

# Astronomie

## Timp

### Fenomene care modifică poziția astrilor

Cristina Blaga

9 noiembrie 2021

# Obiectivele seminarului

- ▶ Timp sideral și timp solar mediu. Transformări de timp.
- ▶ Fenomene care modifică poziția astrilor pe bolta cerească: refacția astronomică, aberația luminii și paralaxa.

# Timp

- ▶ *Timpul sideral*, notat  $\theta$ , este unghiul orar al punctului vernal.
- ▶ *Timpul solar adevărat*, notat  $t_a$ , este unghiul orar al Soarelui adevărat  $H_{\odot}$  la care se adaugă  $12^h$

$$t_a = H_{\odot} + 12^h. \quad (1)$$

- ▶ *Timpul solar mediu*, notat  $t_m$ , este unghiul orar al Soarelui mediu la care adăugăm  $12^h$ .

# Ecuația timpului

Diferența dintre timpul adevărat și timpul solar mediu, notată cu  $\eta$ , se numește *ecuația timpului*:

$$\eta = t_a - t_m. \quad (2)$$

# Momentul de timp solar mediu corespunzător unui moment de timp sideral dat

- ▶ Fie două fenomene astronomice, care s-au produs la momentele de timp sideral cunoscute  $\theta$  și  $\theta_0$ .
- ▶ Momentele de timp solar mediu corespunzătoare sunt notate  $t_m$  și  $t_{m_0}$ .
- ▶ Dacă știm momentul de timp solar mediu  $t_{m_0}$ , pentru a afla momentul de timp solar  $t_m$ , folosim relația

$$t_m - t_{m_0} = \frac{365,2422}{366,2422}(\theta - \theta_0). \quad (3)$$

# Timpul sideral la miezul nopții

- ▶ La miezul nopții, Soarele este la culminația inferioară și timpul solar mediu local este  $0^h$ .
- ▶ Timpul sideral corespunzător la Greenwich notat  $\theta_0_{Gr}$  este publicat în anuarele astronomice.
- ▶ Timpul sideral la miezul nopții într-o localitate de longitudine  $L$  se poate afla din

$$\theta_0 = \theta_0_{Gr} - 9,856^s L \quad (4)$$

unde  $L$  se exprimă în ore și fracțiuni de oră, cu semn plus pentru emisfera estică și minus în emisfera vestică.

# Momentul de timp sideral corespunzător unui moment de timp solar mediu dat

- Reciproc, momentul de timp solar mediu  $t_m$  se transformă în timp sideral,  $\theta$ , cu ajutorul relației:

$$\theta = \theta_0 + \frac{366,2422}{365,2422} \cdot (t_m - t_{m_0}) \quad (5)$$

unde timpul solar mediu  $t_{m_0}$  și timpul sideral corespunzător  $\theta_0$  sunt cunoscute.

# Timpul și longitudinea

Fie un eveniment astronomic observat simultan din două locuri de pe Pământ A și B, la momentele de timp măsurate  $t_A$ ,  $t_B$ , atunci

$$t_A - t_B = L_A - L_B \quad (6)$$

unde  $t$  poate fi unghi orar, timp sideral, timp solar mediu sau adevărat, iar longitudinile  $L_A$  și  $L_B$ , exprimate în ore, minute și secunde de timp sunt pozitive pentru localitățile aflate în emisfera terestră estică și negative în cea vestică.



# Timpul solar mediu

- Pentru un loc dat de pe glob timpul solar mediu este

$$t_m = H_{\odot} + 12^h + \eta \quad (7)$$

unde  $H_{\odot}$  este unghiul orar al Soarelui măsurat din locul considerat, iar  $\eta$  ecuația timpului.

- Pentru un observator de la Greenwich ( $L_{Gr} = 0^h$ ) și

$$t_{mGr} = t_m - L = H_{\odot} + 12^h + \eta - L, \quad (8)$$

unde unghiul orar al Soarelui este măsurat din locul de longitudine  $L$ .

# Timp universal, timp local

- ▶ Timpul local al meridianul Greenwich este *timpul universal*, notat  $TU$ .
- ▶ Timpul local pentru un observator aflat la longitudinea  $L$ , exprimată în grade și fracțiuni de grad, este dat de formula

$$T = TU \pm n \quad \text{unde } n = [(|L| + 7,5) : 15] \quad (9)$$

unde semnul  $+$  este pentru longitudine estică, iar semnul  $-$  pentru longitudine vestică, iar  $[a]$  este partea întreagă a numărului  $a$ .

# Timpul legal român, ora oficială de vară

- ▶ Timpul legal român este

$$T = TU + 2^h \quad (10)$$

- ▶ Din ultimul sfârșit de săptămână din martie până în ultimul sfârșit de săptămână de octombrie se folosește *ora oficială de vară*

$$T = TU + 3^h. \quad (11)$$

# Probleme

1. Să se afle timpul sideral local corespunzător momentului de timp solar mediu local  $t_m = 18^h 21^m 41^s$ , știind că timpul sideral mediu la Greenwich la  $0^h$  TU este  $\theta_{Gr} = 9^h 35^m 42,95^s$ . Observațiile se fac de la longitudinea vestică  $L = 66^\circ 38' 28''$ .
2. Din Cluj-Napoca s-a observat un satelit artificial al Pământului la ora legală  $t = 17^h 35^m 43,2^s$ . Care a fost momentul sideral al observației, știind longitudinea observatorului  $L_C = 1^h 34^m 23,46^s$  și că timpul sideral la miezul nopții la Greenwich a fost  $1^h 13^m 32,6^s$ .

# Probleme

3. Calculați ora legală corespunzătoare momentului de timp solar adevărat  $16^h05^m$  știind că ecuația timpului în acel moment a fost  $+1^m45^s$ , iar longitudinea locului este  $2^h30^m15^s$  (longitudine estică).
4. Când la Moscova este miezul zilei ( $12^h$ ) la Kazan ceasul indică  $12^h46^m$ . Calculați longitudinea localității Kazan știind că longitudinea Moscovei este  $2^h30^m$ ?

# Probleme

5. De pe o corabie s-a observat culminația superioară a Soarelui la  $8^h23^m$  după un cronometru care indica timpul sideral Greenwich. Distanța zenitală a Soarelui în acel moment a fost  $z = 22^\circ2'$ . Să se găsească latitudinea și longitudinea locului în care se găsea corabia, știind că la acel moment coordonatele ecuatoriale ale Soarelui au fost:  $\alpha = 5^h26^m$ ,  $\delta = -18^\circ25'$ .

# Fenomene care modifică poziția astrilor pe cer

## Refracția astronomică

- ▶ Datorită *refracției astronomice* astrul se vede mai sus decât este în realitate.
- ▶ Fie  $z$  distanța zenitală a astrului și  $z_0$  distanța zenitală măsurată (aparentă) a astrului. Atunci are loc relația

$$z = z_0 + k \cdot \operatorname{tg} z_0 \quad (12)$$

unde  $k = 60,3''$  este constanta refracției.

# Fenomene care modifică poziția astrilor pe cer

## Paralaxa diurnă

- ▶ *Paralaxa diurnă* este unghiul sub care se vede din astru raza Pământului.
- ▶ Fie  $z$  distanța zenitală topocentrică a astrului,  $z_0$  distanța zenitală geocentrică a astrului și  $p = z - z_0$  unghiul de paralaxă diurnă. Atunci are loc relația

$$\sin p = \frac{R_{\oplus}}{r_0} \sin z. \quad (13)$$

unde  $R_{\oplus}$  este raza Pământului.

- ▶  $p$  este maxim când astrul este la orizont  $\Rightarrow \sin p_0 = \frac{R_{\oplus}}{r_0}$ , unde  $p_0$  este paralaxa orizontală a astrului.



# Fenomene care modifică poziția astrilor pe cer

## Paralaxa trigonometrică

- ▶ *Paralaxa anuală* sau *trigonometrică*, notată  $\pi$  este unghiul sub care se vede din astru semi-axa mare a orbitei terestre.
- ▶ Are loc relația

$$\sin \pi = \frac{a}{r} \quad (14)$$

unde  $a$  este distanța medie Soare-Pământ, iar  $r$  distanța topocentrică a stelei.

- ▶ Distanța de la care semi-axa mare a orbitei terestre se vede sub un unghi de o secundă de arc este egală cu un *parsec* și

$$1 \text{ pc} = 206265 \text{ u.a.} = 3,08 \cdot 10^{16} \text{ m} = 3,26 \text{ a.l.} \quad (15)$$

unde *u.a.* este unitatea astronomică iar *a.l.* este distanța parcursă de un foton în vid într-un an tropic.

# Probleme

6. O stea circumpolară culminează superior la nord de Zenit la o distanță zenitală măsurată de  $17^{\circ} 14' 32''$ . La culminația inferioară distanța zenitală măsurată a stelei a fost  $67^{\circ} 29' 51''$ . Calculați declinația stelei și latitudinea observatorului ținând seama de refracție. Constanta refracției este egală cu  $60.3''$ .

# Probleme

7. Distanța zenitală aparentă măsurată a Lunii a fost egală cu  $43^{\circ}28'$ . Calculați distanța zenitală adevărată a Lunii aproximând paralaxa orizontală a Lunii cu  $60'$ . (Neglijați refracția astronomică.)
8. Un satelit geostaționar care se mișcă în planul ecuatorului terestru se află la o distanță de  $4.2 \cdot 10^4$  km de centrul Pământului. Calculați paralaxa orizontală a satelitului. Presupuneți că raza Pământului este  $6.38 \cdot 10^3$  km.

# Probleme

9. Aflați paralaxa unei stele aflate la i) 25 pc distanță, respectiv la ii) 94 ani lumină distanță.
10. Paralaxele a două stele sunt  $0.074''$ , respectiv  $0.047''$ . Cele două stele au aceeași ascensie dreaptă, declinațiile lor fiind  $62^\circ\text{N}$ , respectiv  $56^\circ\text{N}$ . Calculați distanțele de la Soare la cele două stele și distanța dintre ele. Exprimați distanțele cerute în parseci.