



Univerza v Mariboru

Filozofska fakulteta

Oddelek za geografijo

Igor Žiberna

Praktikum iz Planetarne geografije



Maribor 2021

Igor Žibera

Praktikum iz Planetarne geografije

Maribor 2021

Praktikum iz Planetarne geografije je namenjen študentom geografije na FF UM kot študijsko gradivo pri predmetu Planetarna geografija.

Praktikum iz Planetarne geografije je namenjen poglobitvi in razširitvi znanj pri predmetu Planetarna geografija, ki se predava na Oddelku za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Mariboru. Avtor predpostavlja, da je uporabnik publikacije osvojil potrebna teoretična znanja pri tem predmetu, ki jih v Praktikumumu ne ponavljam.

Poglavje	Stran
1. vaja: Položaj Zemlje na njeni orbiti okoli Sonca	7
2. vaja: Navidezne poti Sonca po nebesni sferi na dani geografski širini in na dani datum	8
3. vaja: Računanje vpadnega kota Sončevih žarkov v času zgornje kulmnacije na pobočje z danim naklonom	15
4. vaja: Meja osvetljenosti in dolžina dneva	16
5. vaja: Računanje časa vzida in zaida Sonca	18
6. vaja: Računanje vpadnega kota Sončevih žarkov na pobočje	21
7. vaja: Računanje krajevnega časa na osnovi geografske dolžine	23
8. vaja: Daljava razgleda in globina obzorja	24
9. vaja	26
10. vaja	27
11. vaja: Orientacija na nebu in delo z vrtljivo zvezno karto	28
12. vaja: Določanje geografske širine s pomočjo višine Sonca, s pomočjo zvezde Severnice in s pomočjo zgornje kulminacije izbranih zvezd in določanje krajevnega poldnevnika	41
13. vaja: Rotacija Zemlje in merjenje časa s pomočjo sončnih ur	50
Viri in literatura	62
Priloge	63

1. vaja: Položaj Zemlje na njeni orbiti okoli Sonca

Nariši položaje Zemlje na njeni poti okoli Sonca v času kardinalnih datumov. Na sliki naj bodo vrisani tudi apsidna, solsticijska in ekvinoškijska linija

Nariši tudi položaj Zemlje na njeni poti okoli Sonca na dan 3.5.

Po 2. Keplerjevem zakonu se hitrost gibanja Zemlje okoli Sonca spreminja v skladu z Newtonovim zakonom gravitacije. Zaradi Zemljine eliptične orbite okoli Sonca je Zemlja v začetku leta najbližje Soncu (v priončju ali periheliju), v začetku julija pa je od njega najbolj oddaljena (v odsončju ali afeliju). Posledica tega so tudi razlike v trajanju posameznih letnih časov. V našem primeru bomo privzeli, da je hitrost gibanje Zemlje okoli Sonca konstantna.

Narišemo elipso, v katero vrišemo apsidno linijo. Na njej prostoročno izberemo eno od gorišč elipse in skozi njo narišemo še solsticijsko linijo. Ta se zaradi precesije pomladšča ni identična z apsidno linijo, pač pa jo seka pod kotom 13° . Pravokotno na solsticijsko linijo skozi gorišče narišemo še ekvinoškijsko linijo. Presečišča Zemljine orbite (elipse) s solsticijsko oziroma ekvinoškijsko linijo določa položaje Zemlje ob kardinalnih datumih (oba ekvinoškija in oba solsticija).

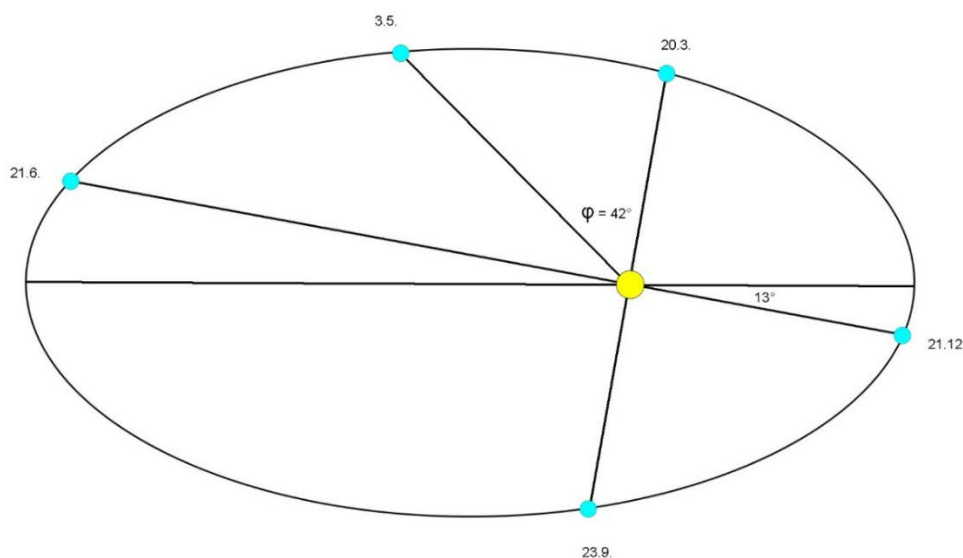
Izračunajmo in narišimo še položaj Zemlje na dan 3. 5. Za izhodišče vzemimo pomladansko enakonočje. Seštejemo dneve med 21. marcem in 3. majem (ta dan ne upoštevamo več). Kot med ekvinoškijsko linojo in krakom med Soncem in položajem Zemlje na dan 3.5. izračunamo po sklepnem izračunu: če se med začetkom pomladi in začetkom poletja (kot med ekvinoškijsko in solsticijsko linijo) spremeni za 90° , se v 44 dnevih (dnevi med 20. marcem in začetkom 3. maja) spremeni za vrednost α . Iz tega sledi, da je

$$93 \text{ dni} \dots\dots\dots 90^\circ$$

$$43 \text{ dni} \dots\dots\dots \alpha$$

$$\alpha = \frac{43 \text{ dni} \times 90^\circ}{93 \text{ dni}} = 41,6^\circ \approx 42^\circ$$

Rešitev:



Slika 1: Položaji Zemlje na njeni orbiti okoli Sonca ob izbranih datumih.

2. vaja: Navidezne poti Sonca po nebesni sferi na dani geografski širini in na dani datum

Vaja 2.1

Nariši navidezno pot Sonca po nebesni sferi v času obeh ekvinokcijev in solsticijev ter na dan 1.11. na 45° severne geografske širine. Na skici naj bodo jasno označeni nebesna sfera, horizont, smeri neba, zenit in nadir ter vsa vzhodišča in zahodišča.

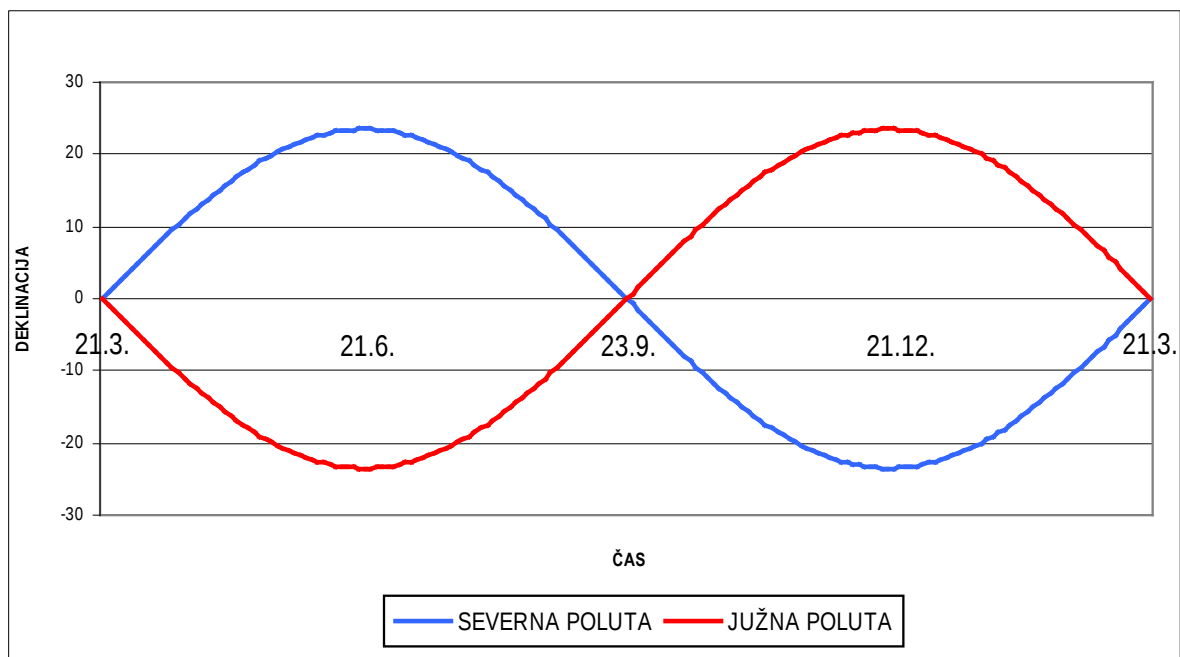
Pri nalogi bomo potrebovali splošno formulo za računanje višine Sonca v času zgornje kulminacije Sonca na dani datum in dani geografski širini

$$h=90^{\circ}-\phi\pm\delta$$

Pri tem pomenijo:

- h - višina Sonca
- ϕ - geografska širina kraja
- δ - deklinacija na dani datum.

Deklinacija je odvisna od datuma. Upoštevajmo spreminjanje deklinacije med letom;



Slika 2: Spreminjanje deklinacije med letom.

Izračun višine Sonca v času kardinalnih datumov:

Spomladanski in jesenski ekvinokcij (21.3. in 23.9.):

$$h = 90^\circ - 45^\circ + 0^\circ = \underline{45^\circ}$$

Poletni solsticij (21.6.):

$$h = 90^\circ - 45^\circ + 23,5^\circ = \underline{68,5^\circ}$$

Zimski solsticij (21.12.):

$$h = 90^\circ - 45^\circ - 23,5^\circ = \underline{21,5^\circ}$$

Izračun višine Sonca na dan 1.11.:

Najprej izračunamo vrednost deklinacije na ta dan, nato je postopek enak kot zgoraj:

1. november:

Število dni od 21.3.: 225 dni

Časovni kot na dan 1.11.: 365 dni 360°

225 dni t°

$$t = \frac{225 \text{ dni} \cdot 360^\circ}{365 \text{ dni}} = 221,92^\circ$$

Vrednost deklinacije na dan 1.11.: $\delta = 23,5^\circ \sin(t) = 23,5^\circ \sin(221,92^\circ)$

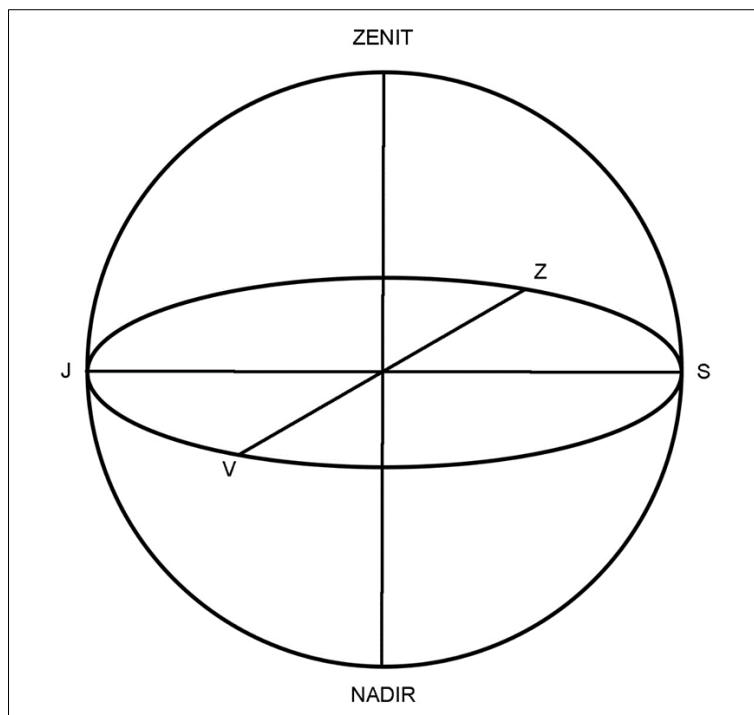
$\delta = 23,5^\circ (-0,6681)$

$\delta = -15,7^\circ$

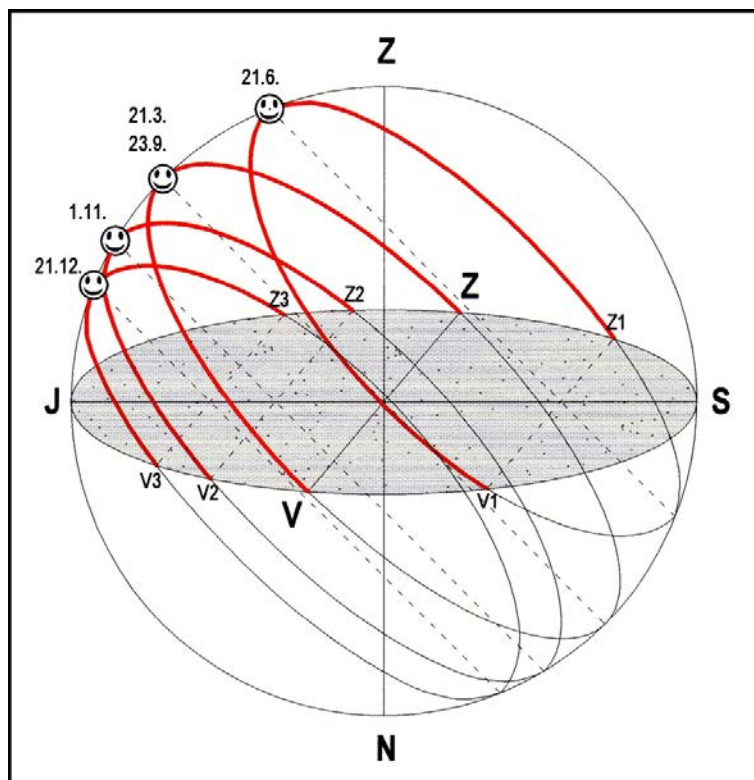
$$h = 90^\circ - 45^\circ - 15,7^\circ = \underline{29,3^\circ}$$

Rešitve še vnesemo v sliko. Najprej narišemo osnovno podlago z nebesno sfero in matematičnim obzorjem ter smermi neba.

Osnovna skica:



Slika 3: Osnovna skica z vrisanimi navideznimi potmi Sonca.



Slika 4: Rešitev 2. vaje – prikaz poti Sonca preko nebesne sfere.

Še dve inačici 2. vaje:

Vaja 2.2: Na kateri geografski širini je Sonce na dan 20.4. v zgornji kulminaciji na višini 35°?

$$h=35^{\circ}$$

20.4. -> 30 dni od pomladanskega ekvinokcija

Koliko je možnih rešitev?

Dve. Na vsaki poluti ena.

Izračun deklinacije za dan 20.4.

$$365 \text{ dni} \dots 360^{\circ}$$

$$\underline{30 \text{ dni} \dots t}$$

$$t = \frac{30 \text{ dni} \cdot 360^{\circ}}{365 \text{ dni}} = 29,6^{\circ}$$

$$\delta = 23,5^{\circ} \sin(t)$$

$$\delta_{\text{SP}} = 23,5 \sin 29,6^{\circ} = 11,6^{\circ}$$

$$\delta_{\text{JP}} = -23,5 \sin 29,6^{\circ} = -11,6^{\circ}$$

Še izračun obeh geografskih širin:

$$h = 90^{\circ} - \phi + \delta \Rightarrow \phi = 90^{\circ} - h + \delta$$

$$\phi_{\text{SP}} = 90^{\circ} - 35^{\circ} + 11,6^{\circ} = 66,6^{\circ} \text{ s.g.š.}$$

$$\phi_{\text{JP}} = 90^{\circ} - 35^{\circ} - 11,6^{\circ} = 43,4^{\circ} \text{ j.g.š.}$$

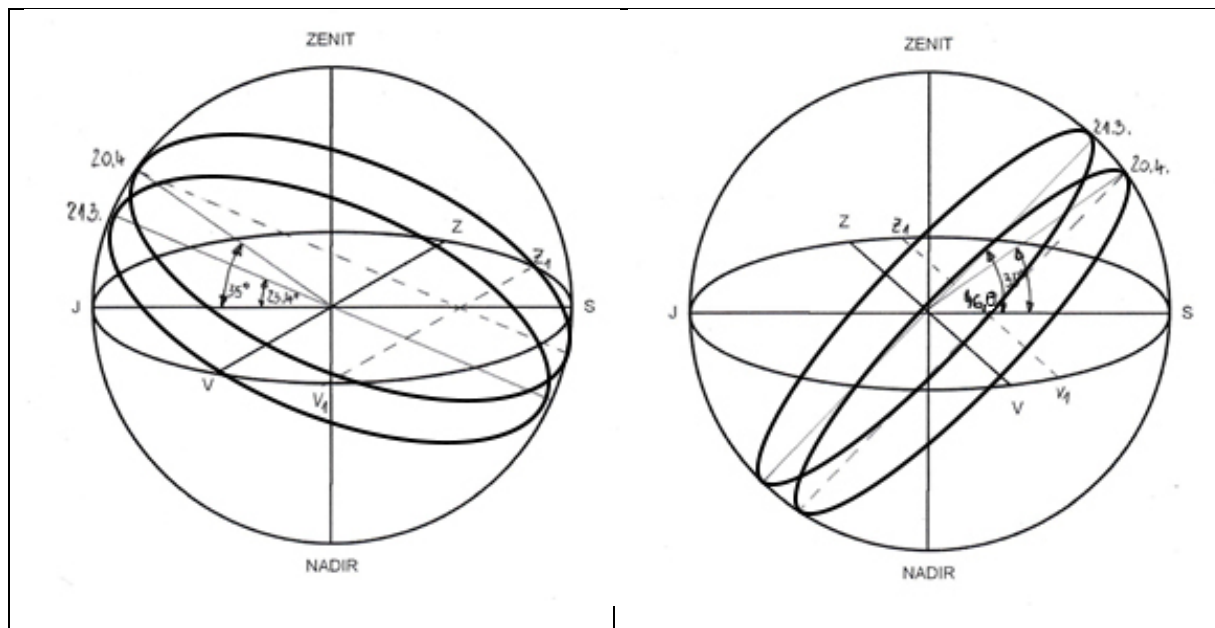
Za lažje risanje navidenzne poti Sonca na dani datum bo nujno, če najprej narišemo navidezno pot Sonca na dan ekvinokcija.

$$\text{Višina Sonca v zgornji kulminaciji na dan ekvinokcija na } 66,6^{\circ} \text{ s.g.š.: } h_{21.3.} = 90^{\circ} - 66,6^{\circ} + 0^{\circ} = 23,4^{\circ}$$

$$\text{Višina Sonca v zgornji kulminaciji na dan ekvinokcija na } 43,4^{\circ} \text{ j.g.š.: } h_{21.3.} = 90^{\circ} - 43,4^{\circ} + 0^{\circ} = 46,6^{\circ}$$

Severna poluta

Južna poluta



Slika 5: Rešitev Vaje 2.2.

Vaja 2.3: Kdaj je Sonce na 50° s.g.š. v času zgornje kulminacije na višini 30° ?

$$\phi = 50^\circ \text{ s.g.š.}$$

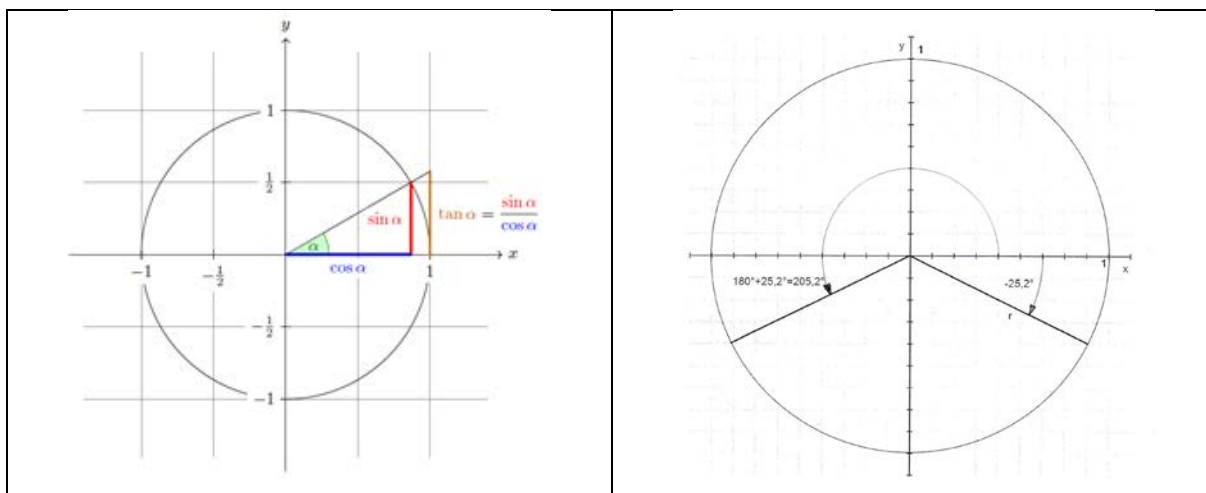
$$h = 30^\circ$$

Iz znanih podatkov izračunamo deklinacijo, v kateri se skriva podatek o datumu:

$$h = 90^\circ - \phi + \delta \Rightarrow \delta = h - 90^\circ - \phi$$

$$\delta = 30^\circ - 90^\circ + 50^\circ = -10^\circ$$

$$\delta = 23,5^\circ \cdot \sin(t) \Rightarrow \sin(t) = \frac{\delta}{23,5^\circ} \Rightarrow t = \arcsin \frac{\delta}{23,5^\circ} = \arcsin \frac{-10^\circ}{23,5^\circ} = -25,2^\circ$$



Slika 6: Pri računanju datumov upoštevajmo, da v tem primeru obstajata dve rešitvi (sinus časovnega kota je enak pri dveh komplementarnih kotih).

$$\text{Datum 1: } t_1 = -25,2^\circ = 360^\circ - 25,2^\circ = 334,8^\circ$$

$$\text{Datum 2: } t_2 = 180^\circ + 25,2^\circ = 205,2^\circ$$

Datum 1:

$$365 \text{ dni} \dots 360^\circ$$

$$T_1 \dots 334,8^\circ$$

$$T_1 = \frac{365 \text{ dni} \cdot 334,8^\circ}{360^\circ} = 339,45 \text{ dni} \approx 339 \text{ dni}$$

21.3. prištejemo 339 dni. Rešitev je en dan kasneje (23.2.)

Datum 2:

365 dni 360°
T₁ 334,8°

$$T_1 = \frac{365 \text{ dni} \cdot 205,2^\circ}{360^\circ} = 208,05 \text{ dni} \approx 208 \text{ dni}$$

21.3. prištejemo 208 dni. Rešitev je en dan kasneje (15.10.)

3. vaja: Računanje vpadnega kota Sončevih žarkov v času zgornje kulminacije na pobočje z danim naklonom

Izračunaj vpadni kot Sončevih žarkov v času zgornje kulminacije Sonca na dan 21.3. na južno pobočje z naklonom 20° .

Vpadni kot Sončevih žarkov na ravno ploskev:

$$h = 90^\circ - \phi + \delta$$

$$h = 90^\circ - 45^\circ + 0^\circ$$

$$h = 45^\circ$$

V času zgornje kulminacije Sonca se na severni poluti na južnih (prisojnih) pobočjih vpadni kot poveča z vsako stopinjo povečanja naklona, na severnih (osojnih) pobočjih pa zmanjša z vsako stopinjo povečanja naklona.

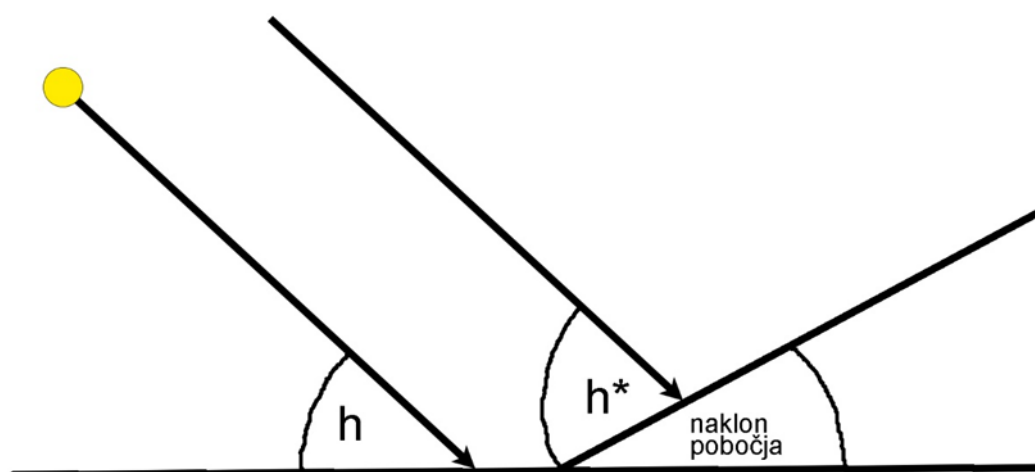
Vpadni kot Sončevih žarkov v času zgornje kulminacije Sonca na južno pobočje z naklonom 20° :

$$h = 90^\circ - \phi + \delta$$

$$h = 90^\circ - 45^\circ + 0^\circ$$

$$h = 45^\circ$$

$$h^* = h + 20^\circ = 65^\circ$$



Slika 7: Vpadni kot Sončevih žarkov na ravno i(h) n nagnjeno ploskev (h*). h* je odvisen od naklona pobočja..

4. vaja: Meja osvetljenosti in dolžina dneva

Vaja 3.a:

Nariši mejo osvetljenosti na Zemlji na dan 1.11. Na sliki vriši vzporednik, na katerega padajo na omenjen datum Sončevi žarki pravokotno, smer Sončevih žarkov, vzporednika, ki določata mejo polarnega dne in noči, mejo osvetljenosti ter mejo astronomskega mraka.

Izračunaj tudi dolžino dneva in noči za Maribor, ki leži na 46,5° s.g.š.

Potrebni obrazci:

1. Vzporednik, na katerega padajo Sončevi žarki pravokotno

$$\phi = \delta$$

2. Vzporednik, ki določa mejo polarnega dneva oziroma polarne noči

$$\varphi_{PD} = 90^\circ - |\delta|$$

$$\varphi_{PN} = 90^\circ - |\delta|$$

3. Vzporednik, ki določa mejo astronomskega mraka

$$\varphi_{AM} = 90^\circ - \delta - 18^\circ$$

4. Dolžina dneva

$$T_d[^\circ] = 2 \arccos(-\tan \varphi \tan \delta)$$

$$T_d[h] = (T_d[^\circ] \cdot 24^h) / 360^\circ$$

$$T_n = 24 - T_d$$

Izračun:

- a. Vzporednik, na katerega padajo Sončevi žarki pravokotno

$$1.11. \rightarrow \delta = \pm 15,7^\circ$$

Na dan 1. 11. padajo Sončevi žarki pravokotno na območje južne polute (nekje med ekvatorjem in južnim povratnikom)

$$\phi = \delta = 15,7^\circ \text{ j.g.š.}$$

- b. Smer Sončevih žarkov (glej sliko)

- c. Vzporednika, ki določata mejo polarnega dne in noči

Polarni dan se novembra nahaja na južni poluti, polarna noč pa na severni poluti.

$$\varphi_{PD} = 90^\circ - |\delta| = 90^\circ - 15,7^\circ = 74,3^\circ \text{ j.g.š.}$$

$$\varphi_{PN} = 90^\circ - |\delta| = 90^\circ - 15,7^\circ = 74,3^\circ \text{ s.g.š.}$$

(glej sliko)

- d. Meja osvetljenosti (glej sliko)

e. Meja astronomskega mraka

Območje z mrakom se nahaja na neosvetljeni polovici Zemlje.

$$\varphi_{AM,SP} = 90^\circ - \delta - 18^\circ = 90^\circ - (-15,7^\circ) - 18^\circ = 87,7^\circ \text{ s.g.š.}$$

$$\varphi_{AM,JP} = 90^\circ - \delta - 18^\circ = 90^\circ - (+15,7^\circ) - 18^\circ = 56,3^\circ \text{ j.g.š.}$$

(glej sliko)

f. Dolžina dneva na dan 1.11. na geografski širini $\phi = 46,5^\circ$ s.g.š.

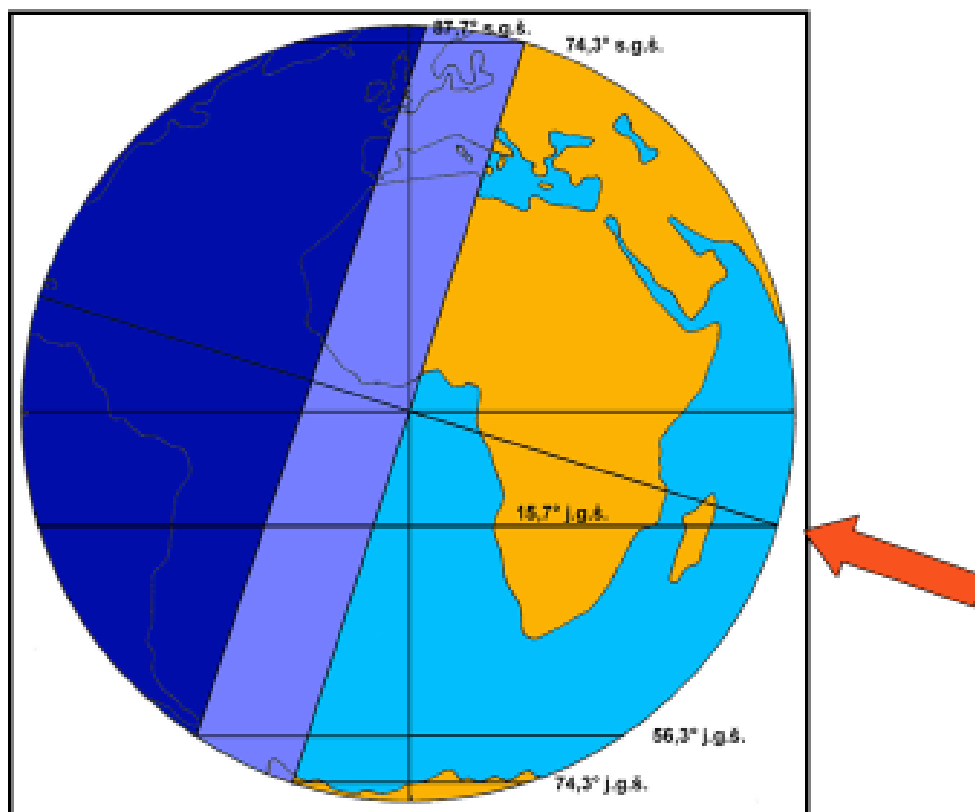
$$T_d[^\circ] = 2 \arccos (-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta)$$

$$T_d[^\circ] = 2 \arccos (-\operatorname{tg} 46,5^\circ \cdot \operatorname{tg} -15,7^\circ) = 2 \arccos 0,2962 = 2 \cdot 72,7702^\circ = 145,5404^\circ$$

$$\begin{array}{l} 360^\circ \dots\dots\dots 24^h \\ 145,5404^\circ \dots\dots T_d[h] \end{array}$$

$$T_d[h] = (145,5404^\circ \cdot 24^h) / 360^\circ = 9,7027^h = 9^h 42^m 9,7^s$$

$$T_n[h] = 24^h - T_d[h] = 24^h - 9,7027^h = 14,2973^h = 14^h 17^m 50,3^s$$



Slika 8: Rešitev 4. vaje. Za risanje slike uporabite grafično podlago v Prilogah.

5. vaja: Računanje časa vzida in zaida Sonca

Izračunaj čas vzida in zaida Sonca na dan 10.5. na $46,5^\circ$ s.g.š. Časovna enačba (η) je $+3^m35^s$.

a. Izračun deklinacije

10.5. $\rightarrow 11+30+9=50$ dni

$$\begin{array}{l} 365 \text{ dni} \dots\dots\dots 360^\circ \\ 50 \text{ dni} \dots\dots\dots t \end{array}$$

$$t = (50 \text{ dni} \cdot 360^\circ) / 365 \text{ dni} = 49,3^\circ$$

$$\delta = 23,5 \cdot \sin 49,3^\circ = 17,8^\circ$$

b. Izračun časa zgornje kulminacije

$$T_k = 12^h - \eta = 12^h - 0^h3^m35^s = 11^h56^m25^s = 11,9402^h$$

c. Izračun urnega kota α

$$\cos \alpha = \frac{-0,0148 - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta} = \frac{-0,0148 - \sin 46,5^\circ \cdot \sin 17,8^\circ}{\cos 46,5^\circ \cdot \cos 17,8^\circ} = \frac{-0,2365}{0,6554} = -0,3608$$

$$\alpha = \arccos(-0,3608) = 111,1493^\circ$$

Urni kot spremenimo iz stopinj v ure:

$$\begin{array}{l} 360^\circ \dots\dots\dots 24^h \\ 111,1493^\circ \dots\dots\dots T \end{array}$$

$$T = (111,1493^\circ \cdot 24^h) / 360^\circ = 7,4099^h$$

d. Izračun časa vzida in zaida Sonca

$$T_v = T_k - T = 11,9402^h - 7,4099^h = 4,5303^h = 4^h31^m49,08^s$$

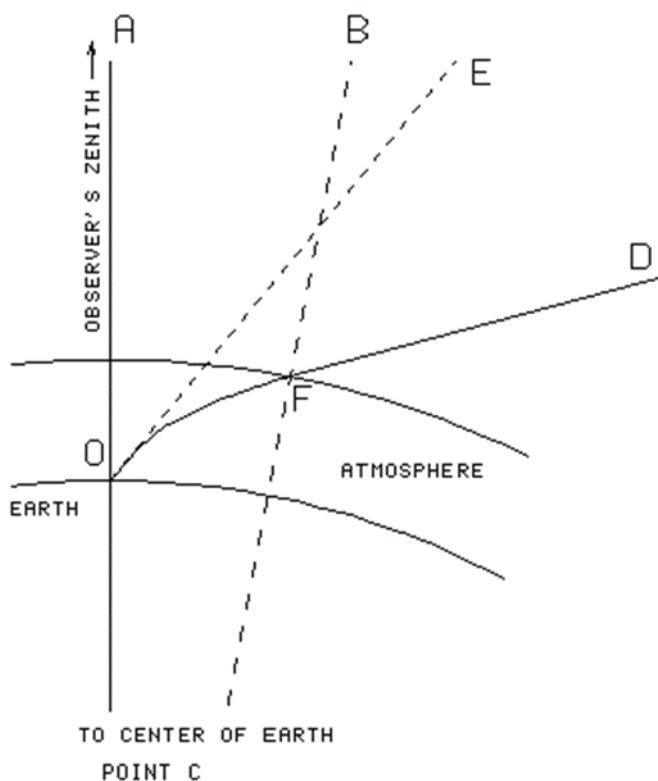
$$T_z = T_k + T = 11,9402^h + 7,4099^h = 19,3501^h = 19^h21^m0,36^s$$

Še pojasnilo glede konstantev izračunu urnega kota α . Konstanta v števcu (-0,0148) združuje vplive atmosferske refrakcije in dejstva, da Sonce vidimo ne kot točkasto svetilo, pač pa pod zornim kotom okoli 32'. Refrakcija ρ na horizontu znaša 35', polmer zornega kota Sonca r pa 16' (32':2=16'). Vrednost z je zenitni kot (kot med zenitom in objektom ($z+h=90^\circ$)). $\cos(90^\circ+0^\circ35'+0^\circ16')=\cos 90^\circ51'=-0,0148$

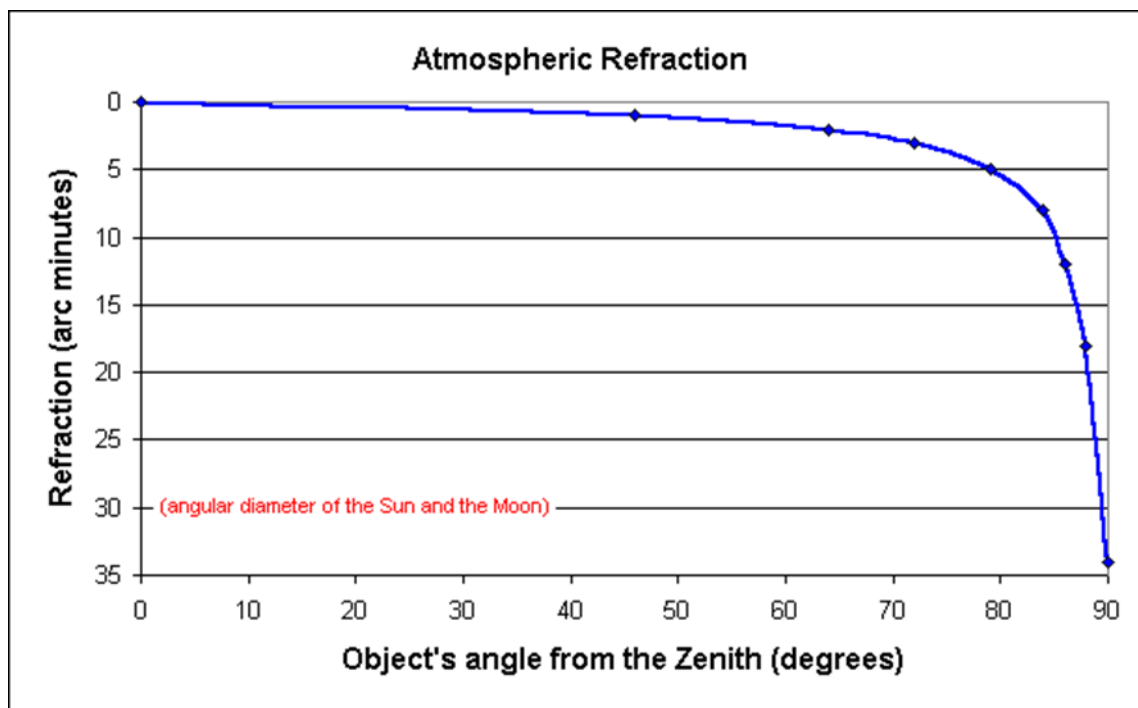
$$\cos \alpha = \frac{\cos(z+\rho+r) - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta}$$

$$\cos \alpha = \frac{-0,0148 - \sin \varphi \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta}$$

Atmosferska refrakcija nastane zaradi ukrivljanja sončevih žarkov pri prehodu skozi različno goste plasti atmosfere in vpliva na to, da predvsem objekte na nebu v bližini horizonta vidimo višje, kot v resnici so.



Slika 9: Zaradi prehoda Sončeve svetlobe skozi različno goste plasti Zemljine atmosfere prihaja do uklona svetlobe.



Slika 10: Koeficient refrakcije je odvisen od zenitnega kota Sonca. Zenitni kot je kot med pravokotnico na podlago in smerjo Sončevih žarkov. Ko je Sonce v zenitu, je zenitni kot 0° , ko je težišče Sončeve ploskve točno na matematičnem obzorju, pa je zenitni kot 90° .



Slika 11: Zaradi refrakcije je Sonce ob vzidu ali zaidu videti sploščeno. (Foto: Igor Žiberna, 2016)

6. vaja: Računanje vpadnega kota Sončevih žarkov na pobočje

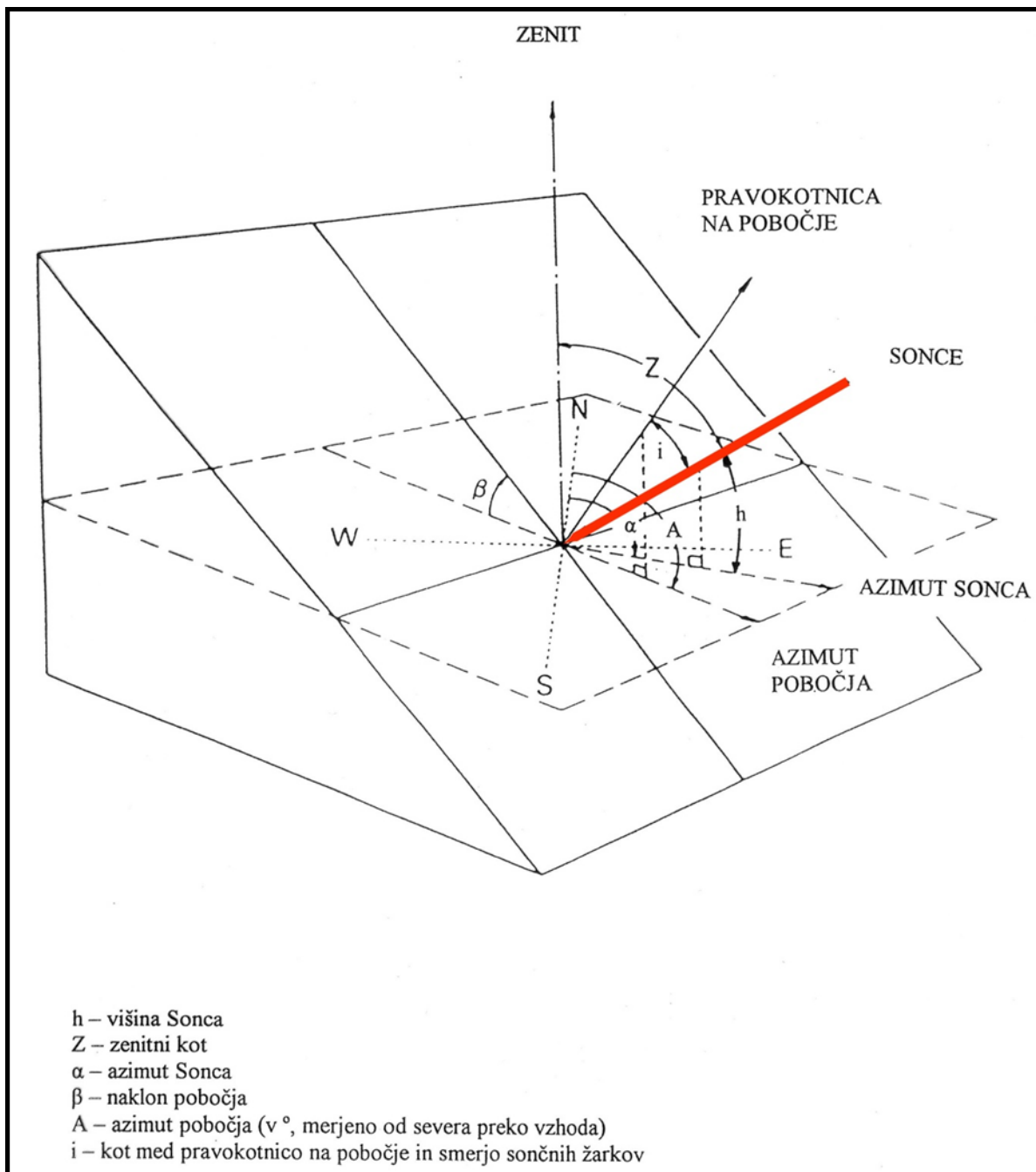
Izračunaj vpadni kot Sončevih žarkov dne 10.8. ob 10:30 na $46,5^\circ$ s.g.š. na jugovzhodno pobočje z naklonom 10° .

$\varphi = 46,5^\circ$ s.g.š.

naklon pobočja $\beta = 10^\circ$

azimut pobočja $A = 135^\circ$

urni kot $t = 15^\circ \cdot (10,5^h - 12^h) = -22,5^\circ$



Slika 12: Geometrija vpadnega kota sončnih žarkov in relevantni elementi, od katerih je vpadni kot odvisen.

a. Izračun deklinacije

10.8. -> 11+30+31+30+31+9=142 dni

$$\begin{array}{l} 365 \text{ dni} \dots\dots\dots 360^\circ \\ \underline{142 \text{ dni} \dots\dots\dots T} \end{array}$$

$$T = (142 \text{ dni} \cdot 360^\circ) / 365 \text{ dni} = 140,1^\circ$$

$$\delta = 23,5^\circ \cdot \sin 140,1^\circ = 15,1^\circ$$

b. Izračun višinskega kota Sonca

$$\begin{aligned} \sin h &= \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos t = \\ \sin 15,1^\circ \cdot \sin 46,5^\circ + \cos 15,1^\circ \cdot \cos 46,5^\circ \cdot \cos -22,5^\circ &= \\ 0,1890 + 0,6140 &= 0,803 \end{aligned}$$

$$h = \arcsin 0,803 = 53,4^\circ$$

c. Izračun azimuta Sonca

$$\begin{aligned} \alpha &= \arccos \frac{\sin 15,1^\circ \cdot \cos 46,5^\circ - \cos 15,1^\circ \cdot \sin 46,5^\circ \cdot \cos -22,5^\circ}{\sin (90^\circ - 53,4^\circ)} = \\ \arccos \frac{0,1793 - 0,6470}{0,5962} &= \arccos \frac{-0,4677}{0,5962} = \arccos -0,7892 = 142,1^\circ \end{aligned}$$

d. Izračun vpadnega kota Sončevih žarkov

$$\begin{aligned} \cos i &= \cos 10^\circ \cdot \sin 53,4^\circ + \sin 10^\circ \cdot \cos 53,4^\circ \cdot \cos (142,1^\circ - 135^\circ) = \\ 0,9848 \cdot 0,8028 + 0,1736 \cdot 0,5962 \cdot 0,9923 &= \\ 0,7906 + 0,1027 &= 0,8933 \Rightarrow \\ \Rightarrow i &= \arccos 0,8933 = 26,7^\circ \end{aligned}$$

$$i^* = 90^\circ - i = 90^\circ - 26,7^\circ = 63,3^\circ$$

7. vaja: Računanje krajevnega časa na osnovi geografske dolžine

Pince, JV od Lendave, se nahajajo na $16^{\circ}31'32''$ v.g.d., Bovec pa na $13^{\circ}33'08''$ v.g.d. Izračunaj razliko krajevnih in pasovnih časov med obema krajema. Kdaj po krajevem času časa vzhaja Sonce v Pincih, če vzhaja v Bovcu ob 6^h30^m ? Ali je možno, da kdaj v letu Sonce po krajevem času vzhaja v Pincih in Bovcu istočasno? Kaj pa po pasovnem času?

Za koliko se krajevni čas v Mariboru z $15^{\circ}38'43''$ v.g.d. razlikuje od pasovnega časa?

Pince: $\lambda = 16^{\circ}31'32''$ v.g.d. = $16,5255^{\circ}$ v.g.d.

Bovec: $\lambda = 13^{\circ}33'08''$ v.g.d. = $13,5522^{\circ}$ v.g.d.

$$\Delta\lambda = 2,9733^{\circ}$$

$$\begin{array}{l} 15^{\circ} \text{ g.d.} \dots\dots\dots 1^h \\ \underline{2,9733^{\circ} \text{ g.d.} \dots\dots\dots \Delta T} \end{array}$$

$$\Delta T = (2,9733^{\circ} \cdot 1^h) / 15^{\circ} = 0,1982^h = 0^h11^m53,52^s$$

Razlika v krajevem času med Bovcem in Pincami je $0^h11^m53,52^s$.

Pri določanju časovne razlike med obema krajema v pasovnem času upoštevajte, kako je definiran pasovni čas!

Ker Pince ležijo vzhodneje od Bovca, tam Sonce prej vzide (kulminira, zaide):

$$\text{Pince: } T_v = 6,5^h - 0,1982^h = 6,3018^h = 6^h18^m6,48^s$$

Zakaj Sonce povsod na Zemlji ne vzhaja istočasno. Od katere geografske koordinate je odvisen čas vzida (kulminacije, zaida) Sonca?

$$\text{Maribor: } \lambda = 15^{\circ}38'43'' \text{ v.g.d.} = 15,6445^{\circ} \text{ v.g.d.}$$

Razlika med osrednjim poldnevnikom in geografsko dolžino Maribora:

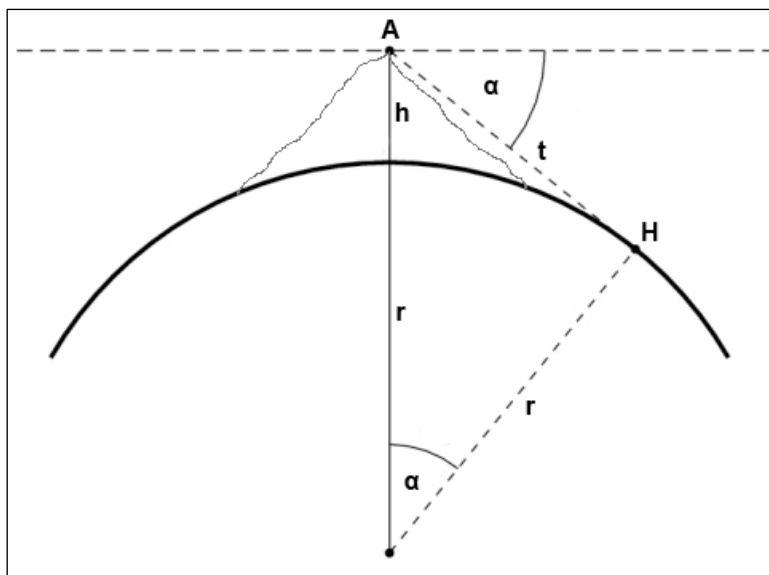
$$\Delta\lambda = 15^{\circ} \text{ v.g.d.} - 15,6445^{\circ} \text{ v.g.d.} = -0,6445^{\circ}$$

$$\begin{array}{l} 15^{\circ} \text{ g.d.} \dots\dots\dots 1^h \\ \underline{-0,6445^{\circ} \text{ g.d.} \dots\dots\dots \Delta T} \end{array}$$

$$\Delta T = (\underline{-0,6445^{\circ}} \cdot 1^h) / 15^{\circ} = -0,0430^h = -0^h2^m34,68^s$$

8. vaja: Daljava razgleda in globina obzorja

Izračunaj daljavo razgleda in globino obzorja s Kapele v Radgonsko-Kapelskih goricah z nadmorsko višino 312 m. Upoštevaj tudi terestrično refrakcijo.



Slika 13: Pomen oznak pri računanju daljave razgleda in globine obzorja

A – vrh vzpetine, s katere določamo daljavo razgleda in globino obzorja

h – nadmorska višina vzpetine

r – polmer Zemlje (6378 km)

t – daljava razgleda

α – globina obzorja ($^{\circ}$)

a. Računanje daljave obzorja

$$t^2 + r^2 = (r + h)^2$$

$$t^2 + r^2 = r^2 + 2rh + h^2$$

$$t^2 = 2rh + h^2$$

$$t = \sqrt{h(2r+h)}$$

$$t = \sqrt{0,312 \text{ km} \cdot (2 \cdot 6378 \text{ km} + 0,312 \text{ km})}$$

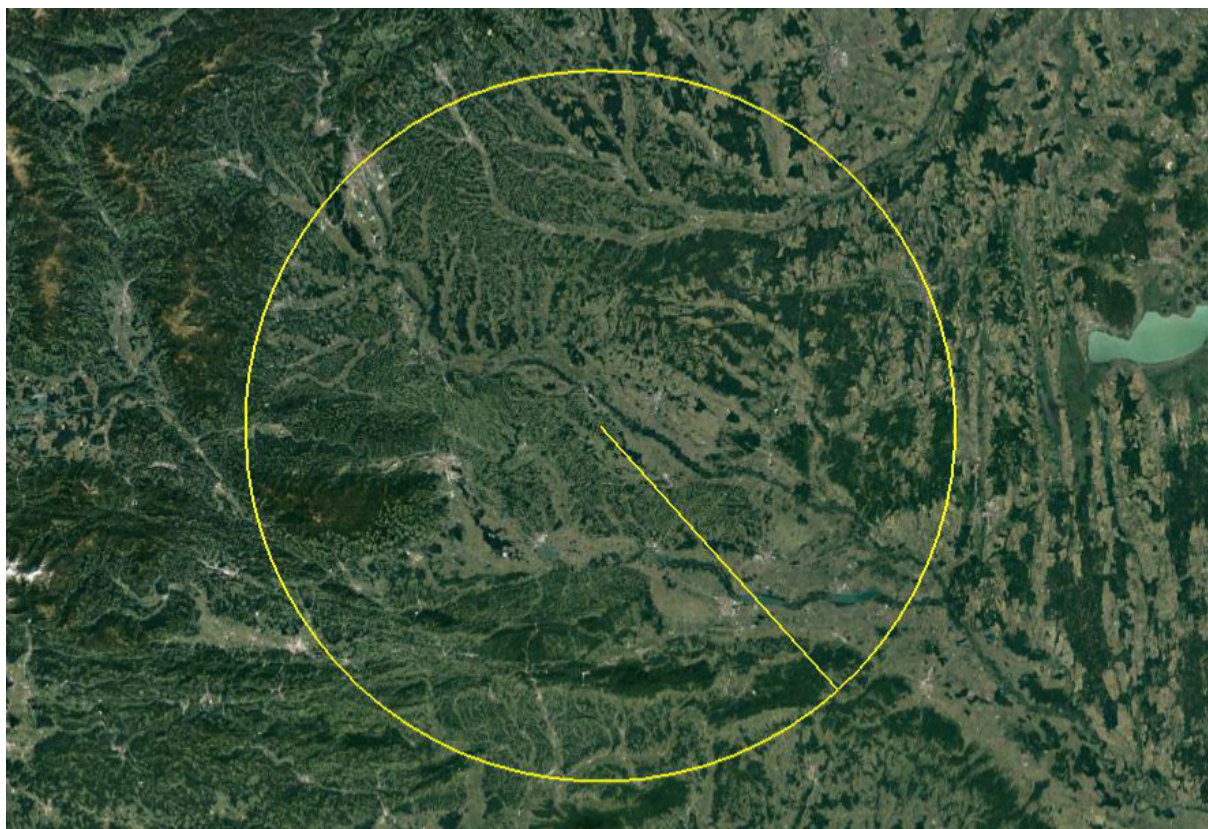
$$t = \sqrt{0,312 \text{ km} \cdot 12756,312 \text{ km}}$$

$$t = \sqrt{3979,969 \text{ km}^2} = 63,086 \text{ km}$$

Pri računanju daljave obzorja moramo upoštevati še terestrično refrakcijo, ki je povezana z ukrivljenjem svetlobe pri prehodu skozi različno debele plasti tropopavze. Zaradi pojava terestrične refrakcije vidimo dejansko nekoliko dlje kot sicer. Izračun koeficienta terestrične refrakcije je v konkretnem primeru zelo zapleteno početje, saj je le-ta odvisen od vsakokratni meteoroloških pogojev (stabilnost atmosfere itd.). V povprečju je koeficient terestrične refrakcije 0,064.

Daljavo obzorja (t) pomnožimo s koeficientom terestrične refrakcije in zmnožek prištejemo daljavi obzorja (t), da dobimo pravo daljavo obzorja (t_r), v kateri je upoštevan tudi vpliv terestrične refrakcije.

$$t_r = t + t \cdot 0,064 = 63,086 \text{ km} + (63,086 \text{ km} \cdot 0,064) = 63,086 \text{ km} + 0,4038 \text{ km} = 67,124 \text{ km}$$



Slika 13: Daljava razgleda s Kapele v Radgonsko-Kapelskih goricah.

b. Računanje globine obzorja

Kot, ki ga tvori daljava razgleda (t) s tangento na naše stojišče imenujemo globino obzorja ali depresija horizonta (α).

$$\text{tg } \alpha = t/r \Rightarrow \alpha = \text{arc tg } (t/r)$$

$$\alpha = \text{arc tg } (63,086 \text{ km} / 6378 \text{ km}) = \text{arc tg } 0,0099 = 0,0001726^\circ = 0^\circ 0' 0,62''.$$

Za primerjavo: globina obzorja na Triglavu znaša $1^\circ 44'$.

Terestrična refrakcija vpliva tudi na globino obzorja. Po grobi oceni se ta na vsakih 400 m zmanjšuje za $1''$.

Še dve vaji za utrjevanje:

9. vaja:

Na kateri geografski širini se na dan 18.1. Sonce giblje vzporedno z matematičnim obzorjem in nad njim. Izračunaj tudi višino Sonca na tej geografski širini. Nariši navidezno pot Sonca na ta dan na tej geografski širini.

Namig: Na katerih geografskih širinah je možno, da se Sonce navidezno giblje vzporedno z matematičnim obzorjem?

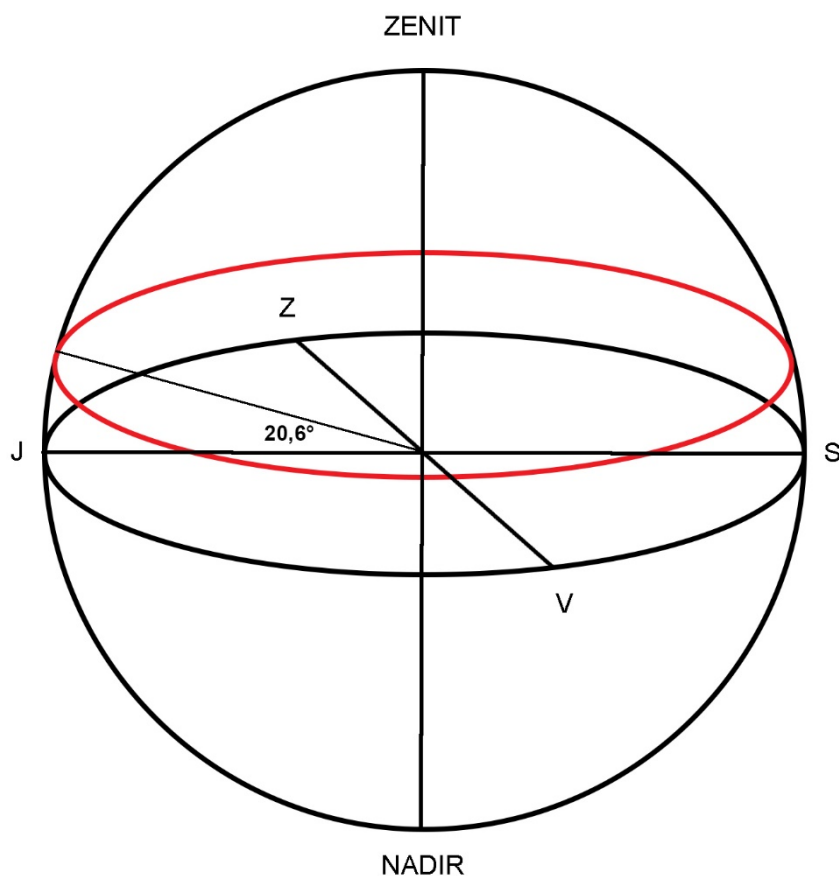
$$18.1. \rightarrow 11+30+31+30+31+31+30+31+30+31+17 = 303 \text{ dni}$$

$$\begin{array}{l} 365 \text{ dni} \dots\dots\dots 360^\circ \\ \underline{303 \text{ dni} \dots\dots\dots t} \end{array}$$

$$t = (303 \text{ dni} \cdot 360^\circ) / 365 \text{ dni} = 298,8^\circ$$

$$\delta = -23,5 \cdot \sin 298,8^\circ = 20,6^\circ$$

$$h = 90^\circ - \phi + \delta = 90^\circ - 90^\circ + 20,6^\circ = 20,6^\circ$$



Slika 14: Reštev 9. vaje.

10. vaja:

Na kateri geografski širini se na dan 18.1. Sonce v času zgornje kulminacije nahaja točno na matematičnem obzorju?

Na kateri geografski širini je Sonce v času zgornje kulminacije 5° nad matematičnim obzorjem?

Namig: Kaj dejansko pomeni, da se Sonce v zgornji kulminaciji nahaja točno na matematičnem obzorju? Kako imenujemo ta pojav?

Namig: Če se Sonce v zgornji kulminaciji nahaja za 5° nad matematičnim obzorjem, je geografska širina, na kateri se to zgodi večja ali manjša od geografske širine, ki smo jo izračunali v prvem delu naloge?

18.1. $\rightarrow 11+30+31+30+31+31+30+31+30+31+17 = 303$ dni

365 dni 360°

303 dni t

$$t = (303 \text{ dni} \cdot 360^\circ) / 365 \text{ dni} = 298,8^\circ$$

$$\delta = 23,5 \cdot \sin 298,8^\circ = -20,6^\circ$$

$$\varphi_{\text{PN}} = 90^\circ - |\delta| = 90^\circ - 20,6^\circ = 69,4^\circ \text{ s.g.š.}$$

$$h_{\text{SP}} = 90^\circ - \varphi_{\text{sp}} - \delta \Rightarrow \varphi_{\text{sp}} = 90^\circ - h_{\text{SP}} - \delta = 90^\circ - 5^\circ - 20,6^\circ = 64,4^\circ \text{ s.g.š.}$$

Ali obstaja rešitev tudi za južno poluto?

11. vaja: Orientacija na nebu in delo z vrtljivo zvezno karto
--

1.1. Ozvezdja

Nočno nebo, kot ga vidimo na temni lokaciji ob jasnem vremenu brez Lune, predstavlja čudovit mozaik zvezd, od katerih najsvetlejše žarijo kot bleščeči dragulji na žametno črnem ozadju. V teh razmerah zlahka razumemo, zakaj so starodavni opazovalci neba pred tisočletji menili, da je nebo polkrožna kupola, postavljena nad Zemljo, za katero so takrat verjeli, da je ploščata.

Prvi opazovalci neba so med zvezdami prepoznali vzorce. Iste zvezde so bile vedno v enakih položajih glede na svoje sosedje. Ti vzorci ali ozvezdja so bili pogosto poimenovani po bitjih ali mitoloških likih. Vsaka od zgodnjih civilizacij je opredelila svoje značilne zvezdne vzorce, vendar večina danes mednarodno priznanih ozvezdij temelji na tistih, ki so jih opredelili in poimenovali stari Grki, čeprav so njihova uradna imena navedena v latinski obliki. Nazorni primeri so ozvezdja Veliki medved, Orion Labod in Lev. Ozvezdja južnega neba, ki jih astronomi na severni poluti niso mogli videti, so bila določena in poimenovana pozneje. Danes je celotno nebo razdeljeno na 88 ozvezdij, katerih meje je leta 1930 uradno določila Mednarodna astronomska zveza (organizacija, ki med drugim določa dogovorjena imena za astronomska telesa)¹.

Preglednica 1.: Seznam ozvezdij.

Slovensko ime	Slovenska kratica	Latinsko ime	Latinska kratica
Andromeda	And	Andromeda	And
Berenikini kodri	Ber	Coma Berenices	Com
Bik ♉	Bik	Taurus	Tau
Čaša	Čaš	Crater	Crt
Daljnogled	Dal	Telescopium	Tel
Delfin	Del	Delphinus	Del
Devica ♍	Dev	Virgo	Vir
Dletce	Dle	Caelum	Cae
Dorado (Zlata riba)	Dor	Dorado	Dor
Dvojčka ♊	Dvo	Gemini	Gem
Eridan	Eri	Eridanus	Eri
Feniks	Fen	Phoenix	Phe
Golob	Gol	Columba	Col
Gredelj	Gre	Carina	Car
Herkul	Her	Hercules	Her
Indijanec	Ind	Indus	Ind
Jadro	Jad	Vela	Vel
Južna krona	JKr	Corona Australis	CrA
Južna riba	JRi	Piscis Austrinus	PsA
Južni trikotnik	JTr	Triangulum Australe	TrA

¹ Karte posameznih ozvezdij si lahko izdelamo na spletni strani:

<https://www.iau.org/public/themes/constellations/#and>

Kača	Kač	Serpens	Ser
Kačenossec	Kčn	Ophiuchus	Oph
Kameleon	Kam	Chameleon	Cha
Kasiopeja	Kas	Cassiopeia	Cas
Kefej	Kef	Cepheus	Cep
Kentaver	Ken	Centaurus	Cen
Kipar	Kip	Sculptor	Scl
Kit	Kit	Cetus	Cet
Kompas	Kom	Pyxis	Pyx
Kotomer	Kot	Norma	Nor
Kozorog ♈	Koz	Capricornus	Cap
Križ	Kr	Crux	Cru
Krma	Krm	Puppis	Pup
Krokar	Kro	Corvus	Crv
Kuščarica	Kuš	Lacerta	Lac
Labod	Lab	Cygnus	Cyg
Leteča riba	LRi	Volans	Vol
Lev ♌	Lev	Leo	Leo
Lira	Lir	Lyra	Lyr
Lisička	Lis	Vulpecula	Vul
Lovski psi	LPs	Canes Venatici	CVn
Mala vodna kača	MVK	Hydrus	Hyi
Mali lev	MLe	Leo Minor	LMi
Mali medved	MMe	Ursa Minor	UMi
Mali pes	MPe	Canis Minor	CMi
Mikroskop	Mik	Microscopium	Mic
Mizasta gora	MGo	Mensa	Men
Mreža	Mre	Reticulum	Ret
Muha	Muh	Musca	Mus
Oktant	Okt	Octans	Oct
Oltar	Olt	Ara	Ara
Orel	Ore	Aquila	Aql

Po dogovoru (čeprav obstaja nekaj izjem) je najsvetlejša zvezda v ozvezdju označena z grško črko alfa (α), druga najsvetlejša z beta (β), tretja najsvetlejša z gama (γ) in tako naprej. Na primer, najsvetlejša zvezda v ozvezdju Leva je označena kot α Leonis. Svetlejše zvezde imajo tudi posamezna lastna imena, od katerih so jih veliko dodelili zelo izkušeni arabski astronomi, npr.: Aldebaran (α Tauri), najsvetlejša zvezda v ozvezdju Bika, in Deneb (α Cygni), najsvetlejša zvezda v ozvezdju Laboda. Najsvetlejša zvezda na celotnem nebu (poleg Sonca) je Sirius (α Canis Majoris), ki je vidna tudi na naših geografskih širinah.

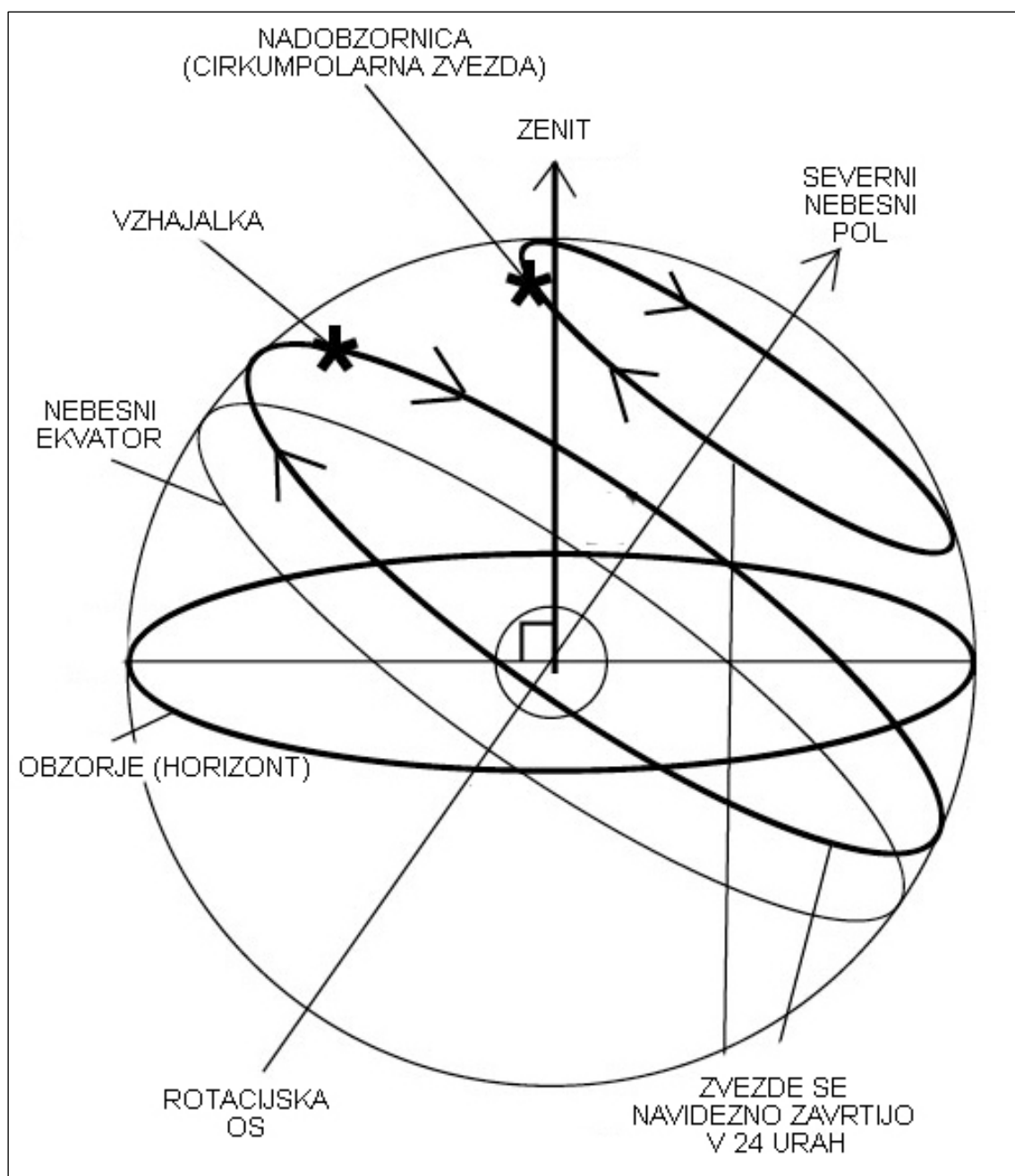
Zvezde v ozvezdjih niso nujno fizično povezane: posamezne zvezde, ki sestavljajo ozvezdje, so lahko od nas zelo različno oddaljene; nekatere zvezde, ki sestavljajo čudovito ozvezdje Orion, so na primer bolj oddaljene druga od druge kot mi od nekaterih od njih. Na nebu so videti razmeroma blizu skupaj in tvorijo svoj poseben vzorec preprosto zato, ker ležijo v podobnih smereh, ko jih gledamo z Zemlje.

1.2. Vrtenje nebesne sfere

Zemlja se vrti okoli svoje osi od zahoda proti vzhodu. Če bi lebdeli nad severnim tečajem, bi videli, da se Zemlja pod nami vrti v nasprotni smeri urinega kazalca, medtem ko bi z južnega tečaja videli, da se Zemlja vrti v smeri urinega kazalca. Opazovalcu na površini vrteče se Zemlje se zdi, da se Sonce, Luna, zvezde in planeti vrtijo okoli nas od vzhoda proti zahodu. Starogrški astronomi pred dvema tisočletjema so verjeli, da so zvezde res pritrjene na ogromno kroglo (nebesno sfero), ki se enkrat na dan zavrti okoli Zemlje. Čeprav danes vemo, da so zvezde oddaljene Sonca in ležijo na velikih in zelo različnih razdaljah, se nam pri opisovanju njihovih položajev in gibanja še vedno zdi priročno ohraniti predstavo, da so pritrjene na nebesno sfero, ki se vrti okoli našega planeta.

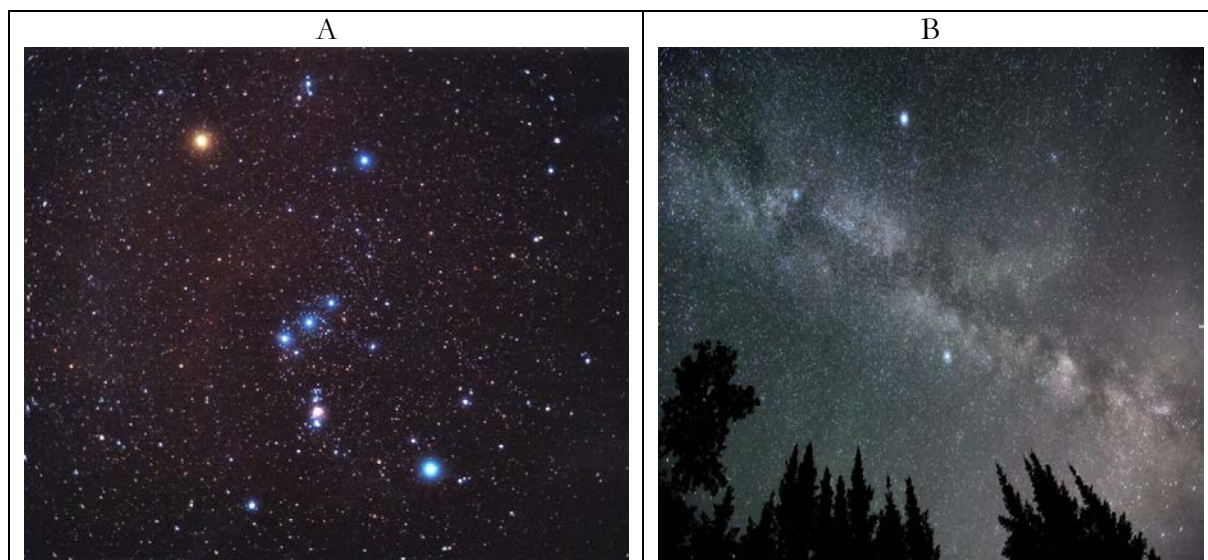
Zemljina os vrtenja, podaljšana v vesolje, se s to namišljeno kroglo stika na severnem in južnem nebesnem polu, Zemljin ekvator, projiciran v vesolje, pa seka nebesno kroglo v krožnici, ki jo imenujemo nebesni ekvator. Ob pogledu z Zemljinega severnega (ali južnega) pola je severni (južni) nebesni pol neposredno nad glavo, v točki, ki se imenuje nadglavišče ali zenit. Če bi se nahajali na Zemljinem ekvatorju, bi nebesni ekvator potekal neposredno nad nami. Na severni polobli je ena dokaj svetla zvezda, ki leži znotraj ene stopinje od pravega severnega nebesnega pola in jo zato pogosto imenujemo Severnica ali Polarna zvezda. Pravokotna projekcija zvezde na obzorje nam označuje smer geografskega severa. Južna polobla nima podobno svetle zvezde blizu južnega nebesnega pola.

V vsakem trenutku lahko opazovalec na Zemljini površini vidi polovico nebesne sfere, druga polovica pa je skrita pod obzorjem. Ko se Zemlja vrti, se zdi, da se nebesna krogla vrti od vzhoda proti zahodu, zvezde pa se premikajo po nebu vzporedno z nebesnim ekvatorjem, tako da se gibljejo po krogu okoli nebesnega pola. Za opazovalca, ki se nahaja na severnem (ali južnem) polu, sovpada nebesni ekvator z obzorjem in zvezde se gibljejo vzporedno z obzorjem; polovica nebesne sfere je vedno nad obzorjem, druga polovica pa je trajno skrita. Nasprotno pa nebesni ekvator, gledano z ekvatorja, prečka obzorje pravokotno na vzhodni in zahodni točki ter poteka skozi zenit (točko, ki je neposredno nad glavo), medtem ko nebesna pola sovpadata s severno in južno točko obzorja. Čeprav lahko opazovalec na ekvatorju v vsakem trenutku vidi le polovico nebesne sfere, je zaradi vrtenja Zemlje vsak del sfere viden v določenem trenutku in vse zvezde vzhajajo in zahajajo. Za opazovalca, ki se nahaja nekje med ekvatorjem in nebesnim polom, nekatere zvezde, imenovane nadobzornice ali cirkumpolarne zvezde, ves čas ostajajo nad obzorjem in se gibljejo v krogu s središčem na nebesnem polu, vendar se nikoli ne spustijo pod obzorje (slika 1.1). Druge zvezde vzhajajo in zahajajo (vzhajalke), nekatere pa so stalno pod obzorjem (podobzornice ali anticirkumpolarne zvezde). Katere zvezde lahko posamezni opazovalci vidijo, je odvisno od njihove zemljepisne širine na zemeljski obli in od tega, kako daleč severno ali južno od nebesnega ekvatorja ležijo posamezne zvezde.



Slika 15.: Razlaga navideznega vrtenja nebesne sfere, vzhajalk in nadobzornic.

Zvezde, ki jih vidimo na nočnem nebu, so na nasprotni strani nebesne krogle od Sonca, druge pa so skrite zaradi svetlosti dnevnega neba. Ker se Zemlja giblje okoli Sonca, je njena nočna polobla obrnjena v stalno spreminjajočo se smer, tako da so v različnih letnih časih vidne različne zvezde in ozvezdja. Pozimi na primer na nebu severne poloble prevladuje veličastno ozvezdje Orion, ki je viden kažipot za iskanje drugih sosednjih ozvezdij, medtem ko so vidna poletna ozvezdja Labod, Lira in Orel, katerih najsvetlejši člani (Deneb, Vega in Altair) tvorijo viden vzorec, znan kot "poletni trikotnik" (slika 1.2.). Vsako ozvezdje vzhaja (in zahaja) približno štiri minute prej vsako zaporedno noč - približno dve uri prej v vsakem zaporednem mesecu - in se po celem letu vrne na svoj prvotni položaj na nočnem nebu.

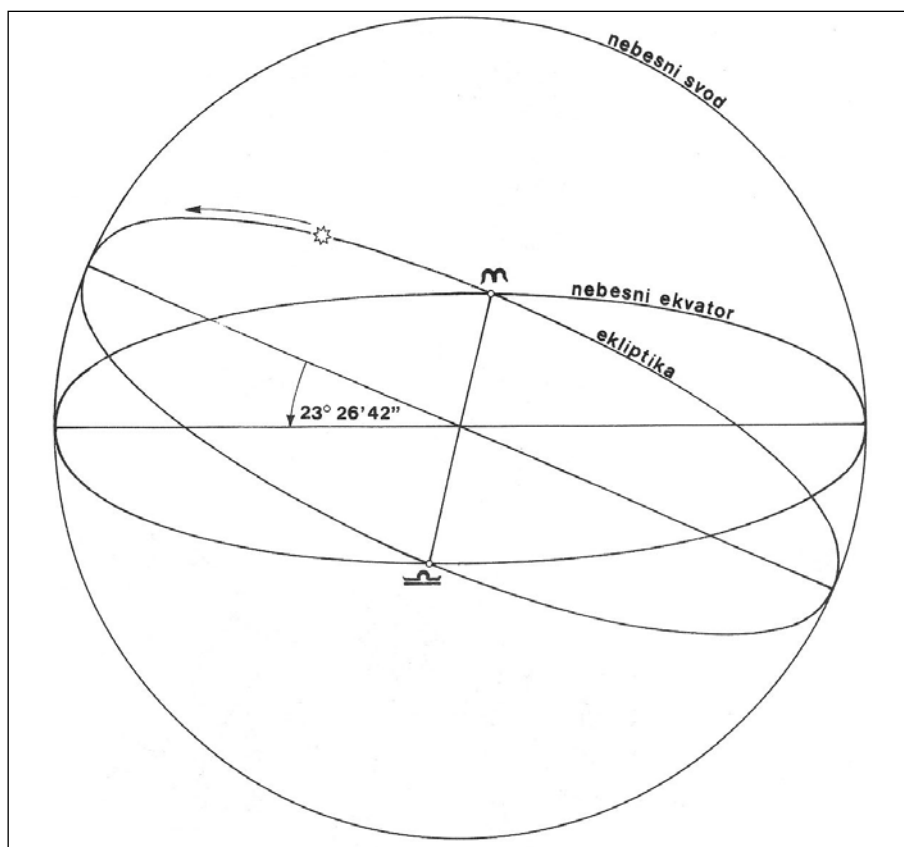


Slika 16:

A: Orion: tri zvezde blizu središča tvorijo Orionov pas; svetla rdeča zvezda proti vrhu je Betelgeza, svetla zvezda spodaj desno pa Rigel.

B: svetle zvezde Deneb (zgoraj levo), Vega (zgoraj) in Altair (spodaj, levo od sredine) v ozvezdijih Labod, Lira in Orel tvorijo opazen vzorec, znan kot poletni trikotnik.

V enem mesecu Zemlja prepotuje približno dvanajstino poti okoli Sonca in se pri pogledu s Sonca premakne za kot približno 30 stopinj (dvanajstina od 360°). Pri pogledu z Zemlje se zdi, da se Sonce glede na zvezde v ozadju premakne za 30° . V enem letu Zemlja obkroži Sonce in Sonce, gledano z Zemlje, obkroži nebesno kroglo, pri čemer opravi pot, ki se imenuje ekliptika (slika 1.3.). Če bi bila Zemljina os pravokotna na ravnino njene tirnice, bi se nebesni ekvator (ki leži v ravnini Zemljinega ekvatorja) in ekliptika (ki leži v ravnini Zemljine tirnice) ujemala. Ker pa je Zemljina os nagnjena od pravokotnice za kot približno $23,5$ stopinj in ker je Zemljin ekvator nagnjen v ravnino njene orbite za isti kot, ekliptika seka nebesni ekvator pod kotom $23,5$ stopinj in prečka nebesni ekvator v dveh točkah: v spomladanskem enakonočju v točki, ki se imenuje pomladišče, ko Sonce prečka nebesni ekvator z juga na sever, in v jesenskem enakonočju v točki, ki se imenuje jesenišče, ko Sonce prečka nebesni ekvator s severa na jug.

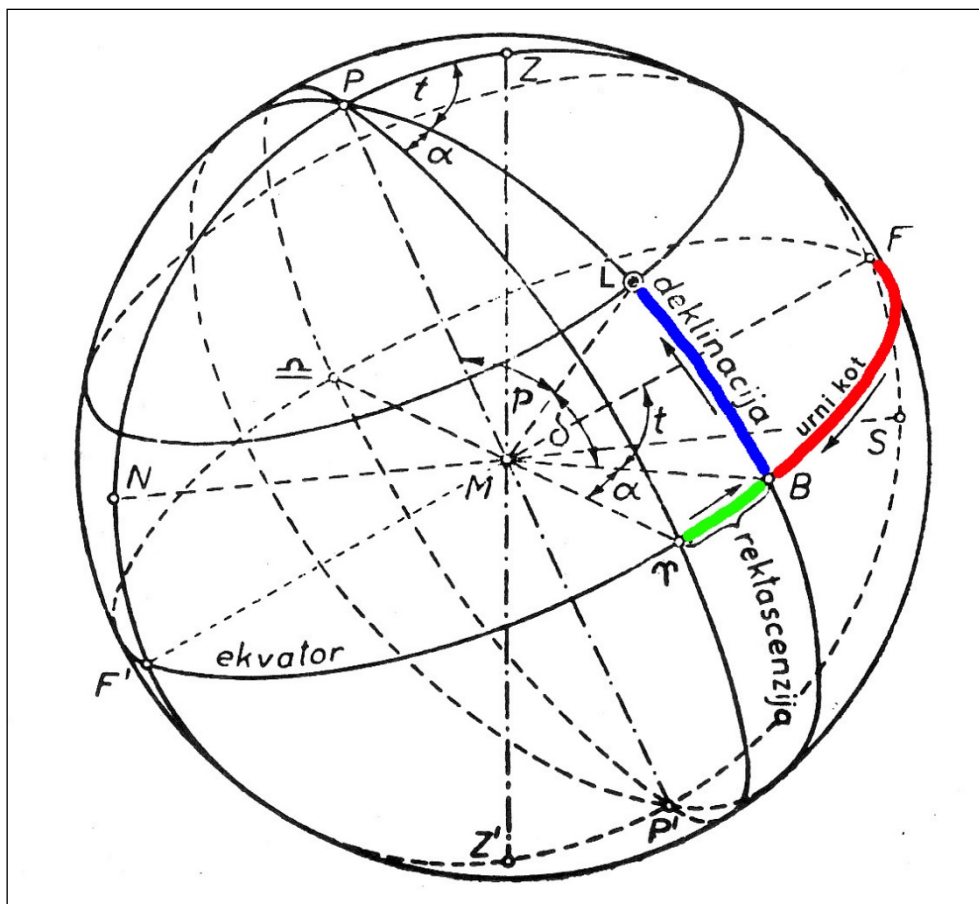


Slika 17: Položaj ekliptike glede na ravnino nebesnega ekvatorja. Točka ♈ je pomladišče, točka ♎ pa jesenišče.

1.3. Nebesne koordinate

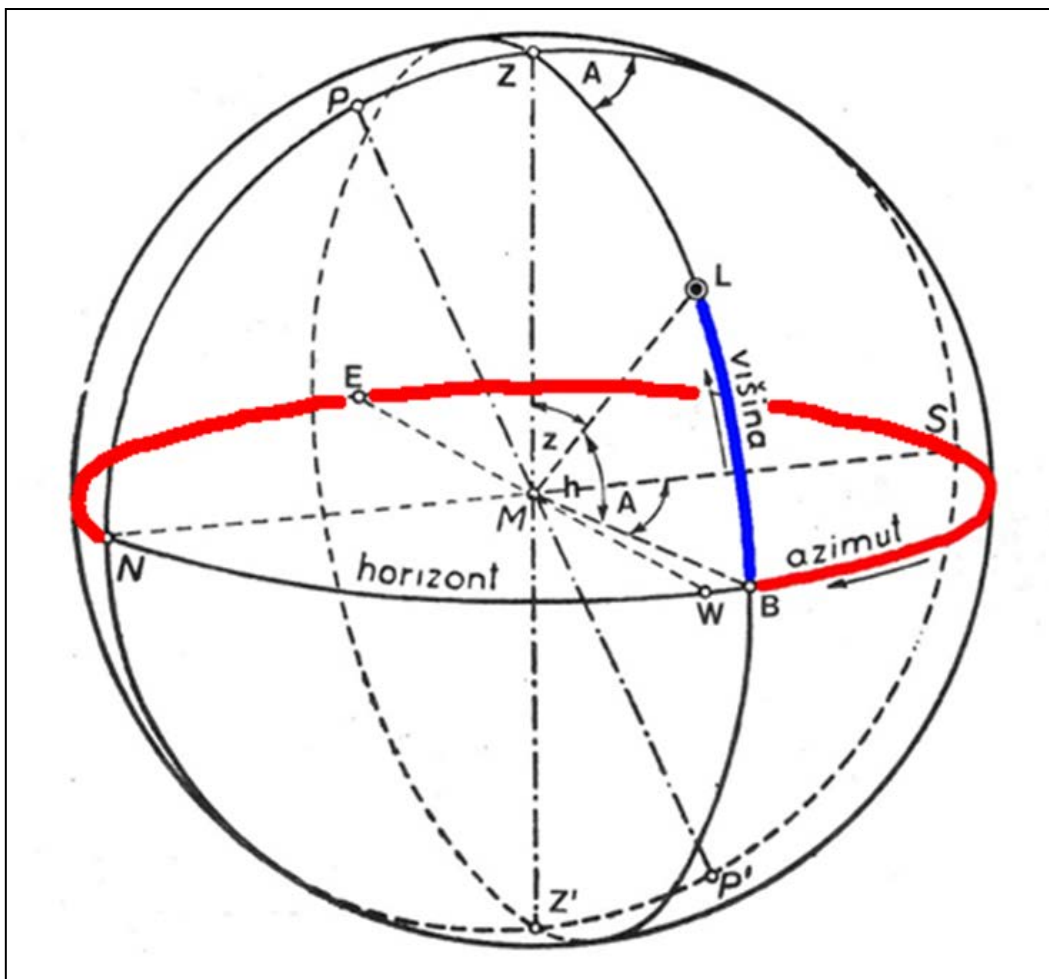
Krog, ki poteka skozi določen kraj, severni in južni pol ter prečka ekvator pod pravim kotom, se imenuje poldnevnik. Položaj kraja na Zemljini površini določata njegova zemljepisna širina in dolžina. Zemljepisna širina je kotna razdalja severno ali južno od ekvatorja, izmerjena vzdolž poldnevnika (enakovredno je to kot med ekvatorjem in krajem, gledano iz središča Zemlje). Lahko ima katero koli vrednost od 0° (na ekvatorju) do 90° (na tečaju). Zemljepisna dolžina je kot med greenwiškim poldnevnikom (poldnevnik, ki poteka skozi stari kraljevi observatorij v Greenwichu v Angliji) in poldnevnikom, ki poteka skozi kraj, ki nas zanima. Dolžina ima vrednosti med 0° in 180° , merjeno vzhodno ali zahodno od greenwiškega poldnevnika, pri čemer 180° E sovpada s 180° W.

Podobno se krog, ki poteka skozi oba nebesna pola in določeno zvezdo ali določeno točko na nebesni sferi, imenuje urni krog - urni krog, ki poteka skozi opazovalčev zenit in ki seka obzorje pod pravim kotom v severni in južni točki, se imenuje nebesni poldnevnik. Položaj zvezde je določen z njeno rektascenzijo in deklinacijo. Deklinacija (dec) je kot med nebesnim ekvatorjem in zvezdo, merjen na sever (+) ali jug (-). Vrednosti so od 0° (za zvezdo na nebesnem ekvatorju) do $+90^\circ$ (za zvezdo na severnem nebesnem polu) ali do -90° (za zvezdo na južnem nebesnem polu). Rektascenzija (RA) je kot, merjen proti vzhodu - na severni polobli v smeri urinega kazalca - od urnega kroga, ki poteka skozi pomladišče, do urnega kroga, ki poteka skozi zvezdo. RA zavzema vrednosti med 0° in 360° , vendar se po dogovoru običajno izraža v časovnih enotah (ure, minute in sekunde), od 0 do 24 ur. To je zato, ker se Zemlja in s tem nebo v 24 urah zavrti za kot 360° , in se torej v eni uri obrne za 15° . Ena ura RA je enaka 15° , 6 ur 90° in tako naprej.



Slika 18: Relativni in absolutni ekvatorialni nebesni koordinatni sistem.

Položaj zvezde v določenem trenutku lahko opišemo tudi z njeno višino (višinskim kotom) in azimutom, ki predstavljata koordinati v horizontalnem nebesnem koordinatnem sistemu. Višina je kot med obzorjem in zvezdo, merjen pravokotno na obzorje. Azimut je kot med severom in prevokotno projekcijo zvezde na obzorje, merjeno vzporedno z obzorjem in v smeri urinega kazalca ter ima vrednosti med 0° in 360° . Azimut zvezde, ki je obrnjena proti vzhodu, je 90° , proti jugu 180° , proti zahodu 270° in tako naprej. Višina (višinski kot) in azimut zvezde se nenehno spreminjata (razen na severnem in južnem polu, kjer se zvezde gibljejo vzporedno z obzorjem in se njihove višine zato ne spreminjajo). Razen cirkumpolarnih zvezd, ki so vedno nad obzorjem, vse zvezde vzhajajo na vzhodni strani poldnevnik (nekje med azimutom 0° in 180°), dosežejo največjo višino (zgornja kulminacija), ko prečkajo poldnevnik, in nato končno zahajajo na zahodni strani poldnevnik nekje med azimutom 180° in 360° .



Slika 19: Horizontski nebesni koordinatni sistem.

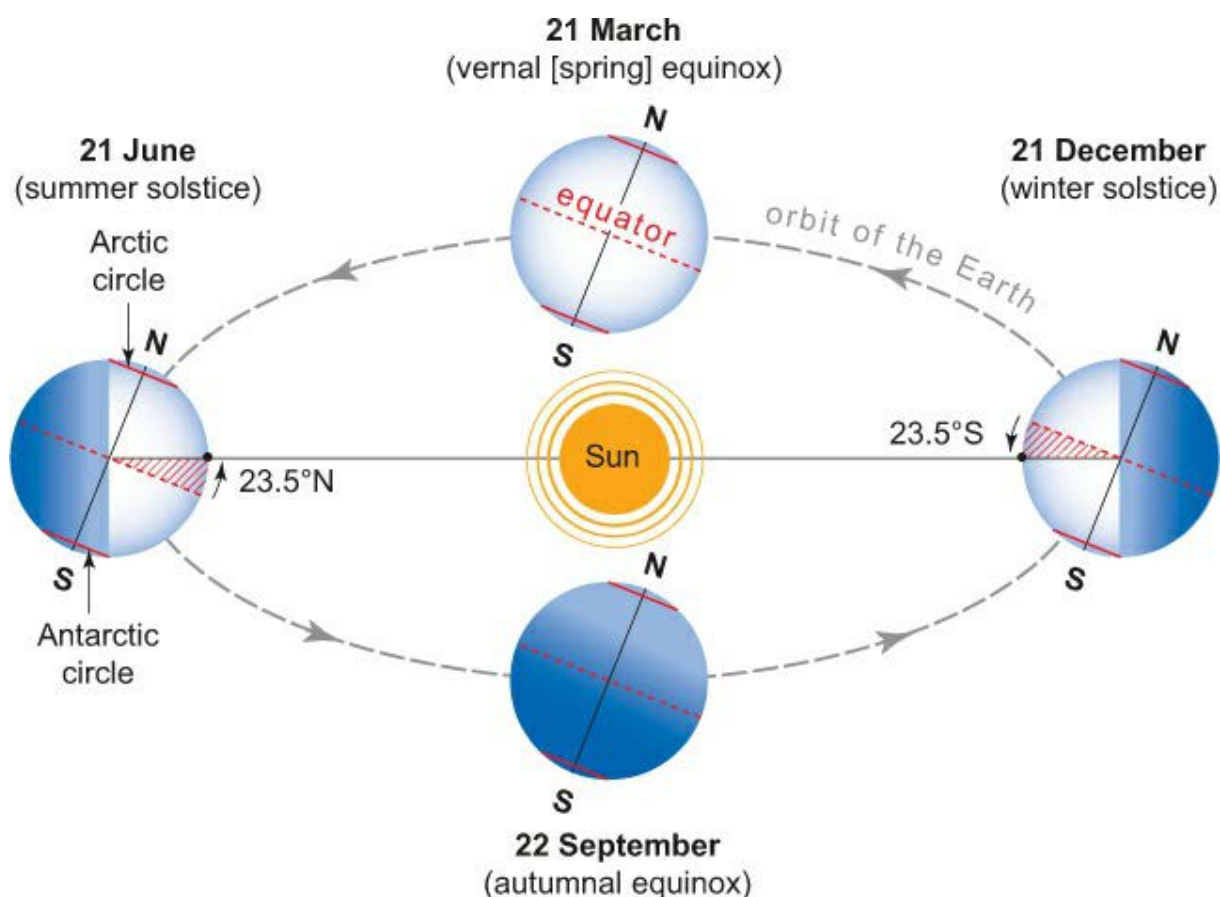
Višina oziroma višinski kot nebesnega pola je vedno enak zemljepisni širini opazovalca; na primer, gledano s severnega pola (90° severne zemljepisne širine) je severni nebesni pol navpično nad glavo (višina 90°), gledano z ekvatorja je nebesni pol na obzorju (višina 0°), iz središča Črne na Koroškem ($46,47^\circ$ severne zemljepisne širine) je njegova višina $46,47^\circ$, s Sv. Jakoba nad Koprivno pa $46,45^\circ$. Če je kotna razdalja med severnim (južnim) nebesnim polom in določeno zvezdo natančno enaka opazovalčevi zemljepisni širini, bo ta zvezda začrtala krog, ki se v najnižji točki (spodnji kulminaciji) ravno dotika severne (južne) točke obzorja. Vsaka zvezda, ki leži znotraj tega kroga, bo cirkumpolarna in ne bo nikoli zašla. Na primer, sedem glavnih zvezd v ozvezdju Velikega medveda je cirkumpolarnih na vseh zemljepisnih širinah severneje od 41° severne širine, medtem ko je ozvezdje Južni križ cirkumpolarno na vseh zemljepisnih širinah južneje od približno 35° južne širine.

1.4. Letni časi

Ker je Zemljina os nagnjena in v prostoru kaže stalno smer (razen zelo počasne periodične spremembe, imenovane precesija, ki poteka v obdobju 25 800 let), je, ko je Zemlja na eni strani Sonca (decembra), njen južni pol stalno osvetljen, severni pol pa je v senci; šest mesecev pozneje (junija) je severni pol osvetljen, južni pol pa v temi.

Ko je Sonce na spomladanskem enakonočju, 20. marca ali okoli tega datuma, je na nebesnem ekvatorju, njegova deklinacija pa je 0° . Zato vzhaja proti vzhodu in zahaja proti zahodu ter opoldne prehaja navpično čez glavo za opazovalca na Zemljinem ekvatorju; gledano z obeh polov bo Sonce

točno na obzorju. V vsaki točki na Zemljini površini (razen na samih polih) bo Sonce 12 ur nad obzorjem in 12 ur pod obzorjem, tako da bosta dan in noč enako dolga. Tri mesece pozneje - okoli 21. junija - se bo Zemlja premaknila za četrtno svoje tirnice in Sonce bo takrat 23,5 stopinje severno od nebesnega ekvatorja, tako da bo povsod znotraj 23,5 stopinj od severnega tečaja (tj. znotraj polarnega kroga) med vrtenjem planeta neprekinjena dnevna svetloba. Nasprotno pa bo vsak kraj znotraj antarktičnega kroga (znotraj 23,5 stopinje od južnega tečaja) doživel neprekinjeno noč. Na ta dan, ki je znan kot poletni solsticij, je povsod na severni polobli več kot 12 ur dnevne svetlobe in manj kot 12 ur teme v vsakem 24-urnem obdobju, medtem ko je povsod na južni polobli manj kot 12 ur dnevne svetlobe. Višja kot je zemljepisna širina, izrazitejši je ta učinek (slika 1.6.).

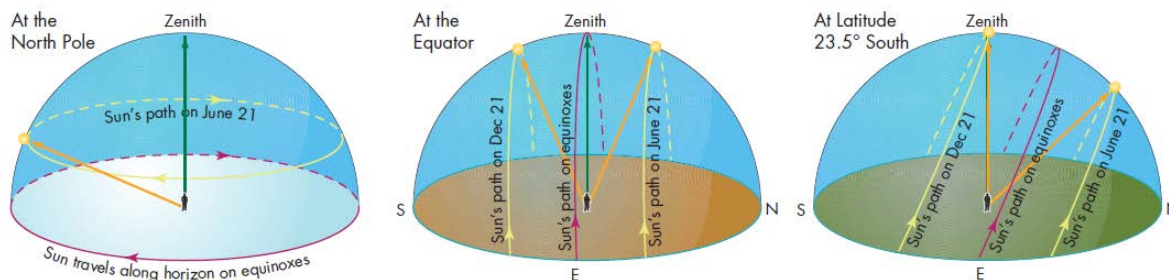


Slika 20: Letni časi: Sonce je opoldne v zenitu na 23,5° severne zemljepisne širine 21. junija (poletni solsticij), na 23,5° južne zemljepisne širine 21. decembra (zimski solsticij), na ekvatorju pa v času enakonočja (okoli 20. marca in 23. septembra). Arktika je neprekinjeno osvetljena ob poletnem solsticiju, medtem ko je Antarktika neprekinjeno osvetljena ob zimskem solsticiju.

Po nadaljnjih treh mesecih, okoli 23. septembra, Sonce prečka ekvator od severa proti jugu in dan in noč sta spet enako dolga po vsem planetu. Sonce se nato usmeri proti jugu od nebesnega ekvatorja, dokler ob zimskem solsticiju (okoli 22. decembra) ne doseže največjega južnega kota (23,5° j. š.). Na ta dan je vse območje znotraj antarktičnega kroga obsijano z neprekinjeno sončno svetlobo, vse območje znotraj polarnega kroga pa je v temi. V tem času je v vseh krajih na južni polobli več kot 12 ur dnevne svetlobe, na severni polobli pa manj kot 12 ur.

Na višino Sonca opoldne vpliva njegova spreminjajoča se deklinacija, ki se giblje od +23,5° na začetku poletja do -23,5° na začetku zime. Iz Edinburga, na primer, se njegova opoldanska višina giblje med 57,5° sredi poletja in le 10,5° sredi zime. Na severni polobli Sonce ob enakonočjih vzhaja proti vzhodu (in zahaja proti zahodu), med spomladanskim enakonočjem in poletnim solsticijem

pa vzhaja vedno bolj severno od vzhoda (in zahaja vedno bolj zahodno od juga). Po poletnem solsticiju se točka vzhoda začne pomikati nazaj proti vzhodu (točka zahoda pa proti zahodu), kamor prispe ob jesenskem enakonočju. Med jesenskim enakonočjem in zimskim solsticijem se vzhajajoča točka postopoma pomika vse bolj južno od vzhoda (in zahajajoča točka vse bolj južno od zahoda). Nato se vzhajajoča in zahajajoča točka začneta umikati s svojih južnih skrajnih točk. Izraz "solsticij", ki pomeni "sončni zastoj", odraža dejstvo, da se dnevni premik točk vzhoda in zahoda Sonca ob teh priložnostih za kratek čas ustavi in nato obrne.



Slika 21: Pot navideznega potovanja teles po nebesni sferi je odvisno od geografske širine.

1.5. Delo z vrtljivo zvezdno karto

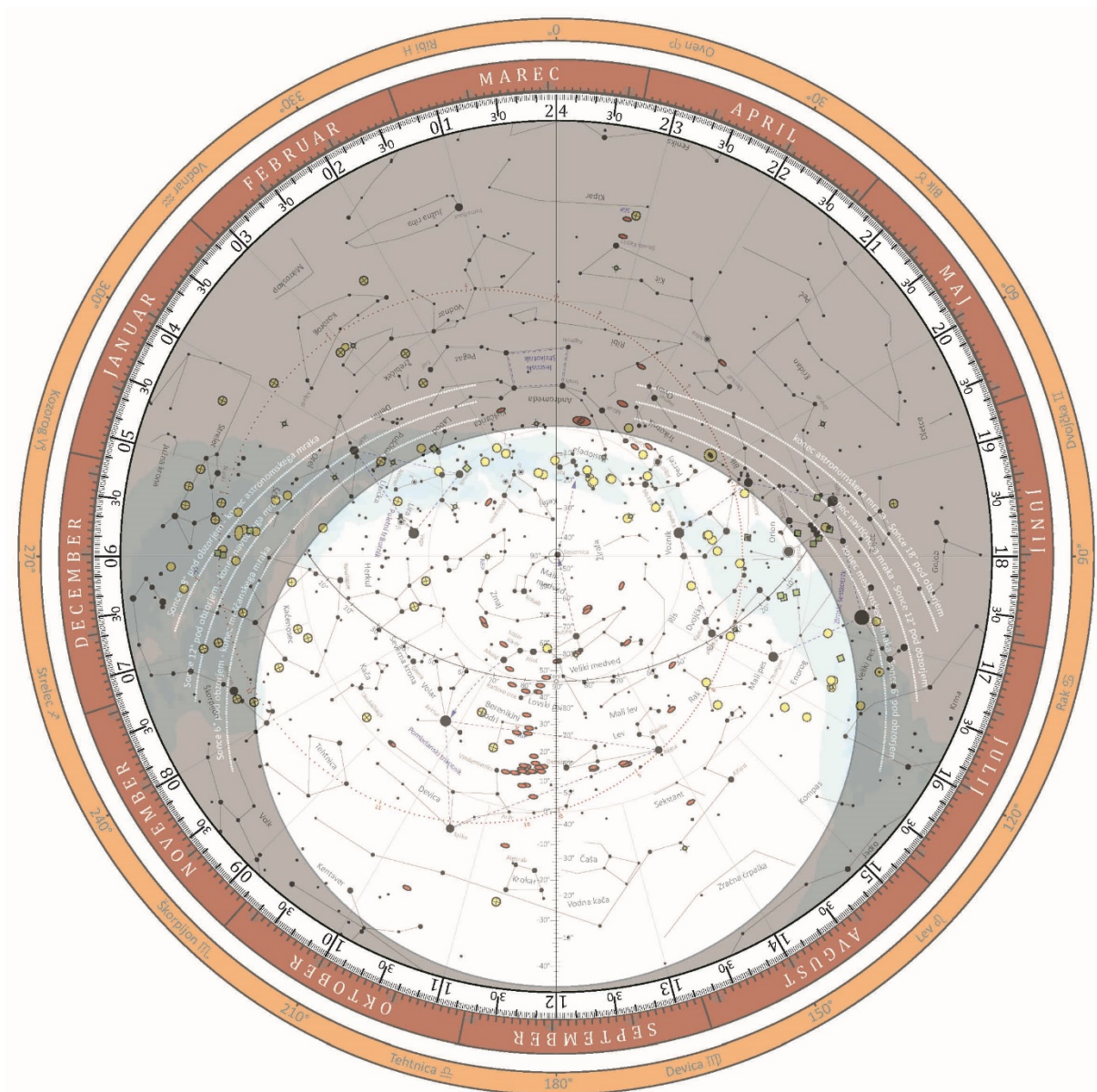
Za hitro orientacijo na nebu in spoznavanje najvažnejših ozvezdij v glavnih obrisih nam najbolj pomaga vrtljiva zvezdna karta, ker nam takoj pokaže, katera ozvezdja so ob določenem času na nebu. Nebo kaže zaradi vrtenja Zemlje okrog lastne osi in zaradi gibanja Zemlje okoli Sonca neprestano nekoliko drugačno podobo. Vrtljiva zvezdna karta pa je narejena tako, da pokaže vsako uro kateregakoli dne le tiste zvezde, ki so takrat na nebu. Hkrati v grobem pokaže tudi deklinacijo in rektascenzijo nebesnega telesa, ki ga opazujemo. Zaradi skromnih priročnih dimenzij ni na karti mnogih podrobnosti, ki jih lahko najdemo v zvezdnih atlasih.

Vrtljiva zvezdna karta je sestavljena iz dveh delov, ki sta vrtljivo speta.

a) Na nevrtiljivem delu se nahajajo ozvezdja z zvezdami, ki jih vidimo s prostim očesom in nekateri svetlejši oziroma pomembnejši Messierjevi objekti: meglice (zeleni kvadrati), galaksije (rdeče elipse), razsute kopice (rumeni krogci), kroglaste kopice (rumeni krogci s križem) in planetarne meglice (zeleni krogci). Vidni deli Rimske ali Mlečne ceste so označeni s pikicami. Zaradi boljše preglednosti so svetlejšje zvezde posameznih ozvezdij povezane s črtkanimi črtami, like ki tako nastanejo si lažje zapomnimo. Zvezdna karta obsega vsa važnejša ozvezdja, ki so vidna iz srednje Evrope.

Nebesni meridiani so razmaknjeni na 15° oziroma 1h, nebesni vzporedniki pa na zenitni krog. Zvezdno polje obdaja še obroč z meseci in datumi. Zunanji obroč zvezdne karte obsega razdelitev celotnega horizonta na stopinje in na pripadajoča znamenja zodiaka od Ovna od 0° do 30° ter do Rib od 330° do 360° oziroma 0° .

Zenitni krog obsega zenitu najbližja ozvezdja. Znotraj cirkumpolarnega kroga ležijo zvezde nadobzornice. Ozvezdja cirkumpolarnega kroga so: Veliki voz, ki je del ozvezdja Velikega medveda, Mali voz, ki je del ozvezdja Malega medveda, Kasiopeja, Kefej, Zmaj, Žirafa in Ris. Severni in južni obratnik sta meji, ki ju doseže Sonce v svojem navideznem gibanju po nebu na prvi poletni dan (okoli 21.6., poletni Sončev obrat, kres ali poletni solsticij) in prvi zimski dan (okoli 21.12., zimski sončev obrat, božič ali zimski solsticij). Na karti je še črtkano vrisana krivulja ekliptike, ki seka nebesni ekvator v dveh točkah, v pomladišču in jesenišču. Ekliptika je navidezna pot Sonca po nebesni krogli. Točka gama leži danes v ozvezdju Rib in je tudi izhodišče ekvatorskega koordinatnega sistema.



Slika 22: Vrtljiva zvezdna karta.

Še beseda o težavah nebesnega (ekvatorskega) koordinatnega sistema. Zemlja je geoid, in ker je njena os rotacije nagnjena glede na ekliptiko ($23,5^\circ$ glede na pravokotnico), pride zaradi delovanja Lune in Sonca (z gravitacijsko silo ustvarjata navor na Zemljo) do precesije - Zemlja je neke vrste vrtavka.

Čas precesije (opletanje osi) je približno 26000 let. Posledice precesije so premik osi - severnega in južnega pola, pomladišča, itn. Iz povedanega sledi, da se koordinatni sistem, ki je vezan na pomladišče, stalno spreminja. Točka gama (pomladišče) se v enem letu premakne za $50,3$ ločnih sekund ($360 \cdot 3600'' / 25771,5 = 50,29''$) ali za 1 ločno stopinjo vsakih $71,6$ let - recimo v življenju človeka. Zaradi premika pomladišča se to pozna v letnem časovnem zamiku prihoda Sonca v pomladišče in sicer za približno 20 minut prej ($365,25 \cdot 24 \cdot 60 \text{ min} \cdot (50,29 / (360 \cdot 3600)) = 20 \text{ minut in } 24 \text{ sekund}$). To je tropsko leto (Sončevo leto), ki pomeni ponoven začetek cikla letnih časov. Ta pojav, imenovan tudi precesija enakonočij, je poznal že Hiparh. Obhod Zemlje okrog Sonca glede na zvezde, to je sidersko leto, traja torej približno 20 minut dlje.

Zaradi precesije Zemlje je bilo recimo pomladišče pred 5000 leti premaknjeno v ozvezdje Bika, v

bližino Plejad (M45), po naše Gostosevcev. Zaradi precesije imajo nebesne karte (koordinati rektascenzija in deklinacija) le omejeno časovno vrednost in jih je potrebno na novo tiskati vsakih nekaj 10 let. Epohe ki so se uporabljale do danes so: B1900, B1950 in J2000, pri čemer "B" označuje "Besselovo" leto, "J" pa Julijansko. Besslovo epoho je leta 1984 zamenjala julijanska epoha. Sonce pride pri svojem navideznem gibanju v točko gama ob spomladanskem enakonočju ali ekvinokcijo (okoli 20.3.), v točko omega, danes v ozvezdju Device, pa Sonce pride ob jesenskem enakonočju ali ekvinokcijo (okoli 23.9.).

Na zvezdni karti niso označeni položaji Lune, planetov, kometov in umetnih satelitov, ker le ti zelo hitro spreminjajo lego na nebu. Če kdaj na nebu opazimo v bližini ekliptike v ozvezdijih zodiaka ali živalskega kroga kako svetlejšo telo, ki ni kot zvezda označeno na zvezdni karti, je to gotovo eden od svetlejših planetov, torej Merkur, Venera (ki je "Večernica" ali "Danica"), Mars, Jupiter ali Saturn. Od teh najtežje opazimo planet Merkur, ki je zelo blizu Sonca in ga moramo zato opazovati nekoliko pred Sončnim vzidom ali kmalu po zaidu. Notranja planeta Venero in Merkurja najlažje opazujemo, ko sta navidezno najbolj oddaljena od Sonca, pravimo da je takrat elongacija planetov največja. Vsi planeti vključno z njihovimi lunami so temna nebesna telesa in jih vidimo le zaradi odboja Sončne svetlobe. Ostale planete (Uran, Neptun) opazimo s pomočjo teleskopa. Med Marsom in Jupitrom kroži več tisoč malih "planetov" imenovanih planetoidi. Planete najlažje opazujemo, ko so na nasprotni strani neba kakor Sonce, pravimo da so planeti takrat v opoziciji in so nam najbližji.

b) Vrtljivi del karte je folija na kateri so označene strani neba in ure v obroču.

Znotraj časovnega obroča je del karte zatemnjen in predstavlja del neba, ki ni viden, ker so ozvezdja pod obzorjem, prozorni eliptični del karte pa označuje tisti del neba, ki je viden ob danem datumu in uri. Rob eliptičnega prozornega dela karte je horizont.

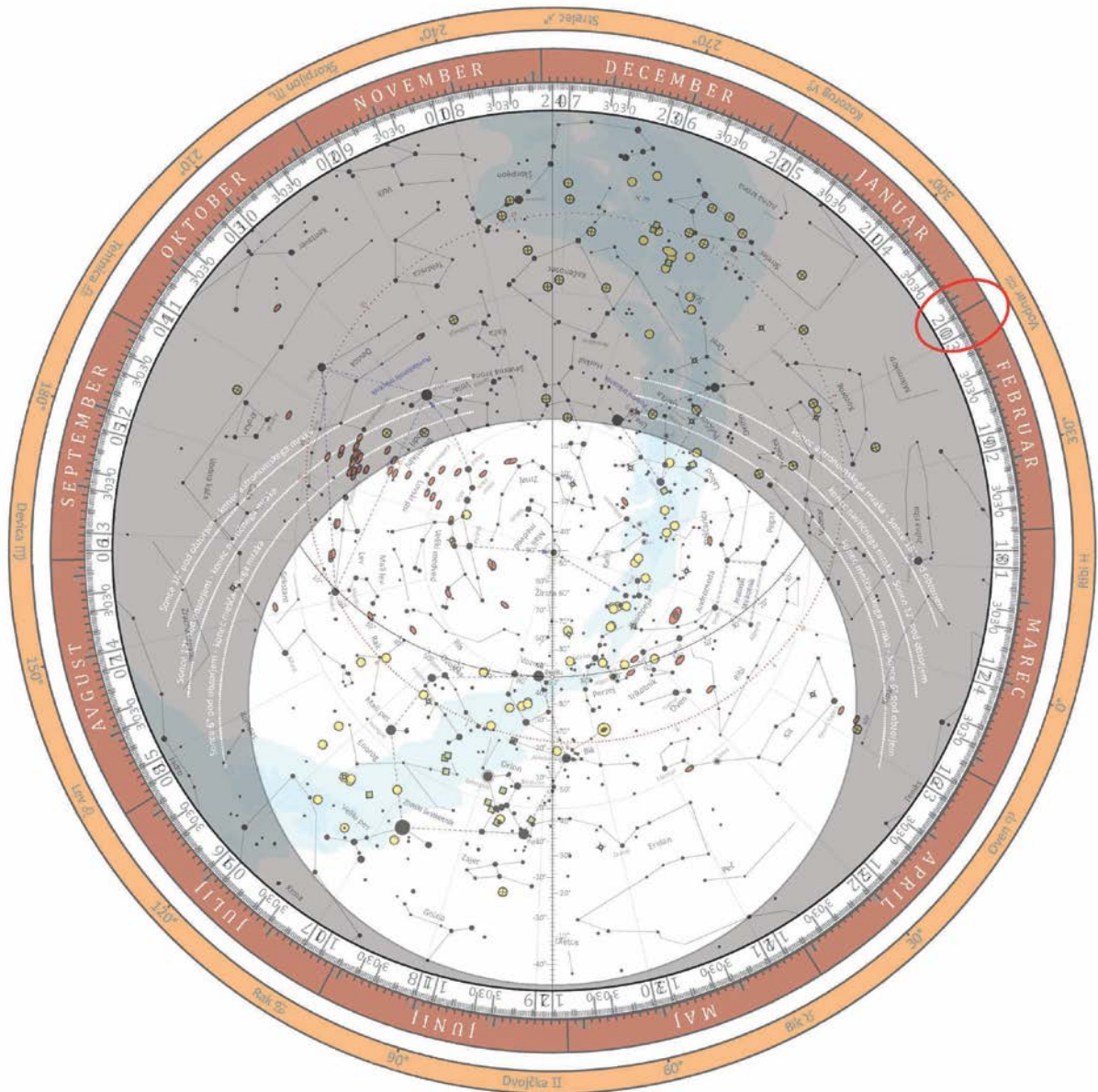
1.6. Nastavitev vrtljive zvezdne karte

Sliko neba v danem trenutku dobiš tako, da na robu zvezdne karte poiščeš ustrezen datum, nato zavrtiš vrtljivi del karte (folijo), tako da se ura opazovanja ujema z datumom (pozor: v času poletja uporabljamo srednjeevropski poletni čas, na vrtljivi zvezdni karti je prikazan srednjeevropski čas!). Sliko zvezdnega neba kaže prozorni del vrtljive folije. Kako poiščeš ozvezdja, ki so na karti, tudi na nebu? Če smo obrnjeni proti severu, in če držimo karto nad seboj, tako da sever na karti kaže proti severu, potem sovpadajo tudi ostale strani neba s smermi neba na karti, ozvezdja na karti pa se ujamejo s podobo ozvezdij na nebu, so tudi v enaki legi.

Kar moramo najti sami, je sever na resničnem horizontu. Vsi poznamo ozvezdje Velikega medveda, poiščemo ga in na vsakomur poznan način poiščemo Severnico. Zadnjo stranico Velikega medveda navidezno podaljšamo za petkrat v nasprotni smeri zadnjega kolesa in že smo pri Severnici, lahko si pomagamo z roko. Severnica leži tik ob osi vrtljive zvezdne karte, ki je hkrati os vrtenja našega planeta in tudi nebesna os. Zvezdno karto čitgledamo ob zasenčeni luči. Svetloba naj bo po možnosti rdeče barve in naj bo le toliko močna, da še vidimo ozvezdja na karti. Pri opazovanju ozvezdij na nebu pa svetilko ugasnemo.

Kaj najdemo na nebu 1. februarja ob 20. uri, katera ozvezdja vzhajajo in katera zahajajo?

Zavrti vrtljivi del zvezdne karte tako, da se bosta prekrivala 1. februar in 20. ura zvečer. Ozvezdja, ki jih vidiš v eliptičnem izrezu zvezdne karte, najdeš na nebu imenovanega dne ob osmih zvečer. Karto držimo nad seboj, tako da smeri neba na karti sovpadajo s smermi na horizontu. Na jugovzhodnem delu neba se nahajajo ozvezdja Veliki pes, Enorog in Mali pes. Ozvezdje Leva vzhaja, ozvezdje Laboda na severozahodu zahaja, Kit je na jugozahodu, ozvezdje Voznika je blizu zenita.



Slika 23: Zvezdno nebo 1. februarja ob 20:00.

12. vaja: Določanje geografske širine s pomočjo višine Sonca, s pomočjo zvezde Severnice in s pomočjo zgornje kulminacije izbranih zvezd in določanje krajevnega poldnevnik

2.1. Merjenje spreminjanja višine Sonca v času enega dneva

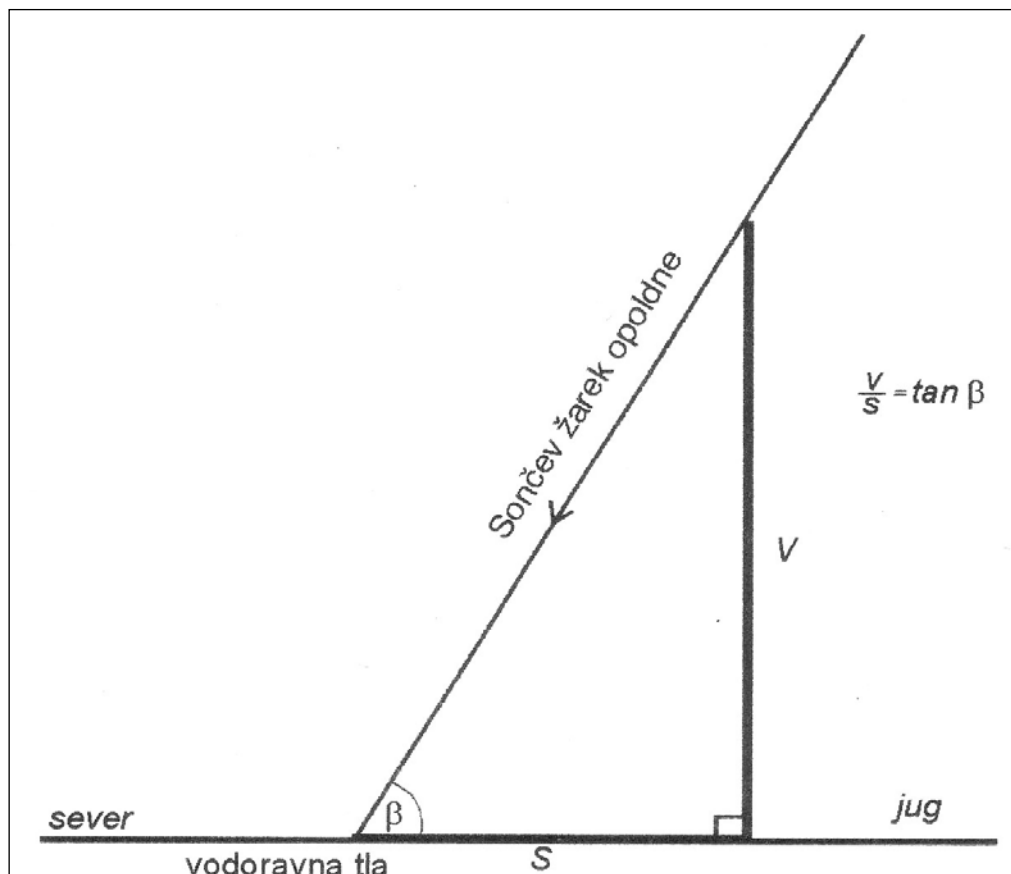
Zaradi rotacije Zemlje se položaji Sonca na nebesni sferi med dnevom spreminjajo. Kot med matematičnim horizontom in položajem Sonca imenujemo višina (višinski kot) Sonca. Ko je Sonce točno na matematičnem horizontu je njegova višina 0° , ko je Sonce v zenitu (nadglavišču), je njegova višina 90° . Višini Sonca komplementaren kot imenujemo zenitni kot.

Naša naloga v tej vaji je izmeriti spreminjanje višine Sonca med dnevom (od Sončevega vzida do Sončevega zaida).

To lahko storimo z merjenjem dolžine sence, ki jo meče navpično (!!!) postavljena palica ali gnomon. Meritve bomo izvajali ob vsaki polni uri med Sončevim vzidom in zaidom.

Ob poznavanju višine gnomona (v) in dolžine sence (s) lahko izračunamo višino Sonca:

$$\beta = \arctan (v/s)$$



Slika 24: Določanje višine Sonca s pomočjo sence gnomona.

Podatke zapišemo v naslednjo tabelo:

URA (po sončevem času)	DOLŽINA SENCE (mm)	VIŠINA SONCA (°)
6:00		
7:00		
8:00		
9:00		
10:00		
11:00		
12:00		
13:00		
14:00		
15:00		
16:00		
17:00		
18:00		

Pri 1.vaji bomo opravili eno meritev mesečno in sicer vsakega 15. v mesecu, v primeru oblačnega vremena pa na dan, ki naj bo čim bližje temu datumu.

Meritve opravljamo vsako polno uro od sončevega vzida do sončevega zaida.

2.2. Merjenje spreminjanja višine Sonca v času enega leta

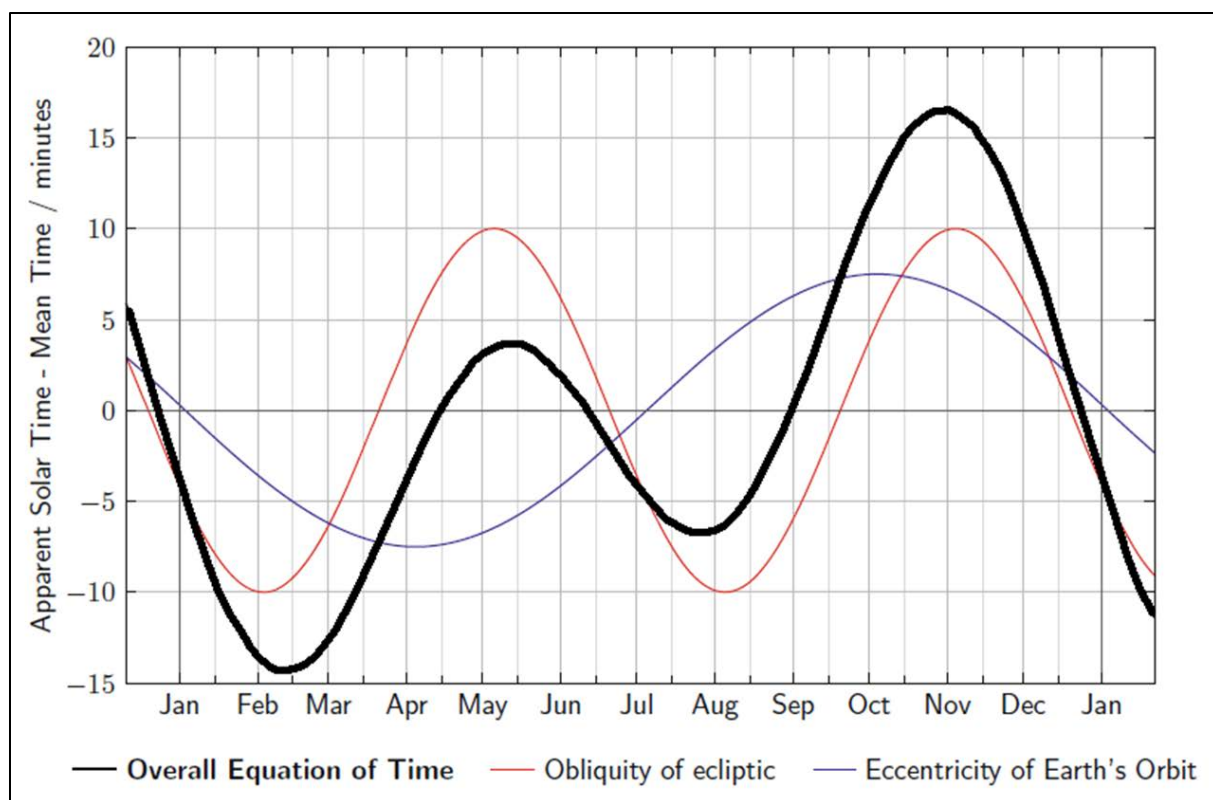
Podobno kot pri prvi vaji bomo merili dolžino sence gnomona. To bomo opravljali vsakega 1. in 15. dne v mesecu in sicer v času pravega poldneva.

Zaradi neenakomerne gibanja Zemlje okoli Sonca to včasih kulminira pred, včasih pa po 12. uri.

Časovno razliko med pravim poldnevom in 12. uro imenujemo časovna enačba (η). Dejanski čas zgornje kulminacije (T_k) izračunamo po naslednji formuli:

$$T_k = 12^h - \eta$$

Spreminjanje časovne enačbe med letom (črna krivulja) je funkcija ekscentričnosti (modra krivulja) in naklona ekliptike glede na ravnino nebesnega ekvatorja ali deklinacije (rdeča krivulja). Podatki o časovni enačbi (η) za vsak dan v letu so na voljo v astronomskih efemeridah Naše nebo, ki ki jih vsako leto izdaja Društva matematikov, fizikov in astronomov.



Slika 25: Spreminjanje časovne enačbe med letom.

Podatke zapišemo v naslednjo tabelo:

DATUM	η	ZG.KULM. SONCA	DOLŽINA SENCE	VIŠINA SONCA

2.3. Določanje geografske širine opazovališča s pomočjo gnomona

Za izračun geografske širine (φ) potrebujemo podatke o višini Sonca (h) in deklinaciji v času merjenja višine Sonca (δ). Podatke o deklinaciji za vsak dan so na voljo v astronomskih efemeridah Naše nebo, ki jih vsako leto izdaja Društva matematikov, fizikov in astronomov. Deklinacija Sonca se med letom spreminja od $+23,5^\circ$ do $-23,5^\circ$.

Geografsko širino izračunamo po formuli

$$\varphi = 90^\circ - h \pm \delta$$

φ – geografska širina opazovališča ($^\circ$)

h – višina Sonca v času opazovanja ($^\circ$)

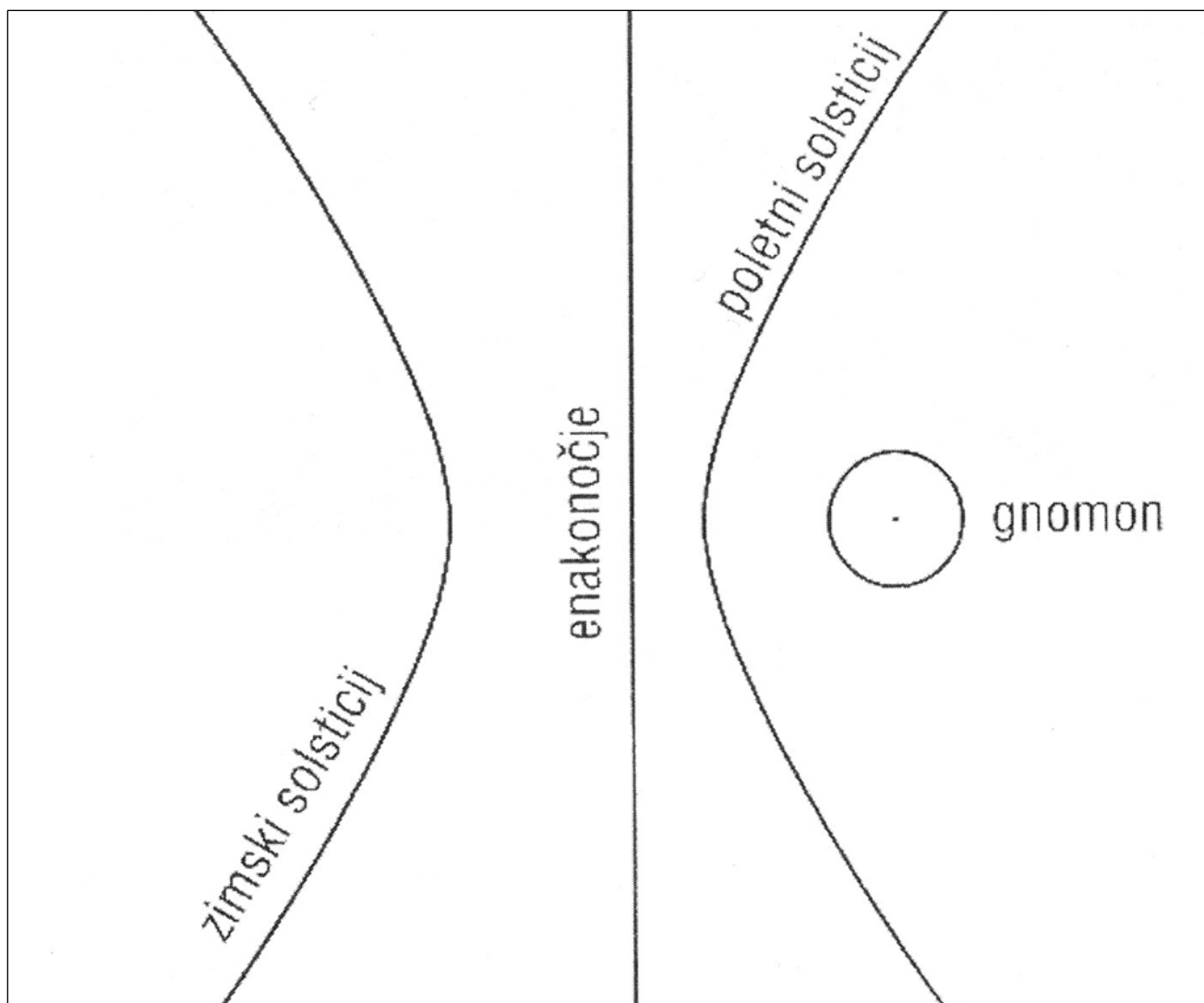
δ – deklinacija v času opazovanja ($^\circ$)

Določanje geografske širine opazovališča bomo naslonili na podatke, ki jih bomo dobili z meritvami spreminjanja višine Sonca med letom (2.vaja).

Končni rezultat je povprečje vseh izmerjenih/izračunanih geografskih širin.

Podatke zapišemo v naslednjo tabelo:

DATUM	VIŠINA SONCA ($^\circ$)	GEOGR. ŠIRINA (φ) ($^\circ$)
POVPREČJE		



Slika 26: Potek sence vrha gnomona med letom.

Vir: M. Prosen: Ukvarjanje s senco. DMFA. Ljubljana. 2003.

2.4. Merjenje geografske širine s pomočjo naklonomera

Geografsko širino lahko merimo tudi s pomočjo naklonomera. Na desko ali debelo vezano ploščo nalepimo kotomer tako, da bo osnovnica kotomera vzporedna z nivelirno zgornjo ravnino deske. V izhodišče naklonomera zabijemo majhen žebliček, na katerega obesimo vrstico, ki jo obtežimo. Šablono za kotomer izrežemo po robovih in nalepimo na desko ali vezano ploščo, ki ima ravno zgornjo stranico.

Podlaga za tisk naklonomera je v Prilogah.

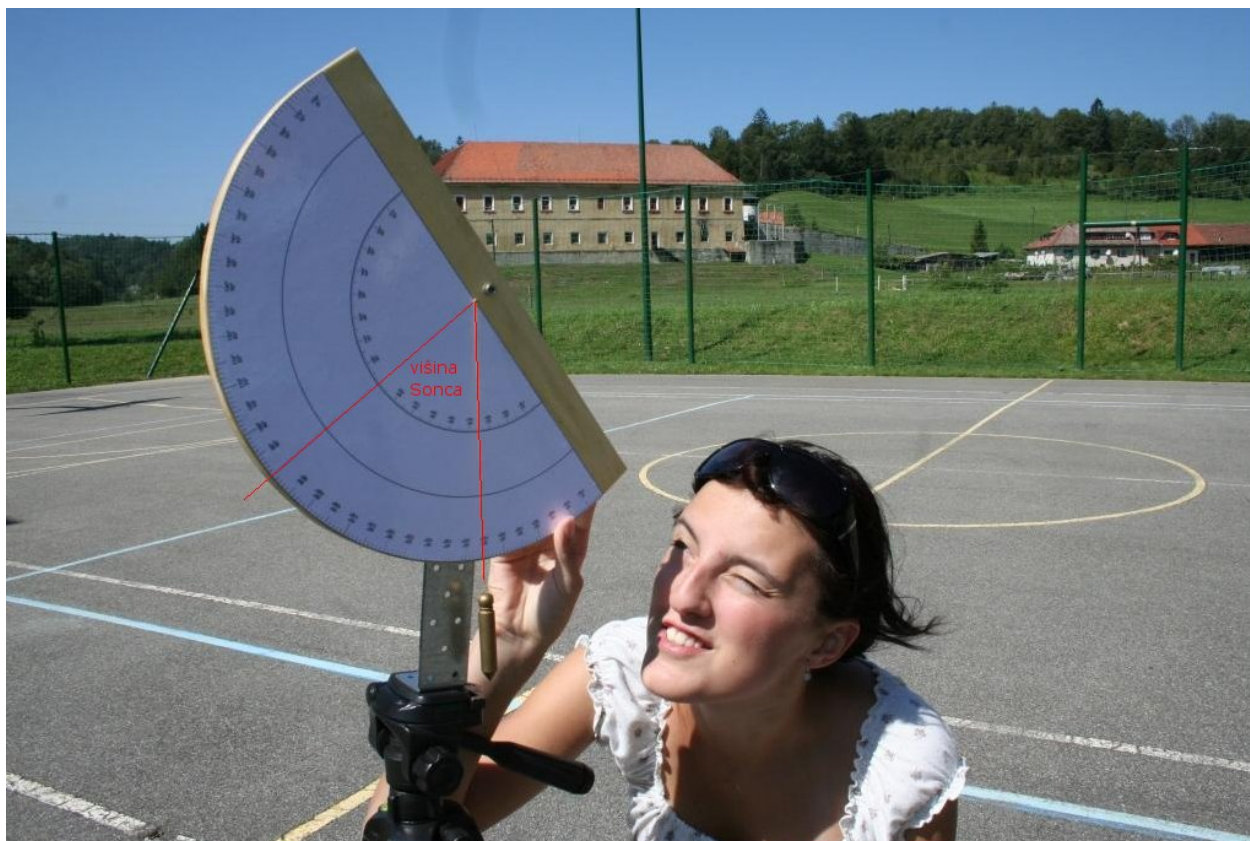
Naklonomer lahko držimo v roki, še bolj udobno pa je meriti, če je naklonomer pritrjen na stativ ali podoben pripomoček.

Meritev bo lažja, če si Sončev disk zastremo z varilskim steklom (optična gostota nad 12) ali celo v ta namen izdelano mylar folijo.



Slika 27: Merjenje višine Sonca z naklonomerom.

Zgornji rob naklonomera poravnamo s sredino Sončevega diska. Kot med navpičnico in krakom, ki povezuje izhodišče naklonomera z oznako 90° je višina Sonca. Merimo na $0,5^\circ$ natančno.



Slika 28: Merjenje višine Sonca z naklonomerom-višinski kot Sonca.

Geografsko širino izračunamo po formuli

$$\varphi = 90^\circ - h \pm \delta$$

φ – geografska širina opazovališča (°)

h – višina Sonca v času opazovanja (°)

δ – deklinacija v času opazovanja (°)

Za določanje merjenje geografske širine lahko uporabimo tudi zvezdo Severnico, ki se nahaja okoli 1° vstran od severnega nebesnega pola. Višinski kot Severnice je tudi kot, ki je enak geografski širini opazovališča (na severnem polu je Severnica v zenitu, na ekvatorju pa na matematičnem horizontu).

Še vprašanje: kakšna je osnovna napaka meritve, ki izhaja iz te metode?

Namesto severnice lahko uporabimo tudi poljubno zvezdo, ki je še vidna s prostim očesom. V času njene zgornje kulminacije izmerimo njen višinski kot, piščemo podatek o njeni deklinaciji², nato pa izračunamo geografsko širino po naslednji formuli:

² koordinate zvezd se med drugim nahajajo na teh spletnih straneh:

<http://www.atlasoftheuniverse.com/nearstar.html>

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_nearest_bright_stars

$$\varphi = 90^\circ - h \pm \delta$$

φ – geografska širina opazovališča (°)

h – višinski kot zvezde v času njene zgornje kulminacije (°)

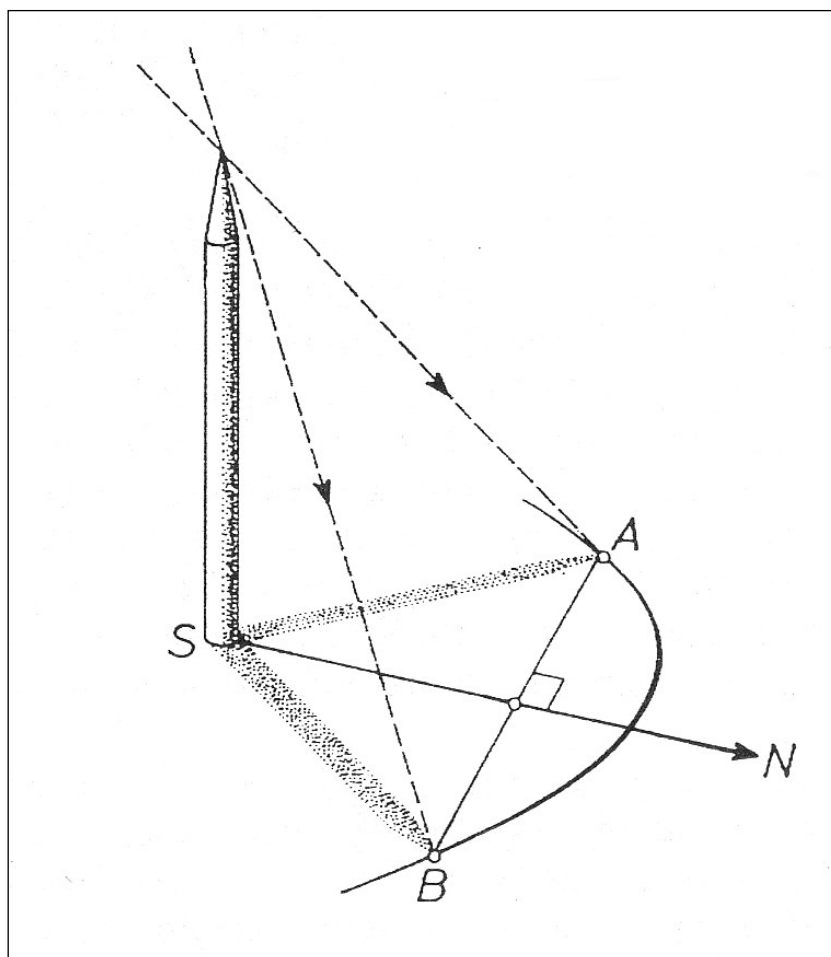
δ – deklinacija zvezde (°)

Podatke o zgornjih kulminacijah zvezd lahko najdemo v brezplačnih programih kot so Sky Chart (za operacijski sistem MS Windows)³, na spletni strani Heavens Above⁴ ali z aplikacijami Mobile Observatory, Night Sky Tools, Sky Safari in SkEye (za operacijski sistem Android).

2.5. Določanje krajevnega poldnevnika

Pri tej vaji bomo za gnomon uporabili navpično postavljeno palico na domačem dvorišču ali vrtu. Okoli podnožja palice na tla narišemo krog s polmerom, ki je nekoliko večji od dolžine sence v času zgornje kulminacije.

Senca bo med dnevom dvakrat sekala narisano krožnico. Obe presečišči med seboj povežemo. Simetrala daljice, ki smo jo dobili predstavlja naš krajevni poldnevnik. Sedaj le še smiselno določimo strani neba (jug kaže proti Soncu).



Slika 29: Določanje krajevnega poldnevnika s pomočjo sence gnomona.

³ <https://www.ap-i.net/skychart/en/start>

⁴ <https://www.heavens-above.com/>

Vir: M. Prosen: Ukvarjanje s senco. DMFA. Ljubljana. 2003.

Krajevni poldnevnik lahko določimo še enostavneje tako, da točno v času zgornje kulminacije Sonca (pri tem upoštevamo tudi časovno enačbo !) narišemo črto, ki je identična s senco gnomona. Ta črta predstavlja potek krajevnega poldnevnika.



Slika 30 Določanje poldnevnika s pomočjo sence gnomona v času zgornje kulminacije Sonca.

13. vaja: Rotacija Zemlje in merjenje časa s pomočjo sončnih ur

Sončna ura je naprava, ki s pomočjo položaja sence, ki jo meče neko telo, meri čas. Teoretično lahko vsako telo, ki meče senco na neko ploskev uporabimo za merjenje časa.

V zgodovini so za merjenje časa razvili posebne konstrukcije sončnih ur, ki so lažje za izdelavo.

Na tak način se je razvilo več tipov sončnih ur.

Vsako sončno uro sestavljata vsaj dva dela:

- **Senčnik** je del sončne ure, katerega funkcija je da meče senco na dano ravnino. Senčnik je lahko različne oblike:

- + palica
- + ravna ploskev
- + odprtina v ploskvi
- + zrcalo

- **Številčnica** je del sončne ure, ki označuje čas. Senca senčnika zaradi vrtenja Zemlje v času dneva spreminja svoj položaj na številčnici.

Če sta senčnik in številčnica pravilno konstruirana, bo spreminjanje sence senčnika na številčnici tekom dneva pravilno označevalo čas.

7.1. Zakonitosti delovanja sončnih ur

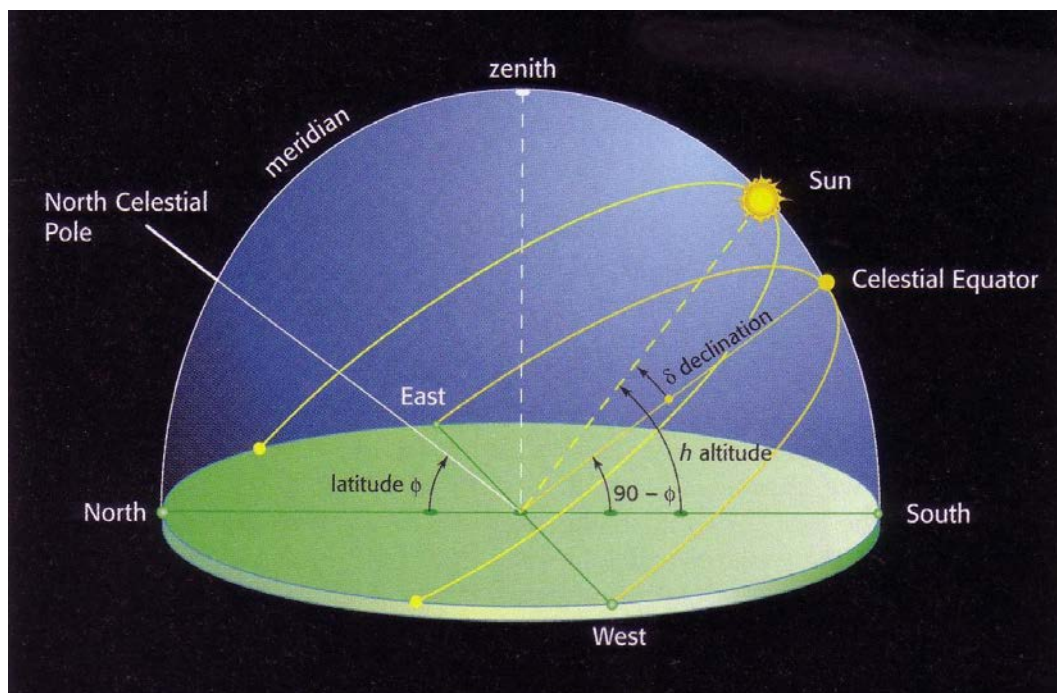
Delitev sončnih ur je možna po različnih kriterijih. Najpogostejše sončne ure delimo glede na **vrsto in položaj senčnika** – dela sončne ure, ki meče senco na številčnico. Po tem kriteriju bi bila preprosta delitev sončnih ur naslednja:

Pri konstruiranju sončne ure moramo torej upoštevati:

- Zakonitosti vrtenja Zemlje okoli svoje osi
- Položaj (smer) senčnika
- Konstrukcija številčnice in položaji črt, ki označujejo polne ure, polurne in četrtne vrednosti.

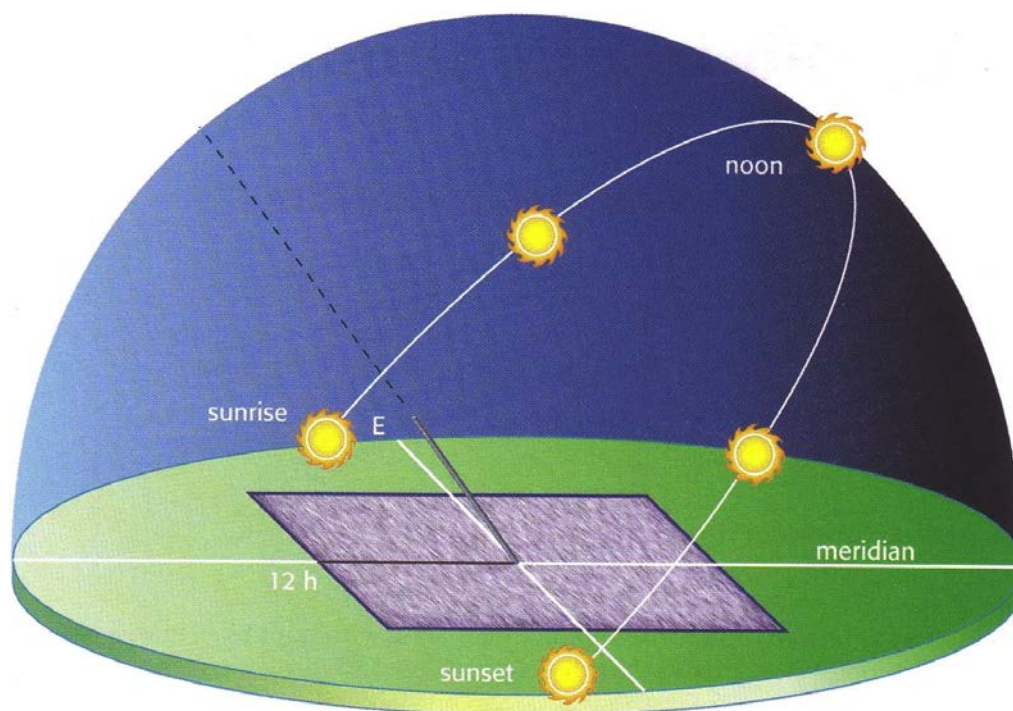
Osnovne zakonitosti, ki jih je pri izdelavi sončnih ur potrebno upoštevati :

- Zemlja se okoli svoje osi zavrti v 24 urah. **V eni uri se torej zavrti za kot $360^\circ : 24 \text{ ur} = 15^\circ$** . Zaradi tega se Sonce po nebesni sferi v eni uri premakne za enak kot.
- **Zemljina os je nagnjena**, zaradi tega se pot Sonca po nebesni sferi med letom spreminja.
- Pot Sonca in položaj polarne osi (osi, ki povezuje severni in južni nebesni pol in je vzporedna z Zemljino osjo) sta odvisna od **geografske širine danega kraja**.



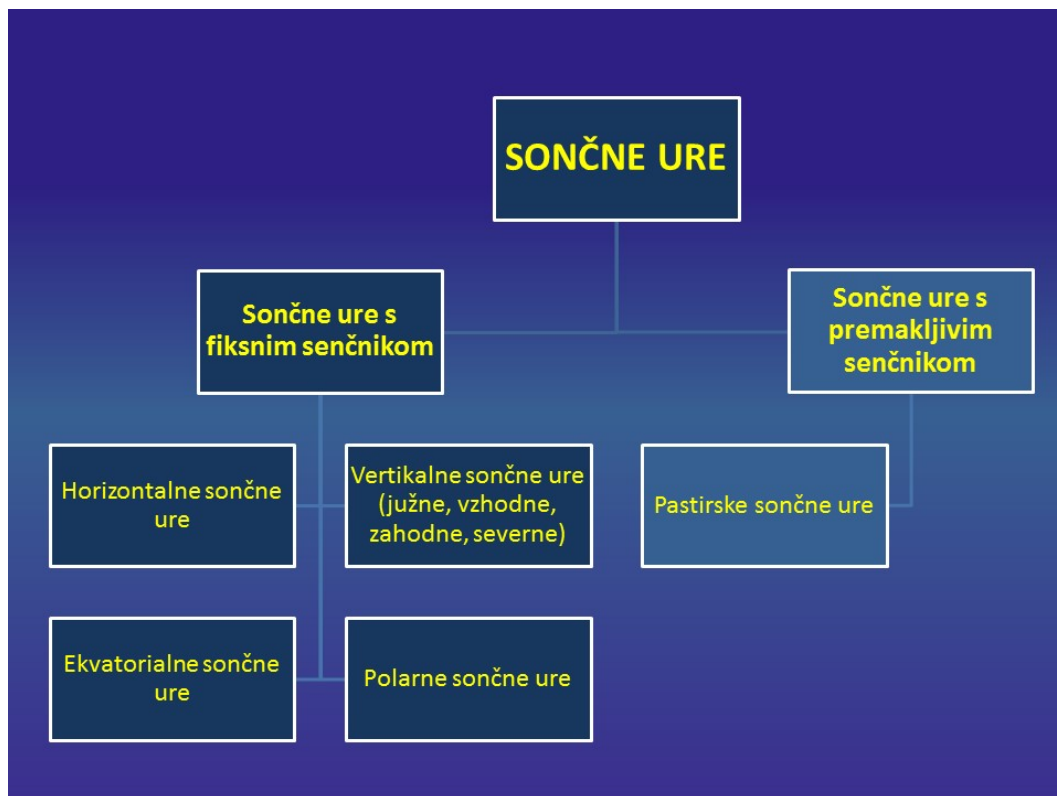
Slika 31: Gibanje nebesnih teles glede na os vrtenja Zemlje in geografsko širino.

Upoštevajoč našeta pravila je konstrukcija sončne ure s fiksnim senčnikom najlažja, če je **senčnik na dani geografski širini usmerjen proti severnemu nebesnemu polu** (na južni poluti proti južnemu nebesnemu polu). V tem primeru je senčnik pravokoten na ravnino navidezne poti Sonca po nebesni sferi. Konstrukcija številčnice je zato v tem primeru enostavnejša.



Slika 32: Gibanje Sonca preko nebesne sfere glede na Zemljino os vpliva na dnevno spreminjanje poteka sence na dani geografski širini.

7.2. Delitev sončnih ur

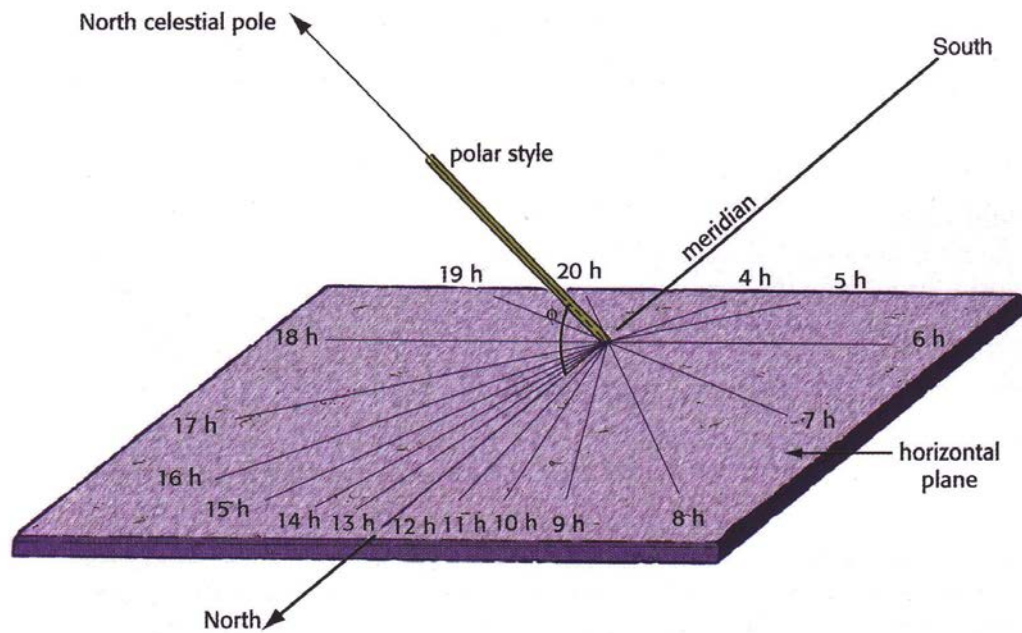


Slika 33: Delitev sončnih ur.

V našem primeru se bomo osredotočili na horizontalne, vertikalne in ekvatorialne sončne ure.

7.3. Horizontalna sončna ura

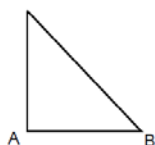
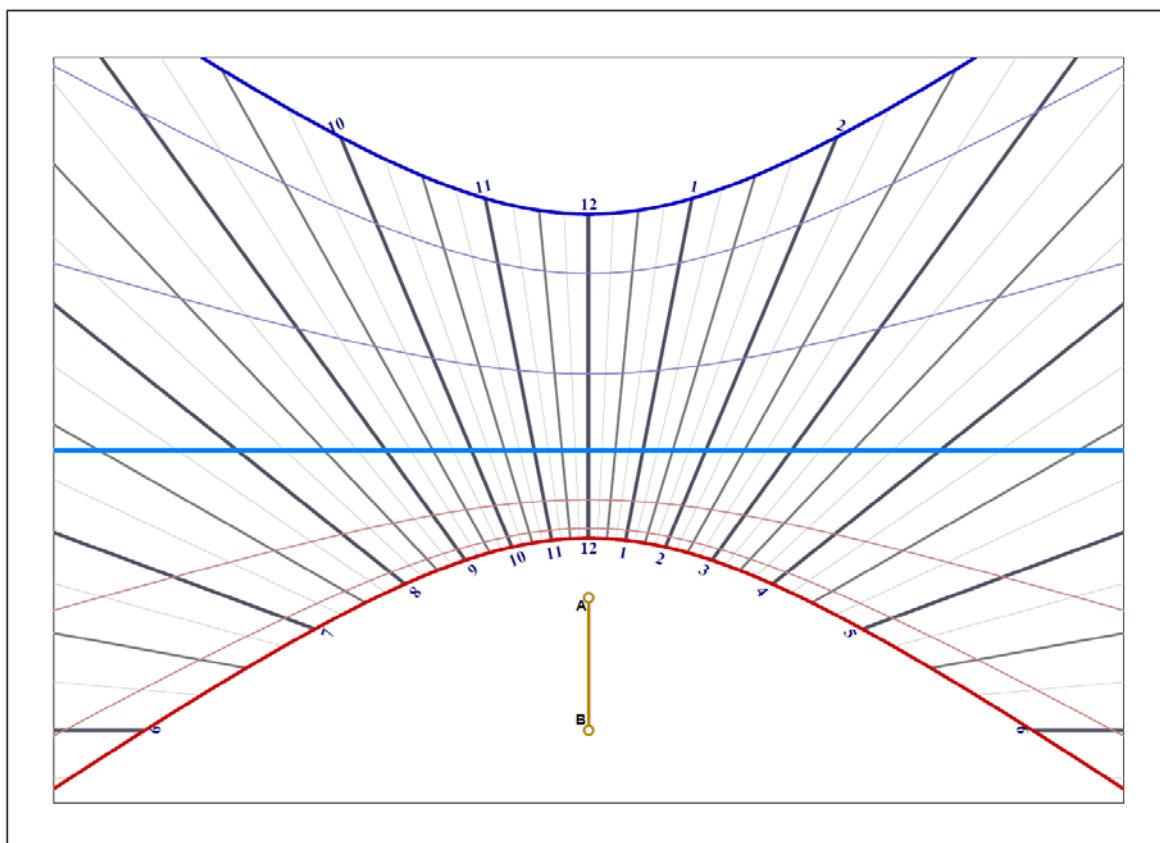
Številčnica leži v horizontalni smeri, senčnik (rob plošče, palica) je usmerjen proti severnemu nebesnemu polu.



Slika 34: Shematični prikaz horizontalne sončne ure. V tem primeru je senčnik v obliki palice, ki je usmerjena vzporedno z zemeljsko osjo oziroma proti severnemu nebesnemu polu.



Slika 35: Primer horizontalne sončne ure s senčnikom v obliki pravokotnega trikotnika.

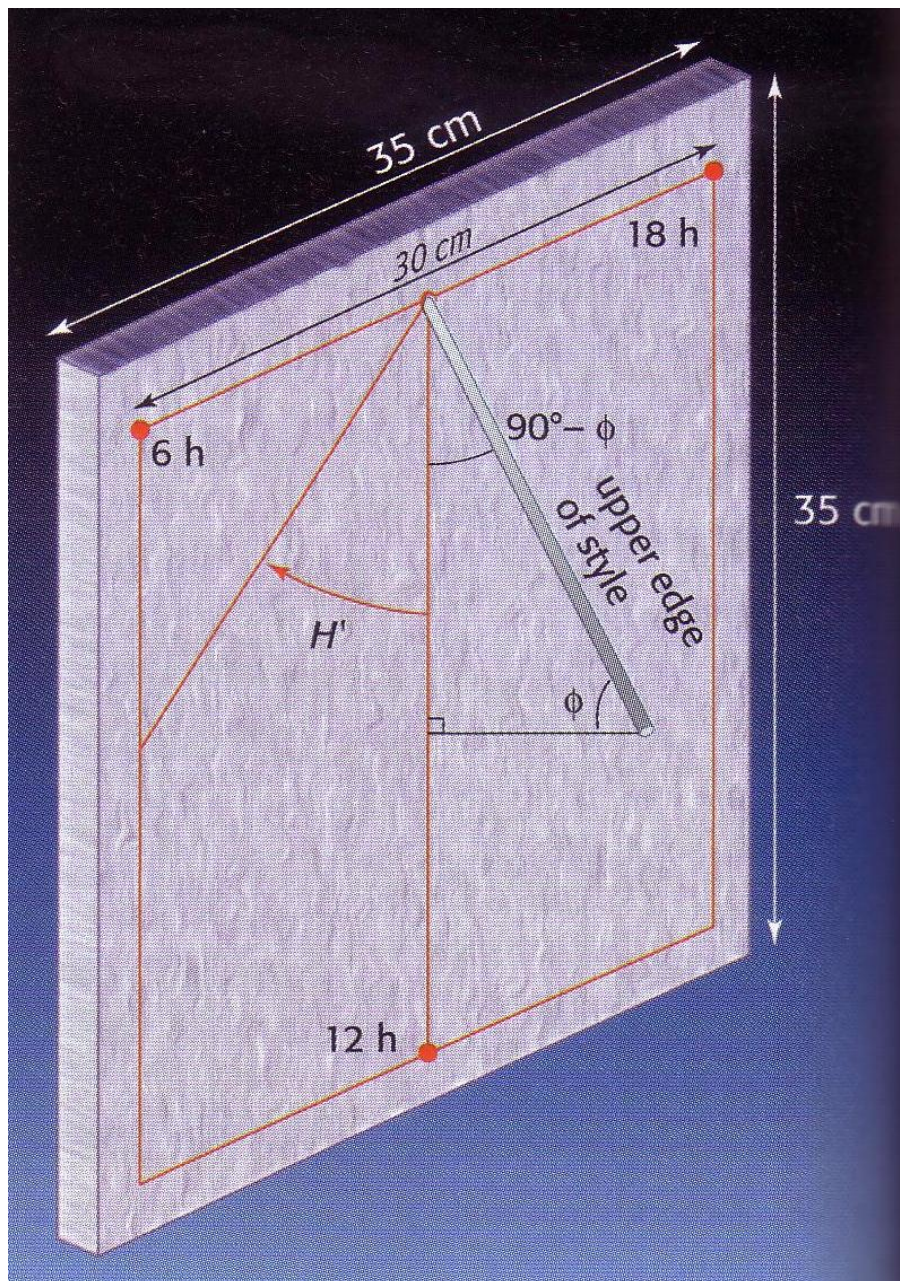


Slika 36: Podlaga za izdelavo horizontalne sončne ure. Senčnik v obliki trikotnika izrežemo in nalepimo v pravilnem položaju A-A, B-B) na številčnico. V našem primeru je senčnik v obliki pravokotnega trikotnika, pri čemer vlogo senčnika igra hipotenuza. Sončna ura je prilagojena geografski širini Črne na Koroškem.

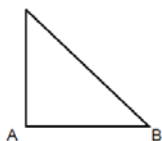
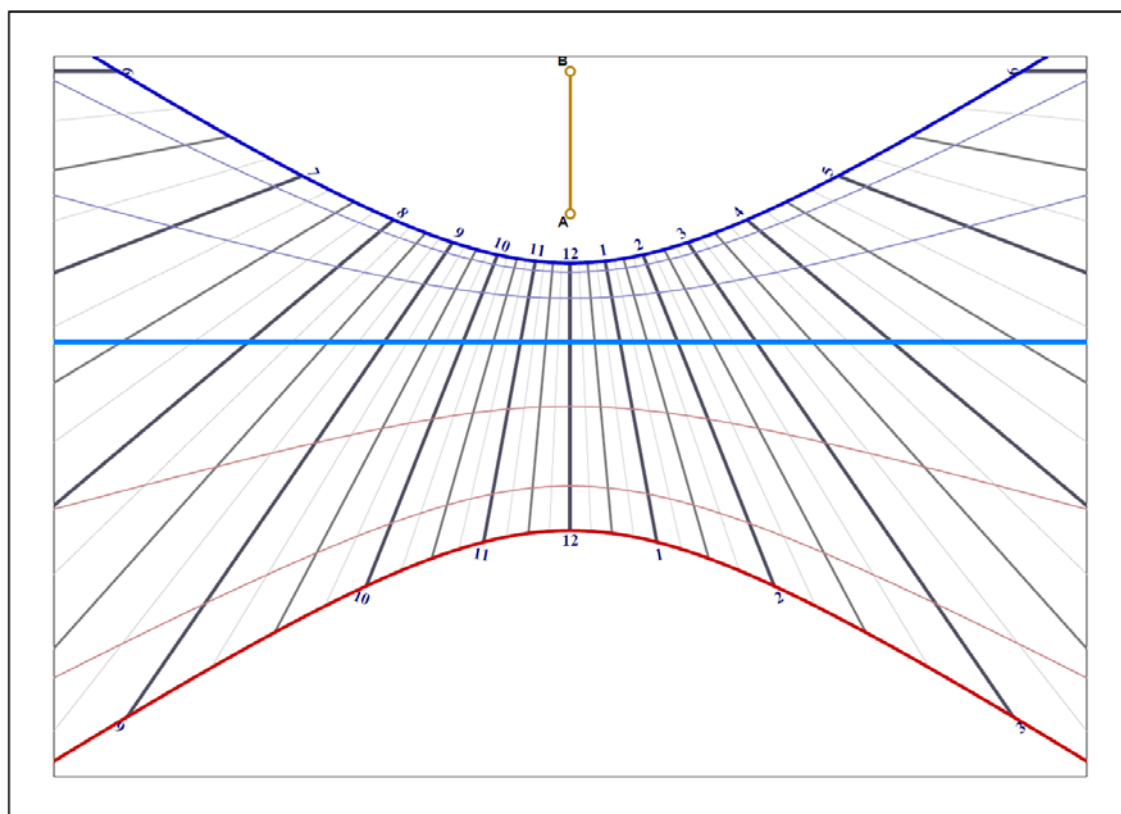
7.4. Vertikalna sončna ura

Številčnica leži v vertikalni smeri, senčnik (rob plošče, palica) je usmerjen proti severnemu nebesnemu polu.

Najenostavnejša vertikalna sončna ura ima ravnino številčnice usmerjeno proti jugu.



Slika 36: Shematični prikaz vertikalne sončne ure. V tem primeru je senčnik v obliki palice, ki je usmerjena vzporedno z zemeljsko osjo oziroma proti severnemu nebesnemu polu.

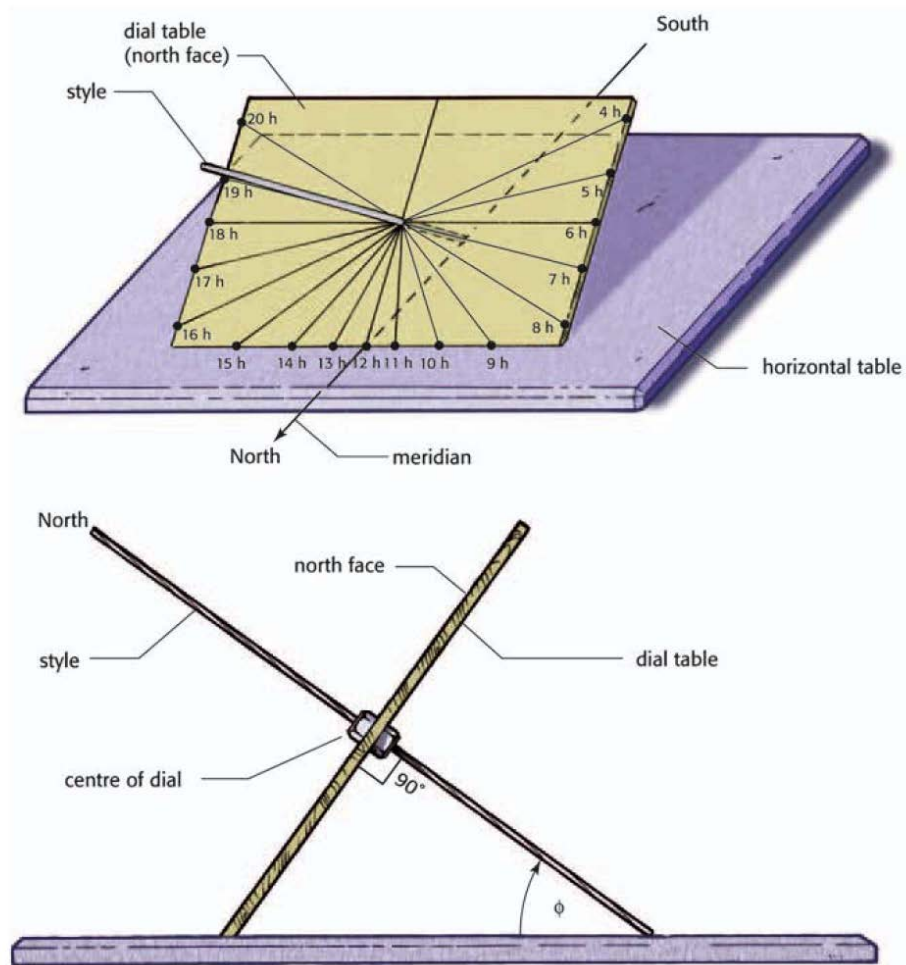


Slika 37 Podlaga za izdelavo vertikalne sončne ure. Senčnik v obliki trikotnika izrežemo in nalepimo v pravilnem položaju A-A, B-B) na številčnico. V našem primeru je senčnik v obliki pravokotnega trikotnika, pri čemer vlogo senčnika igra hipotenuza. Sončna ura je prilagojena geografski širini Črne na Koroškem.

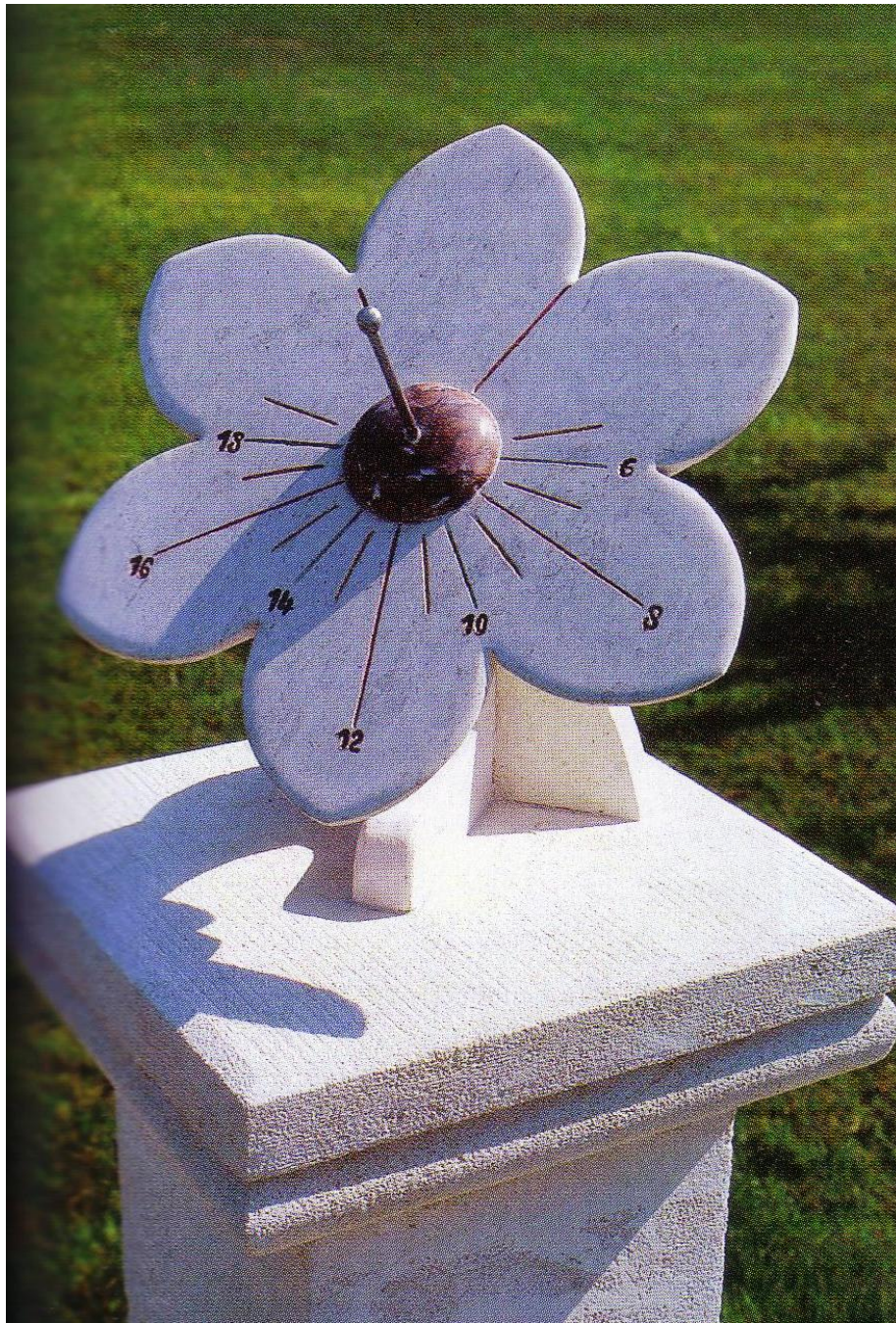
7.5. Ekvatorialna sončna ura

Pri ekvatorialnih sončnih urah poznamo dva podtipa:

- ekvatorialna sončna ura s številčnico na ravnini



Slika 38: Primer ekvatorialne sončne ure s številčnico na ravnini.



Slika 39: Ekvatorialna sončna ura s številčnico na ravnini je lahko tudi dobrodošla in uporabna dekoracija v parku ali na vrtu.

- ekvatorialna sončna ura s številčnico na krožnem loku.



Slika 40: Primer sončne ure s številčnico na krožnem loku.

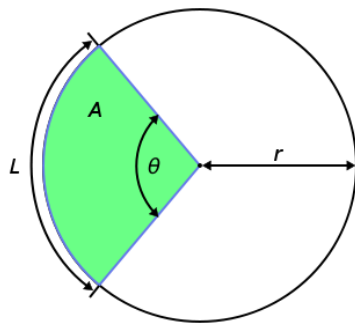
Pri obeh podtipih za senčnik običajno uporabimo palico, ki je usmerjena proti severnemu nebesnemu polu. (V našem primeru bomo izdelali tip ekvatorialne sončne ure na ravnini.)

Ravnina številčnice se pri obeh podtipih torej nahaja v ravnini, ki je vzporedna z zemeljskim in nebesnim ekvatorjem. To dejstvo pušča za posledico bistveno enostavnejše risanje črt, ki označujeta dve zaporedni uri.

Pri ekvatorialni sončni uri s številčnico na ravnini so črte, ki označujejo dve zaporedni sončni uri med seboj pod kotom 15° ($360^\circ / 24$ ur).

Pri ekvatorialni sončni uri s številčnico na krožnem loku (, ki leži v ravnini zemeljskega in nebesnega ekvatorja), so razdalje med črtami, ki označujejo dve zaporedni polni uri prav tako enake in ustrezajo dolžini loka središčnega kota 15° .

Dolžina krožnega loka je funkcija **središčnega kota** in **polmera kroga**:



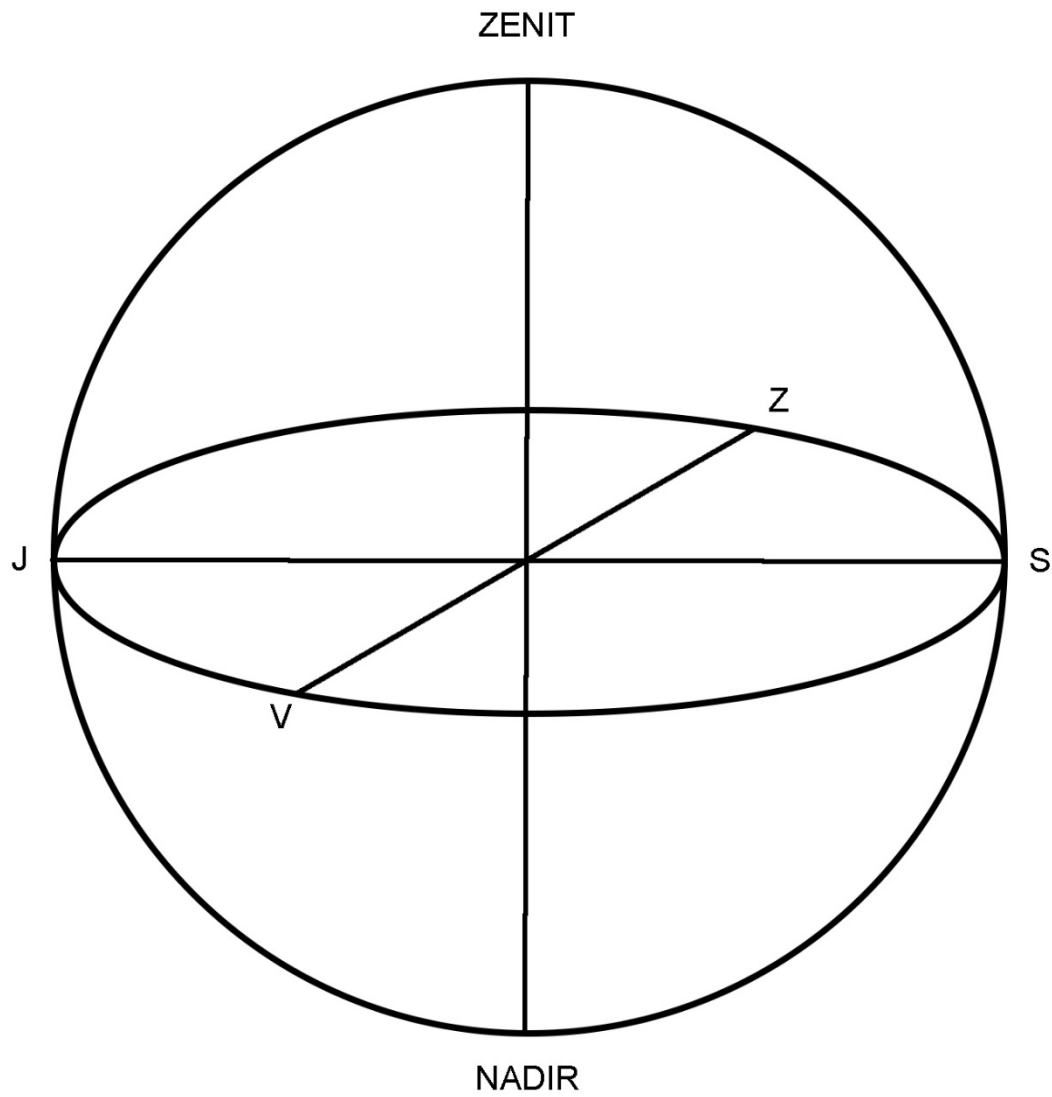
$$L = 2 \pi r \left(\frac{\theta}{360^\circ} \right)$$

Slika 41: Računanje dolžine loka med dvema zaporednima črtama, ki označujeta polno uro na ekvatorialni sončni uri s številčnico na krožnem loku.

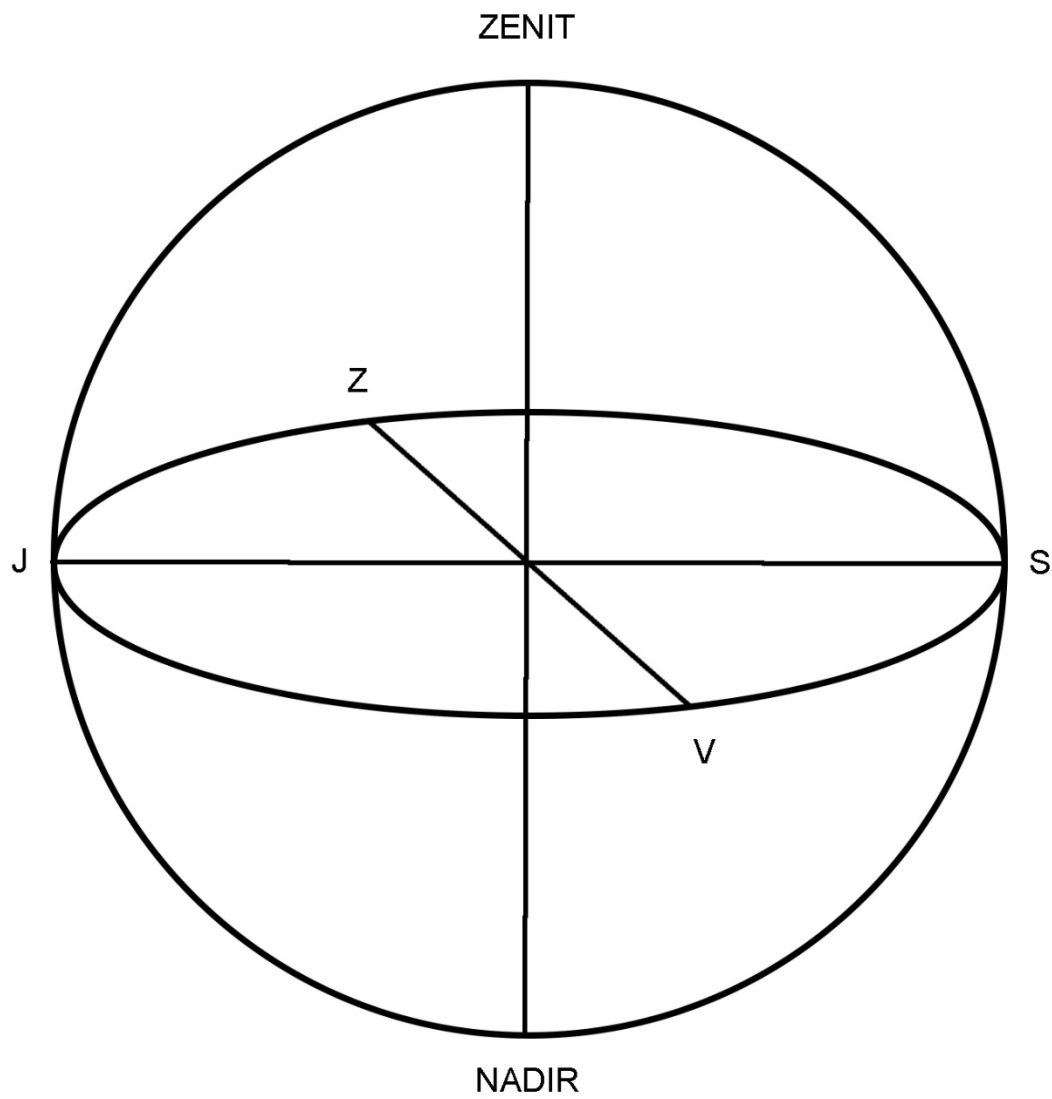
Viri in literatura:

- Lovrenčak, F. 1996: Matematična geografija, Filozofska fakulteta, Ljubljana.
- Prosen, M., Avsec, F., 2006: Astronomija, DMFA, Ljubljana.
- Kambič, B., 2007: Raziskujmo ozvezdja, Cambio, Ljubljana.
- Savoie, D., 2009: Sundials. Design, Construction and Use. Springer. Chichester.

PRILOGE



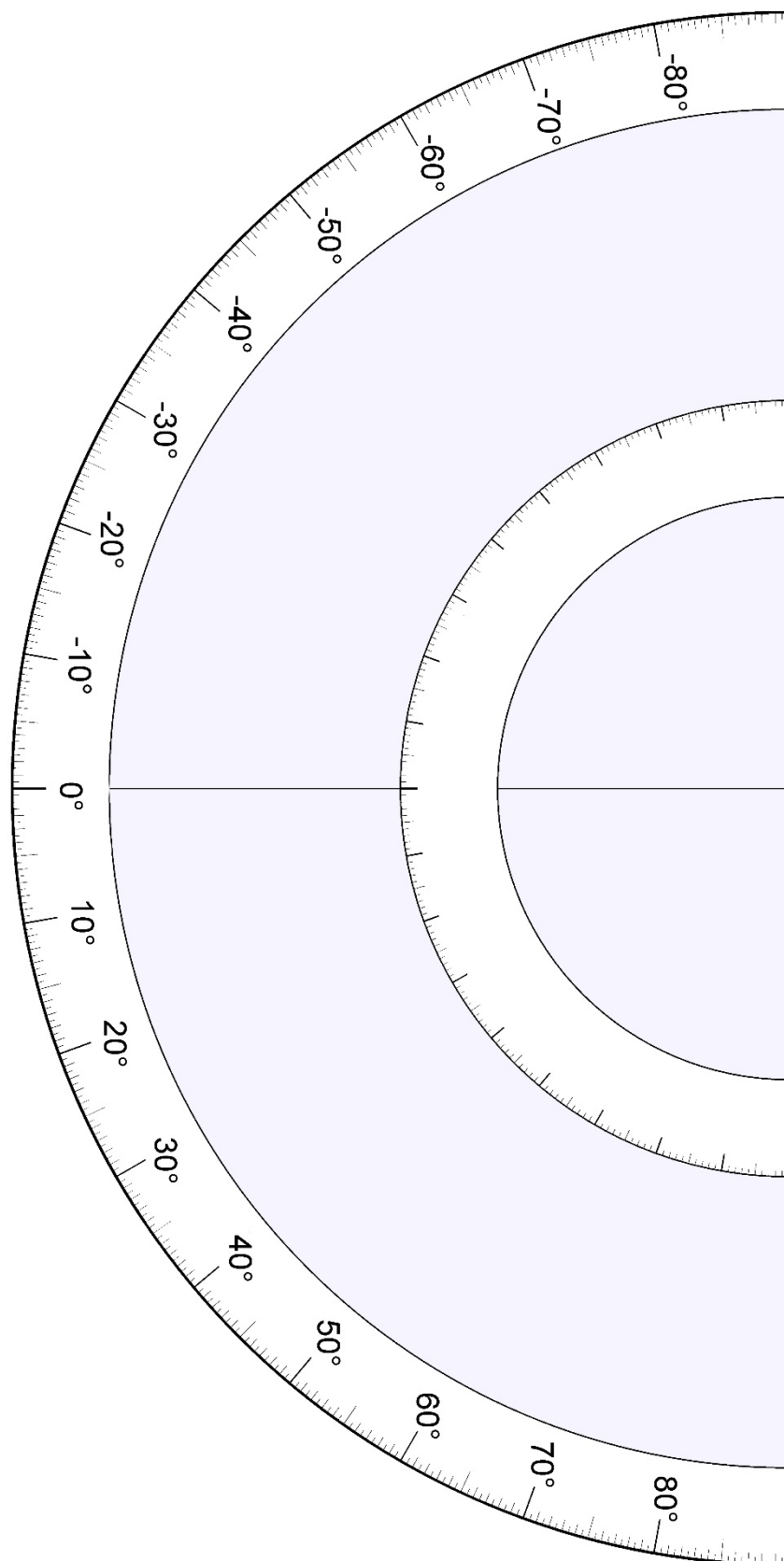
Slika 42: Podlaga za risanje navidezne poti Sonca po nebesni sferi-severna poluta.



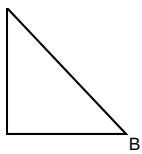
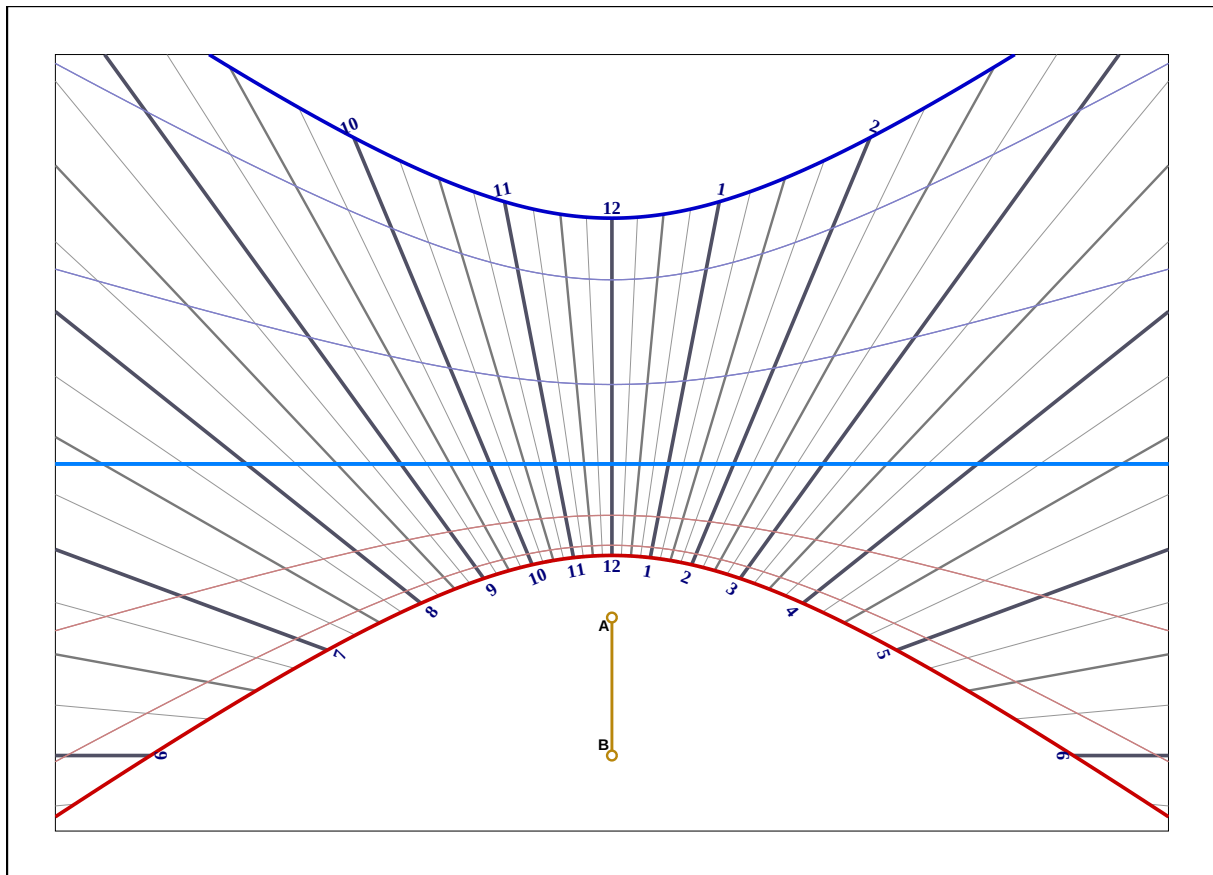
Slika 43: Podlaga za risanje navidezne poti Sonca po nebesni sferi-južna poluta.



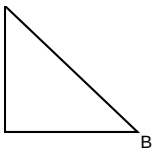
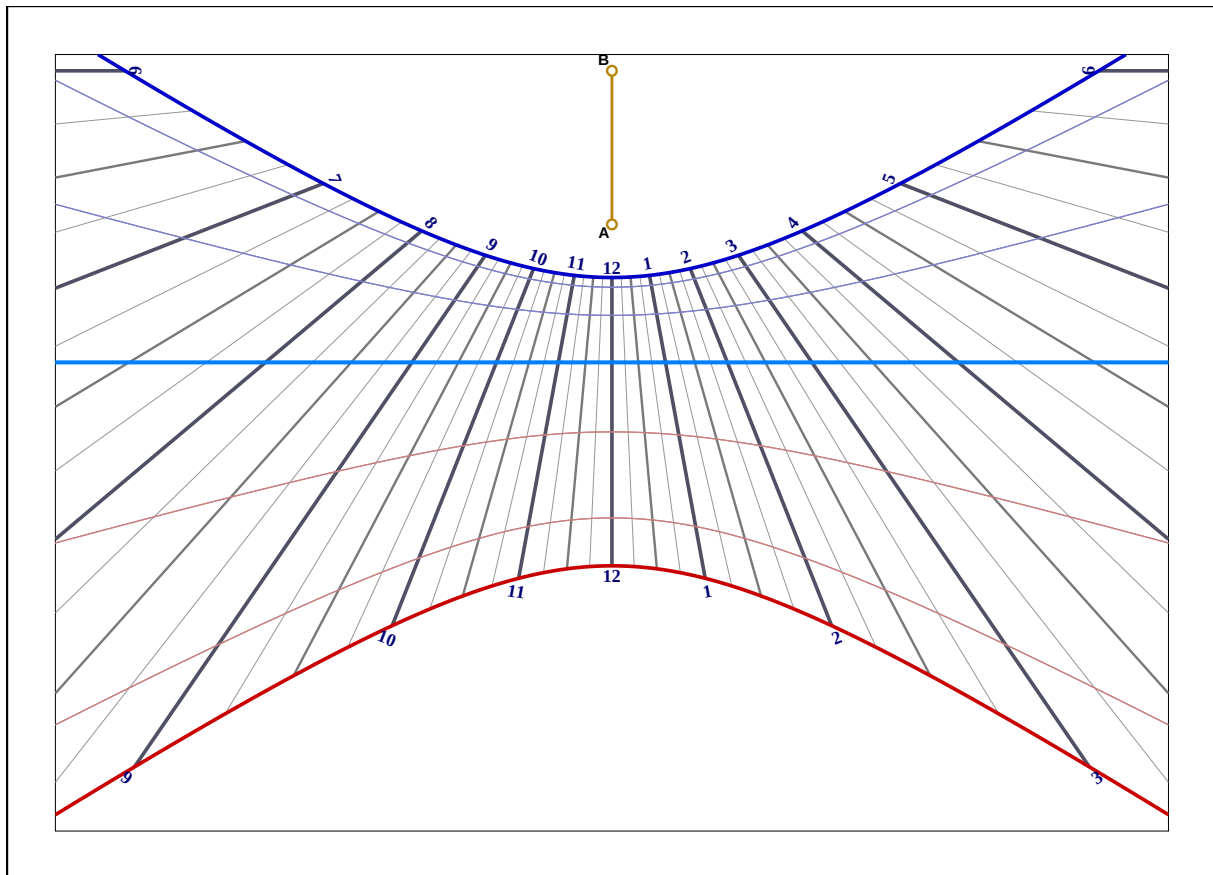
Slika 44: Podlaga za risanje 4. vaje



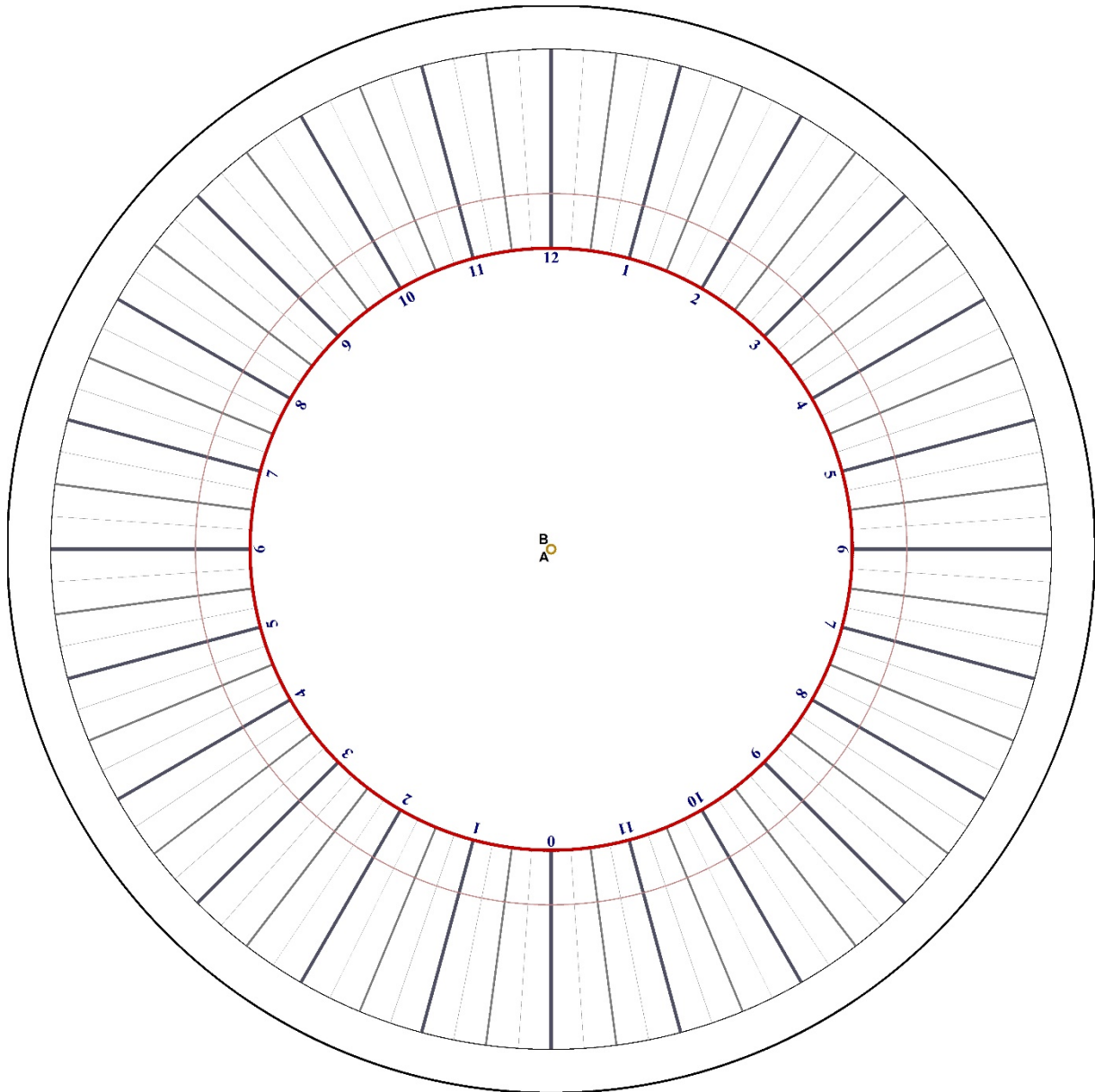
Slika 45: Podlaga za izdelavo naklonomera.



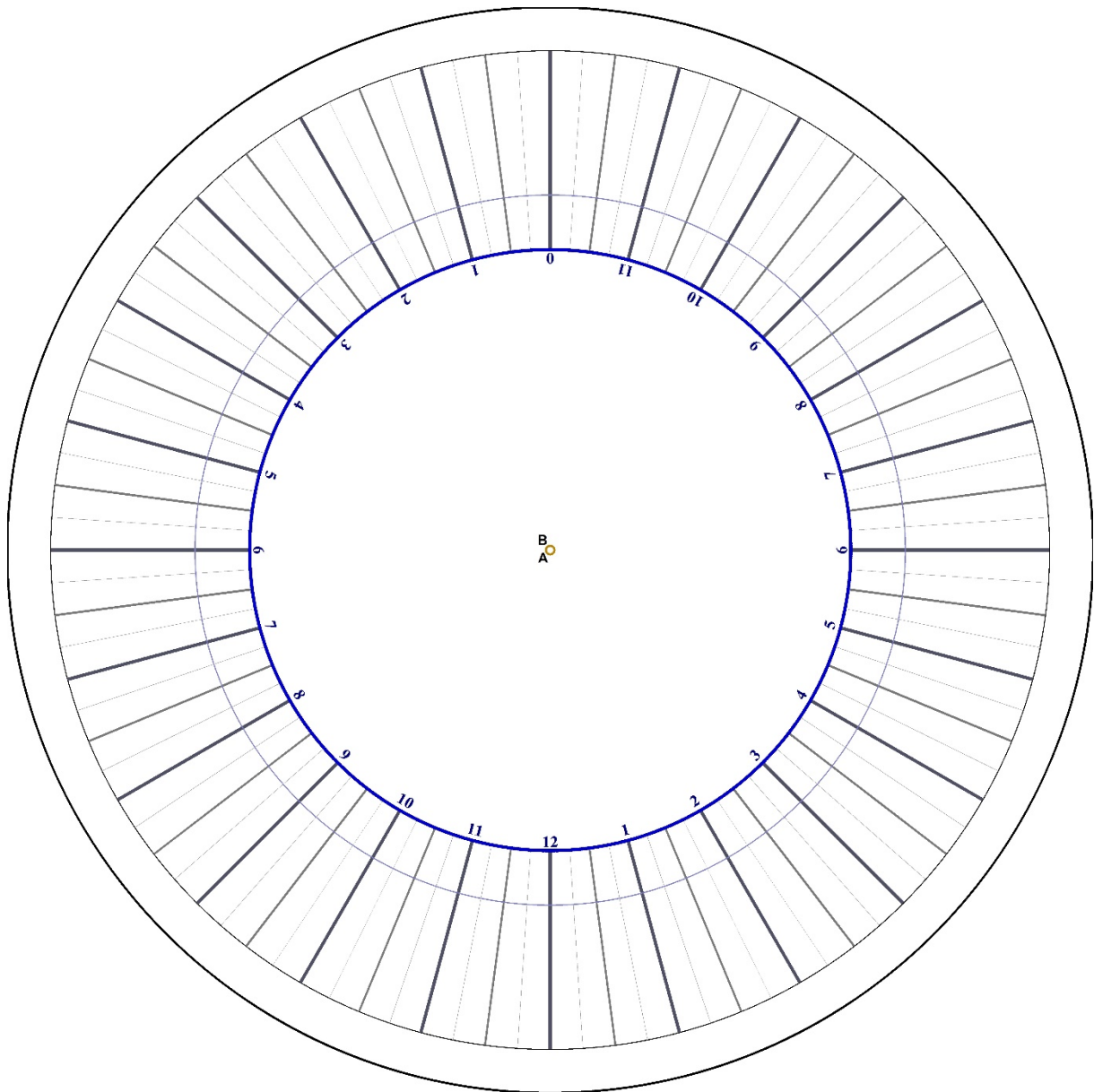
Slika 46: Podlaga za izdelavo horizontalne sončne ure, prirejene za geografsko širino Maribora



Slika 47: Podlaga za izdelavo vertikalne sončne ure, prirejene za geografsko širino Maribora



Slika 48: Podlaga za izdelavo ekvatorialne sončne ure s številčnico na ravnini (zgornja ploskev-pomlad in poletje)



Slika 49: Podlaga za izdelavo ekvatorialne sončne ure s številčnico na ravnini (spodnja ploskev-jesen in zima)