente, în problema evoluției galaxiilor lucrurile nu sunt așa de limpezi. Din acest motiv putem aminti doar două ipoteze formulate de Hubble și Oort:

### ◆ Formularea lui Hubble

Hubble a considerat că aspectul actual al galaxiilor se datorează stadiului în care se află în evoluția lor. De aceea pornind de la datele observaționale, Hubble a determinat distanțele până la galaxii și a descoperit că vitezele de îndepărtare sunt strict proporționale cu distanțele. Acest rezultat a condus la ideea expansiunii Universului, iar exprimarea sa matematică este de zărmant de simplă:

$$v=H \cdot r,$$

unde:  $v$ =viteza de îndepărtare,  $r$ =distanța, iar  $H$ =constanta lui Hubble care are dimensiunea inversă timpului și o valoare determinată experimental de aproximativ  $20(\text{km/s})/10^6$  ani-lumină.

Conform observațiilor, Hubble a presupus că galaxiile eliptice reprezintă fazele inițiale ale formării galaxiilor, adică sunt tinere, iar galaxiile spirale ar fi compuse în mare parte din stele bătrâne. Pe scurt galaxiile s-ar forma din nori imenși de hidrogen cu forme sferice și rotație lentă, iar cu timpul acești nori ar fi supuși contracției gravitaționale, mărmdu-și astfel rotația și inevitabil forma lor s-a turtit.

### ◆ Formularea lui Oort

Oort a considerat că galaxiile s-au format dintr-un gaz care era distribuit în Universul timpuriu, aflat în expansiune, prezentând densități diferite în locuri diferite. În conformitate cu ipoteza sa, în centrele de densitate mai mare au apărut galaxiile.

Galaxiile sferice sunt acelea care s-au format din centre care aveau inițial o rotație mică, iar galaxiile turtite s-au format din centre care inițial aveau o rotație mai mare. O astfel de protogalaxie, datorită forțelor centrifuge, s-a contractat perpendicular pe planul discului de rotație.

Oricare ipoteză teoretică trebuie verificată experimental și de aceea azi avem o altă dilemă cu mult mai șocantă, anume din datele observaționale recente, galaxiile nu numai că se îndepărtează cu viteze amețitoare, dar o fac în mod accelerat. Astfel a apărut o nouă ipoteză și anume că acest lucru se datorează unei noi forțe din Univers—energia întunecată. Energia întunecată, conform noilor teorii, tinde să „dezmembreze“ Universul, pe când „rivala“ ei materia neagră, numită „lipici cosmic“ îl ține „legat“.

### iii) Distribuția galaxiilor

Galaxiile pot fi observate în orice direcție pe bolta cerească, excepție făcând galaxiile aflate în spatele planului galactic al galaxiei noastre deoarece vizibilitatea este afectată de prezența materiei interstelare galactice.

Galaxiile se află în interiorul unor formațiuni mai mari— **grupuri de galaxii**, deoarece distanța dintre obiectele componente este mult mai mică decât distanța până la obiectele situate în afara grupului.

Calea Lactee face parte din **Grupul Local** care cuprinde, pe lângă galaxia noastră, Galaxia Andromeda, Norii lui Magellan și Galaxia Triangulum (M33), care formează structurile mari și peste 35 de galaxii mai mici (vezi figura 12.7), dintre care: peste patru galaxii neregulate, circa o duzină de galaxii neregulate pitice, patru galaxii eliptice iar restul fiind galaxii eliptice pitice sau pitice cu formă relativ sferică. Grupul Local are o formă relativ sferică cu un diametru de circa 1 Mpc (1Mpc=1.000.000 parseci).

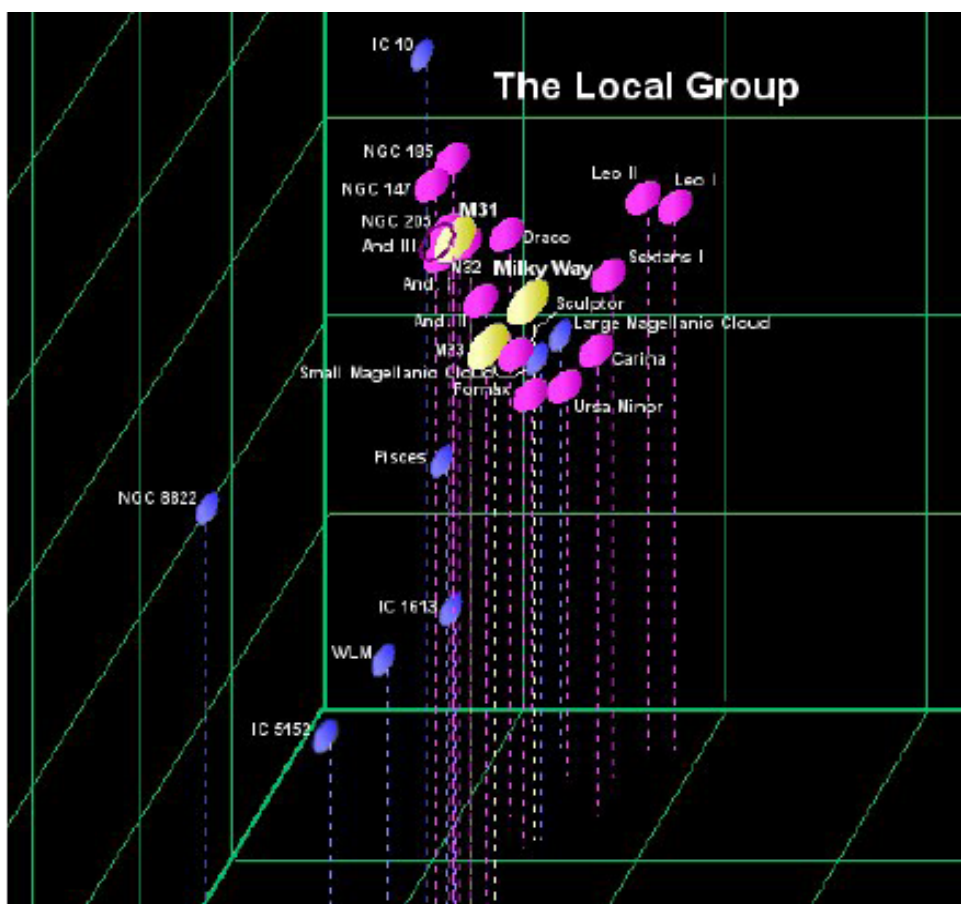


Figura 12.7. Grupul Local.

Credit: <http://www.astro.princeton.edu/~clark/Back.html>.

Grupurile de galaxii sunt concentrate în formațiuni mai mari și mai complexe în care pot intra sute sau mii de membri numite **roiuri de galaxii** (cluster este termenul pentru roi în lb. engleză).

Roiurile de galaxii pot fi:

♦ Roiurile deschise care sunt situate în vecinătatea planului galactic, motiv pentru care se mai numesc și **roiuri galactice**. Se cunosc peste 800 de astfel de roiuri, situate într-o sferă cu raza de la câțiva kiloparseci cubi în jurul Soarelui, până la distanțe la care absorbția luminii nu este suficient de mare pentru a afecta acuratețea observațiilor. Se estimează că numărul total de roiuri din galaxie este de câteva zeci de mii. Cele mai cunoscute roiuri deschise: Pleiadele, Hyadele, roiul dublu din Perseu etc.

♦ Roiurile globulare care prezintă o distribuție sferică în jurul centrului galaxiei. În număr de câteva sute, ele pot fi bine observate datorită densității stelare mari (cu excepția roiurilor aflate în apropierea planului galactic, unde absorbția luminii este mare). Distanțele la roiurile globulare se determină pe baza distanțelor la stelele strălucitoare conținute iar pentru dimensiunile lor liniare se obțin valori cuprinse între 7 parseci și 120 parseci. Aproximativ 2 parseci din diametru reprezintă nucleul roiului, cu densități depășind uneori de mii de ori densitatea stelară din zona Soarelui. Deși numite **globulare**, în realitate roiurile au formă **elipsoidală**. Un exemplu în acest sens este M19, pentru care raportul dintre axa mare și axa mică este 4. În roiurile globulare s-au descoperit multe surse de radiație X, fapt care indică stele colapsate cu acreție.

Roiurile de galaxii, la rândul lor, formează o structură mai complexă cunoscută sub denumirea de Superroi (nor de galaxii).

#### 12.4. STRUCTURA UNIVERSULUI LA SCALĂ MARE

Universul în care trăim are o structură complexă și bine elaborată astfel că în analiza distribuției la scală mare a galaxiilor au fost stabilite două legi empirice:

- distribuția spațială a galaxiilor și roiurilor este caracterizată de mari goluri înconjurate de pereți de galaxii până la limita regiunii în care avem date;
- legea liniară a lui Hubble care leagă deplasarea spre roșu de distanță, bine stabilită până - și peste - 200 Mpc, ca o consecință strictă a expansiunii omogene a Universului.

Ipoteza de bază a cosmologiei standard este **Principiul Cosmologic** care reprezintă, de fapt, postularea omogenității și izotropiei spațiale a Universului la scală mare.

Omogenitatea distribuției materiei joacă un rol central în modelele de univers în expansiune deoarece ea implică proporționalitate exactă între viteza

de recesie a galaxiilor și distanță, fapt în acord cu legea Hubble. În sens invers, aceasta înseamnă că legea lui Hubble este valabilă la scale pentru care distribuția materiei poate fi considerată constantă. Mult timp, astronomii au studiat modele ale structurilor la scală mare utilizând proiecții bidimensionale, fără observații directe în a treia dimensiune.

În paralel cu ideea de omogenitate a Universului au existat în istoria astronomiei alternative și idei precum cea a structurii ierarhizate a Universului lansată de Swedenborg, Kant și Lambert. Ei au imaginat un tablou în care ierarhizarea pornea de la stelele grupate în roiuri constituind la rândul lor galaxii, acestea formând sisteme mai mari, totul continuând indefinit (Kant) sau oprindu-se la un anumit nivel (Lambert). Această idee a fost reluată de Fournier, d'Albe și Charlier care au abordat o ierarhie determinată de proporționalitatea între masă și distanță.

În 1970, de Vaucouleurs a studiat (preluând o idee din 1938 a lui Carpenter) posibilitatea existenței unei relații de puteri între densitate și distanță, ca factor de bază în cosmologie, reflectând o distribuție ierarhizată. El a sugerat o lege de forma :

$$\rho(r) = \rho_0 \left( \frac{r}{r_0} \right)^{-\gamma}$$

în care  $\rho_0$  și  $r_0$  reprezintă raza și densitatea la cel mai mic nivel al ierarhiei.  $\gamma$  este un exponent de corelare. De remarcat este aici faptul că ecuația lui de Vaucouleurs e valabilă pentru orice punct din Univers. Altfel spus, față de orice punct densitatea masică scade cu distanța.

A doua lege empirică considerată, legea lui Hubble, poate fi scrisă sub forma:

$$v_r = cz = Hr$$

în care  $z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$  reprezintă deplasarea relativă spre roșu a spectrului observat,  $v_r$  viteza radială, iar  $H$  este constanta lui Hubble. Dacă deplasarea spre roșu este interpretată ca un efect al mișcării relative, atunci legea lui Hubble poate fi scrisă:

$$v = Hr,$$

în care  $v$  este viteza galaxiei-sursă, iar  $r$  reprezintă distanța.

De la descoperirea ei, legea lui Hubble a fost verificată pentru toate intervalele de distanță accesibile observațiilor (de la  $z=0,1$  la  $z=1$ ). S-a constatat astfel că există mici deviații  $\delta v$  de la viteza  $v_H$  dată de legea lui Hubble, deviații legate de concentrări de masă cum este marele Roi din Coma sau Pisces-Perseu. Mărimea acestor perturbații nu este la prima vedere semnificativă, fiind de ordinul  $\delta v/v_H \cong 0,1$  dar este interesant de comparat spectrul lor cu spectrul clusterizării la scală. Ca și legea Vaucouleur, legea lui Hubble nu este particulară galaxiei noastre, ci poate fi generalizată la orice punct din Univers. Aceasta este de altfel ideea de bază a modelelor în expansiune. Ca rezultat,

micile fluctuații trebuie să fie de asemenea o caracteristică generală: structura și cinematica grupului local de galaxii trebuie să fie tipice și pentru alte grupuri mici.

Prin urmare, legile Hubble și de Vaucouleurs, descriind aspecte diferite ale Universului, au în comun universalitatea și independența față de observator; acest lucru le imprimă caracter de legi fundamentale ale investigației în cosmologie, dar cele două legi trebuie corelate și racordate. Există propuneri pentru o lege a lui Hubble neliniară, așa cum există și încercări de a restrânge caracterul universal al legii de Vaucouleur la anumite intervale de distanțe, cu alte cuvinte de a considera că, de la o scală dată, Universul devine omogen.

În Universul pe care îl putem observa, prin mijloacele și instrumentele pe care le avem la dispoziție nu s-au descoperit structuri mai mari decât roiurile și superroiurile de galaxii, dar aceste modele se repetă la infinit, exact ca fagurii de miere dintr-un stup.

Grupurile de galaxii pot conține până la 50 de galaxii și se întind pe distanțe cuprinse între câteva sute cuprinse între câteva sute de kpc (kiloparseci) și 2Mpc (Megaparseci). Viteza de recesiune a galaxiilor în interiorul unui grup este de circa  $54 \cdot 10^4$  km/h.

Roiurile de galaxii se întind pe distanțe cuprinse între 2÷10 Mpc, având viteza de recesiune a galaxiilor în interior cuprinsă între 800÷1000 km/s. Masa acestor „monștri cosmici“ este mai mare de  $10^{18}$  mase solare.

În vecinătatea Căii Lactee se află două roiuri de galaxii:

- Roiul Coma.
- Roiul Virgo.

◆ Roiul Coma. Este un roi aproape sferic ce prezintă o puternică concentrare de galaxii spre centru. Se întinde pe aproximativ 3 Mpc iar zona centrală are circa 600 kpc.



Figura 12.8. Roiul Coma .

Credit foto: <http://www.cosmiclight.com/imagegalleries/gclusters.html>.

Roiul Coma conține peste 1.000 de galaxii, centrul său conținând galaxii eliptice și sferice cu o densitate de aproape 30 de ori mai mare decât cea a Grupului Local, fiind un roi de dimensiuni mari. Roiul Coma se află la o distanță de circa 99 Mpc în direcția constelației Coma Benenices.

Roiul Coma împreună cu Roiul Leo I, vecinul său, formează **Superroiul Coma** care este cea mai mare structură de acest tip din apropierea Căii Lactee. Superroiul Coma este alcătuit din circa 3.000 de galaxii într-un spațiu cu un diametru de 20 milioane ani-lumină.

◆ Roiul Virgo. Este un roi profund neregulat și nu prezintă o aglomerare centrală distinctă, întinzându-se pe un spațiu de 2,2 Mpc. Roiul Virgo se află la o distanță de de aproximativ 18 Mpc în direcția constelației Virgo, conține până la 1.500 de galaxii și un gaz interstelar care are o masă de 10 ori mai mare decât întreaga masă vizibilă a roiului ce emite radiații X, fapt ce ne indică temperatura sa destul de ridicată.



Figura.12.9. Roiul Virgo.

Credit: [http://bojum.as.arizona.edu/~jill/NS102\\_2006/Lectures/Lecture1/lecture1.html](http://bojum.as.arizona.edu/~jill/NS102_2006/Lectures/Lecture1/lecture1.html).

Roiul Virgo alături de Grupul Local și alte 100 de grupuri de galaxii face parte din **Superroiul Virgo** care se întinde pe o distanță de circa 33Mpc, având circa 80% din întreaga materie în același plan.

Superroiul Virgo (Superroiul Local) este format din trei componente:

- Centrul format din 20% galaxii foarte strălucitoare (Roiul Virgo).
- Galaxii care se întind în planul discului galactic formate din două grupuri mari separate reprezentând 40%.
- Grupuri mici de galaxii împrăștiate care reprezintă restul de 40%.

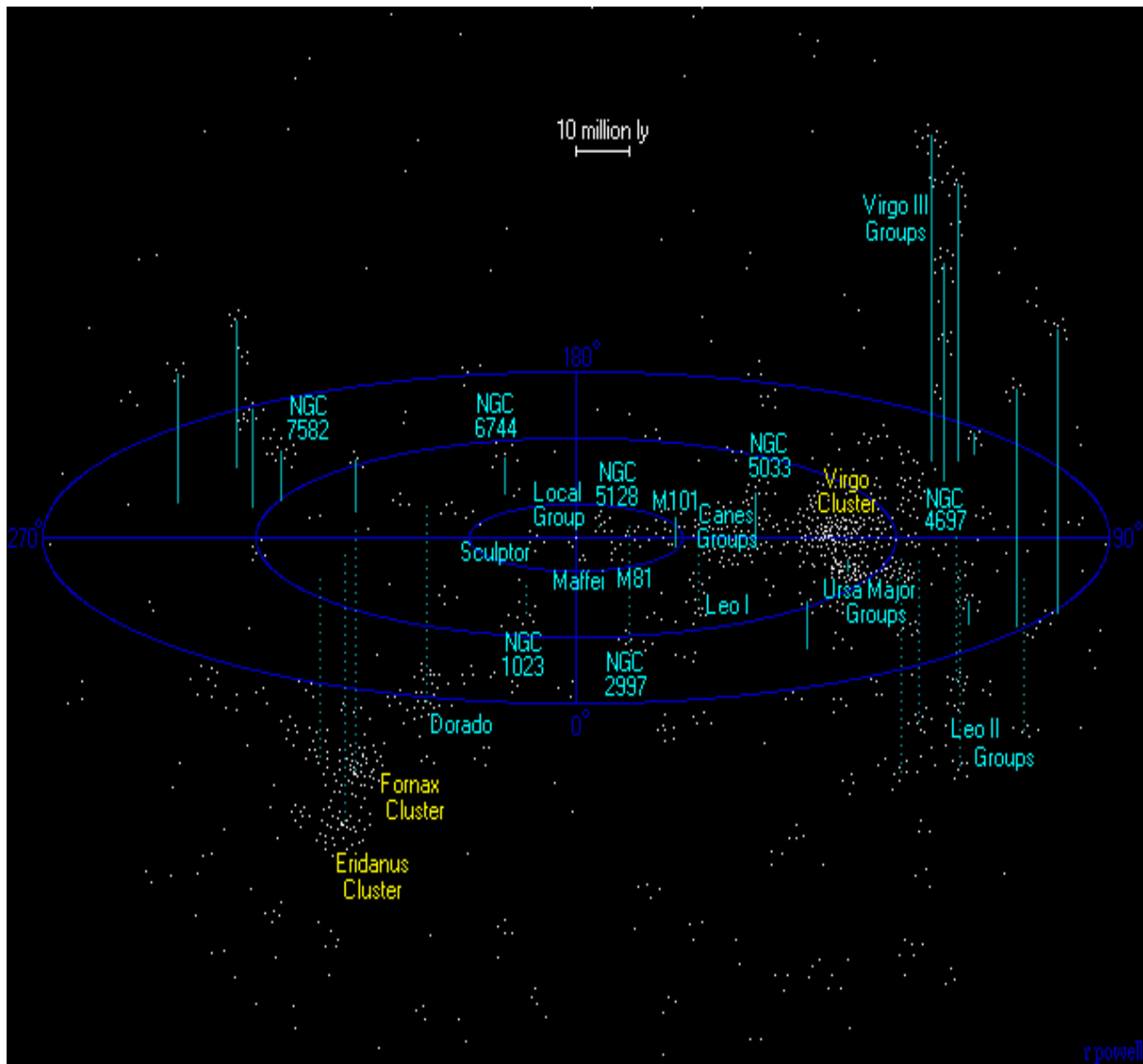


Figura.12.10. Superroiul Virgo.

Credit foto: <http://en.wikipedia.org/wiki/Supercluster>.

La scală mare Universul se structurează sub forma roiurilor de galaxii iar studiile asupra galaxiilor îndepărtate arată că, în Univers, există multe superroiuri separate de goluri imense. Distribuția materiei în Univers atunci când se vorbește de structuri de astfel de dimensiuni, 100 Mpc, este uniformă și omogenă.

Pentru a ne forma o idee mai clară asupra structurii Universului la scală mare să ne imaginăm un burete spongios în care țesătura reprezintă superroiurile de galaxii iar găurile reprezintă golurile dintre acestea. Golurile sunt conectate între ele astfel încât dacă se pleacă de la un gol oarecare se poate ajunge la altul fără a se traversa peretele buretelui (vezi figura 12.11).

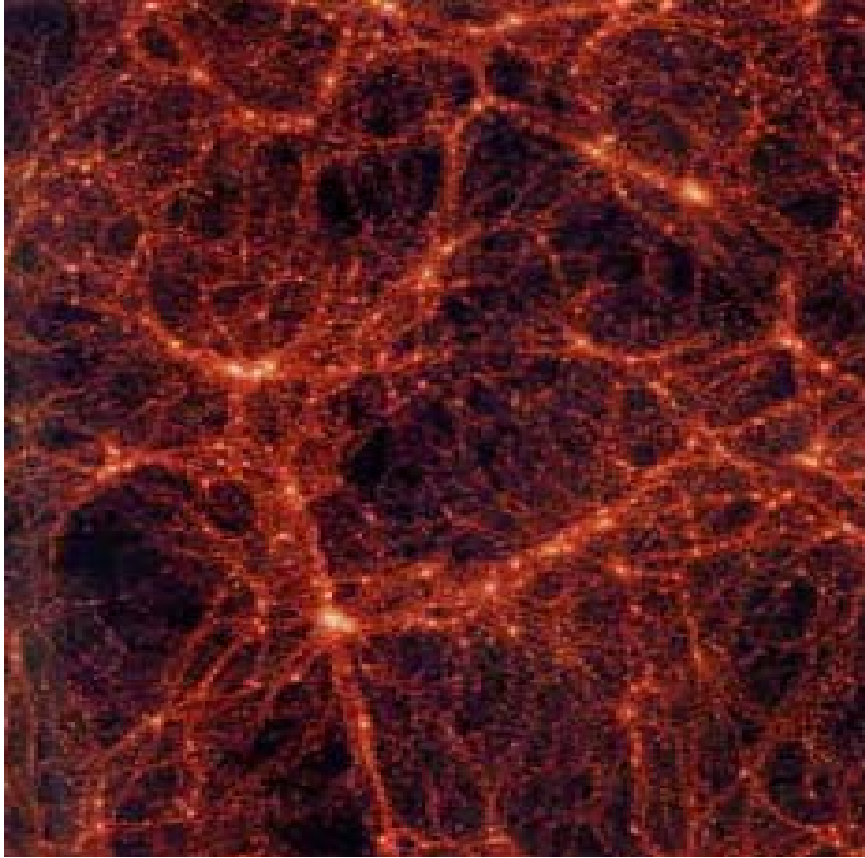


Figura 12.11. Structura la scală mare a Universului.

Credit : <http://weekly.ahram.org.eg/1999/462/sido.html>.

În figura 12.12 fiecare punct luminos, din cele 9.325, reprezintă o galaxie similară Căii Lactee.

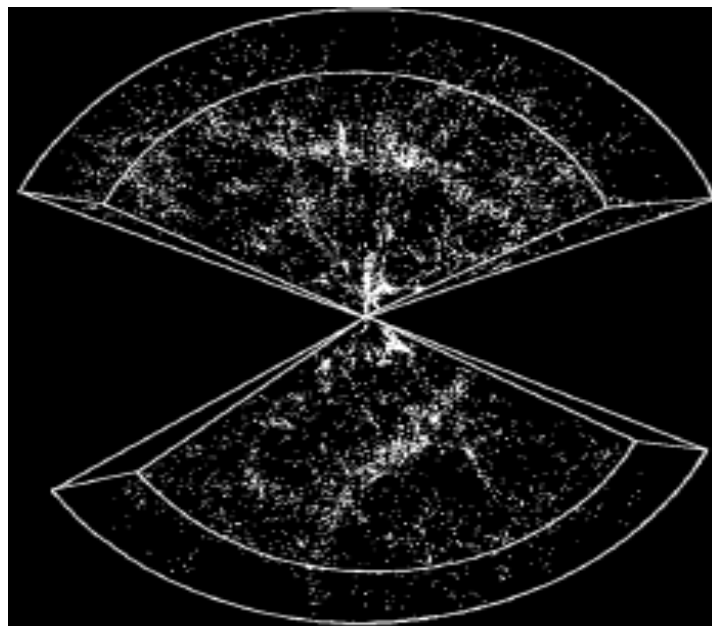


Figura 12.12. Harta Universului.



Cele două arce de cerc care formează marginile celor două sectoare de spațiu se află la circa 400 de milioane de ani-lumină de Soare. Sectoarele negre din est și vest care le despart sunt zonele obturate de planul galactic al galaxiei noastre. Harta ne arată că există anumite tipare la scară intergalactică conform cărora sunt ordonate galaxiile.

Marele „zid“ reprezintă o aglomerare de galaxii și se întinde la orizontală pe aproape întreaga zonă de nord, iar un „zid“ similar se întinde pe diagonală în regiunea sudică. „Zidurile“ delimitează imense goluri întunecate unde concentrația de galaxii este foarte mică sau este nulă. Aceste goluri au uneori chiar 150 de milioane de ani-lumină în diametru. Cele două modele din nord și din sud sunt similare reprezentând adevărate matrici pentru dezvoltarea ulterioară a modelelor cosmologice.

#### 12.4. SFÂRȘITUL UNIVERSULUI

Dacă Universul evoluează încă de la început, în acest mod, este de așteptat ca această evoluție să aibă și un final. Cum se va întâmpla:

- Se va rupe în bucăți într-o clipită ?
- Se va dezintegra ?
- Va îngheța treptat până la moarte ?

Astrofizicienii din toată lumea încearcă să afle cum se va sfârși pentru că în spațiu, departe, se dă o bătălie pe care deși nu o vede nimeni, rezultatul va fi unul singur: **sfârșitul Universului**.

Într-unul din scenarii, savanții au presupus că așa cum Universul s-a dilatat tot așa gravitația urmează să tragă Universul la loc, exact ca aerul care s-a eliberat dintr-un balon umflat acesta revenind la forma inițială. Această teorie este numită **Marea Contractie (Big Crunch)** și presupune că întreaga materie se prăbușește sub acțiunea propriei greutate.

Cea de-a doua teorie presupune că Universul se va dilata până la epuizarea combustibilului reactoarelor nucleare ce-l alimentează iar apoi se va răci și va muri prin **Marele Îngheț (Big Chiil)**.

A treia teorie presupune că Universul se va dilata cu o viteză atât de mare încât continuul spațiu-timp nu va mai putea ține Universul legat și va avea loc **Marea Ruptură (Big Rip)**.

Cosmologii cred că trebuie să existe „ceva“ care să oprească la un moment expansiunea Universului. Indicii în acest sens se află în cele mai puternice și mai misterioase fenomene din cosmos: **găurile negre**. Tot cosmologii au căutat să afle cu ce viteză se dilată Universul și de aceea au folosit telescoapele ca pe o mașină a timpului, studiind astfel galaxiile îndepărtate, așa cum erau demult, observând obiecte ce pot fi văzute doar prin tehnologia de ultimă oră.

Așa cum spunea și Einstein că Universul are mai multă masă decât o putem noi observa, descoperirea găurilor negre a generat ideea pe care se bazează teoria Marii Conracții (Big Crunch), deoarece stelele când termină combustibilul nuclear se năruie devenind o pitică albă cu o masă mai mică și mai densă care atrage tot mai multă materie exact ca în modelul Big Crunch.

Forța gravitațională devine așa de mare încât orice se apropie de gaura neagră este înghițit pe vecie astfel încât nici lumina nu are scăpare. Sigur că este uimitor cum „ceva invizibil” poate fi detectabil, oferindu-ne astfel un indiciu asupra evoluției sorții noastre.

Astfel dacă toată materia din Univers s-ar prăbuși într-o singură gaură neagră aceasta ar deveni o entitate singulară, tot așa cum am apărut dintr-o entitate singulară tot acolo vom ajunge iar mecanica cuantică ne spune că în acest caz în timp totul va dispărea prin „evaporarea” particulelor constituente, aceasta la nivel microscopic și macroscopic.

Într-un fel găurile negre sunt o variantă la scară mică a unei noi forțe numită de savanți „lipici cosmic”, adică **materia neagră**. Materia neagră atrage obiectele, forța gravitațională fiind pozitivă. Încă nu se știe precis ce este **energia întunecată** care este asociată materiei întunecate, dar aceasta are un efect de respingere care îndepărtează galaxiile, iar Universul se prăbușește sub acțiunea energiei întunecate.

Prezența materiei reunește structurile din Univers, așa cum s-a format Calea Lactee odată cu dilatarea Universului, unde obiectele mici s-au unit cu cele mari datorită forței pozitive, constructivă a gravitației. În acest caz forța gravitațională s-ar opri și Universul ar începe să se năruiască, iar gravitația ar înlocui dilatarea cu contracția prin Big Crunch.

Materia întunecată a produs galaxii într-un cadru temporar finit. Dacă doar gravitația materiei atomice ar genera galaxii nu am fi existat astăzi pentru că nu ar fi fost destul timp pentru ca gravitația să fi condensat toată materia așa că este nevoie de materia întunecată pentru accelerarea procesului.

Dacă Universul se dilată în continuare fără să dea semne de năruire, atunci înseamnă că forța opusă energiei întunecate este mai mare ca materia întunecată. Indicii în acest sens s-au găsit studiind stelele la sfârșitul vieții lor, atunci când combustibilul din interiorul lor se epuizează, steaua se năruie și exteriorul ei se dilată iar steaua devine într-un târziu o „pitică albă”. „Piticii albi” au adesea pe orbita lor alte stele, numite **însoțitoare**. Dacă resturile stelei însoțitoare cad pe „piticul alb”, apare o explozie ce provoacă „un spectacol de artificii” extraordinar în cosmos.

Cercetătorii au analizat stelele care explodează, supernovele, ca pe niște indicii clare despre rapiditatea dilatării Universului. Exploziile scurte și luminoase au permis savanților să monitorizeze dilatarea.

Astronomii au determinat distanța și viteza acestor supernove prin măsurarea cantității de lumină roșie emisă. Cu cât se depărtează mai repede de noi, cu atât este mai roșie lumina. Astfel efectuând analiza spectrală a

supernovei s-au obținut indicii asupra compoziției sale chimice și vitezele caracteristice atunci când scoarța supernovei se dilată ca urmare a exploziei inițiale.

Sigur că sunt multe fenomene fizice de studiat despre evenimente separate dar ritmul dilatării galaxiilor ce conțin supernove este folosit în interpretarea modului în care înaintează restul Universului. Se pot compara vitezele galaxiilor cu distanțele dintre ele, iar aceste indicii sugerează astronomilor când își va schimba Universul direcția, năruindu-se în Big Crunch.

Dr. Ellis de la Observatorul Keck din Hawaii și Johan Reshar de la Institutul de Tehnologie din Pasadena-California au evaluat lumina dintr-o galaxie îndepărtată, captată de telescop, și au încercat să interpreteze cum se dilată întregul Univers. Ei au ajuns la concluzia că schimbarea culorii galaxiilor este mai mare decât se credea și anume că Universul se dilată în mod accelerat. Acest lucru presupune că există o forță invizibilă care lucrează împotriva gravitației pe care cosmologii au numit-o **energie întunecată**.

Când Universul era mai tânăr, acum 7 miliarde de ani, gravitația era forța dominantă iar galaxiile erau unite de gravitație existând un echilibru între energia întunecată și gravitație.

Prin dilatarea sa continuă Universul își micșorează densitatea astfel că energia întunecată preia controlul, iar Universul începe să accelereze. Energia întunecată este acum proprietatea dominantă a spațiului.

Istoria Universului nu este altceva decât o luptă între materia și energia întunecată, acestea fiind în opoziție, așadar soarta Universului va fi determinată de rezultatul competiției dintre materia și energia întunecată.

Teoria Marii Contrații a rezultat din ipoteza că materia întunecată este forța dominantă, dar astronomii bănuiesc că energia întunecată este mai puternică, iar în acest caz sfârșitul poate fi dramatic și violent: de la dezintegrarea sistemelor stelare până la dezintegrarea materiei prin ruperea legăturilor și dezintegrarea în atomi reducându-se totul la particule fundamentale având ca punct terminus sfârșitul Universului.

Lupta dintre **materia întunecată** (forța ce ține Universul legat) și **energia întunecată** (forța ce tinde să-l „rupă“) face ca distrugerea Universului să fie inevitabilă. Dacă materia întunecată învinge, Universul se va năru, iar dacă energia întunecată domină cosmosul, el s-ar putea dezintegra, dilatarea devenind atât de puternică încât dezintegrează întreg Universul. Noi nu putem decât să anticipăm soarta bizară a Universului, deoarece energia întunecată care a format din materie superbul Univers în care trăim, continuă să-l împingă înainte, ducându-l la pieire.

Pentru a afla dacă energia întunecată va câștiga, savanții trebuie să afle cât de repede se extinde Universul pentru că dilatarea Universului este accelerată și astfel se poate dezintegra în mod dramatic respectând scenariul Marii Rupturi sau Big Rip. În acest caz stelele, planetele și chiar atomii se vor dezintegra chiar înainte de sfârșitul Universului.

Astronomul Robert Caldwell a prevăzut în cadrul acestui model următorul scenariu: dacă am fi pe Pământ sau pe o altă planetă vecină, am putea vedea un fel de “zid de întuneric” care se apropie astfel că pe măsură ce acest zid se apropie, stelele și galaxiile se sting iar în cele din urmă, zidul de întuneric înconjoară planeta și curând înșiși atomii se dezintegrează astfel că zidul negru se reduce la un punct și... gata. Dar tot potrivit lui Caldwell acel moment va fi peste miliarde de ani așa că oamenii au suficient timp pentru a-și perfecționa cercetările.

Autorul acestei accelerări este energia întunecată dar fizica energiei întunecate este încă o necunoscută și avem nevoie de noi informații. Dacă am ști ce o produce și cum acționează atunci am putea afla care va fi soarta finală a Universului.

Marea Ruptură (Big Rip) este una din teorii dar informațiile primite datorită telescopului Hubble indică un sfârșit al Universului mai puțin violent, însă inevitabil, oferind indicii despre Marele Îngheț și alte teorii despre sfârșitul Universului.

Interesant este faptul că atunci când a fost lansat telescopul Hubble în 1990 pentru a diagnostica vârsta Universului, astăzi a identificat un „ingredient-cheie” în existența Universului, **materia neagră**, care reprezintă în opinia savanților **substanța-liant** a Universului, ceea ce poate împiedica Marea Ruptură.

Existența materiei întunecate este probată de imaginile galaxiilor vecine surprinse de Hubble, care uneori pare că sunt înconjurate de alte galaxii, deși acestea nu există, fiind reflexii ale galaxiilor îndepărtate ce vin din spate. Astronomii cred că iluzia optică este materia întunecată ce provoacă o deformare a luminii prin așa-numitul **efect lenticular gravitațional**. Lumina de la galaxiile îndepărtate este îndoită de curbura spațiului, provocată de stele și materia întunecată. Cu cât este mai multă materie întunecată între Pământ și galaxia respectivă cu atât va fi mai curbată lumina și mai tare forța Marelui Îngheț. Efectul lenticular gravitațional constituie un instrument de lucru excepțional deoarece permite măsurarea deformației în galaxiilor, trasând distribuția materiei întunecate la diferite scări de măsură. Dacă se va putea cartografia curbura atunci se va putea cartografia materia întunecată.

Determinarea echilibrului dintre forța întunecată și materia întunecată va înclina balanța către Marele Îngheț sau Marea Ruptură. Energia întunecată este forța propulsatoare iar materia întunecată este forța care încetinește procesul.

Dacă Universul continuă să se dilate atunci toate sursele de energie se vor epuiza și vor muri, iar Universul se va răci prin Marele Îngheț. În acest scenariu Pământul devine o planetă rece și izolată odată cu dilatarea Universului. Distanțele dintre stele devin tot mai mari, dispărând aproape din câmpul vizual, iar în timp ele se sting. În cele din urmă întregul Univers va îngheța.

Ideile de mai sus au reieșit și din lucrările lui Einstein și Hubble dar niciunul nu a trăit suficient pentru a verifica rezultatele.

Oricare ar fi sfârșitul Universului din perspectiva planetei noastre lumina Soarelui va dispărea prima, iar la miliarde de ani de la dispariția oamenilor cosmosul nu va mai exista.

## **CAPITOLUL 13**

### **PROBLEMA VIEȚII ÎN UNIVERS- CIVILIZAȚII COSMICE**

Încă din timpuri străvechi, omenirea a vrut să știe dacă există viață pe alte planete ale sistemului nostru solar, și de asemenea, dacă există viață în alte sisteme planetare din Univers. Negăsind nici un răspuns favorabil oamenii și-au creat propriile divinități la care să se închine și în care sperau protecție și înțelegere. Așa au apărut astrologii, oracolele și celelalte de forme de supranatural, fără o încercare de înțelegere științifică a unor fenomene astronomice obișnuite: eclipse, apariții de comete, ș. a.

După ce tehnologia de scrutare a cerului s-a diversificat și a devenit mai performantă s-au reluat cercetările în explorarea vieții oriunde în Univers. Cercetători de diferite specialități și-au dat mâna pentru a colabora în această încercare.

Ne interesează condițiile necesare pentru a putea exista viață pe unele planete ce orbitează în jurul stelelor din galaxia noastră, dar și forme incipiente, sau condiții necesare și suficiente în sistemul nostru solar.

Rămâne memorabilă clipa când însuși președintele american în funcție atunci, Bill Clinton, a anunțat cu emfază că s-au descoperit posibile urme de viață pe planeta Marte. Această clipă a fost sugerată de faptul că în urma cercetării meteoritului marțian ALH84001 s-au descoperit niște urme de carbonați care semănau cu fosilele unor bacterii microscopice.

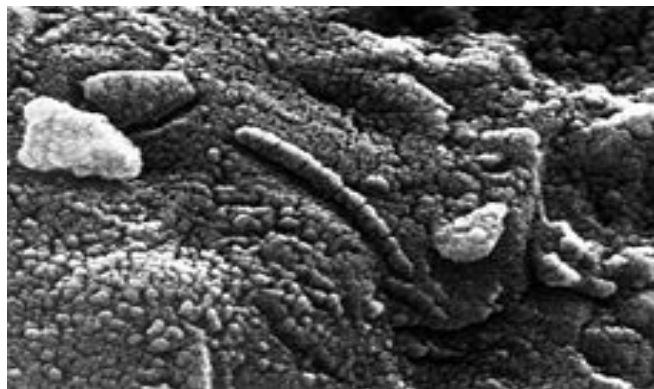


Figura 13.1. Imaginea obținută în urma micrografiei electronice a meteoritului marțian ALH84001. Credit: NASA.

Aici putem să amintim cu mândrie că în echipa de cercetători a fost și un român, dr. Radu Popa, biolog cooptat în proiecte microbiologice și astrobiologice pentru NASA și JPL (Jet Propulsion Laboratory). A contribuit la descoperirea bacteriilor în cristalele de olivină și în prezent lucrează la studiul existenței unor forme de viață consumatoare de silicați (nu numai sulf), posibil prezente și în meteoriți.

### 13.1. PROBLEMA VIEȚII ÎN SISTEMUL NOSTRU SOLAR

O **planetă** este un corp ceresc de masă considerabilă care orbitează în jurul unei stele și care nu produce energie prin fuziune nucleară. Din această cauză planetele sunt mult mai reci decât stelele, nu au și nu emit lumină proprie, ci doar pot reflecta lumina stelelor. În principiu, planetele ar putea oferi condiții pentru apariția vieții și în afara Pământului.

La cercetarea factorilor favorabili pentru apariția și dezvoltarea vieții pe o planetă, a sistemului nostru solar, se ia în considerație noțiunea de **ecosferă**, care definește spațiul din jurul unui astru (Soarele în cazul nostru) în interiorul căruia există condițiile necesare pentru apariția, dezvoltarea și reproducerea organismelor vii.

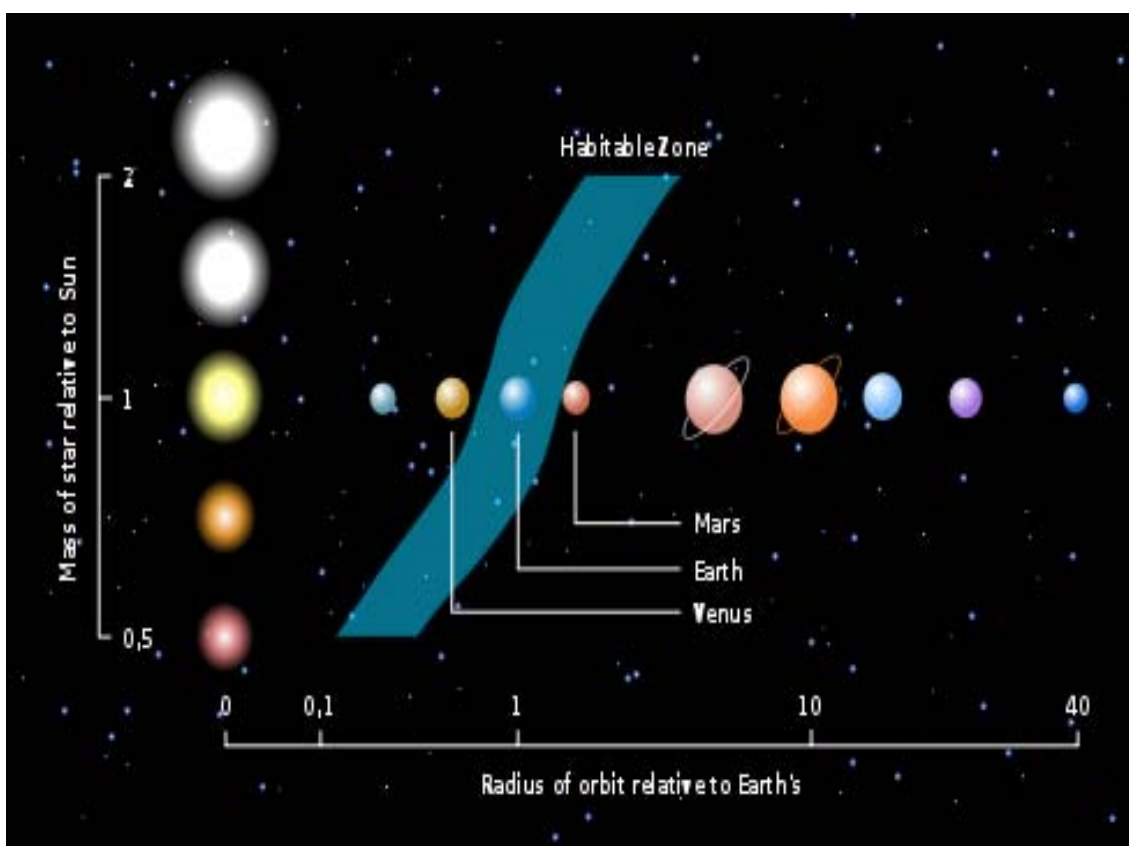


Figura 13.2. Ecosfera sistemului nostru solar. Credit: NASA.

Acest spațiu este cuprins între două sfere concentrice, grosimea ecosferei fiind astfel egală cu diferența dintre razele celor două sfere considerate. În cazul Soarelui, ecosfera se situează între sferile cu razele de 0,61 și 1,81 unități astronomice.

Delimitarea ecosferei are în vedere temperatura astrului „central” și distanța de la acesta până la planetele care gravitează în jurul lui. În plus, printre

factorii care condiționează apariția și dezvoltarea vieții se găsesc rotația și masa planetei respective.

Noua definiție dată la 24 august 2006 de Uniunea Astronomică Internațională termenului de "planetă" este ca acesta să fie un corp ceresc care îndeplinește următoarele condiții:

- să orbiteze în jurul unei stele centrale, de exemplu în jurul Soarelui nostru,
- să aibă o masă suficientă astfel încât forța gravitațională să îi confere o formă aproximativ sferică,
- să nu sufere în interiorul său reacții de fuziune nucleară ,
- și "să curățe" spațiul cosmic din vecinătatea orbitei sale.

Corpurile cerești care îndeplinesc primele trei condiții dar nu și pe a patra, și nu sunt sateliți, sunt planete pitice. Ca una din urmări, Pluto, care era considerată până acum cea de-a noua planetă a sistemului solar, și-a pierdut statutul de planetă, fiind acum considerată planetă pitică.

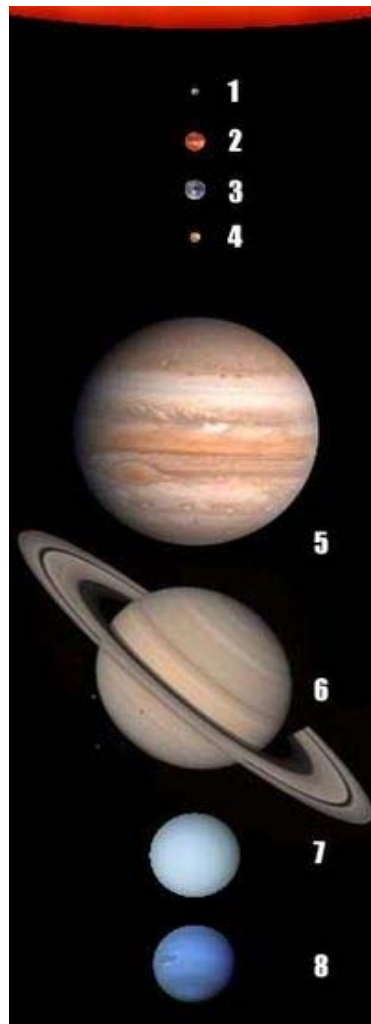


Figura 13.3. Planetele: 1-Mercur, 2-Venus, 3-Terra, 4-Marte, 5-Jupiter, 6-Saturn, 7-Uranus, 8-Neptun. Credit imagine:Solare Planeten99.jpg de Horst Frank.

Multe corpuri din sistemul nostru solar au „sugerat“ că ar fi fost capabile să găzduiască viața organică convențională. Cele mai importante corpuri care prezintă astfel condiții sunt:

◆ Marte. Viața pe Marte a fost mult timp speculată. Apa lichidă se pare că a existat în trecut pe Marte. Se crede că și astăzi există apă pe Marte în solul marțian. În iulie 2008 sonda robot Phoenix Mars Lander a identificat existența apei într-o monstră de sol marțian. Brațul robotului a supus proba unei analize prin care s-a încălzit proba, iar în urma încălzirii au rezultat vapori de apă. Acest lucru i-a făcut pe specialiști să fie mai optimiști și să continue cercetările, ceea ce a făcut și Mars Global Surveyor, care prin imaginile trimise, a pus în evidență faptul că apa a curs pe suprafața planetei până în trecutul apropiat, iar metanul există în atmosfera marțiană, ceea ce evidențiază urmele lasate de o activitate microbială.

◆ Mercur. Misiunea sondei spațiale Messenger a scos la iveală faptul că în atmosfera planetei există o mare cantitate de apă.

◆ Europa. Satelitul lui Jupiter a atras atenția cercetătorilor prin faptul că sub crusta sa de gheață ar putea conține un ocean de apă lichidă. Este posibil ca în acest ocean să existe microbi și alte forme de viață microscopică, exact ca în perioada hidrotermală a Pământului, sau așa cum există microorganisme sub calota polară.

◆ Jupiter. În anii 60' și 70' ai secolului trecut, astronomul Carl Sagan împreună cu echipa sa a calculat condițiile ca viața microbacteriană bazată pe amino-acizi să existe în atmosfera jupiteriană. Cercetările s-au bazat pe observațiile asupra condițiilor atmosferice ale planetei. Aceste rezultate au inspirat câteva din poveștile science – fiction.

◆ Callisto și Ganymede. Ca și Europa este posibil să aibă un ocean sub crustă.

◆ Endelaus. Prezintă jeturi de vapori (gheizere) care trădează o activitate geotermică. Această activitate este posibilă, cred specialiștii, datorită atracției puternice pe care o exercită Saturn asupra scoarței satelitelui său natural. Deasemenea este posibil ca sub crusta de la suprafață să existe un ocean de gheață a cărui încălzire să producă aceste efecte.

◆ Titan. Cel mai important satelit al lui Saturn este și corpul cu cea mai semnificativă atmosferă. Cercetările realizate, în urma observațiilor sondei spațiale Huygens, asupra acestui satelit au arătat că acesta are la suprafața sa un „lac“ sezonier de hidrocarbați lichizi. Este singurul lac lichid descoperit pe un alt corp ceresc din sistemul nostru solar, în afara Pământului.

◆ Venus. Specialiștii au emis o ipoteză conform căreia ar putea exista microbi în straturile de nori situați la o altitudine de 50 de km, firește dacă se presupune că acolo ar exista un climat favorabil.

Numeroase corpuri prezintă aspectele unor condiții de bază pentru existența vieții. Fred Hoyle a formulat o ipoteză prin care viața ar putea exista și



pe comete așa cum microbii pământeni au rezistat pe câteva probe în „atmosfera lunară“, timp de mai mulți ani.

Oricum este improbabil ca organismele multicelulare, bazate pe chimia convențională a vieții terestre (de exemplu plante și animale), să existe în condițiile unui vid înaintat, deoarece cometele nu au o atmosferă propriu-zisă.

## 13.2. SISTEME PLANETARE ÎN UNIVERS

În anul 1963, Peter van Kamp de la Observatorul Sproul a anunțat că steaua Barnard are pe bolta cerească o foarte mică mișcare oscilatorie. Efectul este atât de mic încât au fost necesare peste 2000 de observații fotografice de-alungul unui sfert de secol. În acest fel s-a ajuns la concluzia că steaua Barnard efectuează o mișcare în spațiu pe o orbită excentrică cu o perioadă de 26 de ani. Această mișcare este cauzată de faptul că steaua Barnard este legată fizic fie de un corp invizibil cu masa de 1,8 ori din masa lui Jupiter, fie de două corpuri cu orbite coplanare și aproape circulare. În cea de-a doua variantă corpul interior ar trebui să aibă 0,8 din masa lui Jupiter și perioada de revoluție de 12 ani iar corpul exterior ar avea o perioadă de 26 de ani și 1,1 din masa lui Jupiter.

Potrivit Convenției Nomenclatoarelor Astronomice, pentru numele oficial al planetelor care orbitează o stea, aceste corpuri cerești sunt numite cu litere. Astfel steaua este notată cu litera *a* iar corpurile care o orbitează sunt notate cu literele *b*, *c*, etc. Unele planete extrasolare au nume neoficiale, dar care sunt acceptate de către Uniunea Internațională a Astronomilor.

*i)* Sisteme planetare singulare în ordine crescătoare după masa acestora:

Stea	Planetă	Masa minimă (× Jupiter)	Distanța orbitală (× Pământ)	Perioada orbitală (zile)
HD 4308	b	0.047 (14 M <sub>P</sub> )	0.114	15.56
Gl 581	b	0.056 (17 M <sub>P</sub> )	0.041	5.366
GJ 436	b	0.067 (21 M <sub>P</sub> )	0.0278	2.6441
HD 49674	b	0.12	0.0568	4.948
83 Leonis B	b	0.122	0.119	17.038
HD 102117	b	0.18	~0.15	20.8
HD 76700	b	0.197	0.049	3.971
54 Piscium	b	0.2	0.284	62.23
HD 117618	b	0.22	0.28	52.16

HD 168746	b	0.23	0.065	6.403
79 Ceti	b	0.23	0.35	75.560
HD 46375	b	0.249	0.041	3.024
HD 88133	b	0.29	0.046	3.415
HD 101930	b	0.30	0.302	70.46
HD 149026	b	0.36 <sup>(1)</sup>	0.042	2.8766
HD 93083	b	0.37	0.477	143.58
HD 63454	b	0.38	0.036	2.81782
HD 83443	b	0.41	0.04	2.985
HD 108147	b	0.41	0.104	10.901
HD 75289	b	0.42	0.046	3.51
HD 208487	b	0.43	0.52	128.8
51 Pegasi	b "Bellerophon"	0.468	0.052	4.23077
BD-10°3166	b	0.48	0.046	3.487
HD 2638	b	0.48	0.044	3.4442
HD 6434	b	0.48	0.15	22.09
HD 187123 <sup>(3)</sup>	b	0.52	0.042	3.097
OGLE-TR-111 <sup>(3)</sup>	b	0.53 <sup>(1)</sup>	0.047	4.02
OGLE-TR-10	b	0.57 <sup>(1)</sup>	0.04162	3.101386
HD 27894	b	0.62	0.122	17.991
HD 216770	b	0.65	0.46	118.45
HD 209458	b "Osiris"	0.69 <sup>(1)</sup>	0.045	3.524738
HD 192263	b	0.72	0.15	24.348
GSC 02652-01324	TrES-1	0.75 <sup>(1)</sup>	0.0393	3.030065
HD 330075	b	0.76	0.043	3.369
HD 4208	b	0.80	1.67	812.197
HD 114729	b	0.82	2.08	1131.478
HD 179949	b	0.84	0.045	3.093
ε Eridani	b	0.86	3.3	2502.1
HD 121504	b	0.89	0.32	64.6

HD 114783	b	0.9	1.20	501.0
q <sup>1</sup> Eridani	b	0.91	2.10	1040
HD 45350	b	0.98	1.77	890.76
HD 114386	b	0.99	1.62	872
HD 147513	b	1.	1.26	540.4
HD 150706	b	1.0	0.82	264.9
OGLE-TR-132	b	1.01 <sup>(1)</sup>	0.0306	1.69
ρ Coronae Borealis	b	1.04	0.22	39.845
HD 20367	b	1.07	1.25	500
HD 130322	b	1.08	0.088	10.724
HD 52265	b	1.13	0.49	118.96
HD 188753	b	1.14	0.05	3.35
HD 189733	b	1.15 <sup>(1)</sup>	0.0313	2.219
HD 65216	b	1.21	1.37	613.1
HD 188015	b	1.26	1.19	456.46
HD 177830	b	1.28	1.00	391
HD 210277	b	1.28	1.097	437
ε Reticuli A	b	1.28	1.18	423.841
OGLE-TR-113	b	1.35 <sup>(1)</sup>	0.0228	1.43
HD 142	b	1.36	0.980	338.0
OGLE-TR-56	b	1.45 <sup>(1)</sup>	0.0225	1.2
τ <sup>1</sup> Gruis	b	1.49	2.7	1442.919
OGLE 2003-BLG-235 (MOA 2003-BLG-53)		1.5 - 2.5 <sup>(2)</sup>	2.8 <sup>(6)</sup>	necunoscută
23 Librae	b	1.58	0.78	260
Errai (γ Cephei A)	A b	1.59	2.03	902.96
HD 142415	b	1.62	1.05	386.3
HD 4203	b	1.65	1.09	400.944
16 Cygni B	b	1.69	1.67	798.938
HD 154857	b	1.80	1.11	398
HD 196885 A	b	1.84	1.12	386

HD 73256	b	1.85	0.037	2.54863
HD 68988	b	1.90	0.071	6.276
$\iota$ Horologii	b	1.94	0.91	311.288
GQ Lupi	b	2 <sup>(4)</sup>	103 $\pm$ 37 <sup>(6)</sup>	~1200 ani
94 Ceti A	b	2.0	1.3	454
HD 70642	b	2.0	3.3	2231
HD 117207	b	2.06	3.78	2627.08
$\rho$ Indi	b	2.1	2.7	1294
HD 118203	b	2.13	0.07	6.1335
HD 8574	b	2.23	0.76	228.8
HD 41004 A	b	2.3	1.31	655
HD 72659	b	2.55	3.24	2185
HD 23079	b	2.61	1.65	738.459
OGLE-2005- BLG-071	b	2.7 <sup>(2)</sup>	3 <sup>(6)</sup>	2920
HD 37605	b	2.85	0.26	55.2
$\psi^1$ Aquarii	b	2.9	~0.3	182
HD 73526	b	3.0	0.66	190.5
HD 196050	b	3.0	2.5	1289
GJ 3021	b	3.21	0.49	133.82
HD 40979 A	b	3.32	0.811	267.2
HD 80606 A	b	3.41	0.439	111.78
HD 195019 A	b	3.43	0.14	18.3
HD 183263	b	3.69	1.52	634
HD 92788	b	3.8	0.94	340
Gliese 86 A	b	4.	0.11	15.78
$\tau$ Boötis A <sup>(3)</sup>	b "Millenn ium"	4.13	0.0462	3.3128
HD 142022 A	b	4.4	2.8	1923
HD 213240	b	4.5	2.03	951
14 Herculis	b	4.74	2.80	1796.4
HD 2039	b	4.85	2.19	1192.582
HD 50554	b	4.9	2.38	1279.0
HD 47536	b	4.96 - 9.67	1.61 - 2.25	712.13

HD 190228	b	4.99	2.31	1127
HD 222582	b	5.11	1.35	572.0
HD 28185	b	5.6	1.0	385
109 Piscium	b	6.12	2.13	1077.906
HD 178911 B	b	6.292	0.32	71.487
HD 104985	b	6.3	0.78	198.2
HD 59686	b	6.5	~0.8	303
HD 111232	b	6.8	1.97	1143
HD 106252	b	6.81	2.61	1500
HD 23596	b	7.19	2.72	1558
70 Virginis	b "Goldilocks"	7.44	0.48	116.689
HD 89744	b	7.99	0.89	256.6
Edasich ( $\iota$ Draconis)	b	8.64	1.34	550.651
HD 33564	b	9.1	1.1	388
HD 30177	b	9.17	3.86	2819.654
HD 33636	b	9.28	3.56	2447.292
HD 141937	b	9.7	1.52	653.22
$\pi$ Mensae	b	10.35	3.29	2063.818
HD 114762	b	11.	0.3	84.03
HD 136118	b	11.9	2.335	1209.6
HD 162020	b	13.75	0.072	8.428198

*ii)* Sisteme planetare multiple în ordine alfabetică:

Stea	Planetă	Masa minimă ( $\times$ Jupiter)	Distanța orbitală ( $\times$ Pământ)	Perioada orbitală (zile)
47 Ursae Majoris	b	2.41	2.10	1095
	c	0.76	3.73	2594
55 Cancri A ( $\rho^1$ Cancri A)	e	0.045 (14 $M_p$ )	0.038	2.81
	b	0.784	0.115	14.67
	c	0.217	0.24	43.93

	d	3.92	5.257	4517.4
Gliese 777 A	c	0.057 (18 M <sub>p</sub> )	0.128	17.1
	b	1.502	3.92	2891
Gliese 876	d	0.023 (7 M <sub>p</sub> )	0.021	1.94
		0.56	0.13	30.1
	b <sup>(1)</sup>	1.98	0.21	61.02
HD 12661	b	2.30	0.83	263.6
	c	1.57	2.56	1444.5
HD 37124	b	0.61	0.53	152.46
	c	0.6	1.64	843.6
	d	0.66	3.19	2295
HD 38529	b	0.78	0.129	14.309
	c	12.70	3.68	2174.3
HD 74156	b	1.86	0.294	51.643
	c	> 6.17	3.40	2025
HD 82943	b	0.88	0.73	221.6
	c	1.63	1.16	444.6
HD 108874	b	1.36	1.051	395.4
	c	1.018	2.68	1605.8
HD 128311	b	2.58	1.02	420.514
	c	3.21	1.76	919
HD 168443	b	7.7	0.29	58.116
	c	16.9	2.85	1739.50
HD 169830	b	2.88	0.81	225.62
	c	4.04	3.60	2102
HD 217107	b	1.37	0.074	7.1269
	c	2.1	4.3	3150
μ Arae	d	0.044 (14 M <sub>p</sub> )	0.09	9.55
	b	1.7	1.5	638
	c	3.1	4.17	2986
ν Andromedae A	b	0.69	0.059	4.6170
	c	1.19	0.829	241.5
	d	3.75	2.53	1284.

Planetele sunt indicate cu o masă aproximativă cu referință la masa planetei Jupiter: ( $M_J=1,898 \times 10^{27}$  kg) sau masa Pământului ( $M_P=5,9737 \times 10^{24}$  kg) și au o distanță aproximativă măsurată în Unități Astronomice ( $1 \text{ u.a.} = 1,496 \times 10^8$  km, distanța dintre Pământ și Soare).

### 13.3. PROBLEMA VIEȚII ÎN UNIVERS

Viața extraterestră este definită ca fiind acea viață care nu-și are originea pe Pământ. Este o ipoteză pe care marea majoritate a experților în astrobiologie o acceptă, cu toate că un astfel de tip de viață nu a fost pus încă în evidență.

Ipotezele care susțin originea vieții extraterestre, dacă ea există într-adevăr, sunt următoarele:

- viața a apărut în diferite locuri în Univers, în mod independent;
- panspermia—adică viața a migrat în habitaturile cu ecosferă.

Cele două ipoteze nu se exclud reciproc și reprezintă ideea de bază a cercetărilor în: astrobiologie, exobiologie sau xenobiologie, în funcție de domeniul de cercetare.

În încercarea de a oferi o bază științifică de cercetare a vieții în Univers, de a explica ce înseamnă o planetă locuibilă, în anii 60' ai secolului trecut, sir James Lovelock a propus o ipoteză revoluționară la acea vreme, care s-a dezvoltat, mai târziu, într-o teorie coerentă numită **teoria Gaia**.

Teoria Gaia presupune că viața, în ansamblul ei, interacționează cu mediul fizic în așa fel încât nu numai că menține Pământul locuibil dar și ajută la îmbunătățirea condițiilor de viață, având la bază următoarele ipoteze care au condus la fundamentarea teoriei:

- **ipoteza optimizării**—viața pe Pământ controlează factorii climaterici: temperatura, compoziția atmosferei, aciditatea oceanelor, ș.a., astfel încât condițiile pe Pământ să rămână optime pentru viață;
- **ipoteza autoreglării**—adică viața ar răspunde negativ la schimbările climatice, menținând condițiile optime (homeostazie);
- **ipoteza superorganismului Gaia**—adică însuși Pământul se comportă ca un organism uriaș.

Ca orice teorie a avut parte de critici dintre care cea a lui Peter Douglas Ward, paleontolog la Universitatea din Seattle-SUA, care a venit cu un contraargument materializat printr-o teorie nouă numită **teoria Medeea**.

Teoria Medeea presupune că viața este produsul unui șir de evenimente „sinucigașe“ ale planetei care, de fapt departe de a reprezenta o protecție a viului, mai degrabă reprezintă o întoarcere la starea sa originară, adică o planetă lipsită de viață.

Cele două teorii: Gaia (Gaia, în mitologia greacă, reprezenta Zeița Mamă a Pământului) și Medeea (Medeea, tot în mitologia greacă, fiind soția lui argonautului Iason cea care și-a ucis pruncii), sunt două teorii care încearcă să explice apariția, evoluția și sfârșitul vieții pe Pământ.

Astăzi se fac eforturi deosebite pentru a descoperi sisteme planetare similare sistemului nostru pentru că sunt mai ușor de examinat datorită analogiei cu ecosfera noastră.

Până în prezent s-a confirmat descoperirea a peste 340 de planete extrasolare orbitând în jurul unor stele din secvența principală. Majoritatea au mase comparabile cu cea a lui Jupiter sau mai mari. Cele mai mici planete extrasolare descoperite orbitează în jurul rămășițelor unor foste stele numite **pulsari**, cum ar fi PSR B1257+12.

S-au descoperit planete cu mase mai mari decât ale Pământului, care au primit denumiri diferite în funcție de mărimea lor:

- Neptunice deoarece au masele cuprinse între 10 și 20 de mase pământești.
- Super- Pământuri cu mase cuprinse de la 1 la 10 mase pământești.

Savanților le este greu de explicat structura sistemelor respective deoarece unele planete gazoase gigant orbitează foarte aproape de astrul central, ceea ce nu se întâmplă în sistemul nostru solar.

Cel mai nou sistem planetar descoperit este o stea pitică roșie, Gliese 581 situată la 20,3 ani-lumină înspre constelația Balanța, care are următoarea configurație:

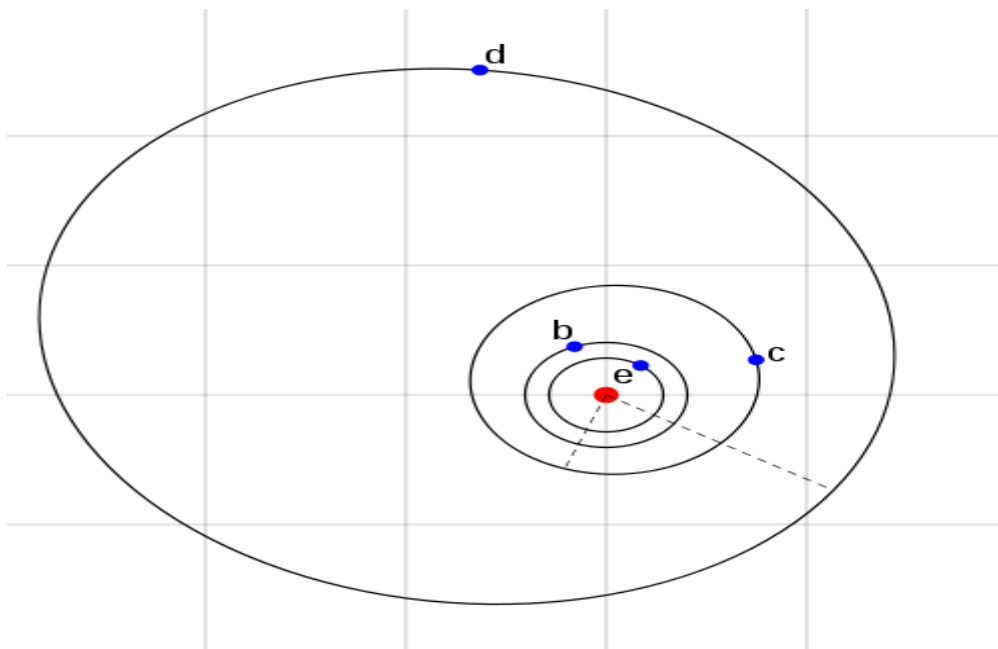


Figura 13.4. Sistemul planetar JD2453152.0. Fiecare pătrat are latura de 0.1 u.a. Steaua și planetele nu sunt reprezentate la scală. Credit: ESO (European Southern Observatory).



Dintre corpurile care orbitează în jurul astrului central a atras atenția Gliese 581c deoarece orbitează în ecosistemul stelei respective (conform cu standardele noastre), are o temperatură calculată la suprafață cuprinsă între 0°C și 40°C ceea ce face posibilă existența apei în stare lichidă la suprafață și să existe condiții pentru a putea găzdui organisme extremofile. Cercetări mai aprofundate asupra noului sistem planetar au arătat că Gliese 581d ar întruni condițiile necesare găzduirii vieții. Cele două planete au masele mai mari decât masa Pământului: Gliese 581c are masa de 5.36 de ori mai mare și Gliese 581d de 7,7 ori mai mare. Planeta Gliese 581e are masa de 1,9 ori mai mare decât cea terestră, fiind de altfel și cea mai mică planetă cunoscută până acum care orbitează în jurul unei planete din secvența principală.

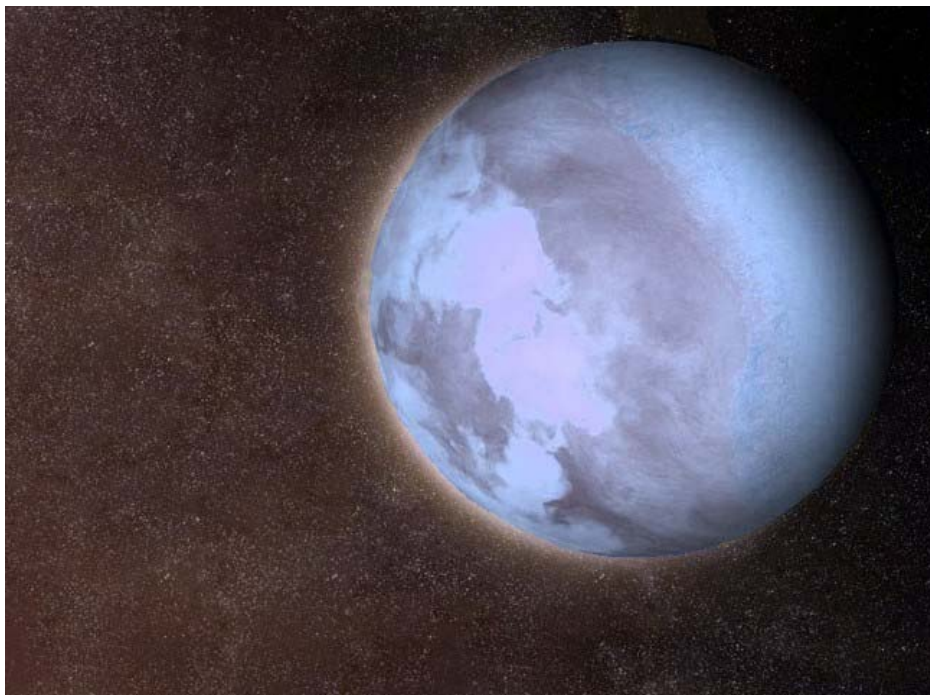


Figura 13.5. Imaginea lui Gliese 581c concepută de descoperitori .  
Credit: Hervé Piraud, membru al echipei.

Acest sistem planetar prezintă destule provocări pentru studiu și pe măsură ce se va dezvolta tehnica observațională vom avea noi date. Acesta este și motivul pentru care marile puteri spațiale și-au dat mâna în efortul de trimitere în spațiu un telescop „Terrestrial Planet Finder“ (care în limba română înseamnă Căutătorul de Planete) cu un țel clar și anume acela de a găsi astfel de planete telurice, dar exploatarea lui nu va fi mai devreme de anul 2020, an în care se preconizează și începerea colonizării Lunii.

### 13.4. PROBLEMA CIVILIZAȚIILOR COSMICE ȘI A COMUNICAȚIILOR CU ELE

Căutarea vieții extraterestre la început s-a bazat pe existența vieții inteligente, așa cum o percepem noi. Din acest motiv a apărut programul SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) care are la bază celebra Ecuatie Drake formulată în anii 60' ai secolului trecut de dr. Frank Drake, profesor emerit de astronomie și astrofizică la Universitatea din California – Santa Cruz.

Ecuatia Drake statuează următoarele:

$$N = R^* \times f_p \times n_e \times f_\ell \times f_i \times f_c \times L$$

unde:

$N$  = numărul de civilizații din Galaxie care pot comunica;

$R^*$  = ritmul formării stelelor anual în Galaxie;

$f_p$  = proporția sistemelor planetare;

$n_e$  = numărul planetelor aflate în ecosistem;

$f_\ell$  = proporția planetelor care și-au dezvoltat viața;

$f_i$  = proporția civilizațiilor inteligente;

$f_c$  = proporția civilizațiilor comunicative;

$L$  = intervalul de timp ca astfel de civilizații să emită semnale detectabile în spațiu.

Analizând Ecuatia Drake pentru cel mai pesimist caz de 0,01 rata de apariție a noi civilizații care se nasc în fiecare an și presupunând că le trebuie cel puțin 500 de ani pentru a se tehnologiza atunci vom avea oricând 5 civilizații.

Originala Ecuatie Drake poate fi extinsă într-un model mai realist, care nu folosește numărul de stele tinere, ci numărul de stele care au vârsta de câteva miliarde de ani. În cazul Soarelui au fost necesari cam trei miliarde de ani ca să apară forme complexe de viață și peste patru miliarde de ani ca să apară o civilizație tehnologică.

Ținând cont de cele de mai sus Ecuatia Drake devine :

$$N = R^* \times f_p \times n_e \times f_\ell \times f_i \times f_c \times (1 + n_r) \times f_m \times L$$

unde termenii noi înseamnă:

$n_r$  = numărul de reapariții ale civilizațiilor datorită faptului că unele mor iar altele abia se nasc;

$f_m$  = proporția de civilizații comunicative care s-au angajat în mod deliberat în comunicări intergalactice.

Ecuatia poate fi multiplicată în continuare cu numărul de reapariții al unei civilizații inteligente. Chiar dacă o civilizație inteligentă s-a sfârșit, de exemplu după 10.000 de ani, totuși viața poate exista în continuare milioane de

ani până când o alta să se dezvolte. Atunci câteva civilizații alternează în timpul existenței aceleiași planete.

Dacă  $n_r$  este numărul de reapariții a noi civilizații, în timp pe una și aceeași planetă, atunci numărul total al unor astfel de civilizații pe aceste planete va fi  $(1+n_r)$ , termen care reprezintă un factor adițional de reapariție. Acest factor depinde de cauzele extincției civilizației, astfel:

- este mare dacă planeta prezintă condiții care o face nelocuibilă (de exemplu o iarnă nucleară);
- este redus, aproape nul, dacă este permanent nelocuibilă ca în cazul unei evoluții stelare.

În cazul unei extincții totale se poate aplica factorul  $f_t$ , care exprimă timpul ca viața să mai apară încă o dată pe planeta respectivă. În cazul nostru au avut loc 5 extincții majore la un interval de timp de circa 62 de milioane de ani, deoarece în mișcarea de revoluție a sistemului nostru solar pe orbită în jurul centrului galactic iese puțin din planul orbital galactic și nu mai este protejat de radiațiile extragalactice. Excepție face extincția de acum 65 de milioane de ani, atunci când au dispărut dinozaurii, care s-a datorat cel mai probabil ciocnirii unui asteroid cu Pământul.

Factorul  $f_m$ , în opinia lui Alexander Zaitsev, nu este relevant deoarece luând tot cazul nostru, al oamenilor, care deși suntem într-o fază comunicativă incipientă nu suntem o civilizație comunicativă capabilă să transmită mesaje intergalactice. Acesta este motivul pentru care Alexander Zaitsev a sugerat denumirea METI (Messaging to Extra-Terrestrial Intelligence) a factorului  $f_m$  din Ecuația Drake, adică proporția de civilizații extraterestre care comunică la nivel galactic și extragalactic.

Problema comunicațiilor cu o civilizație extraterestră, cel puțin ipotetică, este foarte complicată pentru că singura modalitate de comunicare rapidă cunoscută de omenire se bazează pe undele electromagnetice sau lumină, iar viteza luminii  $c=300.000 \text{ km/s}=1,08$  miliarde  $\text{km/h}$  în raport cu distanțele astronomice este totuși limitată pentru comunicarea în timp real. Dacă totuși am reuși să comunicăm cu o civilizație extraterestră ipotetică am avea de întâmpinat o altă barieră în ceea ce privește contactul cu aceasta. Dacă civilizația este destul de avansată tehnologic și dorește să ne cunoască, ca să ne viziteze trebuie să aibă o posibilitate de deplasare superioară vitezei luminii.

Albert Einstein și Nathan Rosen au sugerat o astfel de posibilitate printr-o ipoteză numită **gaură de vierme (Poduri Einstein-Rosen)**, în anul 1935. Numele de gaură de vierme provine de la analogia cu un vierme care, în loc să se deplaseze la suprafața mărului, se deplasează *prin* măr, deci o ia pe o scurtătură numită gaură de vierme.

Teoria generală a relativității extinde spațiul euclidian al experienței umane cu un spațiu mai general cu o curbura. Cauza acestei curburii este masa obiectelor, sau - ceea ce este echivalentul acesteia în teoria relativității - energie. Ecuațiile teoriei generale a relativității ne oferă soluții care pentru noi pot avea și

proprietăți neobișnuite. Găurile de vierme sunt construcții topologice, care „leagă” zone îndepărtate ale Universului printr-o „scurtătură”.

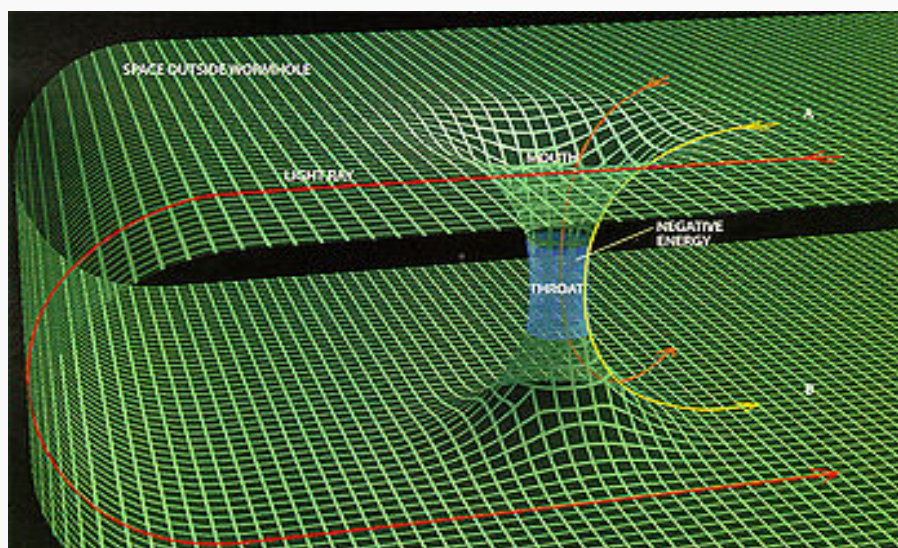


Figura 13.6. Model tridimensional de gaură de vierme.

Credit: [www.wikipedia.ro](http://www.wikipedia.ro).

Sfârșitul unei găuri de vierme îi apare unui observator drept un glob, care îi arată mediul care înconjoară celălalt capăt. Deși un călător care se deplasează printr-o gaură de vierme nu poate depăși viteza luminii, totuși, relativ la punctele de plecare, respectiv de sosire, a avut loc o călătorie la viteză superioară celei a luminii. Deoarece călătorul s-a deplasat dintr-un loc în altul, fără a exista în punctele intermediare dintre ele, o astfel de călătorie satisface ipoteza definiției de teleportare.

Tehnologia actuală ne permite să atingem viteza luminii doar cu ajutorul undelor electromagnetice sau a razei laser. Dacă am detecta o civilizație extraterestră în jurul nostru, pe o distanță de până la 50 de ani lumină, poate că am reuși să facem un schimb de informații. Distanța de 50 de ani lumină pare plauzibilă, deoarece acum o sută de ani oamenii au construit primele emițătoare pe frecvențe radio, iar dacă presupunem că există o civilizație tehnologică în această sferă de comunicare, care ar fi recepționat semnalele și ar fi răspuns imediat, atunci am fi primit mesajul lor.

La distanțe mai mari lucrurile se complică și mai mult, iar dacă ținem cont că distanța dintre două stele care ar putea avea societăți comunicative este estimată la cel puțin 300 de ani-lumină, atunci este mai mult ca sigur că trebuie să mai așteptăm cam tot atât până să detectăm mesajul unei civilizații extraterestre.

Cu toate aceste probleme, a căror rezolvare nu se întrevide într-un viitor apropiat, oamenii de știință nu dezarmează și scrutează mereu cerul deoarece într-o zi, cine știe, poate... .

## BIBLIOGRAFIE

### I. SCRISĂ:

- [1]ALEXESCU, Matei –CERUL, o carte pentru toți,  
Editura Albatros –Timișoara-1974.
- [2]ALEXESCU, Matei-Laboratorul astrofizicianului amator,  
Editura Albatros –București -1986.
- [3]ARDITTI, David –Setting-up a Small Observatory,  
Editura Springer +Bussness Media, LLC-New York-2008.
- [4]BARROW, D. John- Originea Universului,  
Editura Humanitas, București,1994.
- [5]BERNHARD,Helmut;LINDER,Klaus&SCHUKOWKI,Manfred-  
Compendiu de astronomie,  
Editura ALL EDUCATIONAL-București,2001.
- [6]COOKE, Antony-The Hatfield Sct Lunar Atlas,  
Editura Springer-Verlagen,London-2004.
- [7]COOKE, Antony-Visual Astronomy Under Dark Skies,  
Editura Springer-Verlagen,London-2005.
- [8]CUSTING,T.James –Concepte filozofice în fizică,  
Editura Tehnică,București-2000.
- [9]DAVIES, Paul-Ultimele trei minute:ipoteze privind soarta finală a  
universului, Editura Humanitas, București, 1994.
- [10]DUMITRESCU, Sorin Petrișor- Corecții ale fenomenelor astronomice,  
Editura Rotomat, Craiova– 2009.
- [11]FILIPAȘ,Titus–De la mitul astral la astrofizică,  
Editura Scrisul Românesc – Craiova-1984.
- [12]FOLESCU, Cecil- Ce este Universul ?,  
Editura Albatros, București– 1989.
- [13]GOGA, Nicu– Elemente de astronomie,  
Editura Sitech, Craiova–2008.
- [14]GOGA, Nicu– Geneza,evoluția și sfârșitul Universului,  
Editura Scorilo, Craiova–2009.
- [15]GRIGORE, Valentin & MITRU□, Dan–Meteorii: călători grăbiți pe bolta  
cerească, Editura Sfinx, Târgovi□te–2000.
- [16]HAWKING, Stephen–Scurtă istorie a timpului. De la Big Bang la găurile  
negre, Editura Humanitas, București- 2001.
- [18]HAWKING, Stephen și MLODINOW, Leonard-O mai scurtă istorie a  
timpului-Editura Humanitas, București, 2007, postfață de Gheorge Stratan.
- [19]IONESCU-PALLAS, Nicolae – Relativitate generală și cosmologie,  
Editura Științifică și enciclopedică, București -1980.
- [20]KALER, B. James–Astronomy: Earth, Skay, and Planetes;  
Editura Cambridge University Press-2003.

- [21]KARTTUNEN,Hannu;KRÖGER,Pekka;OJA,Heikki;POUTAHNEN,Marku, DONNER,J.Karl–Fundamental Astronomy-Fifth Edition; Editura Springer-Heidelberg, Berlin-2007.
- [22]KERNBACH, Victor–Dicționar de mitologie generală, Editura Științifică și Enciclopedică – București 1989.
- [23]KUN, N. A-Legendele și miturile Greciei Antice, Editura Lider–București 2003.
- [24]MATZNER, A. Richard–Dictionary of Geophysics,Astrophysics, and Astronomy, Editura CRC Press LLC –New York -2001.
- [25]MERLEAU-PONTY, Jacques-Cosmologia secolului XX. Studiu epistemologic și istoric al teoriilor cosmologice contemporane, Ed. Științifică și enciclopedică, București 1978.
- [25]MIOC, Vasile&MIOC,Damaschin-Cronica observațiilor românești, Editura Științifică și Enciclopedică,București-1977.
- [26]PATIȚIA, Silvestru-De la Pământ la stele, Editura Ion Creangă,București-1983.
- [26]SANDU, Mihail- Astronomie, Editura Didactică și Pedagogică R.A, București-2003.
- [27]SANDU,Mihail-Teoria relativității, Editura Didactică și Pedagogică R.A, București-2005.
- [28]SCURTU, V. Virgil-Observatorul astronomului amator, Editura Științifică și enciclopedică , București -1980.
- [29]TEODORESCU, Nicolae și CHIȘ, Gheorghe - Cerul o taină descifrată..., Editura Albatros, București - 1982.
- [30]TOMA, Eugeniu – Introducere în astrofizică, Editura Tehnică, București- 1980.
- [31]TUDORAN, Ioan –Astronomia invizibilului, Editura Albatros,București – 1989.
- [32]TUDORAN, Ioan –Cartea astronomului amator, Editura Albatros ,București– 1989 .
- [33]ULMSCHNEIDER, Peter-Intelligent Life In The Univers, Editura Springer-Verlagen,Berlin-Heidelberg-2003.
- [34]URECHE, Vasile-Universul, Editura Cluj-Napoca-1982.
- [35] WEINBERG,Steven–Gravitation and Cosmology:Principles and applications of the General Theory of Relativity, Editura John Wiley & Sons, Inc., New York, London, Toronto-1972.
- [36] WEINBERG,Steven-Primele trei minute ale universului. Un punct de vedere modern asupra originii universului, Ed. Politică, București 1984.

## **II.ON-LINE:**

<http://www.astroclubul.ro/vega.html>

<http://www.astronomy.ro/>

<http://crcpress.com>

<http://www.descopera.ro/>

<http://www.geocities.com/ovidiu/astrsoft.htm>

<http://www.stiinta.info>

<http://science.nasa.gov/>

<http://www.universetoday.com/>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Astronomy>

<http://ro.wikipedia.org/wiki/Astronomie>

<http://sarm.astroclubul.org/carti/>

[http://www.romaniaeuropa.com/cartionline/carti\\_astronomie/](http://www.romaniaeuropa.com/cartionline/carti_astronomie/)

<http://www.windows.ucar.edu/>

# CARTE DE ASTRONOMIE

<b>CUVÂNT ÎNAINTE</b> .....	5
<b>INTRODUCERE</b> .....	7
<b>CAPITOLUL 1. BOLTA CEREASCĂ. SFERA CEREASCĂ</b>	
1.1. Bolta cerească .....	9
1.2. Sfera cerească .....	9
1.3. Constelații .....	10
1.4. Constelații zodiacale .....	20
<b>CAPITOLUL 2. ORIENTAREA PE BOLTA CEREASCĂ</b>	
2.1. Orientarea cu ajutorul gnomonului .....	34
2.2. Noțiuni elementare despre strălucirea, magnitudinea și luminozitatea stelelor .....	36
2.3. Elemente de trigonometrie sferică .....	44
2.4. Coordonate astronomice .....	48
2.5. Refracția astronomică. Aberația astronomică .....	53
<b>CAPITOLUL 3. MIȘCAREA ANUALĂ APARENTĂ A SOARELUI ȘI MIȘCAREA REALĂ A PĂMÂNTULUI ÎN JURUL SOARELUI</b>	
3.1. Mișcarea aparentă a Soarelui pe sfera cerească .....	60
3.2. Consecințele mișcării anuale aparente a Soarelui .....	61
3.3. Mișcarea de revoluție a Pământului: orbita, precesia și nutația .....	63
<b>CAPITOLUL 4. TIMPUL SI CALENDARUL</b>	
4.1. Măsurarea timpului .....	70
4.2. Calendarul .....	74
<b>CAPITOLUL 5. NOȚIUNI ELEMENTARE DE MECANICĂ CEREASCĂ</b>	
5.1. Mișcarea aparentă a planetelor și explicarea acestei mișcări .....	77
5.2. Mișcarea reală a planetelor .....	79
5.3. Legea atracției universale .....	80
5.4. Probleme de mecanică cerească .....	81
5.5. Descoperirea planetelor transsaturniene .....	82
<b>CAPITOLUL 6. METODE ȘI INSTRUMENTE PENTRU STUDIUL UNIVERSULUI</b>	
6.1. Instrumente optice .....	83
6.2. Metode de cercetare ale astrofizicii .....	85
6.3. Radioastronomia .....	86
6.4. Observatoare astronomice .....	88
<b>CAPITOLUL 7. SISTEMUL SOLAR</b>	
7.1. Formarea sistemului solar. Compoziția sistemului solar .....	89
7.2. Soarele .....	90
7.2.1. Metode de observare. Observarea suprafeței Soarelui .....	91
7.2.2. Date fizice ale Soarelui .....	92
7.2.3. Structura Soarelui: atmosfera solară , interiorul Soarelui .....	93
7.2.4. Energia și temperatura Soarelui .....	94
7.2.5. Activitatea Soarelui .....	95
7.3. Planete interioare .....	97
7.3.1. Mercur .....	97
7.3.2. Venus .....	98
7.4. Pământul .....	100
7.4.1. Formarea Pământului și a continentelor .....	100
7.4.2. Forma Pământului și dimensiunile lui .....	102
7.4.3. Structura Pământului .....	104
7.4.4. Magnetismul terestru .....	105



7.5.Planete exterioare .....	106
7.5.1.Marte .....	107
7.5.2.Centura de asteroizi .....	108
7.5.3.Jupiter .....	110
7.5.4.Saturn.....	112
7.5.5.Uranus .....	114
7.5.6.Neptun .....	115
7.6.Materia interplanetară.....	117
7.6.1.Meteori și meteoriți .....	117
7.6.2.Comete.....	122
7.7.Marginile sistemului solar .....	124
<b>CAPITOLUL 8. LUNA</b>	
8.1.Formarea Lunii .....	128
8.2.Mișcarea reală și aparentă ale Lunii .....	129
8.3.Configurațiile Lunii.....	130
8.4.Cercurile de vizibilitate și iluminare ale Lunii .....	131
8.5.Fazele Lunii.....	131
8.6.Rotația proprie și librațiile Lunii .....	132
<b>CAPITOLUL 9. ECLIPSELE</b>	
9.1.Eclipsele de Soare.....	133
9.2.Eclipsele de Lună .....	135
9.3.Periodicitatea eclipselor.....	136
<b>CAPITOLUL 10. GALAXIA NOASTRĂ-CALEEA LACTEE</b>	137
10.1.Structura Galaxiei .....	138
10.2.Compoziția Galaxiei.....	140
10.3.Populații stelare .....	140
10.4.Galaxii vecine.....	141
<b>CAPITOLUL 11.CERCETAREA DIRECTĂ A SPAȚIULUI COSMIC</b>	
11.1.Necesitatea cercetării spațiului cosmic.....	146
11.2.Astronomia invizibilului.....	146
11.3.Telescopul spațial Hubble.Ultima frontieră.....	149
<b>CAPITOLUL 12. ELEMENTE DE COSMOLOGIE</b>	
12.1.Nașterea Universului .....	158
12.2.Evoluția Universului.....	162
12.3.Galaxiile .....	167
12.4.Structura Universului la scală mare.....	171
12.5.Sfârșitul Universului.....	177
<b>CAPITOLUL 13. PROBLEMA VIEȚII ÎN UNIVERS-CIVILIZAȚII COSMICE</b>	181
13.1. Problema vieții în sistemul nostru solar .....	182
13.2. Sisteme planetare în Univers .....	184
13.3. Problema vieții în Univers.....	185
13.4. Problema civilizațiilor cosmice și a comunicațiilor cu ele .....	191
<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	197