

1 Timpul si masurarea lui

Timpul universal. Timpul legal. Conventia fuselor orare

Timpurile definite anterior sunt timpuri locale deoarece au fost definite prin intermediul unghiurilor orare. Pentru toate localitatile situate pe acelasi meridian geografic timpurile locale de acelasi fel sunt egale, insa pentru orice doua localitati situate pe meridiane diferite acestea difera.

Se pune problema schimbarii timpurilor locale de acelasi fel odata cu schimbarea longitudinii geografice. Fie doua localitati A si B de latitudini geografice L_A si L_B fata de meridianul de la Greenwich. Unghiurile orare ale unei stele σ observata din A si B le notam prin H_A si respectiv H_B . Din figura 1 rezulta:

$$H_A - H_B = L_A - L_B. \quad (1)$$

Deoarece timpul sideral, timpul solar adevarat si timpul solar mediu sunt date de relatiile $\theta = H_\gamma$, $t_a = H_\odot$, $t_m = H_{\odot_m} + 12^h$, prin aplicarea relatiei (1) rezulta

$$\theta_A - \theta_B = L_A - L_B, \quad t_{a_A} - t_{a_B} = L_A - L_B, \quad t_{m_A} - t_{m_B} = L_A - L_B. \quad (2)$$

Definitia 1. Se numeste timp universal TU (sau GMT Greenwich Mean Time) timpul solar mediu al meridianului de la Greenwich.

$$TU = t_{m_G}. \quad (3)$$

Cunoscand timpul universal, timpul solar mediu al oricarei localitati (de longitudine L) se determina dupa formula:

$$t_m = TU + L. \quad (4)$$

Timpul solar mediu este dificil de utilizat in practica. Deplasandu-ne pe suprafata Pamantului de la est spre vest sau invers, am fi nevoiti sa mutam continuu acele ceasornicului pentru a ne raporta la ora meridianului pe care il traversam. Pentru a inlatura acest inconvenient, in 1884 a fost introdusa conventia fuselor orare. Astfel, Suprafata Pamantului a fost impartita in 24 de fuse orare, fiecare fus avand largimea de 15° (sau 1^h). Toate localitatile din interiorul

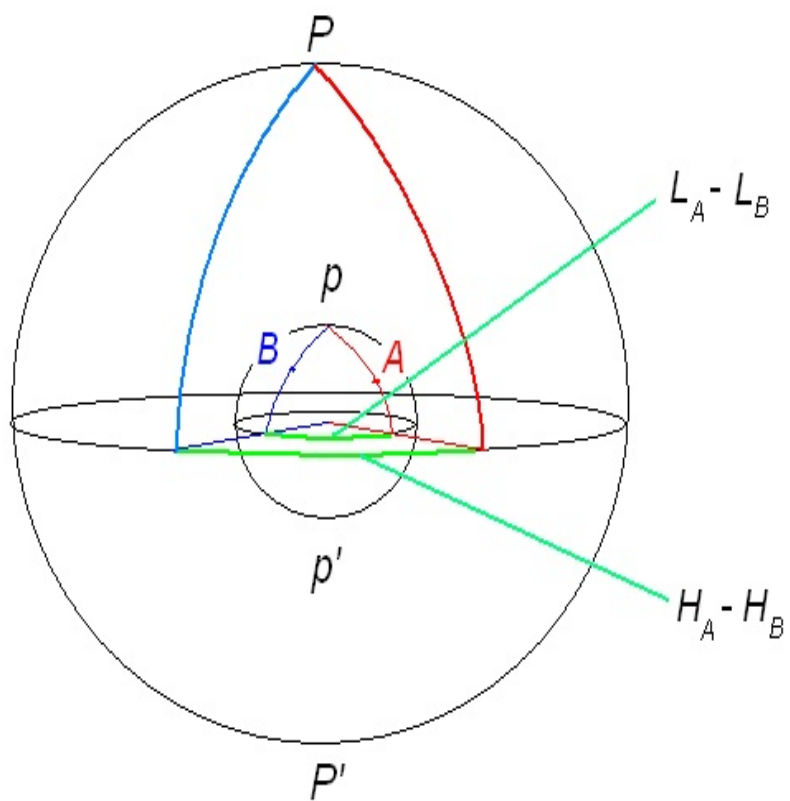


Figure 1: Schimbarea timpurilor locale

fusului au acelasi timp, timpul meridianului central al fusului. Fusul initial (fusul zero) are ca meridian central, meridianul localitatii Greenwich, fusul 1– meridianul de longitudine estica 15^0 , fusul 2– meridianul de longitudine estica 30^0 etc.

Definitia 2. Se numeste timp legal timpul solar mediu al meridianului central al fusului orar respectiv.

Asadar toate localitatile situate in interiorul fusului n , $n \in \{0, 1, 2...23\}$, au timpul legal:

$$t_l = TU + n^h. \quad (5)$$

Din motive de ordin practic, ora se muta inainte cu o unitate pentru lunile de vara (aprilie-octombrie). Acest timp se mai numeste si ora oficiala de vara.

Folosirea fuselor orare a impus introducerea liniei de schimbare a datei care coincide cu antemeridianul localitatii Greenwich. Orice zii noua incepe la vest de de linia de schimbare a datei.

2 Calendarul

De-a lungul timpului trei miscari au influentat viata omului. Fiecare dintre acestea, ne-au furnizat cate o unitate de timp:

1) Perioada miscarii diurne a Soarelui ne-a dat ziua solara medie (sau mica unitate de timp);

2) Repetarea fazelor Lunii ne-a furnizat unitatea mijlocie de timp sau luna. Perioada de revolutie sinodica a Lunii (intervalul scurs intre doua faze de acelasi fel) are durata de 29,53 zile medii;

3) Miscarea anuala a Soarelui pe ecliptica ne-a dat unitatea mare de timp, anul. Aceasta perioada are la baza anul tropic care are durata de 365,2422 zile solare medii.

O problema importanta a unitatilor de timp de mai sus o reprezinta faptul ca acestea nu sunt comensurabile. Atat anul cat si luna nu contin un numar intreg de zile.

Problema calendarului consta in gasirea unei unitati conventionale de timp numita an calendaristic, care sa cuprinda un numar intreg de zile ce poate varia cu cel mult o zi, in asa fel incat succesiunea lor sa reproduca succesiunea anilor tropici sau a lunilor sinodice.

Calendare solare. Cel mai vechi calendar solar este cel egiptean, care cuprindea 365 de zile (12 luni de cate 30 de zile, urmate de 5 zile suplimentare). Fiind prea scurt fata de anul tropic, in cursul a 1508 ani avanseaza cu un an fata de succesiunea anilor tropici.

In 46 i.H. Iulius Caesar decreteaza utilizarea calendarului iulian (stil vechi). Durata anului iulian era de 365,25 zile, considerand in practica trei ani a cate 365 zile si un an bisect de 366 zile. Find prea lung, in 384 de ani intarzie cu 3 zile.

In 1582, Papa Grigore al XIII-lea realizeaza reforma calendarului, cunoscut astazi sub numele de calendar gregorian (stil nou). Aceasta reforma consta in:

a) adaugarea a 10 zile in calendar pentru eliminarea decalajului calendarului iulian fata de anul tropic. Astfel, dupa 4 octombrie 1582 a urmat 15 octombrie 1582;

b) suprimarea a trei zile la 400 de ani neconsiderand ca ani bisecti anii seculari al caror numar nu este divizibil cu 4 (1700, 1800, 1900, 2100 etc.). Ramane astfel o intarzairere fata de anul tropic de o zi la 3300 ani.

3 Fenomene care modifica pozitiile astrilor pe bolta cereasca

Exista unele fenomene care modifica pozitiile astrilor pe bolta cereasca. Acestea sunt:

- 1). Fenomenul optic al refractiei astronomice;
- 2). Fenomenul optic al miscarilor Pamantului: aberatiile diurna, anuala si seculara;
- 3). Fenomenul geometric al miscarilor Pamantului: paralaxele diurna, anuala si seculara;
- 4). Deplasarea planelor de referinta ale Pamantului: precesia si nutatia;
- 5). Miscarile proprii ale stelelor.

3.1 Refractia astronomica

Razele de lumina ale astrilor, trecand prin atmosfera Pamantului, sunt refractate din ce in ce mai mult, dupa o curba, asa incat directia dupa care ajung pe suprafata Pamantului este deviata spre zenitul observatorului (figura 2).

Definitia 1. Se numeste refractie astronomica, unghiul dintre directia in care se vede aparent astrul si directia dupa care se propaga razele de lumina in afara atmosferei terestre.

$$R = z - z'. \quad (6)$$

- Observatii: i) Refractia astronomica ridica astrul deasupra orizontului;
- ii) Refractia astronomica nu modifica azimutul A al astrului;
- iii) Refractia astronomica depinde de inaltimea astrului deasupra orizontului si de parametrii de stare ai atmosferei (densitate, presiune, temperatura);
- iv) Valoarea exacta a refractiei astronomice este data printr-o formula integrala.

In cele ce urmeaza vom stabili o formula aproximativa pentru refractia astronomica, refractie corespunzatoare valorilor medii ale presiunii si temperaturii atmosferei intr-un loc dat. Aceasta formula este aplicabila doar pentru distante zenitale mai mici de 70° .

Presupunem ca suprafata terestra este plana, iar atmosfera este impartita in straturi paralele cu suprafata terestra, avand indicii de refractie $n_0, n_1, \dots, n_m$ (figura 3). Aplicand legea Snellius–Descartes

$$n_k \sin i_k = n_{k-1} \sin i_{k-1}, \quad (7)$$

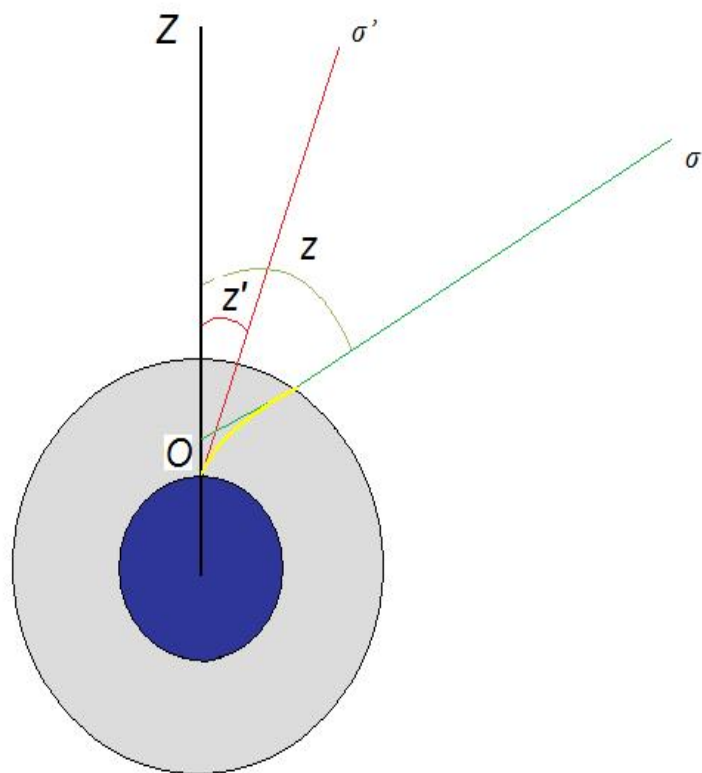


Figure 2: Refractia astronomica

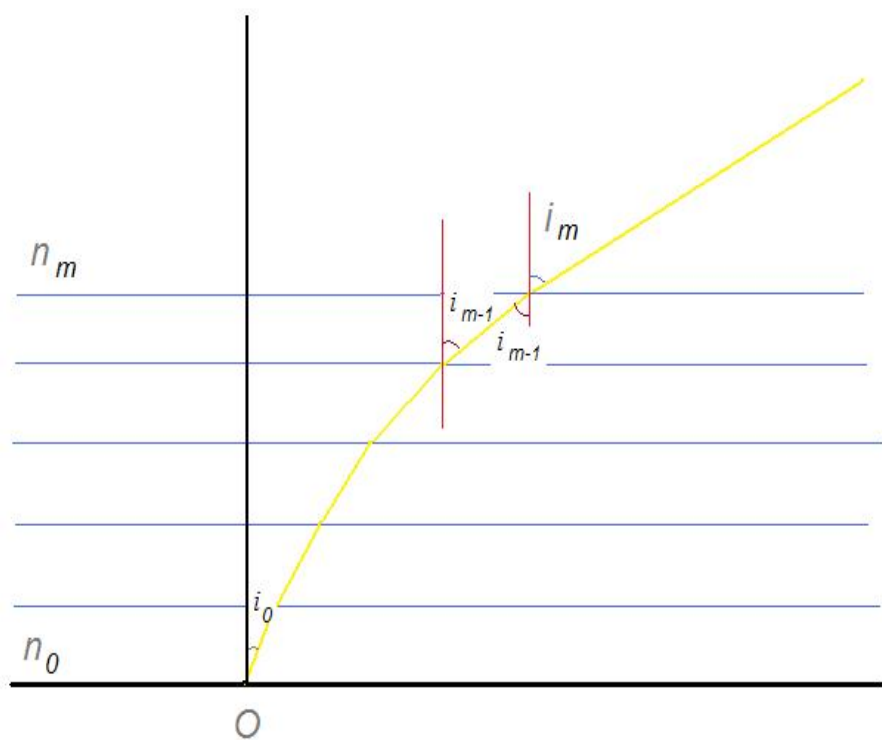


Figure 3: Refractia razelor de lumina

deducem

$$n_m \sin i_m = n_0 \sin i_0. \quad (8)$$

Dar

$$n_m = 1, \quad i_m = z, \quad i_0 = z'. \quad (9)$$

Din relatiile (6), (8) and (9) obtinem

$$\frac{\sin(R + z')}{\sin z'} = n_0 \quad (10)$$

Indicele de refractie n_0 se determina din masuratori, iar z' din observatii. S-a observat ca pentru $z' \in [0^0, 70^0]$, refractia astronomica are valori mici, deci putem face urmatoarele aproximari

$$\cos R = 1, \quad \sin R = R_{rad} = \frac{R''}{206264,8},$$

unde R'' reprezinta refractia astronomica exprimata in secunde de arc. Relatia (10) devine

$$\frac{R''}{206264,8} \operatorname{ctg} z' + 1 = n_0, \quad (11)$$

de unde deducem

$$R'' = (n_0 - 1) 206264,8 \operatorname{tg} z'. \quad (12)$$

Coeficientul $k = 206264,8(n_0 - 1)$ se numeste coeficient de refractie si are valoarea $58'',3$ pentru valori medii ale temperaturii si presiunii ($T = 10^0C$, $p = 760 \text{ mmHg}$). Formula (12) nu este adevarata pentru $z' > 70^0$. Spre exemplu, daca $z' = 90^0$ (astrul se afla in orizont) avem $R'' = +\infty$. S-a determinat ca la orizont $R = 35'$.

Refractia astronomica se manifesta prin urmatoarele fenomene:

- a) rasaritul si apusul astrilor, prelungind durata drumului astrilor deasupra orizontului;
- b) turtirea discului Soarelui si discului Lunii in apropierea orizontului;
- c) modificarea coordonatelor orare, ecuatoriale, ecliptice ale astrilor.

3.2 Aberatia luminii

Fenomenul aberatiei a fost descoperit (1725) si explicat (1729) de astronomul J. Bradley. Acest fenomen consta in deplasarea aparenta a directiei unui astru ca urmare a miscarii relative a observatorului fata de astru si vitezei finite a luminii.

Fie observatorul in T , avand impreuna cu Pamantul viteza v fata de steaua σ (figura 4). Presupunem ca observatorul cu o luneta avand obiectivul in O si ocularul in T urmareste steaua σ . Datorita vitezei finite c a luminii, in timpul τ cat lumina parcurge distanta OT

(lungimea lunetei), observatorul se deplaseaza in T' . Deci pentru a observa astrul in T trebuie sa deplasam ocularul in T'' , ($TT'' = TT'$). Steaua se va vedea in directia TO' .

Notam prin θ directia aparenta la stea si prin $d\theta$ unghiul dintre TO si TO' numit unghi de aberatie. Aplicand teorema sinusului in triunghiul TOO' obtinem:

$$\frac{\sin d\theta}{v\tau} = \frac{\sin \theta}{c\tau} \quad (13)$$

Unghiul $d\theta$ fiind mic aproximam $\sin d\theta = d\theta$, sau in secunde de arc

$$d\theta = \frac{v}{c} 206264,8 \sin \theta. \quad (14)$$

Daca directia aparenta a stelei este perpendiculara pe directia miscarii Pamantului, $\theta = 90^\circ$, $d\theta$ are marimea

$$k = \frac{v}{c} 206264,8. \quad (15)$$

numita constanta de aberatie.

Observatii: 1). Fiecare miscare a Pamantului (diurna, miscarea de revolutie si miscarea proprie a Soarelui (in directia stelei Vega)) produce cate o aberatie (diurna, anuala, seculara);

2) Considerand doar miscarea de revolutie, avem $v = 29,78 \text{ km/s}$, $c = 299792 \text{ km/s}$, de unde $k = 20'', 50$. Pentru o stea aflata in polul eclipticii ($\theta = \beta = 90^\circ$), pozitia aparenta a stelei σ' va descrie in jurul pozitiei adevarate un cerc de raza egala cu $20'', 50$. Stelele aflate in planul eclipticii descriu miscari oscilatorii de-a lungul arcului de lungime egala cu $41''$. In alte directii stelele descriu elipse numite elipse de aberatie avand semi-axa mare de $20''50$ si semi-axa mica $20''50 \sin \beta$.

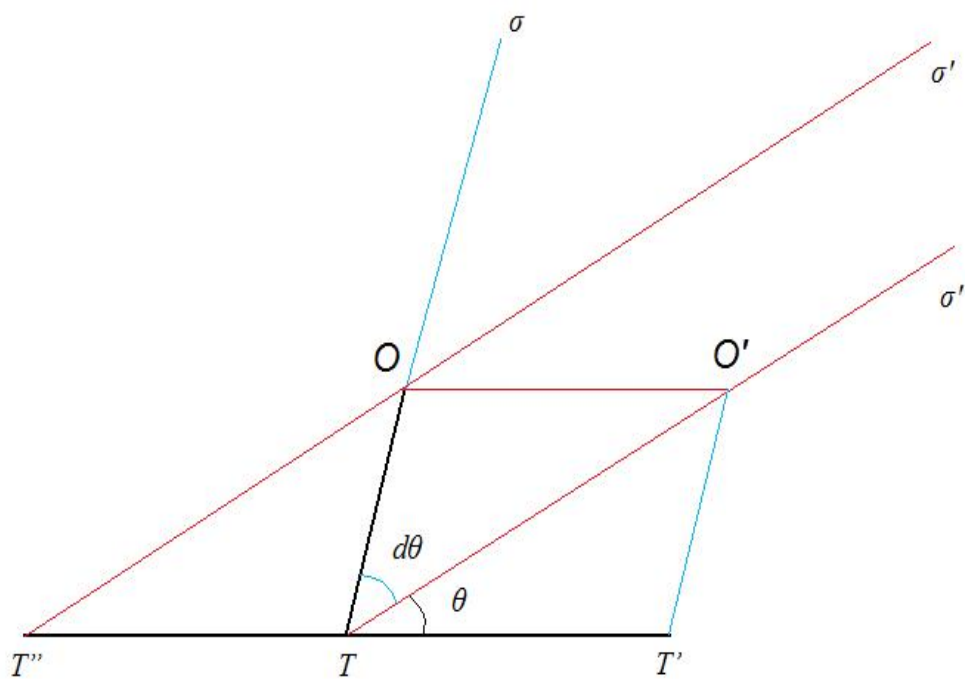


Figure 4: Aberatia luminii