

1 INTRODUCERE

Astronomia este una din cele mai vechi științe ale naturii, originile acesteia întrezindu-se încă din paleolitic, cea dintâi etapă a istoriei omului. Etimologia denumirii atribuite acestei științe este de origine greacă, fiind compusă din substantivele *astronō* (astru) și *nomosō* (știință). Obiectul de studiu al astronomiei este, în consecință, materia (în toate formele sale de organizare) din Univers: galaxii, stele, materie interstelară, planete, sateliți naturali și artificiali ai planetelor, etc.

Astronomia geodezică este disciplina care se află la intersecția a două științe fundamentale: Astronomia și Geodezia.

Geodezia este știința care se ocupă cu studiul corpurilor cerești și cu legile mișcărilor lor. (dicționar Politehnic, Editura Tehnic 1976)

Geodezia este știința măsurării și reprezentării suprafeței Pământului. (dicționar Politehnic, Editura Tehnic 1976)

Pornind de la aceste definiții putem spune că astronomia geodezică este o tehnică determinării poziției locului de observație în raport cu diferiți aștri de pe bolta cerească. (dicționar Politehnic, Editura Tehnic 1976)

Având rolul de a determina latitudinea și longitudinea punctelor geodezice, precum și azimutele direcțiilor terestre, astronomia geodezică modernă constituie suportul tehnologiilor geodezice satelitare și contribuie la crearea și dezvoltarea sistemelor de referință. Totodată, aceasta este responsabilă de formarea și întreținerea scării timpului.

Astronomia geodezică, aflându-se la intersecția dintre două științe, împrumută de la acestea teorii, modele sau algoritmi dar totodată furnizează fiecare soluții la anumite probleme. Pentru geodezie rezultatele determinărilor astrono-geodezice de poziție servesc câtorva scopuri principale cum ar fi:

- introducerea unui elipsoid de referință, național, specific fiecărui țară;
- pentru necesități speciale permite introducerea unui elipsoid local;
- ca elemente de constrângere sau compensare a rețelelor geodezice (în special azimutele astronomice);
- metodologie furnizoare de măsurări ale deviației verticale.
- În măsurătorile terestre, deviația verticalei are următoarele utilizări:
- orientarea astrono-geodezică față de un elipsoid local;
- conversia între azimutele astronomice și azimutele geodezice;
- reducerea direcțiilor și unghiurilor orizontale la elipsoid;
- reducerea direcțiilor zenitale la elipsoid;
- reducerea distanțelor EDM la elipsoid;
- transformarea coordonatelor astronomice în coordonate geodezice și invers;
- determinarea diferențelor de înălțime din măsurători de unghiuri zenitale și distanțe înclinate.

Dar forma P mântului nu este perfect sferic ; principala abatere de la sfericitate este dat de turtirea la poli. Pentru a lua în calcul aceasta, un model matematic mai corect pentru forma P mântului este acela al unui elipsoid de revoluție.

Un alt tip de suprafață de referință este geoidul. Din punct de vedere practic geoidul este reprezentat de suprafața de echilibru a nivelului mediu al oceanelor și mării, prelungit pe sub uscat (continente, insule). În cazul măsurătorilor geodezice curente (trilaterație, triangulație, poligonometrie), geoidul se poate aproxima cu un elipsoid de revoluție, turtit la poli, având semi-axa mare (ecuatorială) de circa 6380 km. De asemenea pentru lucrări geodezice de precizie mai mică, suprafața geoidului se va putea aproxima și cu suprafața unei sfere de rază medie egală cu 6370 km.

Toate aceste aplicații fac obiectul geodeziei terestre. Începând cu cea de a doua jumătate a secolului al XX-lea geodezia spațială a evoluat foarte mult. Prin geodezie spațială se înțelege un ansamblu de metode și tehnici, măsurători determinate realizate prin intermediul corpurilor cerești naturale sau artificiale, ca obiecte observate sau utilizate ca platforme de observare. Utilizarea sateliților artificiali ai P mântului în scopuri geodezice a revoluționat acest domeniu, aparând astfel o nouă ramură a geodeziei și anume geodezia satelitară. Metodele geodezice spațiale sunt folosite la studiile privind forma și dimensiunile P mântului, deformările planetei noastre precum și mișcările acesteia în sistemul de referință inerțial.

Definiția și realizarea sistemelor de referință cerești, determinarea parametrilor de orientare în spațiu, ai P mântului contribuie la realizarea sistemelor de referință terestre.

1.1 Ramurile astronomiei

Astronomia contemporană se împarte în mai multe ramuri strâns legate între ele și anume:

1. Astrometria sau astronomia fundamentală studiază poziția și distanța obiectelor cerești;

a) Astronomia sferică elaborează metode matematice de determinare a pozițiilor aparente și mișcărilor aparente ale corpurilor cerești, față de diferite sisteme de referință;

b) Astronomia practică studiază tehnicile și tehnologiile de observație astrometrică, precum și erorile corespunzătoare.

2. Mecanica cerească se ocupă cu mișcările corpurilor cerești sub acțiunea atracției universale

3. Astrofizica - studiază fizica universului (luminozitate, densitate, temperatură, compoziție chimică).

a) Astrofizica practică studiază instrumentele și aparatele de cercetare astrofizică și elaborează metode practice de cercetare

b) Astrofizica teoretică interpretează teoretic fenomenele astrofizice observate.

4. Astronomia stelară - se ocupă cu studiul stelelor.

5. Cosmogonia ó cerceteaz problemele originii i evolu iei corpurilor cere ti, inclusiv a P mântului.

6. Cosmologia - studiaz originea i evolu ia universului la scar larg .

Între aceste ramuri ale astronomiei nu exist o delimitare riguroas , astfel mai multe probleme sunt cercetate simultan de mai multe ramuri.

1.2 Probleme ale astronomiei geodezice

Astronomia geodezic are un obiect de studiu deosebit de complex, în care pozi ionarea punctelor geodezice pe suprafa a P mântului ocup un loc principal, preocup rile respective fiind încadrate în astronomia de pozi ie. Aceste m rimi sunt preluate apoi în calculele laborioase care se efectueaz în marile re ele astronomo-geodezice de sprijin.

Principalele probleme ale astronomiei geodezice sunt :

se fac observa ii asupra stelelor respectând unele condi ii privind distribu ia lor pe sfera cereasc precum i unele aspecte legate de coordonatele acestora;

în astronomia geodezic se m soar direc iile orizontale (azimutele), distan ele zenitale, timpul, parametrii atmosferici (presiunea, temperatura i umiditatea) ;

în urma m sur torilor astronomo ó geodezice se ob în urm toarele elemente: latitudinea i longitudinea astronomic , azimutul astronomic;

metodele de m surare i prelucrare a observa iilor sunt vaste i fac obiectul de studiu al disciplinei Tehnologii Geodezice Satelitare.

Astronomia continu s fie i ast zi o tiin cu multe aplica ii în diverse domenii ale practicii.

Metodele astronomiei sunt:

1. Metoda observa iei ó care este metoda fundamental a astronomiei ce ne furnizez fapte i date care permit explicarea fenomenelor astronomice în urma prelucr rii i interpret rii unui num r mare de m sur tori de mare precizie, pe baza unor calcule laborioase;

2. Metoda modelelor ó se ocup cu modelarea fenomenelor astronomice. Aceste modele se confrunt cu fenomenele real-observate. Metoda modelelor a dat rezultate str lucitoare a dat rezultate în numeroase domenii ale astronomiei;

3. Metoda experimental ó a dobândit o pondere din ce în ce mai mare în cercetarea corpurilor cere ti.

Observa iile de la sol au început s fie completate cu observa ii ob inute din spa iu (din sateli i artificiali sau nave cosmice), de o mai mare precizie i în domenii spectrale inaccesibile de la sol.

1.3 Unități de măsură utilizate în astronomia geodezică

- **Unități de măsură pentru unghiuri**

Unit ile de m sur pentru unghiuri utilizate în naviga ie sunt :

- gradul sexagesimal [$^{\circ}$] - reprezintă unghiul plan cuprins între două raze care interceptează, pe circumferința unui cerc, un arc de lungime egală cu a 360° (400g)-a parte a circumferinței cercului respectiv.

Submultiplii gradului sexagesimal sunt :

- zecimea de grad [$0^{\circ}.1$] care este a zecea parte dintr-un grad ;
- minutul [$'$] ce reprezintă a 60-a parte dintr-un grad ;
- zecimea de minut [$0'.1$] este a zecea parte dintr-un minut, deci $1/600$ grade;
- secunda [$''$] care este a 60-a parte dintr-un minut, deci $1/3600$ grade.
- radianul [rad] - este unitatea de măsură pentru unghiul plan, egal cu unghiul cuprins între două raze care interceptează, pe circumferința unui cerc, un arc de lungime egală cu raza cercului.

În tehnică, radianul reprezintă unitatea (în S.I.) de măsură pentru unghiuri. În astronomie, se apelează des la exprimarea unghiurilor în radiani, în relațiile de calcul în vederea compatibilizării unităților de măsură.

În mod curent, se pune problema transformării unităților de arc exprimate în grade sexagesimale în radiani și invers. În rezolvarea acestei probleme se pleacă de la faptul că un cerc întreg măsoară 360° (400g) sau $2 \cdot \pi$ rad, deci :

$$360 [^{\circ}] = 2 \cdot \pi [\text{rad}]$$

Rezult :

- relațiile reprezintă relațiile de transformare din unități sexagesimale în radiani:

$$1^{\circ} = (2 \cdot \pi) / (360^{\circ}) [\text{rad}] = \pi / 180^{\circ} [\text{rad}] = 1 / 57^{\circ}.3 [\text{rad}]$$

$$1' = (2 \cdot \pi) / (360^{\circ} \cdot 60) [\text{rad}] = \pi / (180^{\circ} \cdot 60) [\text{rad}] = 1 / 3438' [\text{rad}]$$

$$1'' = (2 \cdot \pi) / (360^{\circ} \cdot 60 \cdot 60) [\text{rad}] = \pi / (180^{\circ} \cdot 60 \cdot 60) [\text{rad}] = 1 / 206265'' [\text{rad}]$$

- relațiile de transformare din radiani în grade sexagesimale:

$$1 [\text{rad}] = 360^{\circ} / 2 \cdot \pi = 180^{\circ} / \pi = 57^{\circ}.3$$

$$1 [\text{rad}] = 57^{\circ}.3 \cdot 60 = 3438'$$

$$1 [\text{rad}] = 57^{\circ}.3 \cdot 60 \cdot 60 = 206265''$$

$$1 [\text{rad}] = 63666c19cc.77$$

Pentru calcule se utilizează următoarele valori :

$$\pi = 3.1415926536$$

$$2 \cdot \pi = 2831853072$$

- **Unități de măsură pentru timp**

Timpul reprezintă una din cele 6 mărimi fundamentale ale Sistemului Internațional de Unități de Măsură și are ca unitate de măsură secunda.

Secunda este fracțiunea $1/31\,556\,925.9747$ din anul tropic 1900, 01 ianuarie, ora 12.00 a timpului efemeridei. În accepțiunea curentă, prin noțiunea de an se înțelege intervalul de timp necesar Pământului să parcurgă o orbită completă în jurul Soarelui.

Există mai multe categorii de timp (timp sideral, timp solar, timp lunar, timp planetar, timp universal coordonat (UTC), timpul efemeridelor, timp GPS, etc.), cu aplicații în diferite domenii ale astronomiei.

- **Unități de măsură pentru presiunea atmosferică**

Presiunea atmosferică este efectul greutății aerului care apăsă pe suprafața Pământului.

Torrul este o unitatea de măsură care reprezintă presiunea capabilă să echilibreze o coloană de mercur standard cu secțiunea de 1cm^2 și înălțime de 1mm . Alte unități de măsură sunt Pascalul, bar-ul și atmosfera iar legătura dintre ele este :

$$\begin{aligned}1\text{ Pa} &= 1\text{ N/m}^2 = 10^{-5}\text{ bar} = 1,019 \times 10^{-5}\text{ atm} \\1\text{ bar} &= 10^5\text{ N/m}^2 = 1,019\text{ atm} = 0,987\text{ atm} \\1\text{ atm} &= 760\text{ torr (sau mmHg)} = 1,01325\text{ bar} \\1\text{ torr} &= 1,31579 \times 10^{-3}\text{ atm} = 133,332\text{ N/m}^2\end{aligned}$$

- **Unități de măsură pentru temperatură**

Gradul Celsius . Scara Celsius folosește ca puncte termice de reper punctul de topire al gheții (0°C) și punctul de fierbere al apei distilate (100°C). Gradul Celsius este cea de-a 100-a parte a acestui interval.

Gradul Kelvin. Scara Kelvin folosește drept reper origine punctul de echilibru între cele trei stări de agregare a apei, care poate fi reprodus mai exact decât punctul de topire al gheții.

Legătura dintre cele două scări este: $t^\circ\text{K} = t^\circ\text{C} + 273,16$.

- **Unitatea de măsură pentru umiditatea relativă**

Umiditatea relativă este raportul, exprimat de obicei în procente, între presiunea parțială a vaporilor de apă dintr-o cantitate dată de aer și presiunea vaporilor de apă saturați din aceeași cantitate de aer, la o anumită temperatură. Umiditatea relativă are o importanță practică în măsurătorile terestre.

1.4 Erori de măsurare. Erori grosolane, sistematice și întâmplătoare

Definim eroarea ca fiind diferența algebrică pozitivă sau negativă dintre valoarea măsurată și valoarea reală a unei mărimi fizice.

Erori grosolane ó sunt erori mari ce trebuie eliminate din calculul valorii probabile a mărimii măsurate. Aceste erori pot fi evitate printr-o atenție sporită în timpul procesului de măsurare.

Erori sistematice- care apar datorită unor cauze permanente și acționează într-un mod constant sau după legi în general cunoscute. Erorile sistematice sunt erori controlabile ale aparatelor de măsurare, ale metodelor de măsurare, precum și ale influențelor mediului în care se produc. Ele pot avea efecte constante sau variabile.

Erorile accidentale sau întâmplătoare - se produc la întâmplare din cauze multiple și necunoscute și cu efecte necunoscute. Caracteristic acestor erori este că ele se produc în ambele sensuri, valorile lor sunt variabile și sunt inerente și inevitabile. Erorile întâmplătoare pot fi diminuate prin efectuarea mai multor măsurători.

Precizie și acuratețe. Prin precizie se înțelege gradul de repetabilitate al rezultatelor măsurătorilor, iar prin acuratețe se înțelege gradul de apropiere între valoarea rezultatului din măsurători și valoarea reală a mărimii măsurate. Precizia se apreciază prin abaterea standard în timp și acuratețea nu poate fi apreciată.

2 ELEMENTE DE TRIGONOMETRIE SFERICĂ

În cadrul acestei geometrii, "dreptele" sunt înlocuite de cercurile mari de pe suprafața sferei. Pentru calculele astronomice este important problema rezolvării triunghiurilor sferice. În acest scop, vom demonstra formulele fundamentale ale trigonometriei sferice, formulele lui Gauss. Aceste formule corespund într-o anumită măsură relațiilor trigonometrice ce determină triunghiurile plane cum sunt teorema sinusurilor sau teorema cosinusului.

2.1 Triunghiul sferic. Proprietăți.

Se numesc triunghi sferic figura de pe suprafața sferei formată din trei arce de cerc mare care se întretaie în trei puncte, se numesc triunghi sferic. Elementele triunghiului sferic sunt: trei unghiuri, fiecare în parte mai mic de 180° și trei laturi.

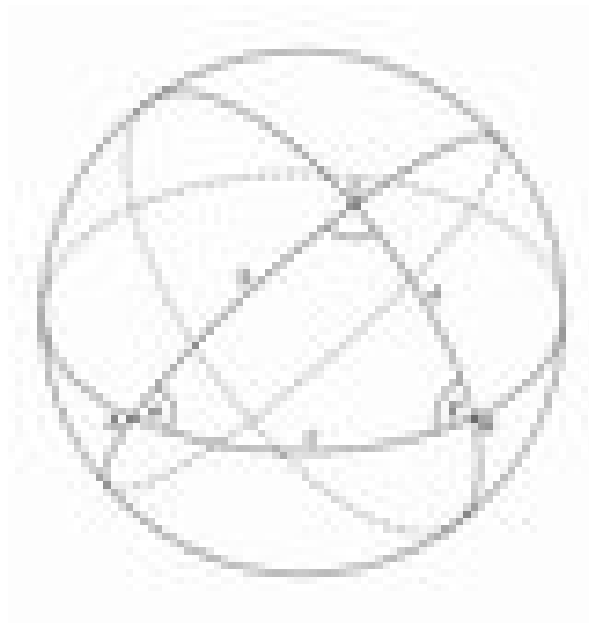


Fig.2.1 Triunghiuri sferice

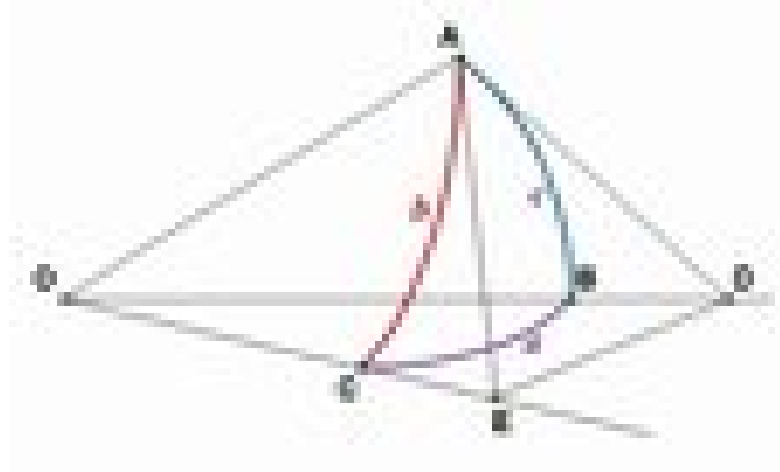


Fig.2.2 Exemplu de triunghi sferic

Trei cercuri mari determină pe suprafața a unei sfere mai multe triunghiuri sferice.

Un cerc de pe suprafața a unei sfere se numește cerc mare dacă raza sa este egală cu raza sferei.

Se numește distanță sferică între punctele A și B, cel mai mic dintre arcele de cerc mare având ca extremități cele două puncte.

Se definește măsura unei laturi AB a triunghiului sferic ABC ca fiind măsura arcului de cerc mare AB.

Măsura unghiului BAC al triunghiului sferic ABC este măsura unghiului diedru format de planele (OAB) și (OAC).

Definim raza sferică, ca distanța sferică de la un pol la un punct oarecare al cercului AB.

Partea din suprafața a sferei cuprinsă între două semicercuri care au același diametru, se numește fus sferic.

Triunghiurile sferice pot fi *isoscele* dacă au două laturi egale. Dacă toate laturile unui triunghi sferic sunt egale atunci triunghiul este sferic echilateral.

Dacă triunghiul are un unghi drept atunci triunghiul este dreptunghic sferic. Dacă una din laturile unui triunghi sferic este de 90° triunghiul este *rectilater sferic*. Triunghiul sferic care are două unghiuri drepte se numește *bidreptunghic* și este în același timp și *birectilater*.

Triunghiurile sferice dreptunghice pot avea unul, două sau trei unghiuri drepte, iar triunghiurile sferice oarecare pot avea unul, două sau trei unghiuri obtuze. Dacă într-un triunghi sferic, cel puțin o latură este egală cu un sfert din cerc, atunci triunghiul se numește *cuadrantic*.

Dacă în triunghiul sferic ABC considerăm varfurile ca poli și descriem, cu raze sferice egale cu 90° , polarele unui vârf, atunci aceste polare, întretinându-se două câte două, vor da un nou triunghi sferic $A'B'C'$, numit *triunghi polar sau suplimentar triunghiului dat*.

Dacă din vârfurile triunghiului sferic ABC ducem raze la centru și le prelungim până la intersecția cu suprafața sferei atunci, unind două câte două punctele obținute prin arce de cerc mare, obținem un *triunghi sferic opus* celui dintâi, care se numește *triunghi simetric* triunghiului dat.

Proprietățile triunghiurilor sferice

Pentru orice triunghi sferic simplu avem:

- o latură a triunghiului sferic este mai mică decât suma celorlalte două;
- suma laturilor este mai mare ca 0° și mai mică decât 2π ;
- suma unghiurilor unui triunghi sferic este cuprinsă între două unghiuri drepte;
- aria triunghiului sferic este dată de relația:

$$S = \varepsilon \cdot R^2, \tag{2.1}$$

$$\varepsilon = (A + B + C - 180^\circ) \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$$

unde R este raza sferei, iar ε se numește *exces sferic* și reprezintă diferența dintre suma unghiurilor triunghiului și 180° exprimat în radiani.

2.2. Triunghiul polar

Se numesc **poli** ai unui cerc mare intersecțiile cu sfera ale dreptei perpendiculare pe planul cercului în centrul sferei.

Se numește **triunghi polar** ($A'B'C'$) al unui triunghi sferic dat (ABC) un triunghi pentru care fiecare latură are ca pol unul din vârfurile triunghiului ABC .

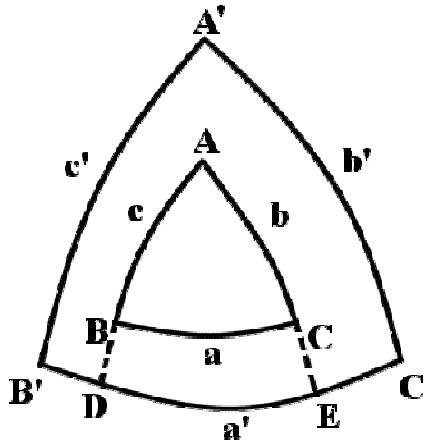


Fig.2.3. Triunghiul polar

Relațiile dintre un triunghi sferic dat și triunghiul lui polar sunt:

- un triunghi polar al unui triunghi dat și acesta sunt reciproc polare,
- adică :
- vârfurile triunghiului dat sunt polii laturilor triunghiului polar;
 - vârfurile triunghiului polar sunt polii laturilor triunghiului dat;
 - suma unui unghi al unui triunghi sferic dat și a laturii corespunzătoare lui din triunghiul polar este egală cu 180° ;
 - suma unui unghi al triunghiului polar și a laturii corespunzătoare lui din triunghiul dat este egală cu 180° .

2.3. Formulele fundamentale ale triunghiului sferic

Fie un triunghi sferic oarecare ABC pe suprafața unei sfere de rază R și construim două sisteme carteziane de coordonate $Oxyz$ și $Ox'y'z'$.

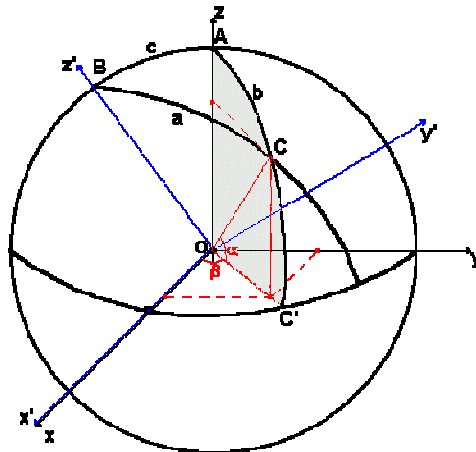


Fig.2.4. Coordonatele triunghiului sferic în sistemul cartezian $Oxyz$

Impunem condiția ca sistemul de coordonate să fie drept și atunci axele Ox și Ox' vor fi determinate. Dar, înțind că planele Oyz și $Oy'z'$ coincid, rezultă că $Ox=Ox'$.

Se observă faptul că sistemul $Ox'y'z'$ se obține din sistemul $Oxyz$ printr-o rotație în jurul axei Ox .

Pentru a găsi un set de expresii ce leagă elementele triunghiului sferic ABC , vom parcurge următoarele etape:

- vom scrie coordonatele punctului C în sistemul $Oxyz$

$$\begin{cases} x_C = R \cos \alpha \cos \beta \\ y_C = R \cos \alpha \sin \beta \\ z_C = R \sin \alpha \end{cases} \quad 2.2$$

Ne vom raporta acum la elementele triunghiului ABC i conform figurii avem:

$$\begin{cases} \alpha = 90^\circ - b \\ \beta = A - 90^\circ \end{cases} \quad 2.3$$

i deci ob inem:

$$\begin{cases} x_C = R \sin b \sin A \\ y_C = -R \sin b \cos A \\ z_C = R \cos b \end{cases} \quad 2.4$$

- vom scriem coordonatele punctului C i în sistemul Ox'y'z'

$$\begin{cases} x'_C = R \cos \alpha' \cos \beta' \\ y'_C = R \cos \alpha' \sin \beta' \\ z'_C = R \sin \alpha' \end{cases} \quad 2.5$$

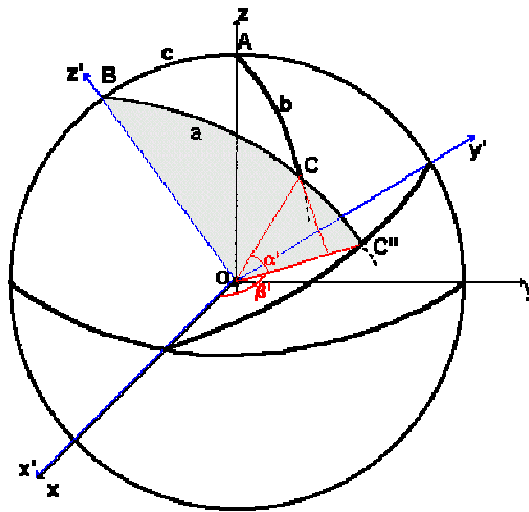


Fig.2.5. Coordonatele triunghiul sferic în sistemul cartezian Ox'y'z'

În acest caz avem:

$$\begin{cases} \alpha' = 90^\circ - a \\ \beta' = 90^\circ - B \end{cases} \quad 2.6$$

Astfel, ob inem:

$$\begin{cases} x'_c = x \\ y'_c = y \cos \gamma + z \sin \gamma \\ z'_c = -y \sin \gamma + z \cos \gamma \end{cases} \quad 2.7$$

• vom scriem expresia transformarii de rotatie a sistemului Oxyz în Ox'y'z'

Expresia rotatiei în planul (Oyz)=(Oy'z') este:

$$\begin{cases} x'_c = x \\ y'_c = y \cos \gamma + z \sin \gamma \\ z'_c = -y \sin \gamma + z \cos \gamma \end{cases} \quad 2.8$$

Raportându-ne la elementele triunghiului ABC avem $\gamma = c$ de unde rezultă :

$$\begin{cases} x'_c = x \\ y'_c = y \cos c + z \sin c \\ z'_c = -y \sin c + z \cos c \end{cases} \quad 2.9$$

Formulele lui Gauss

Din relațiile prezentate mai sus ob inem expresiile:

$$\begin{cases} R \sin a \sin B = R \sin b \sin A \\ R \sin a \cos B = -R \sin b \cos A \cos c + R \cos b \cos c \\ R \cos a = R \sin b \cos c + R \cos b \cos c \end{cases} \quad 2.10$$

Simplificăm cu R și scriem în ordine invers ob inând astfel expresia standard a formulelor lui Gauss:

$$\begin{cases} \cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A \\ \sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A \\ \sin a \sin B = \sin b \sin A \end{cases} \quad 2.11$$

Prima relație se numește teorema cosinusurilor pentru trigonometria sferică, iar ultima relație este teorema sinusurilor. Cea de a doua formulă se numește formula celor cinci elemente.

Teorema sinusurilor se poate scrie și sub forma :

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C} \quad 2.12$$

În continuare vom aplica același raionament și în cazul formulelor lui Gauss și obținem formulele lui Gauss pentru unghiuri.

Se dă triunghiul ABC și triunghiul său polar $A'B'C'$. Vom scrie formulele lui Gauss pentru $A'B'C'$:

$$\begin{cases} \cos a' = \cos b' \cos c' + \sin b' \cos A' \\ \sin a' \cos B' = \cos b' \sin c' - \sin b' \cos c' \cos A' \\ \sin a' \sin B' = \sin b' \sin A' \end{cases} \quad 2.13$$

Dar ținând cont de proprietățile triunghiului polar, avem:

$$\begin{cases} \cos(180^\circ - A) = \cos(180^\circ - B) \cos(180^\circ - C) + \sin(180^\circ - B) \sin(180^\circ - C) \cos(180^\circ - a) \\ \sin(180^\circ - A) \cos(180^\circ - b) = \cos(180^\circ - B) \sin(180^\circ - C) - \sin(180^\circ - B) \cos(180^\circ - C) \cos(180^\circ - a) \\ \sin(180^\circ - A) \sin(180^\circ - b) = \sin(180^\circ - B) \sin(180^\circ - a) \end{cases} \quad 2.14$$

Adică :

$$\begin{cases} \cos A = -\cos B \cos C + \sin B \sin C \cos a \\ \sin A \cos b = \cos B \sin C - \sin B \cos C \cos a \\ \sin A \sin b = \sin B \sin a \end{cases} \quad 2.15$$

Se observă că ultima relație se putea deduce imediat din teorema sinusurilor pentru laturi.

2.4. Formulele care dau unghiurile în funcție de laturi și laturile în funcție de unghiuri

Pornim de la relațiile cosinusului pentru laturi:

$$\begin{cases} \cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A \\ \cos b = \cos c \cos a + \sin c \sin a \cos B \\ \cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C \end{cases} \quad 2.16$$

Deducem c :

$$\cos A = \frac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c} \quad 2.17$$

Calculăm

$$\begin{aligned} 1 + \cos A &= 2 \cos^2 \frac{A}{2} = \frac{\sin b \sin c + \cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c} = \frac{\cos a - \cos(b+c)}{\sin b \sin c} = \\ &= \frac{2 \sin \frac{a+b+c}{2} \sin \frac{b+c-a}{2}}{\sin b \sin c} \end{aligned} \quad 2.18$$

$$\begin{aligned} 1 - \cos A &= 2 \sin^2 \frac{A}{2} = \frac{\sin b \sin c - \cos a + \cos b \cos c}{\sin b \sin c} = \frac{\cos(b-c) - \cos a}{\sin b \sin c} = \\ &= \frac{2 \sin \frac{a+b-c}{2} \sin \frac{a-b+c}{2}}{\sin b \sin c} \end{aligned} \quad 2.19$$

$$\cos \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{\sin p \sin(p-a)}{\sin b \sin c}} \quad 2.20$$

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

Împărțind aceste relații se obține:

$$\operatorname{tg} \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{\sin(p-c) \sin(p-b)}{\sin p \sin(p-a)}} \quad 2.21$$

În mod asemănător se pot scrie și relațiile:

$$\cos \frac{B}{2} = \sqrt{\frac{\sin p \sin(p-b)}{\sin a \sin c}}; \sin \frac{B}{2} = \sqrt{\frac{\sin(p-a) \sin(p-c)}{\sin a \sin c}}; \operatorname{tg} \frac{B}{2} = \sqrt{\frac{\sin(p-a) \sin(p-c)}{\sin p \sin(p-b)}} \quad (2.22)$$

$$\cos \frac{C}{2} = \sqrt{\frac{\sin p \sin(p-c)}{\sin a \sin b}}; \sin \frac{C}{2} = \sqrt{\frac{\sin(p-a) \sin(p-b)}{\sin a \sin b}}; \operatorname{tg} \frac{C}{2} = \sqrt{\frac{\sin(p-a) \sin(p-b)}{\sin p \sin(p-c)}}$$

2.23

Acestea sunt formulele care dau unghiurile în funcție de laturi în triunghiurile sferice și se mai numesc și formulele lui Borda.

Pentru a scrie formulele care dau laturile în funcție de unghiuri se vor utiliza formulele corelate relațiilor (2.22; 2.23).

Obținem următoarele expresii:

$$\begin{aligned} \cos \frac{\pi-a}{2} &= \sin \frac{a}{2} = \sqrt{\frac{\sin \varepsilon \sin(A-\varepsilon)}{\sin B \sin C}}; \sin \frac{a}{2} = \sqrt{\frac{\sin(B-\varepsilon) \sin(C-\varepsilon)}{\sin B \sin C}}; \operatorname{tg} \frac{a}{2} = \sqrt{\frac{\sin \varepsilon \sin(a-\varepsilon)}{\sin(B-\varepsilon) \sin(C-\varepsilon)}} \\ \cos \frac{b}{2} &= \sqrt{\frac{\sin \varepsilon \sin(B-\varepsilon)}{\sin A \sin C}}; \sin \frac{b}{2} = \sqrt{\frac{\sin(A-\varepsilon) \sin(C-\varepsilon)}{\sin A \sin C}}; \operatorname{tg} \frac{b}{2} = \sqrt{\frac{\sin \varepsilon \sin(B-\varepsilon)}{\sin(A-\varepsilon) \sin(C-\varepsilon)}} \\ \cos \frac{c}{2} &= \sqrt{\frac{\sin \varepsilon \sin(C-\varepsilon)}{\sin A \sin B}}; \sin \frac{c}{2} = \sqrt{\frac{\sin(A-\varepsilon) \sin(B-\varepsilon)}{\sin A \sin B}}; \operatorname{tg} \frac{c}{2} = \sqrt{\frac{\sin \varepsilon \sin(C-\varepsilon)}{\sin(A-\varepsilon) \sin(B-\varepsilon)}} \end{aligned} \quad 2.24$$

2.5 Formulele lui Delambre și Neper

Formulele lui Delambre.

Se obțin prin aplicarea formulelor lui Borda:

$$\begin{aligned} \cos \frac{A}{2} &= \sqrt{\frac{\sin p \sin(p-a)}{\sin b \sin c}}; \sin \frac{A}{2} = \sqrt{\frac{\sin(p-c) \sin(p-b)}{\sin b \sin c}} \\ \cos \frac{B}{2} &= \sqrt{\frac{\sin p \sin(p-b)}{\sin a \sin c}}; \sin \frac{B}{2} = \sqrt{\frac{\sin(p-a) \sin(p-c)}{\sin a \sin c}} \\ \cos \frac{C}{2} &= \sqrt{\frac{\sin p \sin(p-c)}{\sin a \sin b}}; \sin \frac{C}{2} = \sqrt{\frac{\sin(p-a) \sin(p-b)}{\sin a \sin b}} \end{aligned} \quad 2.25$$

Înmulțind primele patru egalități membru cu membru și înțelegând seama de ultimele două rezultate :

$$\begin{aligned} \cos \frac{A}{2} \cos \frac{B}{2} &= \frac{\sin p}{\sin c} \sqrt{\frac{\sin(p-a) \sin(p-b)}{\sin a \sin b}} = \frac{\sin p}{\sin c} \sin \frac{C}{2} \\ \sin \frac{A}{2} \sin \frac{B}{2} &= \frac{\sin(p-c)}{\sin c} \sin \frac{C}{2} \\ \cos \frac{A}{2} \sin \frac{B}{2} &= \frac{\sin(p-a)}{\sin c} \cos \frac{C}{2} \\ \sin \frac{A}{2} \cos \frac{B}{2} &= \frac{\sin(p-a)}{\sin c} \cos \frac{C}{2} \end{aligned} \quad 2.26$$

Adunăm primele egalități în obținem:

$$\begin{aligned} \cos \frac{A}{2} \cos \frac{B}{2} + \sin \frac{A}{2} \sin \frac{B}{2} &= \cos \left(\frac{A}{2} - \frac{B}{2} \right) = \cos \frac{A-B}{2} = \frac{\sin \frac{C}{2}}{\sin c} [\sin p + \sin(p-c)] = \sin \frac{C}{2} \cdot \frac{\sin \frac{a+b}{2} \cos \frac{c}{2}}{\sin \frac{c}{2} \cos \frac{c}{2}} \\ &= \sin \frac{C}{2} \cdot \frac{\sin \frac{a+b}{2} \cos \frac{c}{2}}{\sin \frac{c}{2} \cos \frac{c}{2}} = \sin \frac{C}{2} \cdot \frac{\sin \frac{a+b}{2} \cos \frac{c}{2}}{\sin \frac{c}{2} \cos \frac{c}{2}} = \sin \frac{C}{2} \cdot \frac{\sin \frac{a+b}{2}}{\sin \frac{c}{2}} \\ \Rightarrow \frac{\cos \frac{A-B}{2}}{\sin \frac{C}{2}} &= \frac{\sin \frac{a+b}{2}}{\cos \frac{c}{2}} \end{aligned} \quad 2.27$$

Scădem primele două egalități membru cu membru în obținem:

$$\frac{\cos \frac{A+B}{2}}{\sin \frac{C}{2}} = \frac{\cos \frac{a+b}{2}}{\cos \frac{c}{2}} \quad 2.28$$

Repetăm operațiile pentru ultimele două egalități în obținem relațiile:

$$\frac{\sin \frac{A-B}{2}}{\cos \frac{C}{2}} = \frac{\sin \frac{a-b}{2}}{\sin \frac{c}{2}} \quad \frac{\sin \frac{A+B}{2}}{\cos \frac{C}{2}} = \frac{\cos \frac{a-b}{2}}{\cos \frac{c}{2}} \quad 2.29$$

Formulele lui Neper.

Aceste formule se obțin prin împărțirea directă a formulelor lui Delambre:

$$\operatorname{tg} \frac{A+B}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{C}{2} = \frac{\cos \frac{a-b}{2}}{\cos \frac{a+b}{2}} \quad 2.30$$

Sau

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

$$\operatorname{tg} \frac{A-B}{2} = \frac{\sin \frac{a-b}{2}}{\sin \frac{a+b}{2}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{C}{2} \quad \operatorname{tg} \frac{a+b}{2} = \frac{\cos \frac{A-B}{2}}{\sin \frac{A+B}{2}} \cdot \operatorname{ctg} \frac{c}{2} \quad 2.31$$

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

3 ASTRONOMIA SFERICĂ

3.1. Constelații.

O **constelație** este una dintre cele 88 de zone (Ursa mic , Ursa mare, Dragonul, Cassiopeia, Cefeus, Perseu, Polara, etc.) în care este împărțită bolta sau sfera cerească , uneori făcându-se referire doar la o grupare aparentă de stele, care, unite printr-o linie imaginară , se aseamănă cu un anumit obiect, animal, zeu etc. Spre deosebire de galaxii, constelațiile nu sunt grupări spațiale reale de stele, ci doar aparente

În astronomia modernă constelația este o anumită porțiune din sfera cerească exact delimitată , în jurul figurii imaginare inițiale, astfel încât fiecare obiect ceresc (chiar invizibil ochiului omenesc) poate fi atribuit unei constelații. Majoritatea constelațiilor cerului au fost denumite și descrise din antichitate.

Începând din secolul al XVII-lea, stelele individuale din constelații au fost numerotate cu literele alfabetului grecesc. Mai târziu pentru stelele slabe s-a introdus numerotarea cu cifre arabe. O stea dintr-o constelație se notează cu litera grecească respectiv urmată de numele latin al constelației pus în cazul genitiv sau de abrevierea din 3 litere. Sistemul de constelații pe care îl folosim în prezent se bazează pe 48 de constelații descrise de astronomul grec din Ptolemeu, dintre care 47 mai există și azi.

Partea Astronomiei descriptive care se ocupă cu delimitarea și descrierea exactă a constelațiilor mai poartă denumirea și de uranografie.

3.2. Sfera cerească

Din orice punct al Globului terestru privim cerul înstelat, acesta ne apare ca o calotă sferică infinită , înălțându-se în jurul centrului observatorului. Sfera corespunde și primitiv denumirea de sferă cerească , pe care se proiectează stelele.

Deci, sfera cerească este o sferă imaginară reprezentând locul geometric al tuturor punctelor egal depărtate de centrul sferei, considerat în ochiul observatorului presupus în centrul Pământului.

Aparent sfera cerească execută o mișcare diurnă uniformă de la răsărit spre apus (în sens trigonometric negativ, numit în astronomie sens retrograd). În realitate, Pământul este cel care execută mișcarea de rotație de la apus spre răsărit (sens trigonometric pozitiv sau sens direct).

Datorită mișcărilor diurne vedem stelele descriind cercuri paralele, ale căror centre se află pe o dreaptă numită axa lumii, aflată în prelungirea axei de rotație a Pământului. Axa lumii intersectează sfera cerească în două puncte fixe, numite poli cerești.

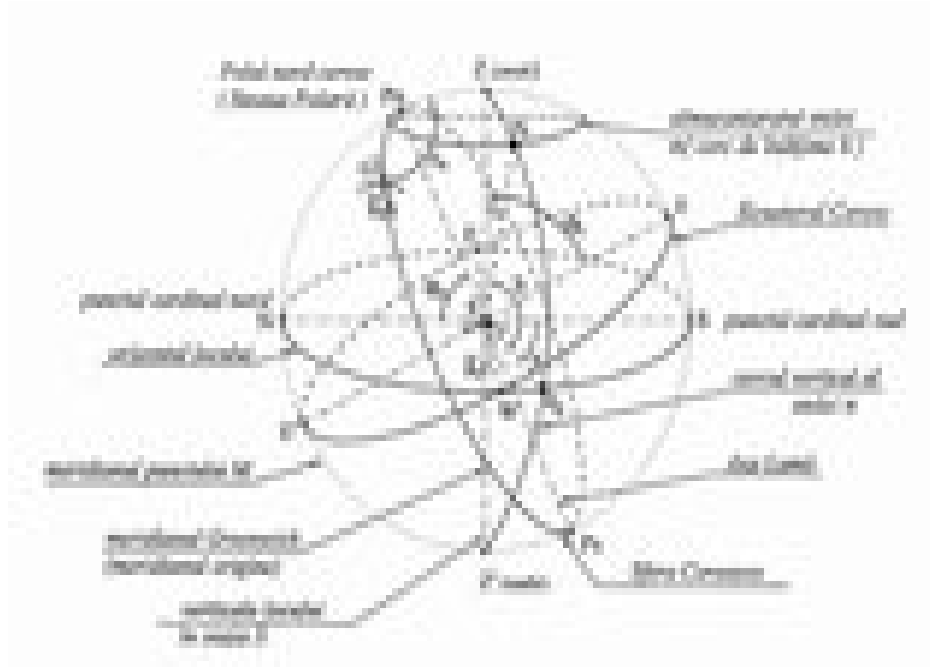


Fig.3.1. Puncte,direc ii i elemente ale sferei cere ti

Principalele puncte, cercuri, axe si plane ale sferei cere ti sunt:

Centrul sferei ceresti - ochiul observatorului.

Axa lumii ó dreapta ce trece prin observator paralel la axa P mântului.

Polul Nord ceresc, Polul Sud ceresc ó punctele de intersec ie dintre sfera cereasca i axa lumii.

Planul ecuatorului ceresc ó planul dus prin centrul sferei cere ti, perpendicular pe axa lumii.

Ecuatorul ceresc ó intersec ia sferei cere ti cu planul ecuatorului ceresc. Împarte sfera cereasca în dou **emisfere: nordică și sudică.**

Verticala locului ó direc ia firului cu plumb. Punctele de intersec ie ale acesteia cu sfera cereasca : **Z= zenit, N= nadir**

Plan orizontal ó planul dus prin centrul sferei cere ti perpendicular pe axa zenital .

Orizont matematic (orizont adevarat) ó intersec ia planului orizontal cu sfera cereasca .

Punctele cardinale est (E) si vest (V) ó punctele de intersec ie dintre orizontul matematic i ecuatorul ceresc;

Planul meridian al locului ó planul determinat de axa lumii i verticala locului.

Meridianul locului ceresc ó cercul ob inut la intersec ia dintre planul meridian cu sfera cereasca .

Meridiana locului (NS) ó linia obinut la intersec ia dintre planul meridian cu orizontul locului.

Punctele cardinale nord (N) si sud (S) ó punctele de intersec ie dintre orizontul matematic i meridianul locului.

Paralel ceresc- un cerc paralel cu ecuatorul. El taie meridianul locului în dou puncte: unul la sud de pol, numit **punctul de culmina ie superioarã**, altul la nord de pol, numit **punctul de culmina ie inferioarã**. Intersec iile cu orizontul ale paralelului descris de o stea sunt: **punctul de rãsãrit(R)** i **punctul de apus(A)** al stelei.

Orizontul locului - planul care trece prin pozi ia observatorului i este normal la verticala locului. Zenitul i nadirul sunt poliile orizontului. Orice plan care con ine cei doi poli este perpendicular pe orizont i intersecteaz sfera cereasc dup un **cerc vertical**.

Almucantarat - planul care trece prin steaua i este paralel cu orizontul.

Înãl iimea stelei deasupra orizontului (h) - unghiul format de direc ia spre stea i orizontul locului.

Direct ia zenitalã (z) a unei stele - unghiul complementar în l imii stelei: $z = 90^\circ - h$.

3.3. Mișcarea aparentã diurnã a sferei cerești

Mișcarea diurnã a sferei cerești este deplasarea aparentã a trilor de la est la vest înso it de modificarea continuã a valorii în l imii i azimutului acestora în timp de 24 de ore. Ea apare datorit mișcãrii de rota ie a P mãntului în jurul axei polilor de la vest la est .

Mișcarea diurnã a sferei cerești se face în jurul axei lumii, ce este înclinatã faã de planul orizontului cu un unghi egal cu latitudinea observatorului.

Caracteristicile mișcãrii diurne a sferei cerești sunt:

- mișcarea diurnã a sferei cerești este:
 - o mișcare aparentã ;
 - o mișcare retrogradã ;
 - o mișcare circularã ;
 - o mișcare paralelã deoarece paralelele de declina ie sunt paralele cu ecuatorul ceresc;
 - o mișcare izocronã deoarece mișcarea a trilor pe paralelul de declina ie se face în același timp;
 - o mișcare uniformã deoarece rota ia P mãntului se face cu vitezã uniformã .
- perioada mișcãrii diurne este constantã , egalã cu durata unei rota ii complete a P mãntului în jurul axei sale, într-o zi sideralã .Ziua sideralã este intervalul de timp constant necesar unei stele pentru a trece de douã ori consecutiv prin același punct pe sfera cereasc .

- aspectul general al mi c rii diurne a unui astru depinde de latitudinea observatorului, iar aspectul mi c rii diurne a unui astru pentru un observator aflat pe o anumit latitudine depinde de declina ia astrului. Mi carea diurn a sferei cere ti determin r s ritul, apusul i culmina ia a trilor precum i trecerea acestora prin primul vertical.

3.4. Sisteme de coordonate cerești

Sistemele de coordonate cere ti sunt necesare pentru orientarea pe sfera cereasc pentru stabilirea sau indicarea pozi iei exacte a unui punct de pe bolta cereasc .

Orice sistem de coordonate astronomice se compune dintr-o ax principal i un plan principal (de baz). **Axa** trece prin centrul sferei. **Planul fundamental** este un plan perpendicular pe ax i care con ine centrul sferei, iar **polii** reprezint intersec ia axei cu suprafa a sferei. **Unghiul de distanță** este reprezentat de distan a fa de planul fundamental, iar cel de **direcție** este m surat pe planul de baz plecând de la un reper.

Coordonatele astronomice sunt coordonate sferice, analoage coordonatelor geografice (longitudinea i latitudinea) utilizate pentru reprearea punctelor de pe P mânt.

Coordonatele sferice sunt stabilite în func ie de urm toarele repere ce constituie baza: axa, planul fundamental, cercul fundamental i polii.

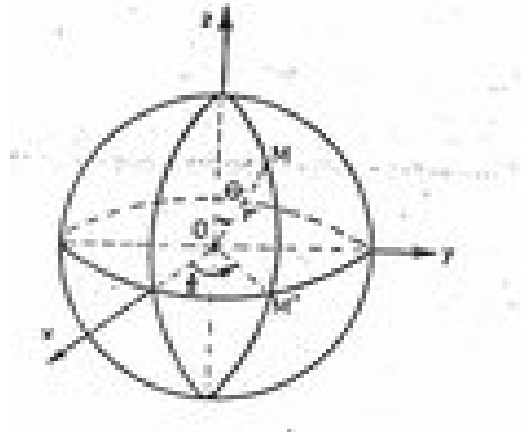


Fig. 3.2 Coordonate sferice

Dup planul de baz utilizat de sistemul de coordonate, avem:

Sistemul de coordonate orizontale relativ la un observator terestru i având la baz planul orizontului observatorului. În acest sistem de coordonate se consider ca plan fundamental ó planul orizontului. Cercul mare corespunz tor ó numit cerc fundamental- va fi orizontul matematic SN. Ca axa fundamental se ia verticala

locului $ZZ\alpha$ Diametrul SN va fi meridianul locului Consider m c planul meridianului locului coincide cu planul figurii.

S consider m un astru (proiec ia stelei pe sfera cereasc) al c rui vertical $Z Z\alpha$ intersecteaz orizontul matematic în o . Coordonatele orizontale ale astrului sunt:

- *Înălțimea (h)*- este unghiul format de raza vectoare (O) a astrului cu planul orizontului. Se m soar pe verticalul astrului, de la orizont spre Zenit (respectiv Nadir);

- *Azimutul (A)* - este unghiul format de planul vertical al astrului cu planul meridianului locului. Se m soar pe orizont de la punctul Sud spre punctul Vest, în sens retrograd.

Adesea în locul în l imii se utilizeaz *distanța zenitală (z)*, care este unghiul format de raza vectoare a astrului cu verticala locului. Se m soar pe verticalul astrului, de la zenit spre orizont

Prin urmare coordonatele orizontale sunt (A,h) sau (A,z) .

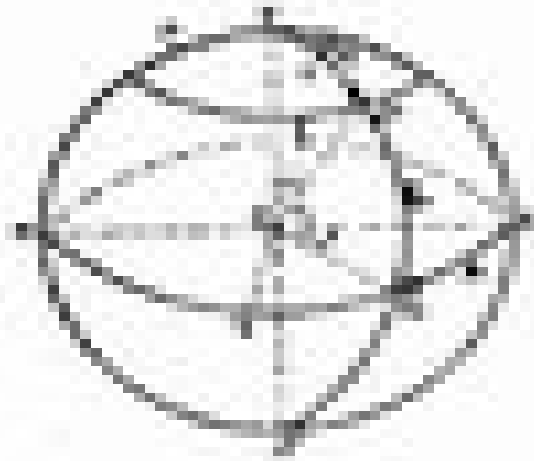


Fig.3.3 Coordonatele orizontale

Sistemul de coordonate orare, relativ la un observator terestru i având la baz planul ecuatorului . Se ia, ca plan fundamental,planul ecuatorului ceresc(ecuatorul QQ' -cerc fundamental), iar ca ax fundamental ó axa lumii PP' . Fie planul meridianului în planul figurii.

Cercul mare determinat de polii P,P' i astrul σ se nume te *cerc orar* sau *cerc de declinație*, iar planul corespunz tor se nume te *plan orar*. Fie σ_e intersec ia semicercului orar al astrului cu ecuatorul.

Coordonatele orare ale astrului sunt:

- *declinația, δ* este unghiul format de raza vectorie a astrului cu planul ecuatorului. Se măsoară pe cercul orar, de la ecuator spre cei doi poli.

- *unghiul orar, H* - este unghiul format de planul orar ($P\sigma P'$) al astrului cu planul meridianului locului. Se măsoară pe ecuator, de la meridian spre punctul cardinal Vest, în sens retrograd.

Deoarece, în mișcarea diurnă aparentă astrul descrie un cerc paralel cu ecuatorul, înseamnă că distanța unghiulară dintre astrul și ecuator (arcul $\sigma_c\sigma$) rămâne constant, adică declinația δ este o coordonată caracteristică a astrului. Unghiul orar H , însă, nu este constant, ci variază cu timpul, depinzând de asemenea, de locul de observație (prin poziția meridianului). De aceea coordonatele (H, δ) se numesc *semilocale*.

Unghiul orar variază proporțional cu timpul, reflectând „uniformitatea” rotației terestre, fapt important la măsurarea timpului, în care scop se utilizează unghiurile orare ale anumitor repere. De aceea unghiul orar se exprimă adesea în unități de timp, pe baza corespondenței: $360^\circ \leftrightarrow 24^h$.

Uneori, în locul declinației δ , se utilizează *distanța polară* (p), care este unghiul format de raza vectorie a steii cu axa lumii.

Se măsoară pe cercul orar de la polul Nord ceresc, P , spre ecuator.

Din figură se observă că între p și δ există relația $p + \delta = 90^\circ$

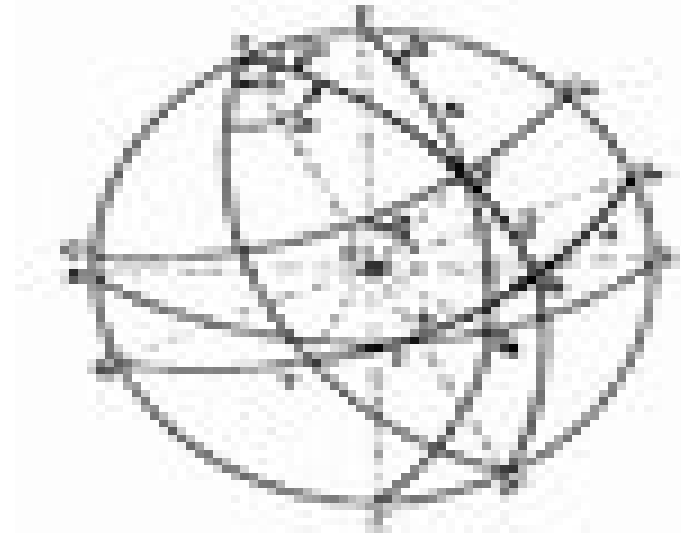


Fig.3.4. Coordonatele orare și coordonate ecuatoriale

Sistemul ecuatorial de coordonate raportat la sfera cerească și având la bază planul ecuatorului. Se ia același plan fundamental (cerc fundamental) și axa fundamentală ca și la sistemul de coordonate orare, dar pentru unghiul măsurat în planul ecuatorului se alege o altă origine și se schimbă sensul de măsurare. Coordonatele ecuatoriale ale astrului sunt:

-Declinația, δ -definit la sistemul de coordonate orare.

-Ascensia dreaptă, α -este unghiul format de planul orar al astrului cu planul orar al punctului vernal γ (punctul echinocului de prim vară). Se măsoară pe ecuator, de la punctul vernal în sens direct (sensul invers mișcării diurne aparente).

Deoarece punctul vernal participă el la mișcarea diurnă aparentă, odată cu astrul, înseamnă că ascensia dreaptă α este constantă, fiind o coordonată caracteristică a astrului, ca și declinația δ . Ca și unghiul orar H , ascensia dreaptă α se exprimă adesea în unități de timp.

Coordonate ecliptice, raportate la sfera cerească și având la bază planul eclipticii. **Centrul** sistemului este Centrul Terrei. Polii sunt Polul Nord ecliptic (constelaia *Draco*) și Polul Sud ecliptic (constelaia *Peștele de aur*), iar unghiul de distanță este latitudinea ecliptică (unghiul făcut de direcția spre astru cu planul eclipticii) și unghiul de direcție este longitudinea ecliptică (unghiul dintre meridianul ecliptic al punctului vernal și meridianul ecliptic al astrului). Punctul de reper față de care s-au determinat aceste unghiuri este punctul vernal.

Coordonate astronomice galactice - longitudinea și latitudinea galactică. Acest sistem de coordonate astronomice este folosit în astronomia stelară și are drept plan fundamental planul de simetrie al galaxiei. Drept origine a longitudinilor galactice a fost aleasă inițial direcția spre nodul ascendent al planului galactic - adică ecuatorul ceresc. Din 1959 această origine a fost înlocuită cu direcția spre centrul galaxiei.

3.6. Răsăritul și apusul astrilor

Răsăritul și apusul astrilor sunt determinate de intersectarea paralelului de declinație al astrului cu orizontul adevărat. Avem răsărit când astrul trece din emisfera invizibilă în cea vizibilă și apus la trecerea acestuia din emisfera vizibilă în cea invizibilă. Punctul de răsărit și punctul de apus al unui astru sunt două puncte ale orizontului, simetrice față de punctul cardinal Sud. Astrii cu răsărit și apus se deplasează pe o porțiune de arc de paralel de declinație în emisfera vizibilă, numit arc diurn și pe o porțiune de arc de paralel de declinație în emisfera invizibilă, numit arc nocturn.

În funcție de latitudinea observatorului și declinația astrului, astrii se împart în:

- astrii cu răsărit și apus atunci când: $|\delta| < 90^\circ - \varphi$, adică răsăriți și apun atunci când trec prin orizontul adevărat al observatorului. La răsărit sau apus, înălțimea astrului este zero și distanța zenitală este 90° .

Calculul orei de răsărit și apus se face cu relația:

$$\cos H = -\tan \varphi \cdot \tan \delta \quad 3.1$$

Pentru calculul azimutului astrului la momentul răsăritului sau apusului se folosesc următoarele relații:

$$\cos A = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi} \quad 3.2$$

- a trii circumpolari care nu taie orizontul adevrat, nu r s r i nu apun ci par a se roti în jurul polului ceresc ce are acela i nume cu declina ia astrului, atunci cand $|\delta| > 90^\circ$ - cu condi ia ca i s fie de acela i semn cu .

Întâlnim a trii circumpolari vizibili (au declina ia mai mare decât colatitudinea i cu acela i nume cu latitudinea observatorului), a trii circumpolari vizibili (au culmina ia superioar i inferioar cuprinse în emisfera vizibil) i a trii circumpolari invizibili (au declina ia mai mare decât colatitudinea i de nume contrar cu latitudinea observatorului).

- a trii invizibili sunt a trii care se men in tot timpul în emisfera invizibil i nu r sar niciodat . În acest caz $\delta > 90^\circ$ - cu condi ia ca i s fie de semn contrar cu .



Fig.3.5 R s ritul i apusul unui astru

Momentul sideral al r s ritului va fi:

$$t_r = \alpha - H \quad 3.3$$

iar cel al apusului

$$t_a = \alpha + H \quad 3.4$$

Pentru ca pozi iile de r s rit i apus, precum i momentele siderale corespunz toare s fie exacte este necesar s se in cont de refrac ia astronomic .

3.7. Trecerea astrilor la primul și al doilea vertical

Primul vertical se definește ca fiind verticalul punctului cardinal Est, verticalul punctului Vest fiind numit al doilea vertical. În mișcarea sa diurnă astrul (α) având coordonatele ecuatoriale (δ, α) atinge primul vertical în punctul δ iar pe cel de-al doilea în $-\delta$. Localitatea din care se fac observațiile va avea latitudinea φ .

Vom aplica regula lui Neper în triunghiul dreptunghic PZ δ , mai exact laturii P δ și obținem:

$$\sin \delta = \cos z \cdot \sin \varphi \quad 3.5$$

$$\cos z = \sin \delta \cdot \cos \sec \varphi \quad 3.6$$

Unghiul orar se determină aplicând regula lui Neper unghiului H:

$$\cos H = \operatorname{tg} \delta \cdot \cot \varphi \quad 3.7$$

Din această ecuație se obțin două valori opuse pentru H, valori ce determină momentele siderale ale celor două poziții:

$$t_r = \alpha - H; t_a = \alpha + H \quad 3.8$$

Condiția de trecere prin primul vertical în partea vizibilă este ca declinația astrului să fie mai mică decât latitudinea, $|\delta| < \varphi$ și de același semn.



Fig.3.8.Trecerea unui astru la primul și al doilea vertical

4 TIMPUL ȘI MĂSURAREA LUI

Scurgerea timpului pe Pământ a fost pus întotdeauna în legătură cu fenomene astronomice periodice, cum ar fi: mișcarea diurnă a sferei cerești, mișcarea aparentă anuală a Soarelui pe bolta cerească, succesiunea fazelor Lunii, funcții de care au fost stabilite unitățile de măsurare ale timpului: ziua, anul, luna.

În vechime se presupunea uniformitatea mișcării diurne aparente; în prezent se admite numai în primă aproximare uniformitatea rotației Pământului. Cauze geofizice și deplasări ale maselor de aer și apă pe suprafața Pământului îi modifică puțin perioada de rotație. Pe această bază vom considera unghiul orar al unui astru ca fiind o mărime proporțională cu timpul, deci poate fi utilizat pentru măsurarea timpului. În cele ce urmează se vor folosi diferite denumiri pentru timp, după astrul a cărui mișcare diurnă o urmărim. În același timp trebuie precizat că timpul, ca formă de existență a materiei, este unic (diferențiat numai unitatea sau originea de măsurare a timpului).

Timpul sideral este timpul măsurat prin unghiul orar al punctului vernal (γ). Unitatea de timp este *ziua siderală* și este timpul scurs între două culminații superioare consecutive ale punctului vernal (γ).

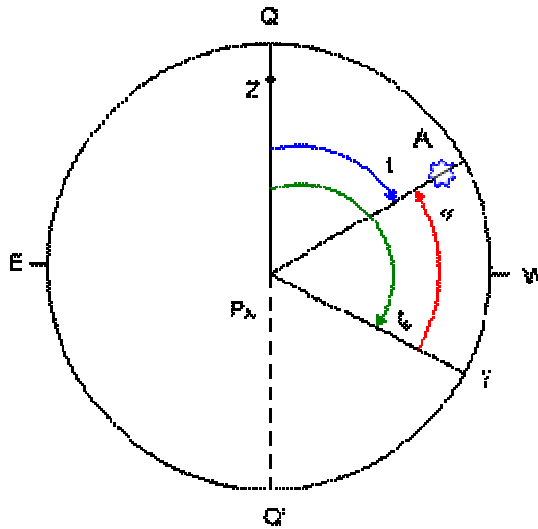


Fig. 2.1 Timpul sideral

Submultiplii zilei siderale sunt *ora, minutul și secunda siderală*. Începutul zilei siderale coincide cu momentul culminației superioare a lui γ . De precizat că, datorită fenomenului precesiei, ziua siderală diferă cu 0s, 8fa de perioada de rotație a Pământului. Punctul vernal, fiind un punct fictiv de pe bolta cerească, trecerile sale la meridianul superior al locului nu pot fi observate iar unghiul său orar este imposibil

de m surat direct. De aceea, din locul considerat se urm re te trecerea la meridianul superior al locului a unei stele cunoscute i apoi, într-un moment diurn oarecare, se determin unghiul orar t al stelei, a c rei ascensie dreapt se cunoa te, astfel încât avem: $\alpha = t + \alpha$.

Deci timpul sideral se exprim în grade i minute de arc i este egal cu:

$$t_s = t + \alpha \quad 4.1$$

unde: t_s este timpul sideral al locului; t - unghiul orar; α - ascensiunea dreapt .

Pentru timpul sideral la Greenwich rela ia este urmatoarea:

$$T_s = T + \alpha \quad 4.2$$

unde: T_s este timpul sideral la Greenwich; T - timpul la Greenwich.

Când astrul se afl la culmina ia superioar timpul astrului este zero i atunci:

$$t_s = \alpha \quad 4.3$$

M surarea timpului cu ajutorul zilelor siderale i al frac iunilor de zile siderale este foarte simpl i comod în rezolvarea problemelor de astronomie, dar este incomod pentru via a cotidian a oamenilor, a c ror activitate este legat de pozi iile aparente diurne i anuale ale Soarelui pe sfera cereasc .

Un alt timp legat de via a practic , este **timpul solar adevărat**, m surat prin unghiul orar al centrului soarelui. Ca unitate se utilizeaz **ziua solară adevărată**, adic timpul scurs între dou culmina ii superioare consecutive ale centrului Soarelui. Ziua solar adev rat începe în momentul culmina iei superioare a centrului Soarelui (la miezul zilei).

Datorit mi c rii sale anuale aparente, în mi carea pe paralelul s u diurn, Soarele r mâne în urm în fiecare zi cu aproximativ un grad fa de stele, de unde rezult o decalare zilnic de 3m56s (unit i de timp sideral) a zilei siderale fa de ziua solar mijlocie. Rezult c , începutul zilei siderale are loc în momente diferite ale zilei solare, fapt care face timpul sideral necorespunz tor pentru via a practic .

Dar i mi carea Soarelui are un neajuns pentru determinarea timpului, întrucât nu este uniform , din urm toarele motive:

- **Soarele adevărat**, în mi carea sa anual aparent , descrie ecliptica i nu un cerc paralel cu ecuatorul;
- **Mișcarea anuală** nu este uniform , ci vara mai înceat iar iarna este mai rapid .

Din aceste motive se consider un Soare fictiv, care descrie ecliptica cu o mi care uniform i trece prin perigeu i apogeu odat cu Soarele. Se nume te **Soare mijlociu** un al doilea Soare fictiv, care, parcurgând ecuatorul cu o mi care uniform trece prin punctul vernal odat cu Soarele fictiv ecliptic. În opozi ie cu această fic iune s-a dat Soarelui denumirea de „**adevărat**”.

Definim ***timpul mijlociu*** ca fiind timpul măsurat prin unghiul orar al Soarelui mijlociu. Unitatea de timp solar mijlociu este ziua solar mijlocie, adică intervalul de timp între două culminații inferioare consecutive ale Soarelui mijlociu la meridianul locului. S-a ales culminația inferioară pentru că începutul zilei s-a aib loc în perioada de întuneric. Soarele mijlociu, fiind o ficțiune, nu se poate observa, dar poziția lui se poate calcula. *Timpul mijlociu* diferă de *timpul solar* adevărat printr-o cantitate numită ecuația timpului, sensul cuvântului ecuație fiind acela de corecție.

$$\text{*Timpul mijlociu*} = \text{*timpul adevărat*} + \text{*ecuația timpului*} \quad 4.4$$

Ecuația timpului este o cantitate variabilă, a cărei valoare este dată pentru fiecare zi de anuarele astronomice. Mărimile ei pot să ajungă la $\pm 17 \text{ min}$. Ziua solar mijlocie, la fel ca cea siderală, se divide în 24 de ore, ora în 60 de minute și minutul în 60 de secunde (de timp mijlociu). Ziua are 86400 secunde. Perioada de rotație a Pământului este mai mică decât o zi solară medie și are 86164 secunde. Cu alte cuvinte este mai mică tocmai cu 3m56s.

Toate aceste timpuri definite până aici sunt *timpuri locale*, deoarece sunt raportate la meridianul locului. Ele se determină în or: *timpul sideral* prin observații asupra stelelor, *timpul solar adevărat* prin observații asupra Soarelui. Prezintă însă inconvenientul că, prin diferențele de la o localitate la alta, utilizarea lor ar stingheri mult desfășurarea, de exemplu în cadrul unei țări, a activităților de producție.

Pentru evitarea acestui inconvenient s-a adoptat noțiunea de timp legal. Timpul legal este timpul adecvat pentru legăturile interne și externe ale unei țări. A fost stabilit în felul următor: aparent, Soarele descrie 360° în jurul Pământului în 24 de ore, deci pe oră se deplasează cu 15° . De aceea s-a împărțit întregul glob terestru în 24 de fuzuri orare (un fus orar fiind suprafața cuprinsă între două meridiane care diferă cu 15°). S-a considerat pentru toate localitățile dintr-un fus orar că au aceeași oră legală, egală cu timpul mijlociu al meridianului mijlociu al fusului. Avantajul timpului legal este:

- pe o regiune întinsă toate localitățile au același timp;
- la trecerea de la un fus la altul se schimbă timpul numai cu un număr întreg de ore, în timp ce minutele și secunde sunt aceleași pentru toate localitățile globului.

Timpul universal este timpul mijlociu al meridianului origine (meridianul Observatorului de la Greenwich din Anglia). Timpul universal este utilizat în astronomie la întocmirea anuarelor astronomice și a efemeridelor (tabele care indică pozițiile corpurilor cerești la momente date, care formează o progresie aritmetică), pentru a evita confuziile în prevederea și observarea fenomenelor.

$$\text{*Timpul universal*} = \text{*timpul mijlociu*} \pm \text{*longitudinea*} \quad 4.5$$

- se ia semnul + pentru longitudinea vestică și semnul - pentru longitudinea estică.

Relația dintre timpul legal și cel universal este:

$$\text{Timpul legal} = \text{timpul universal} \pm n \text{ ore}$$

4.6

unde n este numărul de ordine al fusului orar, iar semnul $+$ se aplică la est și semnul $-$ la vest de primul meridian.

Fusul care are ca meridian mijlociu meridianul de la Greenwich este fusul 0 (între longitudinile $-7^{\circ}30'$ și $+7^{\circ}30'$). Ora legală a acestui fus este ora Europei Occidentale. Europa Centrală are ora fusului 1 (între $7^{\circ}30'$ și $22^{\circ}30'$ est). Europa orientală are ora fusului 2 (între longitudinile $22^{\circ}30'$ și $37^{\circ}30'$). Ora noastră se află în fusul 2, deci la noi timpul legal este:

$$\text{Timpul legal} = \text{timpul universal} \pm 2 \text{ ore}$$

4.7

Este ora dată la posturile de radioemisie. În cazul în care ora este egală pe două fuse orare vecine, timpul solar legal este timpul legal al capitalei sale. În unele țări, s-a introdus de asemenea, ora de vară, care este în avans cu o oră față de ora fusului. În țara noastră ora oficială de vară s-a introdus în 1979.

Dacă ora este, datorită mării sale întinderi, egală pe mai multe fuse orare - de exemplu Rusia, Statele Unite ale Americii - ea respectă orele legale date de împărțirea pe fuse orare.

Datorită sistemului de fuse orare, la meridianul 180° există o decalare de 24 de ore între două puncte vecine de o parte și de alta a acestui meridian și anume la est de acest meridian avem o dată iar la vest avem aceeași oră dar data este cu o zi mai mică.

Deci este necesară o schimbare de dată ori de câte ori traversăm acest meridian. Pentru evitarea confuziilor, această linie a schimbării de dată, care coincide cu meridianul de 180° a fost convențional deviat, astfel încât să se evite orice insul locuit din Oceanul Pacific. Când se traversează această linie, mergând spre est, se scade o zi din dată iar când se traversează mergând spre vest, se adaugă o zi la dată.

Calendarul. O unitate mai mare de timp ne este dată de mișcarea de revoluție a Pământului. Numim *an* intervalul de timp între două treceri consecutive ale Soarelui la punctul vernal. Datorită fenomenului de precesie a echinoxurilor punctul vernal retrogradează cu $50''$ pe an. Deci, în timp de un an, Soarele descrie $360^{\circ} - 50''$. Acest an se numește *an tropic* și are aproximativ $365z05h48m46s$ (solare mijlocii) = 365, 2422 de zile mijlocii.

Timpul în care Soarele descrie 360° se numește *an sideral* și are $365z06h09m09s$ (solare mijlocii), adică depășește anul tropic cu 20m23s.

Anul tropic stă la baza calculului practic al timpului. Acest an este însă incomod, din cauza fracțiunii de zile mijlocii. De aceea se ia anul calendaristic, care are un număr întreg de zile, 365 sau 366 de zile, astfel ca echinoxurile și solstițiile să cadă pe aceleași date ale anului (adică să nu se decaleze față de anul tropic).

Calendarul iulian întocmit de Sosigenes și decretat de Iulius Caesar (anul 45 î.e.n.) are trei ani consecutivi de 365 de zile (ani comuni), iar al patrulea de 366 zile (an bisect). Dar anul iulian este mai lung decât anul tropic, astfel că la 400 de ani rămâne în urmă cu aproximativ 3 zile.

În 1582, întârzierea calendarului iulian era de 10 zile, pentru care s-a introdus *calendarul gregorian* (decretat de papa Grigore al XIII-lea), care:

- recuperează întârzierea, decretând ca după 4 octombrie 1582 să urmeze ziua de 15 octombrie;
- elimină întârzierea, hotărând ca dintre anii seculari să fie biseci numai anii la care numărul secolelor este divizibil cu 4. Astfel, dintre anii 1700, 1800, 1900 și 2000 rămân biseci numai anul 2000, întrucât numărul secolelor divizibil cu 4;
- rămân încă în urmă cu 1,2 zile la 4000 de ani, diferența care în prezent se poate neglija.

Acest calendar este în uz în zilele noastre. La noi a fost introdus la 14 octombrie 1924. Durata medie a anului gregorian este de 365,2425 zile.

Calendarul considerat ca unitate de bază este *anul tropic*, adică perioada mișcării anuale aparente a Soarelui (minus precesia), de aceea se numesc *calendarul solare*.

Există calendare care au la bază perioada fazelor lunare, numită perioada sinodică = 29,5306 zile mijlocii. Acestea sunt *calendarul lunare* (cum este calendarul musulman).

Alte calendare, numite *luni solare*, au la bază atât anul tropic, cât și perioada sinodică.

Oricare ar fi tipul de calendar, fiecare are ca unitate:

- Anul, apropiat de cel tropic;
- Luna, apropiat de cea sinodică;
- Ziua mijlocie.

La acestea se mai adaugă o altă unitate, și anume mîna, care, spre deosebire de unitățile anterioare, nu reprezintă o perioadă a mișcării unui corp ceresc, ci o grupare de 7 zile mijlocii, fiecare din ele fiind închinată în vechime către una din cele 7 planete cunoscute atunci (Soarele și Luna fiind considerate tot planete).

Pentru a evita neregularitățile în mișcarea de rotație a Pământului, începând cu 1 ianuarie 1960 s-a luat ca unitate de bază nu durata perioadei de rotație ci aceea a perioadei de revoluție a Pământului, adică anul tropic definit mai înainte. Trecerea Soarelui la punctul vernal are loc în momentul când declinația lui se anulează, trecând de la valori negative la pozitive. De aici determinarea precisă a anului tropic: timpul scurs între două momente consecutive, când declinația Soarelui se anulează, trecând de la valori negative la valori pozitive.

$$1 \text{ an tropic} = 365,24219878 \text{ zile mijlocii} = 31\,556\,925,9747 \text{ secunde} \quad 4.8$$

Timpul astfel definit se numește *timpul efemeridelor* și este dat de relația:

$$\text{Timpul efemeridelor} = \text{timpul universal} + \Delta T \quad 4.9$$

unde: ΔT este o corecție ce se stabilește pe baza observării Lunii și a planetelor.

Timpurile definite până aici bazate pe una din mișcările Pământului se numesc *timpuri astronomice*. Ele au o precizie limitată de aceea a observațiilor astronomice.

Odată cu instituirea în 1960 a Sistemului Internațional de Unități (SI) s-a introdus ca unitate de timp secunda de timp al efemeridelor ca fracțiunea $1/31556925,9747$ din durata anului tropic.

Ulterior, în 1967 în SI s-a introdus ca unitate secunda de timp atomic, cu durata a 9192631770 perioade ale radiației care corespunde tranziției între cele două nivele de energie hiperfine ale stării fundamentale a atomului de cesiu 133.

Era. Momentul de la care începe numărarea anilor se numește *eră*. Se cunosc circa 200 de ere diferite, legate de anumite evenimente, ca olimpiadele la Greci, întemeierea Romei (754 î.e.n.) la romani, etc.

După răspândirea creștinismului s-a introdus și a numită *șeră creștină*, în care anii se numără de la data legendară a nașterii lui Christos. În prezent aceasta este era cea mai răspândită, fiind numită *era noastră* (e.n.). Anii anteriori acestei ere se notează î.e.n. (înaintea erei noastre).

5 FENOMENE CARE MODIFICĂ POZIȚIA AȘTRILOR PE SFERA CEREASCĂ

5.1 Refracția astronomică

Razele de lumină care vin de la aștrii și cad în ochiul observatorului trec mai întâi prin atmosfera care înconjoară Pământul, din care cauză sunt refractate și își schimbă direcția, deci, direcția. De aceea, noi vom vedea aștrii într-o altă direcție decât aceea în care se află în realitate.

Să presupunem în figura 5.1 că observatorul se află în punctul O pe suprafața globului terestru. Raza care vine de la aștrul A, la trecerea prin diferitele straturi ale atmosferei, va fi refractată, așa încât observatorul O nu va vedea aștrul în direcția lui reală A, ci pe direcția tangentei la curba descrisă de rază în punctul O, adică în direcția A'. În general, straturile atmosferei fiind din ce în ce mai dense către suprafața Pământului, raza este astfel refractată încât se apropie de normală, care în cazul de față este chiar verticala locului. Fie HH' - orizontul adevărat al observatorului, h-h' - înălțimea adevărată a aștrului, iar h-h' înălțimea vizibilă. Unghiul ρ , făcut de direcția reală a aștrului cu direcția în care de fapt acesta se vede, se numește **refracție astronomică**.



Fig.5.1 Refracția astronomică

De pe figura 5.1 rezultă că înălțimea adevărată a aștrului este mai mică decât înălțimea vizibilă cu valoarea refracției astronomice :

$$h = h' - \rho$$

5.1

Refrac ia astronomic este zero când astrul se afl la zenit (deasupra capului) și maxima (35') când astrul se afl pe orizont (r sare sau apune).

În practic , pentru a evita erori de refrac ie, este bine să nu se măsoare înălțimi sub 5° (aceasta numai în cazul când nu dispunem de un inclinometru pentru măsurarea depresiunii orizontului).

Refrac ia ridică Soarele în momentul răsritului și apusului, aproximativ, cu un disc. De aceea, în realitate răsritul bordului superior al Soarelui se produce după ce noi am văzut întreg discul solar deasupra orizontului. Acest lucru face ca ziua să fie ceva mai lungă .

Refrac ia astronomică corespunde unei straturi medii a atmosferei (t= +10°C și B=760 mm), pentru înălțimile mai mari de 20', poate fi calculată cu formula :

$$\rho = 58'' * 2 \operatorname{ctgh} \quad 5.2$$

În cazul înălțimilor mici, odată cu descoperirea înălțimii se măsoară nu numai refrac ia, ci și variația ei; aceasta se explică turtirea discului Soarelui și Lunii în momentul răsritului și apusului lor (refrac ia celor două borduri, superior și inferior, este atât de diferită încât turtirea discului se observă cu ochiul liber).

5.2 Paralaxa

Considerăm observatorul în O și un astru A, aflat la distanța d de centrul P al mântului T, considerat sferic (figura 5.2). Unghiul sub care se vede raza P al mântului R din centrul astrului A se numește **paralaxa de înălțime** (ϕ).



Fig.5.2 Paralaxa

Ducând paralela TAÖ prin centrul P mântului la direc ia OA la astru i notând cu h în l imea astrului în O deasupra orizontului adev rat al observatorului, respectiv h_a în l imea aceuia i astru în centrul P mântului deasupra orizontului astronomic, rezult c :

$$h_a = h + \pi' \quad 5.3$$

Corec ia paralaxei de în l ime a astrului are deci semnul pozitiv.
Din triunghiul AOT se ob ine rela ia care exprim paralaxa de în l ime:

$$\frac{\sin \pi'}{R} = \sin(90^\circ + h) \quad 5.4$$

de unde: $\sin \pi' = R \cdot \cos \frac{h}{d}$
Paralaxa este deci func ie de distan a la astru, iar la acela i astru variaza odat cu în l imea lui; este zero când astrul se afl la zenit i ia valoarea maxim la trecerea lui prin orizontul adev rat, când este denumit *paralaxa orizontală* (unghiul $OA\Gamma = \pi$), exprimat de rela ia:

$$\sin \pi = \frac{R}{d} \quad 5.5$$

Din ultimele dou expresii se ob ine:

$$\sin \pi' = \sin \pi + \cos h \quad 5.6$$

i deoarece paralaxa ia valori mici:

$$\pi = \pi \cos h \quad 5.7$$

formula dup care se calculeaz corec ia de paralax pentru Soare i planete.
În cazul Lunii, astrul cel mai apropiat, pentru determinarea paralaxei, P mântul se consider de forma unui elipsoid de revolu ie. Valoarea maxim a paralaxei în aceast ipotez se ob ine când Luna este v zut la orizont dintr-un loc situat la ecuatorul terestru, deoarece raza ecuatorial este egal cu semiaxa mare a elipsoidului. Notând cu R_0 raza ecuatorial a elipsoidului terestru i cu π_0 paralaxa ecuatorial a Lunii, aceasta este exprimat de egalitatea:

$$\sin \pi_0 = \frac{R_0}{d} \quad 5.8$$

valoarea ei fiind dat în efemeridele nautice în funcție de timpul mediu la Greenwich.
Paralaxa de înălțime a Lunii este dată de relația:

$$\sin \pi' = \sin \pi \cos h \quad 5.9$$

Deoarece distanța la centrul sistemului solar nu este constantă, paralaxa variază invers cu distanța.

Paralaxa stelelor este neglijabilă, la fel și pentru planetele departe.

5.3 Precesia și nutația astronomică

Mișcările de rotație, precum și cea de revoluție a Pământului, au loc în Univers fiind influențate de mișcările celorlalte planete. Din aceste motive, anumite mrimi (distanța de la Pământ la constelațiile stelare, viteza de rotație a Pământului, poziția Axei Lumii, ș.a.) se modifică în timp.

Planul orbitei mișcării de revoluție a Pământului nu rămâne fix, el se înclină cu cca **47"** pe secol (**0,47"** pe an) datorită influenței exercitate, în primul rând de planetele Venus și Jupiter. Acest fenomen este denumit **precesie planetară** (care reprezintă, de fapt, influența de atracție a tuturor planetelor).

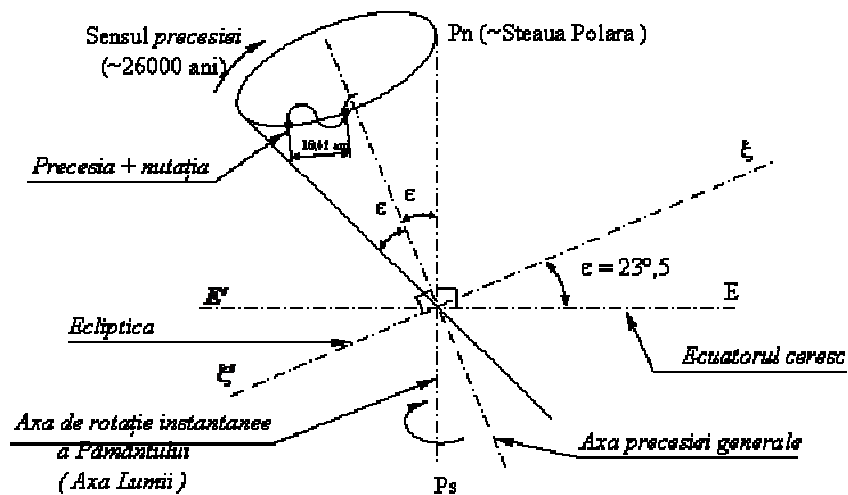


Fig.5.3 Precesia și nutația

Efectele precesiei sunt extrem de complexe. Dintre acestea se menționează :

datorit precesiei, punctul vernal γ se deplaseaz pe ecliptic , în sensul de cre tere a ascensiei drepte;

axa de rota ie a P mântului nu r mâne fix , ci descrie o mi care conic , care se închide dup cca. 26000 ani.

Peste precesie se suprapune o oscila ie permanent a axei de rota ie a P mântului, numit *nuta ie*. Prin urmare, conul precesiei nu este neted ci este un con ondulat.

Nuta ia se datoreaz , în special, înclin rii orbitei Lunii în raport cu ecliptica ($\approx 50^\circ$).

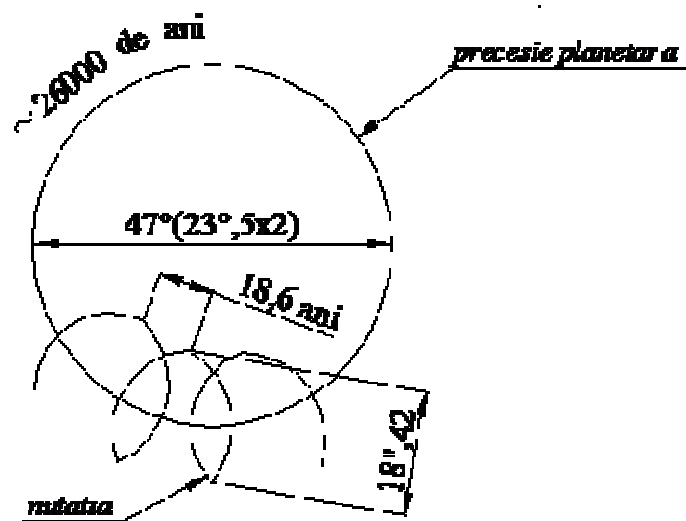


Fig.5.4 Detalii ale nuta iei

Perioada nuta iei este mult mai mic , **18,42** comparativ cu 47° pentru precesie, rezultând un ciclu al nuta iei de 18,6 ani, care difer mult de cel al precesiei planetare (~ 26000 ani).

Pozi iile punctelor P_n i P_s nu sunt fixe i de aceea în astronomia practic intervin no iunile *pozi ia medie*, respectiv pozi ia instantanee (momentan) a polului.

6 PROBLEMA CELOR DOUĂ CORPURI. LEGILE LUI KLEPER. EFEMERIDA UNEI PLANETE.

6.1. Problema celor două corpuri

Problema celor două corpuri studiază mișcarea a două puncte materiale aflate sub acțiunea forței de atracție universale.

Fie un sistem de referință absolut OXYZ la care vom raporta punctele materiale P₁ de masă m₁ și P₂ de masă m₂. Vectorii de poziție ai celor două puncte sunt $\vec{r}_1(x_1, y_1, z_1)$ și $\vec{r}_2(x_2, y_2, z_2)$. Vom nota cu \vec{r} vectorul $\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$.

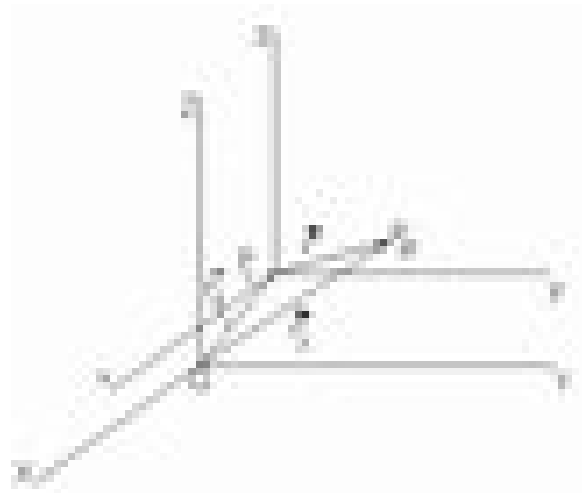


Fig.6.1. Sistemele de coordonate folosite la rezolvarea problemei celor două corpuri

Forța exercitată de punctul P₁ asupra lui P₂ este dată de următoarea expresie:

$$\vec{F}_{21} = -G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} \quad 6.1$$

iar cea exercitată de P₂ asupra lui P₁ este dată de relația:

$$\vec{F}_{12} = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} \quad 6.2$$

Ecuațiile diferențiale vectoriale ale mișcării celor două puncte se determină prin aplicarea legii a II-a a lui Newton:

$$m_1 \ddot{\vec{r}}_1 = G \frac{m_1 m_2}{r^3} \vec{r}; m_2 \ddot{\vec{r}}_2 = -G \frac{m_1 m_2}{r^3} \vec{r} \quad 6.3$$

unde vom nota cu $\ddot{\vec{a}} = \frac{d\vec{a}}{dt}$.

Pentru a simplifica problema vom studia mi carea relativ a punctului P_2 fa de punctual P_1 .

În acest scop vom considera sistemul de coordonate P_1xyz ce are originea în P_1 , iar axele sunt paralele cu axele sistemului ini ial. Punctul P_2 , în acest sistem va avea coordonatele x,y,z .

Ecua ia diferen ial a mi c rii relative este dat de rela ia:

$$\ddot{\vec{r}} = -\frac{G(m_1 + m_2)}{r^3} \vec{r} \quad \text{sau} \quad \ddot{\vec{r}} = -\mu \frac{\vec{r}}{r^3} \quad 6.4$$

unde $\mu = G(m_1 + m_2)$.

Aceast ecua ie este echivalent cu urm torul sistemul de ecua ii scalare:

$$\begin{cases} \ddot{x} = -\mu \frac{x}{r^3} \\ \ddot{y} = -\mu \frac{y}{r^3} \\ \ddot{z} = -\mu \frac{z}{r^3} \end{cases} \quad 6.5$$

6.2. Legile lui Kepler

Legile lui Kepler descriu mi c rile planetelor în jurul soarelui sau a steii sistemului solar respectiv i în general comportamentul oric rui sistem de dou corpuri între care ac ioneaz o for invers propor ional cu p tratul distan ei. Aceste legi nu sunt valabile decât în cadrul mecanicii newtoniene.

Legea I numită și legea elipselor :

Planeta se mișcă în jurul steii pe o orbită eliptică, în care steaua reprezintă unul din focare.

Legea a II-a sau legea ariilor egale :

Fiecare planeta se misca astfel pe orbita sa incat raza vectoare ce uneste centrul acesteia cu centrul Soarelui matura arii egale in intervale de timp egale.

Din aceasta lege rezultă că o planetă se deplasează cu atât mai repede cu cât este mai aproape de soare. În cazul Pământului, raza vectorială în jurul Soarelui într-o secundă descrie o arie de peste 2 miliarde km².

Legea a III-a sau legea armonică :

Pătratele perioadelor de revoluție ale planetelor în jurul Soarelui sunt proporționale cu cuburile semiaxelor mari ale orbitelor eliptice.

$$\frac{a_1^3}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{T_2^2} = \text{const.}$$

6.6

Pe baza acestei legi s-a calculat excentricitatea orbitelor planetare constatându-se că acestea sunt aproape circulare, iar viteza orbitală aproape constantă.

Aceste legi descriu mișcările planetelor cu o aproximație suficientă în unele calcule, dar adesea sunt necesare modificări care țin seama și de alte efecte. Unele abateri se datorează efectelor reciproce ale gravitației dintre planete, mișcării stelei datorită atracției planetelor și efectelor relativiste.

Legile lui Kepler au constituit baza pentru formularea legilor gravitației de către Newton și au o deosebită importanță pentru înțelegerea mișcării corpurilor cerești, de exemplu a Pământului și a celorlalte planete în jurul Soarelui, sau a Lunii și a sateliților artificiali în jurul Pământului.

6.3. Efemerida unei planete

Calculul de efemerida pentru un corp care gravitează în jurul Soarelui și a cum sunt planetele, are o geometrie mult mai complicată. Complexitatea acestei probleme este dată de faptul că orbitele planetelor nu coincid în general cu orbita Pământului. Planul orbitei unui astfel de obiect intersectează planul eclipticii (a orbitei Pământului) după o dreaptă numită *linia nodurilor*. Intersecțiile acestei drepte cu sfera cerească heliocentrică se numesc nodul ascendent (prin care planeta pare a trece din emisfera cerească sudică în cea nordică) și nodul descendent \bar{U} .

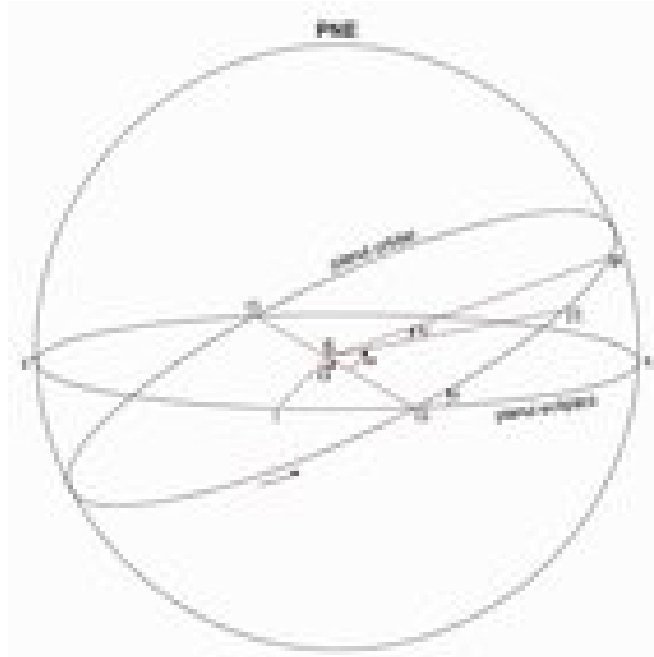


Fig.6.2. Elementele orbitale ale planetei

Longitudinea heliocentric a nodului ascendent Ω și înclinarea planului orbitei pe planul eclipticii i determină planul orbitei. $\Omega \in [0, 2\pi]$ iar $i \in [0, \pi]$

Al treilea element al orbitei determină poziția orbitei în planul său și se numește argumentul periheiului. Se notează cu $\omega \in [0, 2\pi]$.

$$\omega = \Omega\Pi \quad 6.7$$

În locul lui se folosește adesea longitudinea periheiului care se notează cu π .

$$\pi = \Omega + \omega \quad 6.8$$

Următoarele elemente determină dimensiunea orbitei și forma sa. Acestea sunt:

- semiaxa mare a orbitei (a). Cu ajutorul ei se determină perioada de revoluție a planetei P precum și viteza unghiulară medie n ;
- excentricitatea orbitei.

Cel de-al șaselea element al orbitei este un element cinematic. Acest element este momentul trecerii planetei prin periheu și permite determinarea pozițiilor planetei, ulterior trecerii prin periheu.

Folosindu-ne de aceste elemente orbitale putem calcula un tabel de poziții ale planetei pe sfera cerească, numit efemeridă a planetei.

Etapele de calcul a unei efemeride sunt:

- **Etapa I – determinarea coordonatelor carteziene heliocentrice raportate la linia nodurilor**

Pentru început să găsim poziția planetei relativ la linia nodurilor. Pentru aceasta introducem notația:

$$u = \nu + \omega$$

6.9

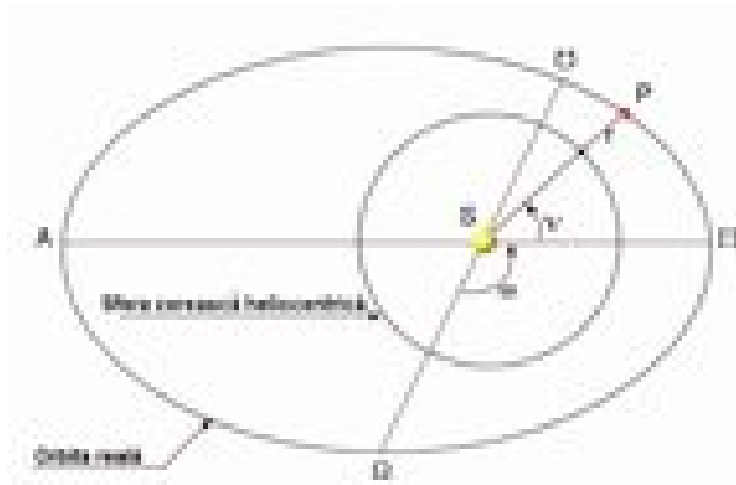


Fig.6.3. Poziția planetei în planul orbitei și sfera cerească heliocentrică

Dreptele $S_1 S_2$ și SP sunt coplanare iar u este unghiul $\hat{e} SP$. Deci perechea (r, u) ne dă poziția planetei în planul orbitei, în coordonate polare într-un sistem de coordonate cu abscisa trecând prin nodul ascendent.

În continuare ne vom trece din planul orbitei în spațiul tridimensional. În acest scop construim un sistem de coordonate $Sxyz$ cu reperul în centrul Soarelui S , cu axa Sz spre polul nord ecliptic și cu axa Sx spre nodul ascendent al orbitei planetare S_1 . Impunem condiția ca sistemul cartezian să fie drept, acesta fiind unic definit de condițiile de mai sus. Pentru că Sz este îndreptat spre polul nord ecliptic planul Sxy este planul eclipticii.

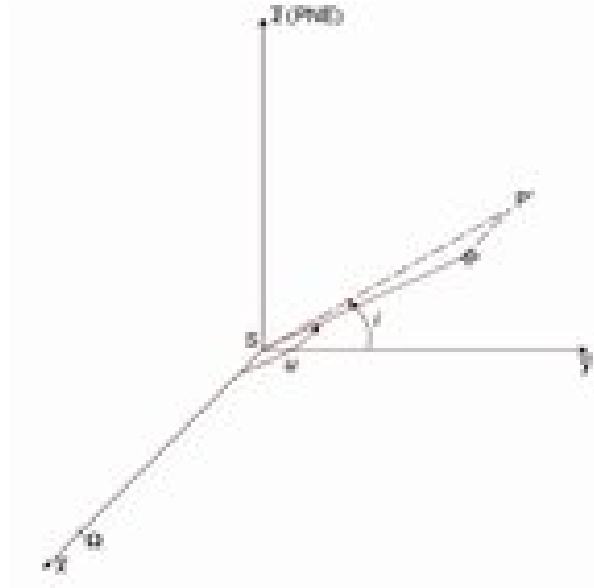


Fig.6.4. Sistemul de coordonate carteziene heliocentrice raportate la linia nodurilor

Calculăm poziția planetei P în acest sistem. Vom proiecta punctul P pe planul Pyz în punctul P' și vom demonstra faptul că unghiul $\angle SP'$ este i , unghiul format de planul orbitei (S-P) cu planul eclipticii (S-y). Intersecția dintre cele două plane este linia nodurilor S sau Sx. Pentru a demonstra că $\angle SP'=i$, observăm că P' este în (S-P), deoarece dreapta PP' este paralelă cu dreapta S (Sx) deoarece sunt perpendiculare pe același plan (Sxy). Dacă P' aparține planului orbitei (S-P) înseamnă că dreapta P'S este perpendiculară pe S în S din planul (PS). Deci perpendicularele în S pe muchia S a diedrului format de planele orbitei și eclipticii în cele două plane sunt P'S și evident, yS. Rezultă deci că unghiul diedru al celor două plane se formează între aceste două drepte. Cum $\angle P'Sy=i$ și $SP=u$ reprezintă coordonatele unghiulare sferice ale punctului P în sistemul Sxyz, vom avea că $SP'=r \sin u$ și deci coordonatele carteziene ale punctului P în sistemul pe care l-am considerat sunt:

$$\begin{cases} \bar{x} = r \cos u \\ \bar{y} = r \sin u \cos i \\ \bar{z} = r \sin u \sin i \end{cases} \quad 6.10$$

- **Etapa II – calculul coordonatelor carteziene heliocentrice ecliptice**
Pentru a obține coordonatele planetei într-un sistem ecliptic heliocentric trebuie ca în planul Sxy(planul eclipticii) să facem o rotație de la linia nodurilor la linia echinoxilor S. Vom construi sistemul $Sx_e y_e z_e$ cu $Sz_e=Sz$ spre polul nord ecliptic dar cu axa Sx_e orientată spre punctul vernal.

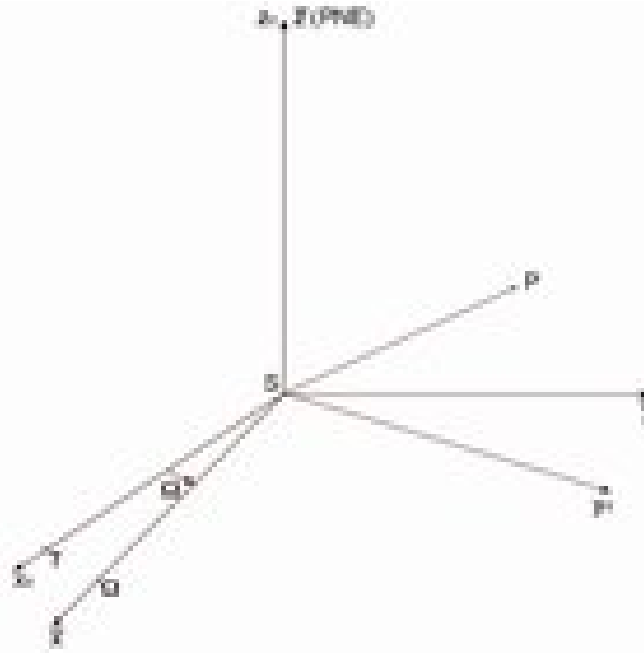


Fig.6.5. Trecerea la sistemul de coordonate carteziene heliocentrice ecliptice

Trecerea de la sistemul $Sxyz$ la sistemul $Sx_e y_e z_e$ este o rotație de unghi Ω în sens orar, deci analitic scriem o rotație de unghi $-\Omega$ în jurul axei Sz :

$$\begin{cases} x_e = \bar{x} \cos \Omega - \bar{y} \sin \Omega \\ y_e = \bar{x} \sin \Omega + \bar{y} \cos \Omega \\ z_e = \bar{z} \end{cases} \quad 6.11$$

Coordonatele x_e, y_e, z_e reprezintă coordonatele carteziene ecliptice heliocentrice ale planetei.

- **Etapa III – determinarea coordonatelor carteziene geocentrice ecliptice**

Pentru a obține poziția geocentrică a planetei va trebui să facem o translație a reperului de la S la T , în planul eclipticii.

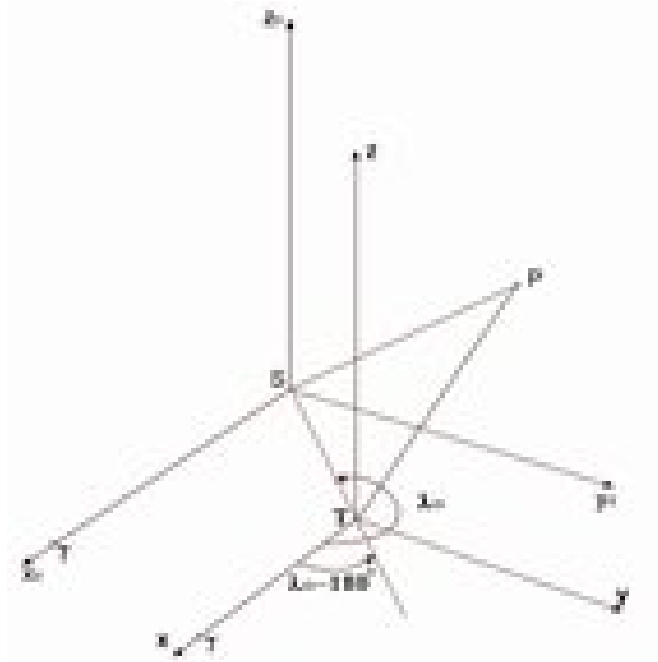


Fig.6.6. Trecerea la sistemul de coordonate carteziene geocentrice ecliptice.

Construim un sistem de coordonate $Txyz$ cu axele paralele cu cele ale sistemului $Sx_e y_e z_e$. Direcția ST face cu axa Sx unghiul -180° , fiind longitudinea ecliptică a Soarelui. Componentele vectorului de translație ST vor fi $a \cos(-180^\circ)$, $a \sin(-180^\circ)$ și 0 , unde cu a am notat distanța curentă P mânt-Soare. Translația se va scrie deci:

$$\begin{cases} x = x_e - a \cos \lambda_\odot \\ y = y_e - a \sin \lambda_\odot \\ z = z_e \end{cases} \quad 6.12$$

Această etapă este corecția de parallax anual aplicată pentru o planetă.

• **Etapa IV – calculul coordonatelor sferice geocentrice ecliptice**

Coordonatele x , y și z sunt coordonatele carteziene ecliptice geocentrice ale planetei, iar relația lor cu coordonatele unghiulare sferice adică latitudinea ecliptică și longitudinea ecliptică va fi dată de relațiile:

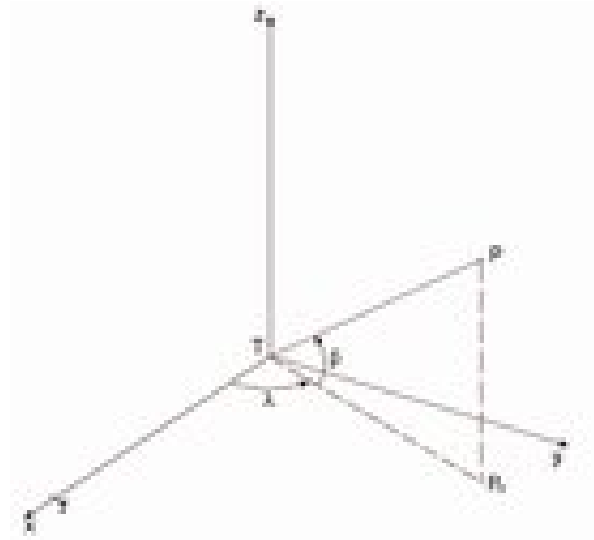


Fig.6.7. Coordonatele ecliptice geocentrice ale planetei

$$\begin{cases} x = \rho \cos \beta \cos \lambda \\ y = \rho \cos \beta \sin \lambda \\ z = \rho \sin \beta \end{cases} \quad 6.12$$

unde este distanța TP de la P până la planetă și se calculează cu formula:

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad 6.13$$

Ecuațiile (6.13) vor fi inversate pentru a obține coordonatele β și λ :

$$\begin{aligned} \sin \beta &= \frac{z}{\rho} \\ \cos \lambda &= \frac{x}{\rho \cos \beta} \\ \sin \lambda &= \frac{y}{\rho \cos \beta} \end{aligned} \quad 6.14$$

Coordonatele ecliptice pot fi apoi transformate în coordonate ecuatoriale.

Ca și în cazul Soarelui, coordonatele calculate trebuie corectate de precesie, nutație, aberație, refracție și paralaxă diurnă.

7 MIȘCAREA PLANETELOR ȘI FAZELE PLANETELOR. ECLIPSE

7.1 Mișcarea aparentă a planetelor

Din antichitate s-a observat că, în timp ce marea majoritate a stelelor nu-și schimbă pozițiile în raport cu altele (reciproce), unii dintre ele se mișcă printre stele prin diferite constelații zodiacale. Acestea au fost numite *planete*. Privite cu luneta, ele apar cu un diametru care crește odată cu puterea de mărire a lunetei. Mai mult, planetele nu scânteiază ca stelele (a căror strălucire și culoare variază neîntrerupt din cauza atmosferei).

În antichitate se cunoșteau șapte planete, care, în ordinea aluziei lor față de Pământ erau: Luna, Mercur, Venus, Soarele, Marte, Jupiter și Saturn. Soarele și Luna erau considerate planete, deoarece își schimbă poziția față de stele deplasându-se în sens direct. Celelalte planete se deplasează când în sens direct, când în sens retrograd, trecând de la un sens la altul printr-o oprire aparentă numită *stație*.

Planetele Mercur și Venus au fost numite *inferioare*, deoarece, fiind între Pământ și Soare, erau considerate ca "mai jos" decât Soarele. Ele sunt vizibile totdeauna în vecinătatea Soarelui fie seara după apusul Soarelui, în *elongație estică* (elongația fiind distanța unghiulară dintre Soare și planetă), fie dimineața înainte de răsăritul Soarelui, în *elongație vestică*.



Fig.7.1 Mișcarea aparentă a unei planete inferioare

Planetele Marte, Jupiter și Saturn erau numite *superioare* (adică "mai sus" decât Soarele). O planetă superioară se îndepărtează de Soare, descrie o buclă, apoi ajunge din urmă Soarele.



Fig.7.2 Mi carea aparent a unei planete superioare

Pozi ia aparent a planetei se define te fa de Soare prin diferen a dintre longitudinea sa (λ) i a Soarelui (λ_s):

- Când - $S=0$, planeta este în conjunc ie cu Soarele;
- Când - $S=90^\circ$ sau 270° , planeta este în cuadratur cu Soarele;
- Când - $s=180^\circ$, planeta este în *opozitie* cu Soarele.



Fig.7.3 Pozi iile caracteristice ale unei planete în raport cu Soarele

Intervalul de timp dintre două opoziții (sau conjuncții) succesive se numește *revoluție sinodică* a planetei. Intervalul de timp în care longitudinea planetei crește cu 360° (în care \hat{i} descrie orbita complet) se numește *revoluție siderală*.

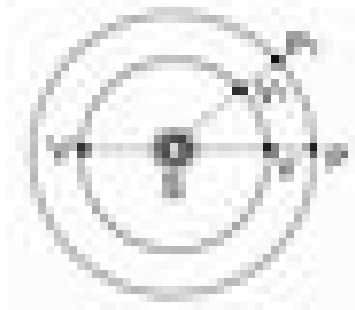


Fig.7.4 Într-o revoluție, planeta V descrie orbita complet $VV\phi V$.
Într-o revoluție sinodic, planeta V descrie drumul $VV\phi V_1 = VV\phi V + VV_1$

7.2 Fazele planetelor și Lunii

În cursul mișcării orbitale, planetele și Luna, ocupă poziții diferite față de Soare și Pământ. Fiind corpuri obscure, acestea reflectă lumina Soarelui, iar observatorul terestru observă, la un moment dat, numai o fracțiune din emisfera iluminată de Soare. Acest fenomen este cunoscut sub numele de fază, având următoarea explicație:

Fie S centrul Soarelui, T centrul Pământului, P centrul planetei și o secțiune a planetei prin planul determinat de cele trei puncte. În cercul de secțiune (figura 7.5) considerăm diametrul AB SP și diametrul CD TP. Emisfera planetei iluminată de Soare este intersectată de planul STP după semicercul ACB, iar emisfera planetei vizibilă din T este intersectată de același plan după semicercul CBD.

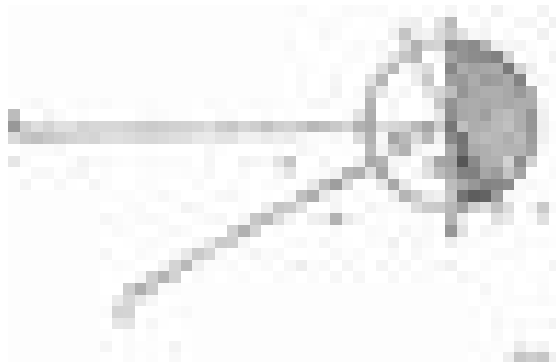








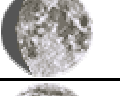

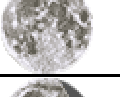
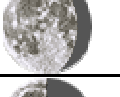


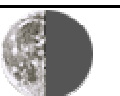


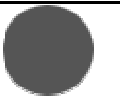
Fig.7.5 Explicarea fazelor planetelor

Deci din semicercul iluminat, observatorul terestru vede numai arcu CB, care se proiecteaz pe planul perpendicular la TP dup segmentul CB. Fie R raza planetei i $\angle SPT = \angle BPB'$. Faza planetei, $\angle CB\hat{O}CD$ va avea expresia:

$$\Phi = \frac{R + R \cos \psi}{2R} = \cos \frac{\Psi}{2} \quad 7.1$$

Luna este singurul satelit natural al P mântului. Luna are o vârstă de aproximativ 4.6 miliarde de ani. Rota ia Lunii în jurul P mântului dureaz aproximativ 4 s pt mâni (durata unei luni ca durat este de 27 de zile 7 ore 43 minute i 11.6 secunde). În acest interval Luna trece prin anumite faze: luna nou , primul p trar, luna plin , ultimul p trar i se succed într-o lun lunar ce dureaz 29 zile 12 ore 44 minute i 2.8 secunde. Perioada de revolu ie a P mântului este egal cu cea de rota ie a Lunii, i din acest motiv Luna este observabil de pa P mânt mereu cu aceea i fa . Acest fa vizibil de pe P mânt se modific odat cu înaintarea Lunii pe Orbit . Fazele Lunii sunt date în raport de pozi ia P mânt - Soare (Tabelul 7.1).

Tabelul 7.1 Fazele lunii

Luna Nou 0° - 44°		→	
Luna Cresc toare 45° - 89°		→	
Primul P trar 90° - 134°		→	
Faza Convex 135° - 179°		→	
Luna Plin 180° - 224°		→	
Luna Difuz 225° - 269°		→	
Ultimul P trar 270° - 314°		→	
Luna Calm 315° - 359°		→	

Fazele încep cu luna nouă când se observă doar un corn extrem de subțire, după care acesta crește și se ajunge la primul pătrar. Partea luminoasă continuă să crească până se ajunge la luna plină care după o perioadă va scădea și va apărea ultimul pătrar. Acest alternanță se numește *ciclu lunar*. Ciclul se încheie cu trei zile în care luna nu mai apare luminată și nu se mai poate vedea pe cer cu ochiul liber.

Ciclu pe care îl face Luna se numește (așa cum era de așteptat de altfel) ciclu lunar. Aceste "luni" sunt de mai multe feluri:

Luna calendaristică este cea pe care o cunoaștem cu toții (ianuarie, februarie, ...a.m.d.) și durează între 28 și 31 de zile. Nu are legătură directă cu perioadele Lunii și a fost introdusă de Iulius Caesar.

Luna siderală este perioada în care Luna face o revoluție completă, deci timpul necesar pentru a trece prin cele 12 semne zodiacale și a reveni de unde a plecat. Luna siderală are 27,321661 zile și are deci ca sistem de referință stelele fixe.

Luna tropicală se aseamănă cu cea siderală, dar se ia în considerare și mișcarea de precesie, deci sistemul de referință este punctul vernal (0° Berbec) și nu stelele fixe. Acest lună este foarte puțin mai scurtă decât cea siderală, având 27,321582 zile.

Luna anomalistică este dată de perioada între două perigeuri și are ca valoare 27,554550 zile.

Luna draconică este intervalul între două conjuncții succesive ale Nodului Nord lunar cu Luna. Pentru că Nodurile Lunare au o mișcare retrogradă pe ecliptic, iar și în această lună este mai scurtă decât cea siderală, având 27,212220 zile.

Luna sinodică este perioada de timp dintre două Luni Noi și durează 29 de zile. Din punct de vedere astrologic este cea mai importantă dintre cele 3 tipuri.

7.3 Eclipsa

Eclipsa este întunecarea unui corp ceresc. Apare când umbra unui obiect din spațiul cade pe un altul sau când un obiect trece prin fața altuia, blocând lumina.

În general problema eclipselor este legată de mișcarea corpurilor cerești. Astfel de fenomene astronomice au loc în mod deosebit într-un sistem planetar.

Există două tipuri fundamentale de eclipse - lunară și solară.

Eclipsele lunare au loc când luna trece prin umbra Pământului. Eclipsa totală apare când Luna trece în întregime prin umbra Pământului. Eclipsa parțială apare când doar o parte din Lună trece prin umbra Pământului. O eclipsă lunară totală poate dura 1 oră și 40 minute. Eclipsa lunară poate fi văzută pe timpul nopții, nu există nici un pericol în a o privi.

Luna nu devine total întunecată în timpul eclipselor lunare. În multe cazuri, ea devine roșie. Lumina devine astfel, din cauza atmosferei și a altor culori prezente în lumina Soarelui.

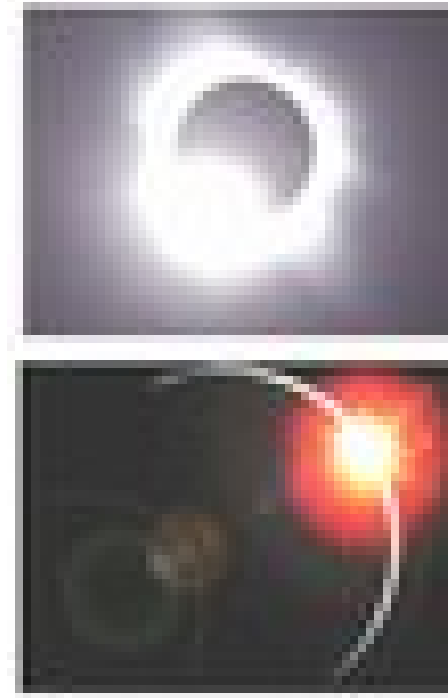


Fig.7.6 Eclipsese lunare

Eclipsa solară apare când umbra lunii trece prin fața Pământului. Umbra se mișcă de la vest la est în jurul Pământului, cu o viteză de 2000 mile (3200 km) pe oră. Oamenii care se află în calea umbrei pot vedea trei tipuri de eclipsă. Eclipsa totală apare când luna este în totalitate în fața Soarelui. Dacă luna se află în cel mai îndepărtat punct față de Pământ când are loc eclipsa totală, eclipsa poate fi eclipsă inelară. În astfel de eclipsă, întunecimea lunii este doar în mijlocul Soarelui, lăsând un inel de lumină în jurul ei. O eclipsă parțială apare când Luna acoperă doar o parte din Soare. O eclipsă solară totală este una dintre cele mai impresionanțe vederi. Luna întunecată apare la marginea de vest a Soarelui și se mișcă încet în jurul lui. În momentul eclipsei totale, un nimb de lumini înconjoară Soarele întunecat. Acest nimb este corona Soarelui. Cerul rămâne albastru, dar întunecat. Câteva stele și planete pot deveni vizibile de pe Pământ. După câteva minute, Soarele re apare, iar Luna își continuă călătoria spre est. Perioada în care Soarele este total întunecat poate fi între 2 minute și jumătate și 7 minute 40 secunde.

O eclipsă solară nu trebuie privită direct, deoarece radiațiile solare pot afecta ochii. Din figura de mai jos se poate vedea că o eclipsă de Soare reprezintă de fapt o ocultare și nu o eclipsă propriu-zisă.

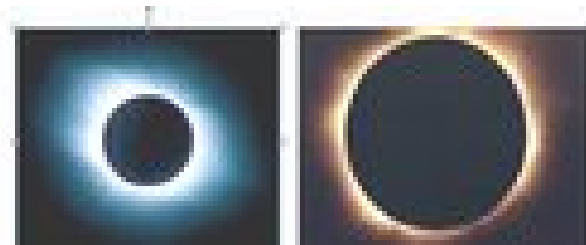


Fig.7.7 Eclipsa solar

Eclipsale de Soare pot fi de trei tipuri: pariale, inelare și totale.

Eclipsale pariale se produc atunci când Luna este foarte aproape de linia nodurilor, dar nu atât de aproape pentru ca umbra sa să atingă globul terestru. Atunci o anumită regiune din suprafața terestră va fi acoperită de zona de penumbră a Lunii însă zona de umbră va trece pe lângă globul Pământesc.

Datorită faptului că orbita Lunii este eliptică, și nu perfect circulară, distanța ei față de Pământ este variabilă, deci diametrul său aparent văzut de pe Pământ este de asemenea variabil, fluctuând de la 33'29" când Luna este la perigeu (distanță minimă față de Pământ) la 29'23" când ea se află la apogeu (distanță maximă).

Același lucru se întâmplă cu diametrul aparent al Soarelui care variază de la 31'27" la apheliu (distanță maximă dintre Soare și Pământ), la 32'31" la periheliu. Este, deci, destul de clar că atunci când Luna are un diametru aparent mai mic decât cel al Soarelui, discul ei nu poate acoperi în întregime discul Soarelui, rezultând atunci o *eclipsă inelară*.

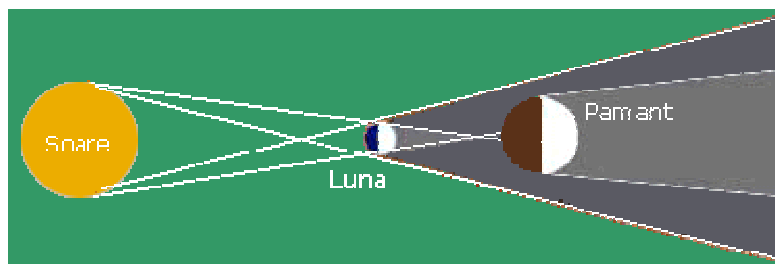


Fig.7.8 Eclipsă parțială

Atunci când Luna este aproape de linia nodurilor și destul de aproape de Pământ pentru ca diametrul său aparent să fie comparabil cu cel al Soarelui, se produce o *eclipsă totală*.

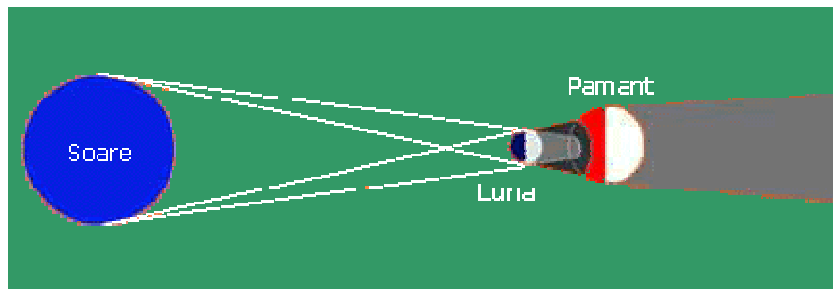


Fig.7.9 Eclips total

În timpul fazei de eclips total pot fi observate: cromosfera solar , coroana și protuberantele solare, toate fiind extrem de prețioase și pentru observatorul amator, dar mai ales pentru cercetătorii științifice care nu ar putea fi realizate altfel.

8 STRUCTURA SISTEMULUI SOLAR

Sistemul nostru solar este format din **Soare** (ce conține 99,9% din masa sistemului solar), 8 planete mari, peste o sută de sateliți, peste 1800 asteroizi cu orbite cunoscute, mai mult de 600 de comete, o mulțime de meteoriți, precum și gaze și praf cosmic.



Fig.8.1 Sistemul solar

Soarele este centrul sistemului solar. Acesta este de 740 de ori mai mare decât toate planetele la un loc. Masa sa enormă este responsabilă de forța gravitațională care face ca toate planetele sistemului nostru solar să graviteze în jurul lui. Compoziția Soarelui este de 74% hidrogen, iar 25% heliu, această compoziție fiind aceeași ca Soarele să nu fie solid, materia solară fiind plasma. Temperatura la suprafața Soarelui este de aproximativ 5000 grade Celsius. Vârsta Soarelui este de circa 4,5 miliarde ani. Acesta se rotește în jurul centrului galaxiei noastre, Calea Lactee, față de care se află la o distanță de 25-28 de mii de ani lumină, realizând o mișcare orbitală în aproximativ 225-250 de milioane de ani. Viteza orbitală este de 220 km/s. Volumul Soarelui ar putea cuprinde 1.300.000 de planete de dimensiunea Pământului. Forța gravitațională este de aproximativ 28 de ori mai puternică decât cea terestră.

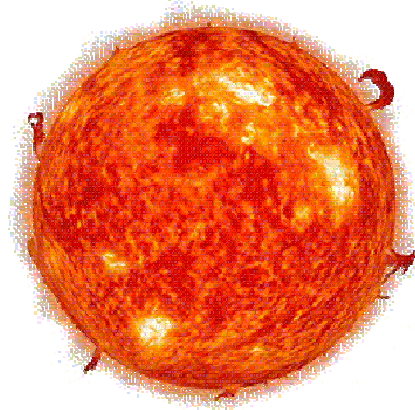


Fig.8.2 Soarele

Sistemul nostru Solar cuprinde 8 planete și 5 planete pitice (dintre care 4 sunt considerate "Plutoizi").

Cele 4 planete mai apropiate de Soare - Mercur, Venus, Terra și Marte - sunt numite *planete terestre* din cauza suprafe ei lor rocoase.

Planetele dincolo de orbita lui Marte - Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun - sunt numite *gigante gazoase*.

Planetele pitice sunt: Ceres (considerat și asteriod), Pluto, Haumea, MakeMake și Eris (considerate și plutoizi).

8.1 Planetele Terestre

Planeta Mercur

Mica și rocoasa planet Mercur este cea mai apropiat planet de Soare; se învârte în jurul acestuia pe o orbit eliptic care îl aduce la o distan de până la 47 milioane km de Soare, sau, cel mai departe, la 70 milioane km.

Aceasta face o rota ie complet în jurul Soarelui în 88 zile cu o vitez de 50 km pe secund .

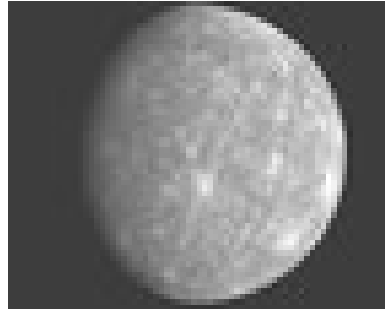


Fig.8.3 Planeta Mercur

Deoarece este atât de apropiat de Soare temperatura la suprafață poate să ajungă la 467 grade Celsius. Dar din cauza că are o atmosferă foarte subțire, nu își păstrează căldura peste noapte, aceasta scăzând până la -183 grade. Tot din cauza apropierii de Soare, este greu să privești direct această planetă de pe Pământ.

Oamenii de știință credeau că Mercur își arată mereu aceeași față către Soare, dar în 1965 astronomii au descoperit că planeta se rotește în jurul axei sale de 3 ori la fiecare 2 orbite. Mercur posedă o foarte subțire atmosferă formată din atomi ridicați de vântul solar de pe suprafața planetei. Această suprafață seamănă foarte mult cu cea a Lunii, putându-se observa urmele lăsată în urma ciocnirii cu meteoriți și comete.

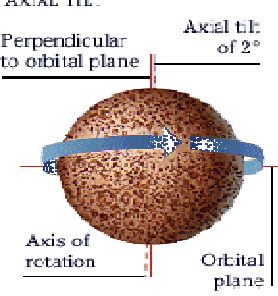
Mercur este cea mai mică planetă din Sistemul Solar. Este a doua cea mai densă planetă după Pământ. Câmpul magnetic al planetei Mercur este foarte subțire. O singură navă spațială a vizitat Mercurul: Mariner 10, care i-a fotografiat 45% din suprafață. Planeta Mercur nu are nici un satelit.

Tabelul 8.1 Caracteristici generale ale planetei Mercur

DATA	
Average distance from Sun	57.93 million km (35.91 million miles)
Diameter at equator	4,879 km (3,032 miles)
Rotation period	58.65 Earth days
Orbital period	87.97 Earth days
Orbital velocity	47.89 km/s (29.75 mps)
Surface temperature	-130 to +430 °C (-290 to +810 °F)
Mass (Earth = 1)	0.06
Average density (water = 1)	5.43
Surface gravity (Earth = 1)	0.38
Number of Moons	0

AXIAL TILT

Perpendicular to orbital plane



Axis of rotation

Orbital plane

Axial tilt of 2°

Planeta Venus

La o distanță de 108 milioane kilometri de Soare, întâlnim planeta Venus.



Fig.8.4 Planeta Venus

Aceasta îi parcurge orbita în 225 de zile, iar rotația în jurul axei sale durează 243 de zile. Spre deosebire de celelalte planete din sistemul nostru solar, Venus se rotește în sens invers, de la vest la est. Ca dimensiune, este puțin mai mică decât Pământul, însă este total diferită.

Aici, temperaturile ajung până la 4600°C, iar norii provoacă ploii de acid sulfuric. Atmosfera este compusă din 96% gaz carbonic și 3,5% azot, aceste gaze acumulate în atmosferă acionează sub efectul razelor Soarelui precum geamurile unei sere.

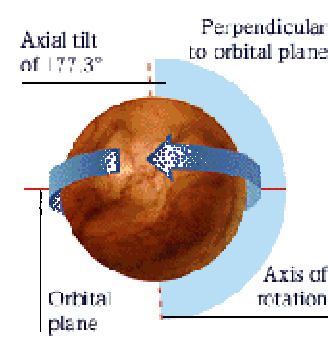
Tabelul 8.2 Caracteristici generale ale planetei Venus

DATA	
Average distance from Sun	108.20 million km (67.24 million miles)
Diameter at equator	12.104 km (7.521 miles)
Rotation period	243.01 Earth days
Orbital period	224.70 Earth days
Orbital velocity	35.03 km/s (21.77 mps)
Surface temperature	480 °C (896 °F)
Mass (Earth = 1)	0.31
Average density (water = 1)	5.25
Surface gravity (Earth = 1)	0.93
Number of moons	0

AXIAL TILT

Axial tilt of 177.3°

Perpendicular to orbital plane



Orbital plane

Axis of rotation

Este posibil ca în trecut Venus să fi avut o atmosferă asemănătoare cu cea a Pământului și oceane, însă datorită temperaturilor tot mai mari și unui câmp magnetic scăzut, vântul solar s-a fi spulberat în spațiu.

Planeta Venus este asemănătoare cu Pământul, fiind numită și sora Pământului. Diametrul planetei Venus este mai mic cu doar 640 km decât cel al Pământului, iar compoziția este asemănătoare.

Pământul (Planeta Pământ)

Pământul sau Terra (Planeta Albastră), planeta noastră, este singura planetă din Sistemul nostru Solar pe care există viață.

Pământul este a treia planetă de la Soare și a cincea cea mai mare din Sistemul Solar. Diametrul Terrei este cu câteva sute de kilometri mai mare decât cel al planetei Venus.

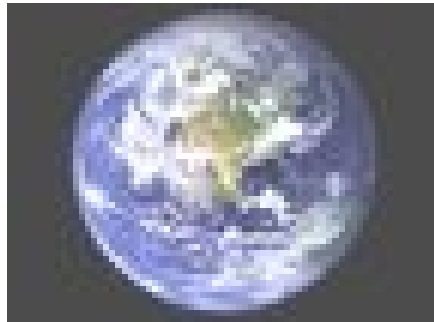


Fig.8.5 Planeta Pământ

Există 4 anotimpuri și sunt rezultatul axei de rotație a Pământului, înclinată cu 23 grade. Oceanele acoperă 70% din suprafața Pământului. Prezența și distribuția vaporilor de apă în atmosferă este determinată de vreme.

Aerul este format din 78% azot, 21% oxigen și 1% alte gaze. Atmosfera afectează climatul Pământului; ne protejează de radiațiile nocive venite de la Soare; și ne protejează de meteori de asemenea.

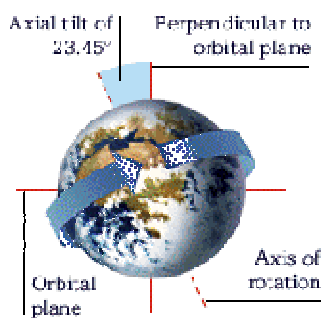
Tabelul 8.3 Caracteristici generale ale planetei P mânt

DATA	
Average distance from Sun:	149.60 million km (92.96 million miles)
Diameter at equator:	12,756 km (7,926 miles)
Rotation period:	23.93 hours
Orbital period:	365.26 days
Orbital velocity:	29.79 km/s (19.51 mps)
Surface temperature:	-55 to +70 °C (-67 to +160 °F)
Mass (Earth = 1):	1.00
Average density (water = 1):	5.52
Surface gravity (Earth = 1):	1
Number of moons:	1

AXIAL TILT

Axial tilt of 23.45°

Perpendicular to orbital plane



Satelitul P mântului este Luna. Prezența Lunii stabilizează mișcările P mântului. Aceasta a dat naștere unui climat mult mai stabil al P mântului, climat care, în lipsa Lunii, ar fi evoluat altfel.

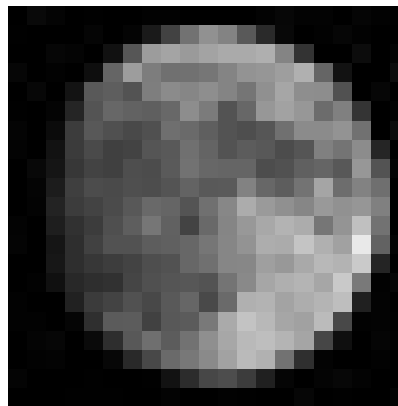


Fig.8.5 Luna

Cum a apărut Luna? Cea mai cunoscută teorie este aceea că un corp de mărimea planetei Marte a lovit P mântul și au rezultat rămășițele ambelor corpuri ce au format Luna.

Oamenii de știință cred că Luna a luat naștere acum circa 4,5 miliarde ani. De pe P mânt vedem mereu aceeași față a Lunii din cauză că Luna se rotește o singură dată în

jurul axei sale și aproape în același timp cu rotația sa în jurul Pământului. Locurile de pe Lună care se văd mai luminoase sunt zone înalte iar cele întunecate sunt bazine de impact.

Față de Pământ, Luna nu are plăci tectonice și nici vulcani activi. Cu toate acestea astronauții misiunii Apollo au înregistrat mici cutremure, la o adâncime de câteva sute de kilometri. Acestea provin, probabil, din cauza forței de atracție a Pământului.

Planeta Marte

Marte, numită și planeta roșie, este o planetă de tip terestru, cu o atmosferă subțire aflată la 250 de milioane de kilometri față de Soare. Suprafața planetei seamănă cu cea a Pământului, având văi, vulcani, deșerturi și calote glaciare polare. Aici găsim și cel mai înalt munte din sistemul solar, Olympus Mons înalt de 26.000 metri, și cel mai mare canion, numit Valles Marineris.



Fig.8.6 Planeta Marte

Planeta Marte este a patra ca distanță față de Soare și raza planetei reprezintă jumătate din cea a Pământului.

Planeta Marte s-a format după aproximativ 120 de milioane de ani, după Pământ, adică acum 4,5 miliarde de ani.

Nici planeta Marte nu poate fi locuit datorită tehnologiei actuale, însă are anotimpuri asemănătoare cu cele de pe Pământ. Anotimpurile sunt de două ori mai lungi, iar distanța mare față de Soare face ca anul să fie de aproape două ori mai mare decât al planetei noastre. La suprafața planetei, temperaturile sunt foarte scăzute, coborând până la -140 grade Celsius.

Când planeta se apropie de Soare temperatura crește ajungând până la 20 de grade Celsius, acest lucru provocând cele mai puternice furtuni de nisip din sistemul solar, acoperind întreaga planetă.

Diverse teorii susțin că în trecut, planeta a fost mult mai accesibilă vieii decât este astăzi, însă nu se știe dacă a existat vreodată organisme vii pe această planetă.



Fig.8.6 Planeta Marte

Este a cincea planetă de la Soare și este cea mai mare dintre toate planetele sistemului nostru solar.

Atmosfera planetei este compusă din 86% hidrogen și 14% heliu, cu urme de metan, amoniac, apă și piatră. Compoziția sa este foarte aproape de compoziția primordială din care s-a format întregul sistem solar.

Pe Jupiter găsim hidrogen metalic lichid, fiind probabil și sursa câmpului magnetic al planetei.


Găsim aici nori de dimensiuni uriașe, iar căldura internă a planetei provoacă vânturi ajungând la viteze incredibile. Marea Pată Roșie este o structură incredibilă, având între 12000 și 25000 kilometri, suficient cât să înghită două Pământuri. Furtuna a fost descoperită acum 168 de ani și n-a încetat nici astăzi.

Jupiter are inele precum Saturn, însă sunt întunecate și sunt alcătuite probabil din graunule de material pietros. Datorită atracției magnetice aceste particule nu vor rezista prea mult, și spre deosebire de inelele planetei Saturn, acestea par să nu conțin gheață.

Primul satelit uman trimis în explorarea spațiului care a ajuns la această planetă a fost Pioneer 10 în 1973, iar mai târziu Pioneer 11, Voyager 1, Voyager 2 și Ulysses. În prezent, sonda spațială Galileo orbitează în jurul planetei Jupiter.

Tabelul 8.5 Caracteristici generale ale planetei Marte

DATA		Marte	
Average distance	227.9 million km	Orbit	1.52 AU
Area	2.42 x 10 ⁸ km ²	Perihelion	206 million km
Diameter	4200 km	Aphelion	249 million km
Equatorial radius	3397 km	Orbit period	687 days
Polar radius	3138 km	Orbit velocity	24 km/sec
Volume	2.2 x 10 ¹⁷ m ³	Mass	6.4 x 10 ²³ kg
Mass	6.4 x 10 ²³ kg	Average density	5.3 g/cm ³
Average density	5.3 g/cm ³	Escape velocity	5.0 km/sec
Escape velocity	5.0 km/sec	Surface gravity	3.7 m/sec ²
Surface gravity	3.7 m/sec ²	Number of moons	2



Planeta Saturn

Saturn era cea mai îndepărtată planetă din cele 5 cunoscute de oamenii din trecut. În anul 1610, astronomul Galileo Galilei a fost primul care a îndreptat telescopul către Saturn. Spre surprinderea lui, el a observat niște obiecte ce înconjurau planeta. Le-a descris drept sfere separate și a scris că Saturn aparțea ca un corp triplu. Continuându-și observațiile, Galileo a asociat cele 2 corpuri ce înconjurau pe Saturn ca fiind două "mâini" ale planetei.



Fig.8.6 Planeta Marte

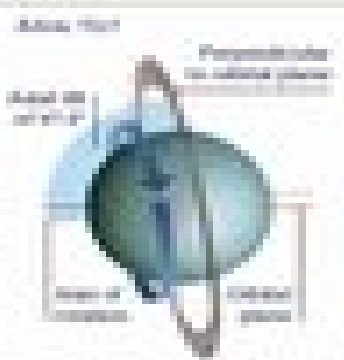


Fig.8.7 Planeta Uranus

Atmosfera planetei este compus în primul rând din hidrogen și heliu, cu urme de metan, apă și amoniac. Uranus are o culoare alb struie datorită metanului. 80% din masa planetei este conținut de nucleul lichid ce este format în primul rând din materiale gheoase (apă, metan și amoniac). Axa de rotație a planetei este aproape orizontală. Această neobișnuită orientare ar putea fi rezultatul unei coliziuni cu un corp de foarte mari dimensiuni. Câmpul magnetic al planetei este de 48 de ori mai puternic decât cel al Pământului. În apropierea norilor, temperatura atinge -216 grade Celsius. Planeta Uranus are 27 sateliți cunoscuți, denumiți în mare parte după caracterele scriitorilor William Shakespeare și Alexander Pope. Miranda este cel mai cunoscut satelit al planetei.

Tabelul 8.7 Caracteristici generale ale planetei Saturn

DATA	
Average distance from Sun	9.5 AU (1.4 billion km)
Mass	95 Earth masses
Equatorial radius	60,268 km (37,445 miles)
Volume (planet)	763.59 Earth volumes
Volume (planet + rings)	846.2 Earth volumes
Surface gravity	1.066 g (10.44 m/s²)
Escape velocity	35.5 km/s (78,100 mph)
Orbit time	29.46 Earth years
Temperature	-175°C (-283°F)
Albedo (Bondi - 0.47)	0.47
Average density	0.7
Rotation (d)	10.7 hours
Rotation (p)	10.7 hours
Rotation (l)	10.7 hours
Number of moons	62



Planeta Neptun

A opta planetă de la Soare, Neptun a fost prima planetă localizată prin calcule matematice. La o distanță de 4,5 miliarde kilometri de Soare, Neptun îl orbitează odată la 165 ani. Este invizibil cu ochiul liber deoarece este foarte îndepărtat. Datorită orbitei eliptice a planetei pitice Pluto, Neptun se află uneori mai departe de Soare decât acesta.

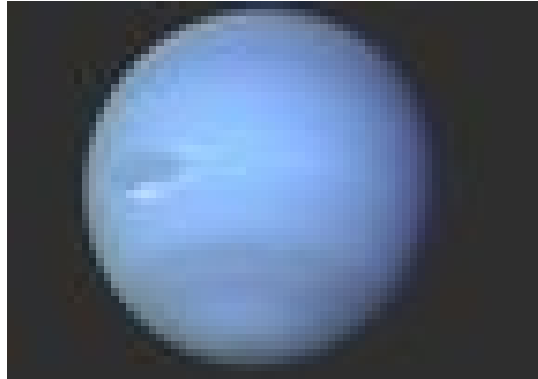


Fig.8.8 Planeta Neptun

Axa planetei este înclinată cu 47 grade. Ca și Uranus, câmpul magnetic al lui Neptun variază foarte mult în timpul fiecărei rotații. Acest câmp magnetic este de 27 de ori mai puternic decât cel al Pământului. Atmosfera planetei este foarte groasă. Culoarea albastră a planetei este rezultatul atmosferei formate din metan, însă culoarea atât de intensă rămâne un mister. Pe Neptun există furtuni foarte puternice cu vânturi depășindu-le până și pe cele de pe Jupiter. În aici există o uriașă furtună, numită Marea Pat Neagră care a fost fotografiată de Voyager. Planeta are 6 inele de dimensiuni diferite, confirmate de observațiile lui Voyager 2 în 1989. Neptun are 13 sateliți cunoscuți, 6 dintre ei fiind descoperiți de Voyager 2. Cel mai mare dintre acestea, Triton, orbitează față de Neptun într-o direcție opusă direcției de rotație a planetei. Se pare că Triton are și o atmosferă subțire.

Tabelul 8.8 Caracteristici generale ale planetei Neptun

DATA	
Average distance from Sun	4,504,000,000 km (28.32 AU)
Orbit length	45,052,000,000 km (30.07 AU)
Orbit period	164.79 Earth years
Orbit eccentricity	0.0093
Orbit inclination	1.77°
Equatorial diameter	49,532 km
Volume	626,332,612,700 km ³
Mass	1.02432 × 10 ²⁶ kg
Average density	1.64 g/cm ³
Surface gravity	1.11 g
Escape velocity	23.5 km/s
Number of moons	14



8.3 Planete Pitice

O Planetă Pitică este un corp ceresc ce orbitează în jurul Soarelui, are o masă suficientă pentru ca propria gravitație să-i permită să atingă o formă cuasi-sferică. Toate celelalte obiecte ce orbitează în jurul Soarelui, exceptând sateliții, formează colectivitatea *Corpurilor Mici ale Sistemului Solar*. După doi ani de la introducerea noii categorii "Planete Pitice", Uniunea Astronomică Internațională (IAU) a decis să denumească toate obiectele trans-neptuniene, "Plutoizi".



Fig.8.9 Planetele Pitice

În prezent există doar 5 corpuri cerești ce au fost redefinite de IAU ca planete pitice, dintre care 4 au fost reclasificate ca un subsamblu cunoscut sub numele de "plutoizi": Ceres (asteroid), Pluto (plutoid), Haumea (plutoid), MakeMake (plutoid) și Eris (plutoid).

Ceres

Ceres a fost clasificat drept planetă pitică, însă este considerat și asteroid. Descoperit pe 1 ianuarie 1801, de Giuseppe Piazzi, Ceres are un diametru de 950 km și este de departe cel mai mare și mai masiv asteroid, conținând o treime din masa centurii de asteroizi. Suprafața acestuia conține probabil un amestec de apă înghețată și diferite minerale și este posibil ca dedesubtul acesteia să existe un ocean de apă lichid devenind astfel o posibilă încălțarea vieii extraterestre.

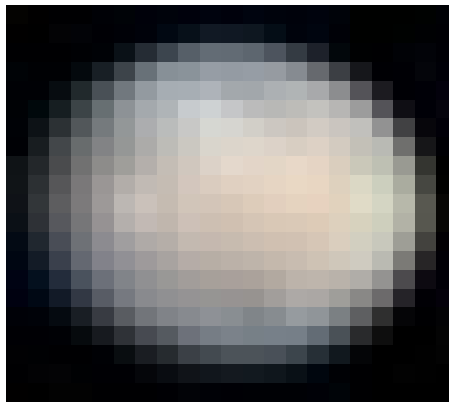


Fig.8.10 Ceres

După descoperirea obiectului trans-Neptunian Eris, i s-a propus asteroidului Ceres aducerea la statutul de planetă alături de Charon și Eris. Însa, pe 24 august, 2006, o altă propunere a făcut ca Ceres să devină o planetă pitică. Nu se știe încă dacă Ceres își va păstra statutul de asteroid.

Ceres se află la aproximativ 2,8 Unități Astronomice față de Soare, adică 419 milioane de km. Mărimea și greutatea acestuia sunt suficiente pentru a-i da o formă sferică având astfel echilibru hidrostatic, una din caracteristicile importante ale unei planete pitice.

Există indicii potrivit cărora Ceres ar avea o atmosferă subțire și apă înghețată la suprafață. Apa de suprafață nu este stabilă la distanțe mai mici de 5 Unități Astronomice față de Soare, deci este posibil să sublimeze dacă este expus direct la Soare. Ceres orbitează Soarele odată la 4,6 ani. Orbita este puțin înclinată și moderat excentrică. Ceres are o magnitudine de aproximativ 6,7 și poate fi astfel ușor observat cu un telescop amator, cu un binoclu sau în condiții excepționale, cu ochiul liber.

Pluto

Pluton (Pluto) este a doua planetă pitică ca mărime, după Eris, cu o rază de 1195 km. Până recent, a fost considerat cea de-a noua planetă din sistemul solar. Pluto face o rotație completă în jurul Soarelui în 247,8 ani, pe o orbită la distanță de 5,91 miliarde de kilometri.

Atmosfera lui Pluto este formată din monoxid de carbon și azot, în echilibru cu gheața formată din monoxid de carbon de pe suprafață și cu azotul solid.

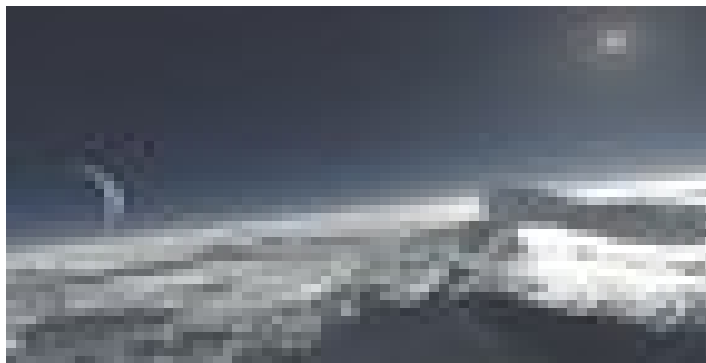


Fig.8.11 Pluto

Orbita planetei pitice este excentrică, astfel încât uneori Pluto ajunge mai aproape de Soare decât Neptun. Datorită distanței mari dintre Pluton și Pluto, se cunosc puține lucruri despre această planetă pitică.

Planeta are trei sateliți cunoscuți: Hydra, Nix și Charon. Charon a fost descoperit în 1978 iar ceilalți doi în anul 2005. Diametrul satelitului Charon este de 1207 km, puțin peste jumătate din diametrul lui Pluto. Diametrul celorlalți doi sateliți este de aproximativ 46-137 km pentru Nix și circa 61-167 km pentru Hydra.

Haumea

La aproximativ 6,5 miliarde de kilometri de Soare se află Haumea, având o treime din masa lui Pluton. A fost descoperită în 2004 de o echipă condusă de Mike Brown de la Observatorul Palomar din Statele Unite, iar în 2008 a fost catalogată ca fiind o planetă pitică. În jurul ei, s-a descoperit orbitând doi sateliți naturali, Hiʻiaka și Namaka.

Makemake

Makemake este a treia planetă pitică ca mărime din Sistemul Solar. Temperatura este extrem de scăzută (-243,2 grade Celsius), iar suprafața sa este acoperită cu metan și alte elemente. Makemake a fost descoperită în 2005 și a fost clasificată ca plutoid în iulie 2008. Makemake se află la 5,7 ó 7,9 miliarde de kilometri distanță față de Soare și efectuează o orbită completă în 310 ani. După această planetă, se termină centura Kuiper.



Fig.8.12 Makemake

Eris

Eris este cea mai îndepărtată planetă pitică descoperită până acum, și se află pe raza discului împrăștiat. Are un diametru de 3000 km și o viteză pe orbită de 3436 km/h. Eris are o perioadă orbitală de circa 557 de ani și în 2009 se află la aproximativ 96,7 Unități Astronomice față de Soare, aproape distanța maximă față de acesta. Eris împreună cu satelitul său sunt în acest moment cele mai depărtate obiecte din Sistemul Solar în afară de comete. La periheliu, plutoidul se poate afla la o distanță de 37,9 Unități Astronomice față de Soare, aflându-se astfel mai aproape decât Pluto. În prezent, Eris are o magnitudine aparentă de 18,7, putând fi astfel detectat prin intermediul anumitor telescoape de amatori.



Fig.8.13 Eris

8.4 Comete

De-a lungul timpului, oamenii au fost uimiți și speriați de comete, stele cu coadă, așa cum apar ele pe cer neanunțate și neprevăzute. Acum știm că o cometă este o bucată de "gheață murdară" rămasă în urma formării sistemului solar în urmă cu 4,6 miliarde ani. Acestea conțin informații despre formarea sistemului solar. Le putem determina orbita, însă numai la o parte din acestea.

Pân acum au fost descoperite circa 3060 de comete, în jur de 12 comete fiind descoperite anual. La cometele cu perioada scurt este mult mai u or de prezis orbita deoarece le ia circa 200 de ani s orbiteze Soarele. Aceste obiecte sunt deseori numite i *Obiectele Centurii Kuiper* sau obiecte trans-Neptuniene. Mai pu in previzibile sunt cometele de perioad lung , multe din acestea provenind dintr-o regiune îndep rtat numit *Norul Oort*, aflat la o distan aproximativ de 100.000 AU de Soare.

O comet are un nucleu solid mic, cu o m rime de câtiva km. Nucleul con ine "obiecte înghe ate" i gaze înghe ate amestecate cu buc i de roc i praf. Pe m sur ce se apropie de Soare începe s se înc lzeasc . Cometa devine din ce în ce mai str lucitoare fiind astfel vizibil de pe P mânt. Datorit c ldurii provenite de la Soare, ghea a se transform în gaze foarte str lucitoare. Acest material gazos formeaz o coad ce se poate întinde pe o suprafa de mii sau chiar milioane de kilometri.

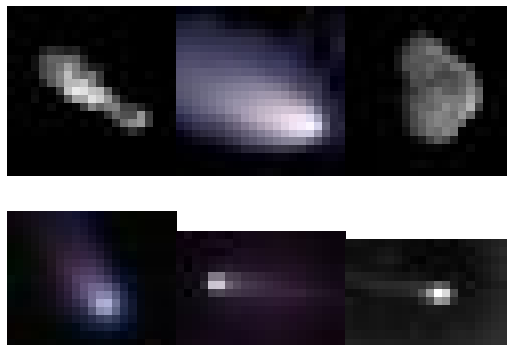


Fig.8.14 Comete

8.5 Meteorii, Meteorii

Meteorii sunt buc i de material ce cad în atmosfera p mântului i pot rezulta în urma coliziunilor între asteroizi sau a dezintegr rii cometelor; ace tia se încing datorit frec rii cu aerul i pot atinge P mântul dac nu se topesc în atmosfer . Dac un meteor supravie uie te c l toriei sale prin atmosfer i cade pe suprafa a P mântului, atunci acesta este numit *meteorit*. Oamenii de tiin estimeaz ca între 1.000 i 10.000 de tone de material meteoritic cade pe P mânt în fiecare zi. În mare parte acest material este format din buc i foarte mici, de dimensiuni micrometrice.

Meteorii provin mai degrab din Sistemul Solar decât din spa iul interstelar. Compozi ia acestora poate fi asem n toare cu cea a asteroizilor, a planetelor sau Lunii. Sunt perioade ale anului când aceste c deri de meteori se intensific . Aceste fenomene sunt numite "*ploi de meteori*" cele mai cunoscute fiind Perseidele care au loc pe 12 august i Leonidele, în luna noiembrie.

Cel mai mare meteorit care a lovit P mântul în epoca modern este cel c zut la 30 iunie 1908 la nord de râul Tunguska, în Siberia. Actualmente, cea mai r spândit teorie sus ine c acesta a fost un corp solid cu un diametru de circa 50 m, care a explodat cu o for echivalent cu aproximativ 15-30 megatone TNT la aproximativ 6 km deasupra solului.

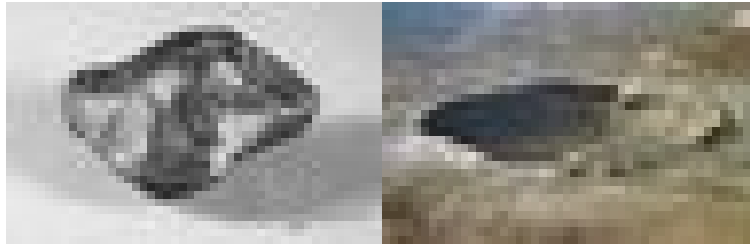


Fig.8.15 Meteori i

8.6 Asteroizii

Asteroizii sunt fragmente de roc lasate în urm de forma iunile sistemului solar acum circa 4,6 miliarde ani. Majoritatea acestora pot fi g si i orbitând Soarele în spa iul dintre planetele Marte i Jupiter. Regiunea aceasta, numit i Centura de Asteroizi, con ine milioane de asteroizi de diferite m rimi, cel mai mare fiind Ceres cu diametrul de 940 km, pân la corpuri mai mici de 1 km. Exist mai bine de 536.000 de asteroizi num ra i pân în prezent.



Fig.8.16 Asteroizi

Gravita ia lui Jupiter i uneori i cea a lui Marte pot schimba orbita asteroizilor, ace tia fiind arunca i în spa iu i pân la urm atra i de planete, devenind astfel sateli i. De exemplu, sateli ii lui Marte, Phobos i Deimos, ar putea fi asteroizi captura i. De i s-a reu it identificarea a zeci de mii de asteroizi, ei r mân aproape imposibil de remarcat cu ochiul liber, fiind prea pu in lumino i. Asteroidul "4 Vesta" este o excep ie, el fiind singurul observabil f r aparate optice.

Un asteroid arat pe cerul nocturn la fel ca i o stea mai pu in str lucitoare. Cel mai bun mijloc de a g si asteroizi cu binoclul sau cu telescopul este observarea cerului înstelat mai multe nop i la rând i detectarea punctelor luminoase care se deplaseaz în raport cu fundalul.

Asteroizii au fost pentru prima dat observa i în anii 1800 de c tre astronomul William Herschel care a folosit pentru prima dat termenul de asteroid însemnând "asem n tor stelelor". Majoritatea asteroizilor sunt forma i din carbon i alte minerale, al ii dintr-un complex de fier i piatr .

8.7 Galaxiile - Galaxia Calea Lactee

O galaxie este o aglomera ie de stele, gaze, praf cosmic i materie întunecat inute împreun de gravita ie. Cele mai mici galaxii au câteva sute de ani lumin i con in 100.000 de stele. Cele mai mari pot avea i 3 milioane de ani lumin i con in mii de miliarde de stele. Formele acestora au fost clasificate pe baza unui sistem introdus de Edwin Hubble. Cu toate c a a numinta materie întunecat i energie întunecat reprezint peste 90% din masa majorita ii galaxiilor, natura acestor componente invizibile nu este înțeleas bine. Exist câteva dovezi conform c rora în centrul unor galaxii exist g uri negre imense.

Galaxiile sunt de patru feluri: eliptice, în spiral , în spiral barat i neregulate. O descriere pu in mai detaliat a tipurilor de galaxii este dat de secven a Hubble. Cu toate c secven a Hubble cuprinde toate galaxiile, ea se bazeaz numai pe tipul morfologic vizibil. Deci ea poate omite importan a anumitor caracteristici ale galaxiilor cum ar fi rata de formare a stelelor.

Galaxia noastr , *Calea Lactee*, este o galaxie în spiral ce con ine în jur de 500 miliarde stele. S-a format dintr-un uria nor de gaz i praf acum 10 miliarde de ani. În centru exist un nucleu dens i sferic de stele care poate con ine o gaur neagr . Nucleul este înconjurat de un disc ce con ine bra e sub form de spirale ce sunt formate din stele tinere, iar nucleul i marginea discului, din stele mai b trâne.



Fig.8.16 Galaxia Calea Lactee



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

BIBLIOGRAFIE (SELECTIV)

- URECHE V. Universul, Volumul I Astronomie, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1982
- BERCEI E. Astronomie, Tipografia Universit ii din Timi oara, 1986
- **** <http://www.astronomia.go.ro/universul.html>
- **** www.referate.ro