Astronomie
Timp
Fenomene care modifică poziţia aştrilor

Cristina Blaga

9 noiembrie 2021

Obiectivele seminarului

- Timp sideral şi timp solar mediu. Transformări de timp.
- Fenomene care modifică poziţia aştrilor pe bolta cerească: refacţia astronomică, aberaţia luminii şi paralaxa.

Timp

- *Timpul sideral*, notat θ, 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

$$t_a = H_\odot + 12^h\,. \tag{1}$$

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

Ecuaţia timpului

Diferenţa dintre timpul adevărat şi timpul solar mediu, notată cu η, se numeşte *ecuaţia timpului*:

$$\eta = t_a - t_m. \tag{2}$$

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 θ şi θ_0.
- Momentele de timp solar mediu corespunzătoare sunt notate t_m şi t_{m_0}.
- Dacă ştim momentul de timp solar mediu t_{m_0}, pentru a afla momentul de timp solar t_m, folosim relaţia

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

Timpul sideral la miezul nopţii

- La miezul nopţii, Soarele este la culminaţia inferioară şi 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 nopţii într-o localitate de longitudine L se poate aflǎ din

$$\theta_0 = \theta_{0\,Gr} - 9,856^s L \tag{4}$$

unde L se exprimă în ore şi fracţiuni de oră, cu semn plus pentru emisfera estică şi 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, θ, cu ajutorul relaţiei:

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

unde timpul solar mediu t_{m_0} şi timpul sideral corespunzător θ_0 sunt cunoscute.

Timpul şi longitudinea

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

$$t_A - t_B = L_A - L_B \tag{6}$$

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

Timpul solar mediu

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

$$t_m = H_\odot + 12^h + \eta \tag{7}$$

unde $H_\odot$ este unghiul orar al Soarelui măsurat din locul considerat, iar η ecuaţia timpului.

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

$$t_{m\,Gr} = t_m - L = H_\odot + 12^h + \eta - L, \tag{8}$$

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 şi fracţiuni de grad, este dat de formula

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

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

$$T = TU + 2^h \tag{10}$$

- Din ultimul sfârşit de săptămână din martie până în ultimul sfârşit de săptămână de octombrie se foloseşte *ora oficială de vară*

$$T = TU + 3^h\,. \tag{11}$$

Probleme

1. Să se afle timpul sideral local corespunzător momentului de timp solar mediu local $t_m = 18^h21^m41^s$, ştiind că timpul sideral mediu la Greenwich la 0^h TU este $\theta_{Gr} = 9^h35^m42,95^s$. Observaţiile se fac de la longitudinea vestică $L = 66^\circ38'28''$.
2. Din Cluj-Napoca s-a observat un satelit artificial al Pământului la ora legală $t = 17^h35^m43,2^s$. Care a fost momentul sideral al observaţiei, ştiind longitudinea observatorului $L_C = 1^h34^m23,46^s$ şi că timpul sideral la miezul nopţii la Greenwich a fost $1^h13^m32,6^s$.

Probleme

3. Calculaţi ora legală corespunzătoare momentului de timp solar adevărat 16^h05^m ştiind că ecuaţia 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. Calculaţi longitudinea localităţii Kazan ştiind că longitudinea Moscovei este 2^h30^m?

Probleme

5. De pe o corabie s-a observat culminaţia superioară a Soarelui la $8^h 23^m$ după un cronometru care indica timpul sideral Greenwich. Distanţa zenitală a Soarelui în acel moment a fost $z = 22^\circ 2'$. Să se găsească latitudinea şi longitudinea locului în care se găsea corabia, ştiind că la acel moment coordonatele ecuatoriale ale Soarelui au fost: $\alpha = 5^h 26^m$, $\delta = -18^\circ 25'$.

Fenomene care modifică poziţia aştrilor pe cer

Refracţia astronomică

- Datorită *refracţiei astronomice* astrul se vede mai sus decât este în realitate.
- Fie z distanţa zenitală a astrului şi z_0 distanţa zenitală măsurată (aparentă) a astrului. Atunci are loc relaţia

$$z = z_0 + k \cdot \mathrm{tg} z_0 \tag{12}$$

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

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

$$\sin p = \frac{R_\oplus}{r_0} \sin z. \tag{13}$$

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 poziţia aştrilor pe cer

Paralaxa trigonometrică

- *Paralaxa anuală* sau *trigonometrică*, notată π este unghiul sub care se vede din astru semiaxa mare a orbitei terestre.
- Are loc relaţia
$$\sin \pi = \frac{a}{r} \tag{14}$$
unde *a* este distanţa medie Soare-Pământ, iar *r* distanţa topocentrică a stelei.
- Distanţa de la care semiaxa mare a orbitei terestre se vede sub un unghi de o secundă de arc este egală cu un *parsec* şi
$$1\ pc = 206265\ u.a. = 3,08 \cdot 10^{16}\ m = 3,26\ a.l. \tag{15}$$
unde *u.a.* este unitatea astronomică iar *a.l.* este distanţa parcursă de un foton în vid într-un an tropic.

Probleme

6. O stea circumpolară culminează superior la nord de Zenit la o distanţă zenitală măsurată de $17^\circ\ 14'\ 32''$. La culminaţia inferioară distanţa zenitală măsurată a stelei a fost $67^\circ\ 29'\ 51''$. Calculaţi declinaţia stelei şi latitudinea observatorului ţinând seama de refracţie. Constanta refracţiei este egală cu $60.3''$.

Probleme

7. Distanta zenitală aparentă măsurată a Lunii a fost egală cu $43^\circ 28'$. Calculaţi distanţa zenitală adevărată a Lunii aproximând paralaxa orizontală a Lunii cu $60'$. (Neglijaţi refracţia astronomică.)
8. Un satelit geostaţionar care se mişcă în planul ecuatorului terestru se află la o distanţă de $4.2 \cdot 10^4$ km de centrul Pământului. Calculaţi paralaxa orizontală a satelitului. Presupuneţi că raza Pământului este $6.38 \cdot 10^3$ km.

Probleme

9. Aflaţi paralaxa unei stele aflate la i) 25 pc distanţă, respectiv la ii) 94 ani lumină distanţă.
10. Paralaxele a două stele sunt $0.074''$, respectiv $0.047''$. Cele două stele au aceeaşi ascensie dreaptă, declinaţiile lor fiind 62°N, respectiv 56°N. Calculaţi distanţele de la Soare la cele două stele şi distanţa dintre ele. Exprimaţi distanţele cerute în parseci.

SEM 4 — Prob 1

1. $A_h = 18^h 21^m 41^s$

$\theta_{0\,Gr} = 9^h 35^m 42{,}95^s$

$L = 66° 38' 28'' V$

$\theta = ?$

θ_0 - mom de timp sideral la long L când soarele trece la meridian la Greenwich $\Rightarrow t_{m_0 Gr} = 0^h$

$t_{m_0} - t_{m_0 Gr} = L - L_{Gr} \Rightarrow t_{m_0} = L = -4^h 26^m 33{,}9^s$

$\Delta t = t_m - t_{m_0} = 18^h 21^m 41^s + 4^h 26^m 33{,}9^s = 22^h 48^m 14{,}9^s = 22{,}804^h$

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

$\theta_0 - \theta_{0\,Gr} = L - L_{Gr} \quad L_{Gr} = 0^h$

$L = -66° 38' 28'' = -66{,}641° = -4{,}44^h = -4^h 26^m 33{,}9^s$

$\theta_0 = \theta_{0\,Gr} + L = 9^h 35^m 42{,}95^s - 4^h 26^m 33{,}9^s = 5^h 09^m 09{,}05^s$

2. Din Cluj-Napoca s-a observat un satelit artificial al Pământului la ora legală $t = 17^h35^m43,2^s$. Care a fost momentul sideral al observației, știind longitudinea observatorului $L_C = 1^h34^m23,46^s$ și că timpul sideral la miezul nopții la Greenwich a fost $1^h13^m32,6^s$.

$t = 17^h 35^m 43,2^s$

$L_C = 1^h 34^m 23,46^s$

$\theta_{0Gr} = 1^h 13^m 32,6^s$

$\theta = ?$

$$\boxed{\begin{aligned} &\theta_0 - \theta_{0Gr} = L - L_{Gr} \\ &\theta_0 = \theta_{Gr} + L \end{aligned}}$$

$\theta_0 = 2^h 47^m 55,52^s$

$\theta = \theta_0 + \frac{366,2422}{365,2422} (t - t_0)$

$t_0 - t_{0Gr} = L - L_{Gr}$

$t_0 = 1^h 34^m 23,46^s$

$\Delta t = t - t_0 = 16^h 1^m 20^s$

$\theta = 2^h + 47^m 55,52^s + \frac{366,2422}{365,2422} \cdot 16^h 1^m 20^s$

Ex4 Cand la Moscova este miezul zilei (12^h) la Kazan ceasul indică $12^h 46^m$. Calculați longitudinea localității Kazan știind că longitudinea Moscovei este $2^h 30^m$?

$L_{Moscova} = 2^h 30^m$

$t_{Moscova} = 12^h$

$t_{Kazan} = 12^h 46^m$

Ne folosim de formula $t_A - t_B = L_A - L_B$, unde:
A - Moscova, B - Kazan

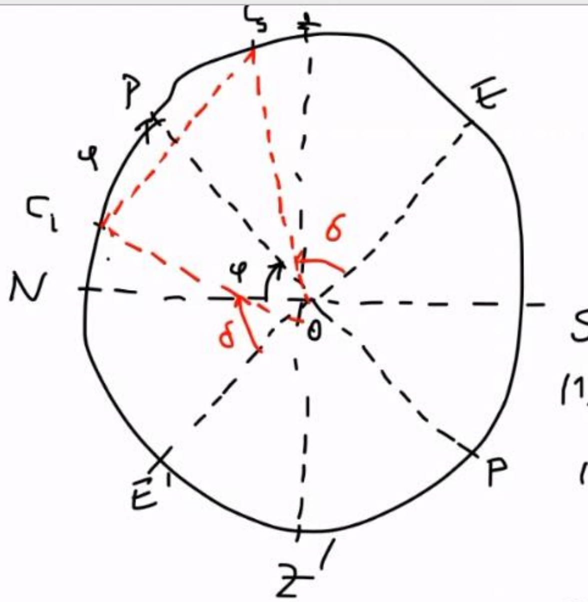
$\Rightarrow t_{Moscova} - t_{Kazan} = L_{Moscova} - L_{Kazan}$

$$\Rightarrow L_{Kazan} = t_{Kazan} - t_{Moscova} + L_{Moscova}$$

$$= 12^h 46^m - 12^h + 2^h 30^m = 0^h 46^m + 2^h 30^m$$

$$= 3^h 16^m > 0 \Rightarrow$$ Kazan se află în emisfera terestră Estică

SEM 4_Prob 6



$$z = z_0 + k \cdot tg\, z_0$$

$$z_{C_S} = m(\widehat{ZOC_S})$$

$$z_{C_I} = m(\widehat{ZOC_I})$$

$$z_{C_S} = z_{C_S0} + k\, tg(z_{S0})$$

(1) $$z_{C_I} = z_{C_I0} + k\, tg(z_{C_I0})$$

(2) $$m(\widehat{E'OC_I}) = m(\widehat{E'ON}) + m(\widehat{NOC_1})$$

(3) $$m(\widehat{NOC_1}) = 90^\circ - z_{C_I}$$

(4) $$m(\widehat{E'ON}) = 90^\circ - \varphi$$

(5) $$m(\widehat{E'OC_I}) = \delta$$

$$\Rightarrow \boxed{\delta = 90 - \varphi + 90 - z_{0C_I} - k\, tg\, z_{0C_I}} \quad (6)$$

$$m(\widehat{EOC_S}) = \delta$$

$$m(\widehat{EOC_S}) = m(EOZ) + m(\widehat{ZOC_S}) = \boxed{\varphi + z_{C_S0} + k\, tg\, z_{C_S0} = \delta} \quad (7)$$

CONT

$$\theta = \theta_0 + 22{,}867^h = 5^h\ 9^m\ 9{,}5^s +$$
$$22^h\ 51^m\ 59{,}7^s$$
$$\overline{28^h\ 01^m\ 09{,}2^s -}$$
$$\overline{24^h}$$
$$\boxed{\theta = 4^h\ 01^m\ 09{,}2^s}$$

MOLDOVAN CRISTIANA-ANDREEA
GRUPA 832

PROBLEMA 7

Distanța zenitală aparentă măsurată a Lunii a fost egală cu 43° 28'. Calculați distanța zenitală adevărată a Lunii aproximând paralaxa orizontală a Lunii cu 60'.

SOLUȚIE:

Datorită paralaxei orizontale, un observator suprafața Pământului vede Luna la o distanță zenitală mai mare decât o vede un observator din centrul Pământului.

Relația dintre distanța zenitală aparentă (Za) și cea geocentrică Z_0 este $Za = Z_0 + p$, unde paralaxa Lunii p este dată de $p = P \cdot \sin Za$ cu P paralaxa orizontală a Lunii și Za distanța zenitală a ei.

Înlocuim și obținem:

$$Z_0 = Za - P \cdot \sin Za = 42° \, 46.72'$$

RETEGAN MIHAI-GHEORGHE
gr. 832

Seminar

ex 9.

Aflati paralaxa unei stele aflate la:
i) 25 pc distanta
ii) 94 ani lumina distanta.

Notam cu π'' paralaxa stelei exprimate in secunde arc; $\pi'' = \frac{1}{d}$ unde d este distanta la stea exprimata in parseci.

i) $\pi'' = \frac{1}{25} = 0,04''$

ii) $94 \text{ a.l.} = \frac{94}{3,26} = 28,83$

$\pi'' = \frac{1}{28,83} = 0,034''$

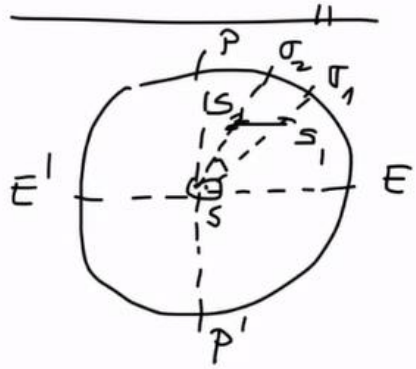
SEM 4 Prob 10

Pb 10. $d_1 = 0{,}074''$

$d_2 = 0{,}047''$

$\alpha_1 = \alpha_2 \quad \delta_1 = 52^\circ \quad \delta_2 = 56^\circ$

$d_{\odot - \Lambda_1},\ d_{\odot - \Lambda_2},\ d_{S_1 S_2}$



$d_{\odot - \Lambda_1} = \frac{1}{d_1} = SS_1$

$d_{\odot - \Lambda_2} = \frac{1}{d_2} = SS_2$

$S_1 S_2^2 =$

8.

$d = 4.2 \times 10^4$ Km   distanța centru planetă → satelit

$R = 6.38 \times 10^3$ Km   raza planetei

$\sin p_0 = \dfrac{R}{r_0}$ $tg\, p_0 = \dfrac{R}{d} \Rightarrow tg\, p_0 = \dfrac{\cancel{6.38 \cdot 10^3}}{\dfrac{\cancel{4.2 \times 10^4}}{\cancel{6.38 \times 10^3}}}$ ... $\dfrac{6.38 \times 10^3}{4.2 \times 10^4}$

paralaxa orizontală

$tg\, p_0 = \dfrac{6380}{42\,000} = 0.1519 \Rightarrow$ ~~arctan(p0)~~ $\Rightarrow$

$\arctan(0.1519) = 8.63^\circ$