

precizii posibile! si, in plus, uneori - pur si simplu - nu avem la dispozitie instrumentele pe care le-am dori; in astfel de situatii, in loc de a nu face nimic, este preferabil sa utilizam Primul instrument astronomic, gnomonul

a. Importanta si actualitatea observatiilor cu instrumente pre-galileene

Cu incepere de la Galileo Galilei - mai precis, din anul 1611 - astronomia este asociata cu luneta sau cu telescopul, instrumente de observare considerate indispensabile pentru observarea corpurilor si sistemelor cosmice. Aceste instrumente vor fi prezentate intr-un alt capitol. Aici vrem sa atragem atentia cititorului asupra unui fapt deloc neglijabil, dar din pacate de multe ori neglijat: pasul decisiv, de la imaginea Universului oferita de simturile noastre - asa-numita "conceptie geocentrica" - la o imagine mai realista ("conceptia heliocentrica") a fost facut de omenire pe baza observatiilor astronomice efectuate cu instrumente extraordinar de simple, aproape cu "ochiul liber".

Chiar si legile lui Kepler (contemporanul lui Galilei), care sunt utilizate si astazi pentru a calcula cu anticipatie pozitiile pe care le vor ocupa planetele - in spatiu si pe cerul nostru - au fost descoperite pe baza observatiilor efectuate cu instrumentele de dinainte de Galilei (pre-galileene).

Dar, dincolo de importanta istorica evidenta a observatiilor astronomice cu instrumente pre-galileene, aceste observatii isi pastreaza un inalt grad de actualitate, in special pentru introducerea in astronomie, deci din punct de vedere pedagogic; in textul de fata vom incerca sa argumentam aceasta asertiune cu cateva exemple.

Inainte de a trece la prezentarea lor, sa subliniem, mai intai, faptul ca - nu numai in astronomie! - gradul de complexitate al instrumenteleor si procedeeleor de masurare este dictat de gradul de precizie pe care ne propunem sa-l atingem; or, cand incepem sa studiem fenomenele ceresti, nu utem avea pretentia de a atinge cele mai mari ceea ce este la indemana noastra si procedand cu toata atentia, sa efectuam masuratorile dorite cu maximum de precizie posibila in conditiile date. Nu de putine ori, astfel de masuratori se pot dovedi deosebit de utile, valoroase chiar din punct de vedere stiintific, nu numai educativ; speram ca exemplele prezentate capitolele precedente sunt sugestive in acest sens.

Astronomia, printre altele, ne invata sa cercetam in mod eficient natura cu mijloace extrem de limitate, deoarece - in raport cu imensitatea si complexitatea Universului - mijloacele noastre vor fi, intotdeauna, drastic limitate. Capacitatea de a exploata in mod inteligent mijloacele cele mai simple este o calitate care merita sa fie cultivata si inclusa in formatia omului modern, fiind o componenta importanta a relatiei sale "ecologice" cu lumea inconjuratoare. Vom vedea - in sectiunile urmatoare - ca aceasta calitate nu vine in

contradictie cu abilitatea de a utiliza cea mai moderna si sofisticata tehnologie instrumentala ci - dimpotriva, este complementara acesteia, stimuland utilizarea ei eficienta si creatoare.

In plus, capacitatea de a utiliza eficient mijloacele simple, aflate la indemana tuturor, este un factor care contribuie la formarea unei gandiri clare, "aerisite", cu o logica riguroasa, capabila de conceptualizare creatoare.

b. Miscarea aparenta diurna a Soarelui

Rasaritul Soarelui "sterge" toate stelele de pe cer; lumina deosebit de puternica a astrului zilei se imprastie in atmosfera si tot cerul devine luminos. Fondul cerului de zi, mult mai stralucitor decat cele mai stralucitoare stele, face ca acestea sa nu mai poata fi vazute, chiar daca se afla deasupra orizontului; numai Luna poate fi zarita, extrem de palida si stearsa. Dupa rasaritul Soarelui, se poate constata deplasarea inceata dar continua a acestuia atat "in sus" cat si "la dreapta".

"Miezul zilei" este tocmai momentul in care Soarele ajunge "cel mai sus"; dupa acest moment, Soarele parcurge un drum simetric cu cel de pana acum, coborand spre dreapta pana cand apune (fig. 1.10). Din expresia initiala "la miez de zi" a derivat "amiaza", iar apoi "amiaza" si "miazazi"; "amiaza" indica momentul culminatiei Soarelui, iar "miazazi" punctul cardinal Sud, in directia caruia are loc aceasta culminatie.

Punctul cardinal Nord ("miazanoapte"), diametral opus, indica directia in care se afla Soarele la "miezul noptii".

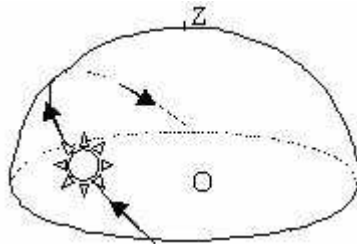


Figura 1.10

Evident, o descriere atat de generala si aproximativa ca aceea de mai sus duce la ideea ca, la fel ca toti astrii, Soarele este fix pe sfera cereasca, participand, ca si acestia, la rotatia diurna a acesteia in jurul axei lumii. Este primul "model matematic" privind miscarea aparenta a Soarelui, care se impune atentiei noastre; din acest model rezulta ca miscarea aparenta a Soarelui ar trebuie sa fie identica, in toate zilele.

Dar, la o observare mai indelungata - si ceva mai atenta - se poate constata ca in diferite perioade ale anului Soarele se misca diferit pe cer, uneori "mai jos", alte ori "mai sus"; pentru un observator din emisfera nordica, situatia se prezinta ca in figura 1.11.

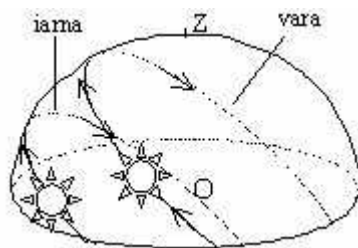


Figura 1.11

În consecință, modelul inițial, al unui Soare "fix" pe sfera cerească și participând la mișcarea diurnă a acesteia, nu este un model corect, observațiile arătând că poziția Soarelui pe sfera cerească suferă variații importante în cursul unui an.

Evident, de aceste variații se leagă schimbarea anotimpurilor, cu implicații deosebite pentru viața oamenilor dintotdeauna; au existat, deci, din timpurile preistoriei, motive puternice pentru o urmărire îndelungată, sistematică, a mersului zilnic al Soarelui pe cer. Pare ciudat, dar o astfel de observare (zile, luni și ani la rând) întâmpina destul de multe piedici; în multe locuri de pe Pământ înnoirile sunt frecvente, uneori de lungă durată. Apoi, nu oriunde orizontul locului este liber "de jur împrejur", pentru că observatorul să poată vedea și fixa exact punctele de răsărit și apus ale Soarelui.

Din acest motiv, locul ideal pentru observarea sistematică a Soarelui este o câmpie foarte întinsă, însoțită în cea mai mare parte a anului și - în același timp - fertilă, pentru a îngădui înjgheburile așezărilor omenești prospere. Istoria consemnează două astfel de locuri unde s-au dezvoltat în antichitate civilizații puternice și durabile: Mesopotamia, câmpia cuprinsă între Tigru și Eufrat ("meso" între; "potamos" râuri) și Egiptul, câmpia fertilizată de revarsările anuale ale Nilului.

Nu întâmplător, primele observații astronomice sistematice au fost efectuate de caldeeni și babilonieni, locuitorii anticei Mesopotamii, caldeeni fiind renumiți ca astronomi până târziu în lumea antică. Datorită acestui fapt, caldeeni și babilonienii sunt considerați ca fondatorii astronomiei; Egiptul antic și-a adus și el contribuția la consolidarea și dezvoltarea astronomiei, iar civilizația greacă a preluat cunoștințele acumulate de caldeeni și babilonieni, dezvoltând astronomia, ca și matematica, până la cel mai înalt nivel atins în antichitate.

c. Cel mai simplu instrument astronomic

Strălucirea Soarelui este prea puternică pentru ochii noștri; putem privi la Soare fără a fi "orbiti" doar când el se află aproape de orizont, lumina să fie în mare parte absorbită și atenuată de praful și vaporii din straturile joase ale atmosferei. Or, pentru a ne face o idee cât mai corectă despre mișcarea aparentă a Soarelui, trebuie să determinăm - la cât mai multe momente din zi - locul pe care-l ocupă acesta pe cer. și aici, ca în multe alte cazuri, ingeniozitatea oamenilor a "întors" în favoarea lor ceea ce pare a fi o circumstanță nefavorabilă. Pornind de la constatarea că umbra unui obiect este îndreptată mereu de la obiectul respectiv în sens contrar sursei (în cazul de față Soarele), ei au utilizat pentru determinarea poziției Soarelui pe sfera cerească umbra unui obiect.

Pentru a facilita determinarile, ca indicator al miscarii zilnice a Soarelui a fost ales un obiect liniar, fixat vertical pe o portiune plana, orizontala, de teren. Inaltimea sa nu are importanta, dar trebuie sa fie cunoscuta, pentru a face posibile calculele ulterioare legate de masurarea umbrei sale.

Indicatorul poate fi un bat de lemn sau o teava metalica infipta in Pamant, un stalp, sau chiar o vergea montata pe o mica planseta (fig. 1.12); important este ca locul pe care cade umbra (planseta sau terenul din jur) sa fie plan si orizontal, iar indicatorul sa fie asezat vertical.

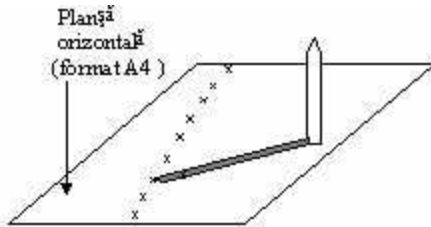


Figura 1.12

Corespondentul grecesc al cuvântului "indicator" este "gnomon", nume sub care acest "instrument astronomic" s-a răsândit în lumea întreagă. Este important să subliniem faptul că, cu toată simplitatea sa, gnomonul permite "legarea" unor elemente geometrice esențiale: planul orizontal, verticala locului și direcția observator-Soare; primul este materializat de terenul din jurul gnomonului, al doilea de gnomonul însuși, iar direcția observator-Soare este definită de două puncte: capatul umbrei și vârful gnomonului.

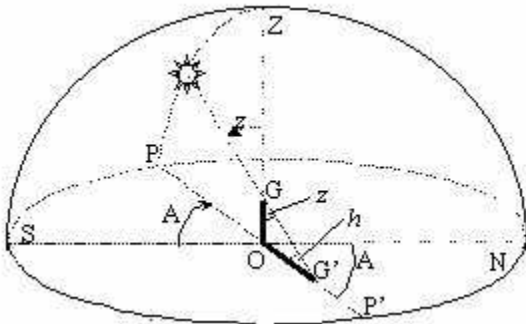


Figura 1.13

Gnomonul și umbra sa reprezintă două laturi ale unui triunghi numit "triunghi gnomonic" (tr GOG', în figura 1.13), acesta este întotdeauna dreptunghic, deoarece verticala locului (gnomonul) este perpendiculară pe orice dreaptă din planul orizontal, deci pe oricare din "ipostazele" umbrei sale.

Deoarece lungimea lg a gnomonului (OG) este cunoscută din construcție și este mereu aceeași, pentru determinarea completă a triunghiului gnomonic - la orice moment - este suficientă măsurarea lungimii lu a umbrei (OG'). înălțimea unghiulară h a Soarelui (unghiul G' al triunghiului gnomonic) poate fi determinată pe cale grafică, construind pe hartie un triunghi asemenea ("reduc la scară") cu cel gnomonic și măsurând cu raportorul

unghiul corespunzator. Dar, evident, este mai indicat sa determinam acest unghi prin calcul, din relatia imediata:

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

Dar gnomonul permite mai mult decat determinarea inaltimei unghiulare a Soarelui la diverse momente din timpul zilei; directia umbrei ne da posibilitatea de a determina unghiul dintre planul vertical al Soarelui si directia spre punctul cardinal Sud. Acest unghi se numeste - in astronomie - azimutul Soarelui; in geodezie, topografie, orientarea turistica etc., azimutul se masoara de la Nord.

Dar, evident, pentru aceasta este necesar sa fi fost determinata in prealabil, o data pentru totdeauna, directia de la punctul ("locul") de observare spre punctul cardinal Sud; aceasta directie se mai numeste "meridiana locului".

d. Determinarea meridianei cu ajutorul gnomonului

Meridiana locului coincide cu directia umbrei gnomonului din momentul culminatiei Soarelui; in plus, in acest moment, umbra gnomonului are lungimea minima din timpul zilei respective.

Dar, din motive care vor fi expuse in sectiunile urmatoare ale acestei carti, momentul trecerii Soarelui prin dreptul punctului Sud nu este, de regula, exact ora 12h a zilei respective. in consecinta, pentru a cunoaste momentul culminatiei Soarelui, avem nevoie de informatii aditionale, pe care le putem extrage, eventual, dintr-un Anuar Astronomic.

Nici proprietatea de minim a umbrei in momentul trecerii la meridian nu poate fi utilizata practic, deoarece lungimea minima este greu de sesizat cu o precizie satisfacatoare.

Cel mai sigur (robust, putin sensibil la erori) procedeu pentru determinarea meridianei locului se bazeaza pe simetria traiectoriei aparente a Soarelui fata de planul meridian al locului, in limite satisfacatoare de precizie pentru intervale de cateva ore. Datorita acestei simetrii, doua lungimi egale ale umbrei gnomonului vor corespunde la doua pozitii simetrice ale Soarelui fata de planul meridian, deci umbrele respective vor fi simetrice fata de meridiana locului. Or, umbrele simetrice fiind laturile unui unghi cu varful in baza gnomonului, meridiana locului va fi tocmai bisectoarea unghiului respectiv.

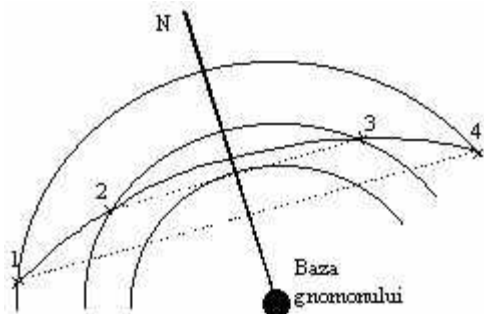


Figura 1.14

Pregatind determinarea meridianei, vom trasa in jurul gnomonului cateva cercuri concentrice, de raze diferite. Figura 1.14 prezinta situatia din planul orizontal, fiind figurat doar punctul de baza al gnomonului, precum si cercurile trasate. Observand Soarele inainte de trecerea la meridian, vom marca, pe fiecare cerc, punctul in care capatul umbrei gnomonului se "aseaza" pe cercul respectiv. Continuand observarea si dupa trecerea la meridian, vom marca perechile punctelor de pana acum. Daca am efectuat cu atentie toate marcarile, mijloacele tuturor coardelor trebuie sa fie coliniare si dispuse pe o dreapta perpendiculara pe fiecare coarda, dreapta care in plus - trece prin piciorul gnomonului. Aceasta dreapta este, evident, meridiana locului.

Determinarea meridianei permite cunoasterea punctelor cardinale pentru locul respectiv de observatie. Este prima informatie pe care un om care se instaleaza intr-un loc ar trebui sa o posede; din pacate, omul modern - cel putin citadinul - pare sa fi pierdut aceasta obisnuinta a orientarii si, de multe ori, nici nu stie ca Soarele se afla, la amiaza, deasupra punctului cardinal Sud.

e. Variatia anuala a inaltimii Soarelui la amiaza

Inaltimea Soarelui la amiaza nu pare sa fie o informatie substantiala; totusi, ca si in alte cazuri, determinarea perseverenta a acestei marimi, pe perioade mari de timp, a constituit una din preocuparile primilor observatori ai fenomenelor ceresti.

Figura 1.15 prezinta un grafic al variatiei anuale a inaltimii Soarelui la amiaza, pentru un observator din emisfera nordica, mai precis, aflat la latitudinea nordica de 45 de grade.

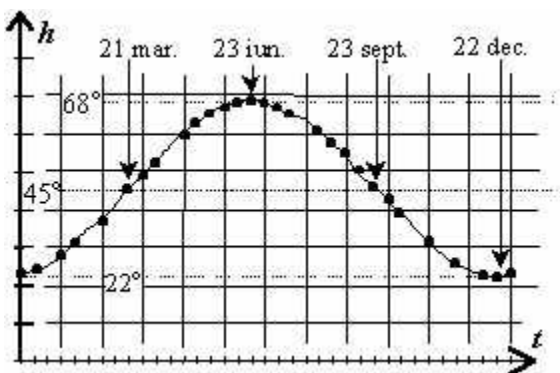


Figura 1.15

Cu puncte sunt figurate determinarile zilnice, iar curba trasata este menita sa completeze perioadele in care nu s-au putut efectua observatii, din cauza norilor.

Vom vedea mai tarziu cate informatii consistente se pot deduce din acest grafic; printre altele, de aici poate fi dedusa latitudinea locului de observare, dar mai poate fi dedusa de aici si o marime care priveste intreg Pamantul: inclinarea axei acestuia pe planul orbitei sale sau, ceea ce este echivalent, unghiul dintre planul ecuatorului terestru si planul orbitei Pamantului.

Pana atunci, insa, sa facem o observatie finala. Daca priviti cu atentie graficul, puteti constata ca inaltimea zilnica maxima a Soarelui variaza, in decurs de un an, intre doua valori extreme. Valorile extreme corespund zilelor (lumina) de lungime extrema dintr-un an; valoarea medie corespunde datelor cand ziua este egala cu noaptea.

2. Activitati practice

- a) Construiti un gnomon, dupa indicatiile de mai sus.
- b) Determinati inaltimea unghiulara a Soarelui pentru o zi, din ora in ora.
- c) Determinati meridianul locului, utilizand gnomonul.
- d) Determinati inaltimea unghiulara a Soarelui la amiaza (cand umbra gnomonului "cade" pe meridian!), in fiecare zi cuprinsa intre datele de 15 si 31 martie.
- e) Transmiteti datele obtinute de voi pe retea.

3. Intrebarea saptaminii

- a - Cum se numesc momentele din an cand Soarele se afla in situatiile mentionate in observatia finala?
- b - Puteti determina, cu ajutorul unui grafic similar celui din figura 1.15, momentele respective ale anului?
- c - Puteti imagina un procedeu cu ajutorul caruia, pe baza graficului din figura 1.15, sa determinati durata "exacta" a unui an?