

7 Čas in kot

Nebesni čas – Kotomerni krog – Deklinacija Sonca – Sončna ura – Nihalna ura – Časovna anomalija Sonca – Zvezdno nebo – Sonce in zvezde – Zemljepisna lega – Časovni pasovi

7.1 Nebesni čas

- Merjenje časa Sonce vzhaja, kulminira in zahaja; Mesec raste in upada; zasnežene zime nastopajo in minevajo. Med začetkom in koncem kakšnega dogajanja, recimo potovanja trgovske karavane preko puščave ali ladje preko morja, se zvrsti določeno število "sonc", "lun" ali "zim". Ko jih preštejemo, s tem trajanje/čas potovanja *izmerimo*. *Merilna priprava* je nebo, *merske enote* pa *dan* (d), *mesec* (mes) in *leto* (y). Zapis 5 d, na primer, bomo razumeli kot produkt merskega števila 5 in merske enote d, torej kot $5 \cdot d$.
- Časovna lega Vsako dogajanje je omejeno z dvema dogodkoma: z njegovim začetkom in s koncem. Tudi med poljubnima dvema nepovezanimi dogodkoma, recimo med rojstvom preroka Ješue (dogodek A) in smrtjo preroka Mohameda (dogodek B), potekajo razna dogajanja, to je kakršnokoli zaporedje sprememb v nas samih in v okolici. Rekli bomo, da čas teče. S tem hočemo na kratko povedati zgolj to, da se nam svet kaže kot zaporedje dogodkov. Ko izmerimo trajanje med dvema dogodkoma, s tem določimo, *kdaj* se je dogodek B zgodil z ozirom na dogodek A, to je, določimo njegovo *časovno lego*. Tako rečemo, da se je dogodek B zgodil 632 let po dogodku A, med obema dogodkoma pa je preteklo 632 let časa.
- Razmerja enot V mesecu je mnogo dni in v letu je mnogo mesecev in še več dni. Merjeno z dnevi so vsi meseci in vsa leta enako veliki: naštejemo 30 ± 1 dni v posamičnem mesecu in 365 ± 1 dni v posamičnem letu. Mesec merimo med dvema polnima menama, leto pa med dvema pomladnima enakonočjema. Nenatančnost pri merjenju izvira od tega, ker je težko določiti, na kateri dan je mena oziroma enakonočje. Lahko pa si pomagamo tako, da štejemo preko mnogo mesecev in let: v 100 mesecih naštejemo 2953 ± 1 dni in v 100 letih 36524 ± 1 dni. Tako vidimo, da je pravzaprav v mesecu 29,53 dni in v letu 365,24 dni, oboje z natančnostjo na dve decimali.
- Civilno leto Za civilne potrebe proglasimo 365 dni za eno *civilno leto*, ki se začne, na primer, ob pomladnem enakonočju. Po nekaj civilnih letih pa seveda opazimo, da se prvi dan takega leta odmakne nazaj od pomladnega enakonočja za enega ali celo za več dni. Da ohranjamo začetek vsakega civilnega leta na dan pomladnega enakonočja ali vsaj v neposredni bližini, moramo zato civilnemu letu občasno dodati kakšen dan. V 100 letih moramo tako dodati 24 dni. Najbolje je, da vsakemu četrtemu civilnemu letu dodamo

1 dan; tako postane *prestopno* civilno leto s 366 dnevi. Vsakemu stotemu letu pa tega dne ne dodamo.

7.2 Kotomerni krog

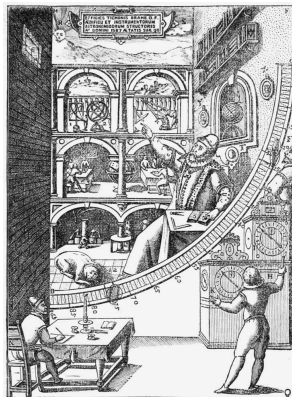
Merjenje kota Ob kulminaciji stoji Sonce včasih nižje in drugič višje nad južnim obzorjem. Dve namišljeni premici iz naših oči – do obzorja in do Sonca nad njim – oblikujeta navpični kot, ki je bolj ali manj razprt. Po tem kotu lahko zaporedno polagamo palce ali dlani iztegnjene roke in jih štejemo. Tako kot izmerimo. Podobno merimo tudi vodoravne kote po obzorju, recimo med jugom in vzhajališčem ali zahajališčem Sonca.

Astrolab Za natančno merjenje kotov izdelamo *kotomer*: poljubno velik krog z vrtljivo namerilno palico skozi središče. Če ga lahko obesimo, mu rečemo *astrolab*. Njegov obod razdelimo na 360 *kotnih stopinj* ($^{\circ}$). Ena stopinja, to je približno polovica širine palca na iztegnjeni roki. Z bistrim očesom razločujemo še kot $1/60$ stopinje; poimenujemo ga *kotno minuto* ($'$).



Slika 7.1 Astrolab – viseči krog z namerilno palico za merjenje višine nebesnih teles nad obzorjem. Prikazana je replika instrumenta, ki je služil španskim jadralcem pri prvih čezoceanskih plovbah. (National Maritime Museum, Greenwich)

Kvadrant Namesto celotnega kroga je včasih bolj primerno uporabiti le njegovo četrtino. To je *kvadrant*.



Slika 7.2 Kvadrant – četrtina kotomernega kroga. Prikazan je velik zidni kvadrant, ki je stalno usmerjen proti jugu. S takim instrumentom se da meriti kotne višine Sonca, zvezd in planetov na $\pm 0,1^{\circ}$ natančno. (Brache, 1598)

Za hitro in približno merjenje pa še naprej uporabljamo kar iztegnjeno roko: palec pokriva kot 2° , pest 8° in pedenj med palcem in mezincem 20° .

7.3 Deklinacija Sonca

Višina kulminacij Zidni kvadrant, postavljen v smeri sever-jug, postane osnovni merilnik v nebesnih opazovalnicah po svetu. Zamislimo si, da smo v opazovalnici v Ljubljani! Tam izmerimo, da *kulminacijske višine* Sonca H nihajo med $20,4^\circ$ in $67,4^\circ$. Drugače rečeno: kulminacije nihajo okrog srednje vrednosti H_0 , ki znaša $(20,4^\circ + 67,4^\circ)/2$, torej $43,9^\circ$, za največ $23,5^\circ$ navzgor (poleti) in navzdol (pozimi).

Kot H_0 poimenujemo *srednjo višino* Sonca. Odklon Sonca od srednje višine – navzgor ali navzdol – poimenujemo *deklinacijo* δ Sonca. Z njeno pomočjo natančneje določimo enakonočja in obrate. Obrat je na tisti dan, ko je opoldanska deklinacija največja ali najmanjša. Enakonočje pa je na tisti dan, ko je opoldanska deklinacija najbližja nič. V dnevih okrog enakonočja se spreminja deklinacija Sonca za $0,4^\circ$ na dan. Na dan, ki ga proglasimo za enakonočje, je torej opoldanska deklinacija največ $\pm 0,2^\circ$ odmaknjena od srednje višine.

Tabela deklinacij Za vsak poldan v letu, začeni s pomladnim enakonočjem kot prvim dnevom, deklinacijo izmerimo in tabeliramo. To storimo v štirih zaporednih letih. V teh letnih tabelah se deklinacije na vsak izbrani dan med seboj rahlo razlikujejo. Smiselno je izračunati povprečne deklinacije, to je njihovo vsoto, deljeno s štiri.

Tabela 7.1 Povprečna deklinacija Sonca (δ) za izbrane dneve (N) v letu. Dan 0 je pomladno enakonočje. Povprečenje je izvedeno preko štirih zaporednih let. Znak N pomeni odmik navzgor (proti severu) od srednje vrednosti in znak S odmik navzdol (proti jugu) od nje.

N	δ [$^\circ$]	N	δ [$^\circ$]	N	δ [$^\circ$]	N	δ [$^\circ$]
0	0,0	113	22,1 N	187	0,2 S	295	22,1 S
1	0,4 N	125	20,0 N	192	2,2 S	306	20,1 S
6	2,4 N	133	18,2 N	197	4,1 S	314	18,2 S
11	4,3 N	141	16,0 N	202	6,0 S	321	16,2 S
16	6,2 N	147	14,3 N	208	8,3 S	327	14,4 S
21	8,1 N	153	12,3 N	213	10,1 S	333	12,3 S
27	10,3 N	159	10,3 N	219	12,2 S	339	10,1 S
32	12,0 N	165	8,2 N	225	14,2 S	345	8,1 S
39	14,3 N	170	6,3 N	231	16,1 S	350	6,3 S
45	16,1 N	176	4,0 N	238	18,1 S	355	4,3 S
53	18,2 N	181	2,1 N	246	20,0 S	360	2,4 S
61	20,1 N	185	0,6 N	257	22,0 S	364	0,8 S
73	22,1 N	186	0,2 N	276	23,4 S	365	0,4 S
92	23,4 N			277	23,4 S		
93	23,4 N						

Povprečne deklinacije so dober pokazatelj dejanskih deklinacij. Slednje se od povprečnih razlikujejo največ za $\pm 0,2^\circ$ (okrog enakonočij) oziroma za $\pm 0,0^\circ$ okrog obratov. Tiste dneve, ki niso zajeti v tabeli, določimo z *interpolacijo*. Primer: kolikšna je deklinacija na dan 221? Na dan 219 je $12,2^\circ$ S; na dan 225 je $14,2^\circ$ S. V 6 dneh se torej zniža za $2,0^\circ$; v 2 dneh za $(2/6) \cdot 2,0 = 0,7^\circ$. Zato znaša $12,2^\circ \text{ S} + 0,7^\circ = 12,9^\circ \text{ S}$.

Višina kulminacije Sonca H je torej odvisna od dneva N v letu. Simbolično zapišemo

$$H = H_0 \pm \delta(N). \quad (7.1)$$

Oznaka $\delta(N)$ pomeni deklinacijo na dan N ; njeno številsko vrednost razberemo iz deklinacijske tabele. Tabela se počasi spreminja: v stoletju se spremeni manj kot za desetinko stopinje.

7.4 Sončna ura

Nebesni poldnevnik

Skozi jug, nadglavišče (zenit) in sever poteka nebesni polkrog, ki ga poimenujemo *nebesni poldnevnik* ali nebesni meridian. Sonce ga vsak dan prečka in pri tem kulminira. Pravzaprav je poldnevnik s temi kulminacijami šele določen. Kulminacijska višina H je, kot vemo, vsak dan drugačna. Merimo jo od juga navzgor. Lahko jo pa merimo tudi od zenita navzdol; temu kotu rečemo *zenitna razdalja* Z . Očitno velja

$$H + Z = 90^\circ. \quad (7.2)$$

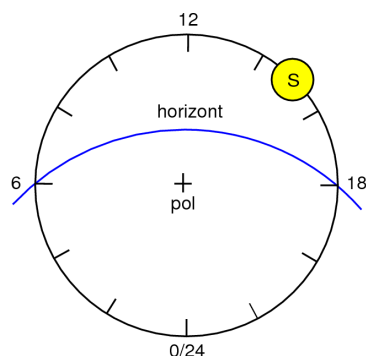
Nebesni ekvator

V enem dnevu zariše Sonce po nebu in pod obzorjem poln krog. Pozimi je krog manjši in poleti je večji. Zdi se, da imajo vsi krogi isto središče, pol, ki leži pod južnim obzorjem. To je južni pol. Nasproti njemu leži na nebu severni pol. Oba pola sta prav tista, okrog katerih krožijo tudi zvezde.

Posebej odlikovan krog je tisti, ki ima vrh pri srednji višini kulminacij Sonca: ta krog namreč poteka tudi skozi vzhodno in zahodno točko na obzorju, tako da ga je natanko polovica nad obzorjem in polovica pod njim. Rečemo mu *nebesni ekvator*. Približno po njem se ob enakonočjih giblje Sonce. Južni pol leži 90° pod vrhom ekvatorja, torej $90^\circ - H_0$ pod obzorjem. Prav toliko nad severnim obzorjem stoji severni pol. Pri nas, v Ljubljani, znaša to $46,1^\circ$. Oba kroga – poldnevnik in ekvator – sta toga vezana na obzorje in delita nebo na vzhodno in zahodno ter na severno in južno polovico.

Sonce kot ura

Kot, ki ga Sonce prepotuje okrog južnega pola po kateremkoli krogu, recimo kar po ekvatorju, je merilo za trajanja, ki so krajša od enega dneva. Začenši z najnižjo točko razdelimo cel krog v mislih na 24 delov. Rečemo, da so to *ure* (h) v dnevu.



Slika 7.3 Sončni krog – zamišljeni nebesni krog, po katerem potuje Sonce. Krog ima središče v južnem polu in je razdeljen na 24 delov, ur. Sonce (S) s svojo lego kaže, "koliko je ura". Prikazan je krog ob enakonočju, ko Sonce vzhaja ob 6 h in zahaja ob 18 h.

Senca kot ura

Ker krogov ne moremo zares risati po nebu in ker Sonca ne moremo neposredno opazovati, ker je presvetlo, izdelamo ustrezen model – *sončno uro*. To je palica, usmerjena v južni in severni pol, in pravokotno nanjo nataknjena krožna plošča. Palica meče senco na ploščo in kaže čas (ARISTARH). Poleti je senca na zgornji ploskvi in pozimi na spodnji. Pravzaprav je sončna ura pomanjšana slika okrogle Zemlje – njenega središčnega preseka in polarne osi. Zaradi večje priročnosti lahko krožno ploščo nadomestimo kar s polovico obroča.



Slika 7.4 Ekvatorska sončna ura. Gnomonska palica je usmerjena v severni in južni nebesni pol. Ko nanjo sije Sonce, meče senco na obroč. Tam so narisane in oštevilčene ure. (Hungarian Geographic Museum, Erd)

Urni kot Sonca Ω okrog južnega pola, merjen od zgornje točke naprej ali nazaj, izkoristimo za merjenje časa. Tako definiramo *lokalni sončni čas*

$$LT = 12 \text{ h} \pm \frac{1 \text{ h}}{15^\circ} \cdot \Omega. \quad (7.3)$$

Kot seveda merimo na sončni uri. Ob kulminaciji Sonca je $\Omega = 0^\circ$ in zato $LT = 12 \text{ h}$. Ko $\Omega = 90^\circ$ nazaj, pa $LT = 12 \text{ h} - (1 \text{ h}/15^\circ)90^\circ = 6 \text{ h}$.

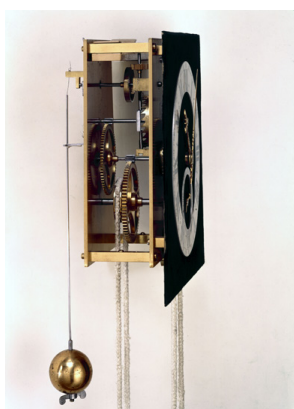
7.5 Nihalna ura

Dolžina dni

Pri merjenju časa smo potihoma privzeli, da so vsi dnevi in vse ure enako veliki. Pa je res tako? Tega ne moremo ugotoviti, dokler nebesne ure ne bomo primerjali s kako drugo uro, to je s kakršnokoli pripravo, ki proizvaja zaporedne dogodke. Če se bo pokazala razlika, bomo eno izmed ur proglasili za bolj enakomerno od druge. Slabša bo tista, za katere neenakomernost bomo našli vzrok.

Težno nihalo Priročen vir zaporednih dogodkov je na vrvico obešeno težko telo, recimo svinčena krogla. Ko jo odmaknemo iz navpične lege in izpustimo, začne nihati sem in tja. Boljša od vrvice je lahka in toga palica: to je *težno nihalo*. Odmiki nihala so enako veliki in nihanje ne zamre, če nihalo sproti vzbuja samo sebe preko primerne povratne vezi do padajoče uteži. Pri tem preko zobatih koles obrača še kazalni števec. To je *nihalna ura* (HUYGENS).

Kako dolg je nihajni čas ure, je odvisno od nastavitve uteži na nihalu: če jo premaknemo proti obesišču, se čas skrajša in obratno. Utež namestimo tako, da števec v enem dnevu – med dvema zaporednima kulminacijama Sonca, kakor ju pokaže sončna ura – odšteje natanko 24 ur, v vsaki uri 60 *minut* (min) in v vsaki minuti 60 *sekund* (s). Ena sekunda, to je približno en utrip človekovega srca.



Slika 7.5 Ura s težnim nihalom. Prikazana je replika prve uporabne nihalne ure, ki jo je skonstruiral C. Huygens. Natančna je bila na eno minuto v enem dnevu. Utež, ki uro poganja, je obešena na vrveh in ni vidna. (Science Museum, London)

Sučno nihalo Namesto s težnim nihalom na padajočo utež merimo tudi s sučnim nihalom na navito polžasto vzmet (HUYGENS). Taki uri, če je natančna, rečemo *kronometer*. Dovolj majhen je, da ga lahko spravimo v žep. Primerjava sončne in nihalne ure pokaže, da so vsi dnevi v letu – merjeni z nihalno uro – enako dolgi z natančnostjo bolje kot na minuto.



Slika 7.6 Kronometer – ura s sučnim nihalom na polžasto vzmet. Prikazana je replika prvega uporabnega kronometra za morska potovanja, ki ga je izdelal J. Harrison. Natančen je bil na minuto v letu dni. (Royal Observatory, Greenwich)

Nihalna ura omogoči, da ponoči – ko je sončna ura neuporabna – določamo natančne čase kulminacij zvezd, planetov in Meseca, pa tudi mrke in druge nebesne dogodke. Ura tako stopi ob bok kotomeru, s katerim postaneta temeljni par nebesnih merilnikov.

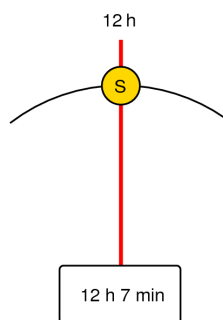
7.6 Časovna anomalija Sonca

Čas kulminacij

Kulminacijo Sonca težko določimo iz sence boljše kot na minuto natančno. Z dvema zaporednima kulminacijama definirane časovne enote – dan, minuta in sekunda – so zato določene z relativno natančnostjo $1 : (24 \cdot 60)$, torej okrog $1 : 10^3$. Za naše potrebe bo to dovolj dobro.

Opoldne na dan pomladnega enakonočja nastavimo odličen kronometer na 12 h 0 min = 12;00 h. (Znak ; pomeni, da ulomni del ure ni zapisan decimalno – z desetnimi, stotinami itd. – ampak s šestdesetinami.) Potem ga pustimo teči celo leto. S presenečenjem opazimo, da kulminacija Sonca včasih prehiteva in včasih zaostaja za kronometrovim poldnevom. Drugače rečeno: ko Sonce kulminira, kaže kronometer včasih manj in včasih več kot 12;00 h. Na dan naslednjega pomladnega enakonočja pa spet znaša točno 12;00 h.

Hočemo, da je vsota prehitevanj preko celega leta enaka vsoti kasnitev preko celega leta. To dosežemo tako, da na dan pomladnega enakonočja opoldne (po Soncu) naravnamo lego kronometrovih kazalcev ne na 12;00 h, pač pa na neko drugo vrednost. Pravišnja lega je 12 h 7 min = 12;07 h.



Slika 7.7 Kulminacija Sonca na dan pomladnega enakonočja. Rdeča črta je lokalni poldnevnik. Ob kulminaciji kaže sončna "ura" (po definiciji) čas 12 h, umerjeni kronometer pa čas 12 h 7 min.

Za tako uro rečemo, da kaže *lokalni kronometrski čas LMT* v našem kraju, torej v Ljubljani. Ura in Sonce torej ne "tečeta" enako. Uporaba različnih ur s težnimi in sučnimi nihali pokaže, da je krivo Sonce in ne ure. Sončevi dnevi torej med seboj le niso natančno enaki; njihove razlike, čeravno manjše od minute, se seštevajo in postanejo merljive. Razliko med *LMT* in *LT* poimenujemo *časovna anomalija Sonca*, τ .

Tabela anomalij

Časovno anomalijo izmerimo in tabeliramo za vsak dan v letu z začetkom ob pomladanskem enakonočju. To storimo za več zaporednih let in izmerke povprečimo. Posamične letne tabele se od povprečja razlikujejo manj kot $\pm 0,5$ minute.

Tabela 7.2 Časovna anomalija Sonca (τ) za izbrane dneve (N) v letu. Dan 0 je pomladno enakonočje. Znak E pomeni, da Sonce zaostaja za uro (je vzhodno) in W, da prehiteva uro (je zahodno). Vmesne dneve določimo z interpolacijo.

N	τ	N	τ	N	τ	N	τ
[min]		[min]		[min]		[min]	
0	7 E	94	2 E	171	2 W	279	0
4	6 E	104	4 E	177	4 W	280	0
11	4 E	118	6 E	182	6 W	284	2 E
18	2 E	127	6 E	188	8 W	288	4 E
25	0 W	137	6 E	194	10 W	292	6 E
26	0 W	149	4 E	200	12 W	297	8 E
36	2 W	157	2 E	208	14 W	303	10 E
56	4 W	164	0	220	16 W	309	12 E
74	2 W	165	0	227	16 W	321	14 E
84	0			235	16 W	327	14 E
85	0			246	14 W	334	14 E
86	0			252	12 W	347	12 E
				258	10 W	356	10 E
				262	8 W	363	8 E
				267	6 W		
				271	4 W		
				275	2 W		

Lokalni kronometrski časi kulminacij Sonca so torej odvisni od dneva N v letu. Simbolično zapišemo

$$LMT = LT \pm \tau(N). \quad (7.4)$$

Oznaka $\tau(N)$ pomeni časovno anomalijo na dan N ; njeno številsko vrednost razberemo iz tabele. Ob kulminaciji Sonca na dan 227 torej kaže sončna ura, da je lokalni sončni čas $LT = 12$ h, kronometer pa, da je lokalni kronometrski čas $LMT = 11$ h 44 min. Sonce prehiteva. Ali obratno: ob "kulminaciji" kronometrskemu ure je $LMT = 12$ h, sončna ura pa kaže $LT = 12$ h 16 min. Sonce prehiteva. Tabela se počasi spreminja: v stoletju se spremeni manj kot za minuto.

7.7 Zvezdno nebo

Kroženje zvezd

Ko Sonce zaide, se prikaže na nebu množica zvezd. Kot vemo, krožijo okrog nepremičnega severnega (južnega) pola, prav tistega, okrog katerega kroži Sonce, in pri tem ohranjajo medsebojno lego. Zvezde krožijo po nebu tudi podnevi, vendar jih zaradi Sončeve bleščave ne vidimo. Tiste, ki so blizu severnega pola, opišejo v enem dnevu nad obzorjem poln krog, od katerega je viden le nočni del. Rečemo jim *cirkumpolarne zvezde*. Zvezde na južnem delu neba pa opisujejo nad obzorjem le zgornji del

kroga, preostanek pa je pod obzorjem. Te zvezde vzhajajo in zahajajo. Rečemo jim *zvezde vzhajalke*.

Pozimi, ko je noč dolga, kakšna cirkumpolarna zvezda prečka nebesni poldnevnik v temi dvakrat – nad in pod polom. S kvadrantom izmerimo obe višini nad obzorjem in njuna srednja vrednost poda višino pola. V Ljubljani je to $46,1^\circ$, kar je isto, kot pravijo meritve Sonca [7.4].

Deklinacija zvezd Ko zvezda preide poldnevnik nekje med severnim in južnim polom, je za kot δ odmaknjena od nebesnega ekvatorja proti severu ali jugu. Rečemo, da je to njena deklinacija. Deklinacije zvezd se – v nasprotju s Soncem – ne spreminjajo. Vsaka zvezda ima lastno deklinacijo. Za zadnje desno kolo v Velikem vozu, Dubhe, na primer znaša 62° N. Deklinacije lahko zavzemajo vrednosti med 0 in 90° severno ali južno od ekvatorja.

Zvezde kot ura Kulminacija zvezde se zgodi ob določenem kronometriškem času. Vsaka zvezda ima lastni čas kulminacije. Kronometriški čas med dvema zaporednima kulminacijama iste zvezde poimenujemo *zvezdni dan*, d^* . Ko isto zvezdo opazujemo več dni zapored, opazimo, da kulminira vsak dan okrog 4 minute prej. Njen zvezdni dan je torej za toliko krajši od kronometriškega dneva. To prehitevanje je – za vse zvezde – od dne do dne enako. Od enega enakonočja do drugega naraste za 24 ur, na dan torej $d - d^* = 24 \text{ h} / 365 = 4 \text{ min}$.

Zvezdni dan (čas med dvema kulminacijama iste zvezde) razdelimo na 24 *zvezdnih ur* (h^*), vsako od njih na 60 *zvezdnih minut* (min^*) in vsako od njih na 60 *zvezdnih sekund* (s^*). Zvezdne časovne enote so za faktor $d^*/d = (1440 - 4) \text{ min} / 1440 \text{ min} = 0,997$ "daljše" (torej so krajše) od kronometriških. In kakor gibanje Sonca po nebu obravnavamo kot sončni časomer, tako lahko gibanje zvezdnega svoda obravnavamo kot zvezdni časomer.

7.8 Sonce in zvezde

Točka Gama Na dan pomladnega enakonočja kulminira Sonce ob $12 \text{ h} + \tau(0)$ po kronometru. Obenem s Soncem kulminirajo tudi nekatere zvezde, vendar jih ne vidimo. Zamislimo si nevidno zvezdo, imenovano Gama, ki je skrita za Soncem! Ta zvezda, skupaj s pravimi zvezdami, kroži okoli nebesnega pola in kulminira v presledkih enega zvezdnega dne. Na N -ti dan kulminira Gama ob kronometriškem času

$$LMT(\gamma) = 12 \text{ h} + \tau(0) - N \cdot (d - d^*). \quad (7.5)$$

Zapisani kulminacijski čas je natančen na ± 2 minuti – polovico od 4 minut, kolikor se pač preko ekvinokcijskega dne zakasnjujejo zvezde za Soncem. Na dan, ko hoče računani čas kulminacije pasti pod 0 h, mu dodamo 24 h. Za grobo orientacijo zadostuje dejstvo, da kulminira Gama vsak naslednji mesec dve

uri prej. Ob poletnem obratu, na primer, kulminira že ob $12\text{ h} - 3 \cdot 2\text{ h} = 6\text{ h}$ zjutraj.

Rektascenzija zvezd

Ko Gama zapusti kulminacijo in potuje naprej, za njo kulminirajo zvezde druga za drugo. Naj zvezda A kulminira ob času

$$LMT(A) = LMT(\gamma) + \alpha. \quad (7.6)$$

Potem rečemo, da ima zvezda *rektascenzijo* α . Tako definirano rektascenzijo lahko pustimo v kronometriških urah ali jo izrazimo v zvezdnih urah. Običajno je slednje; pri tem moramo izmerjene ure ustrezno pretvoriti. V zvezdnih urah ima rektascenzija lepo zaokrožen interval vrednosti med 0 in 24.

Rektascenzijo zvezde določamo po definiciji. Na dan N vemo, kdaj po kronometru kulminira Gama. Izmeriti moramo le čas, ko kulminira zvezda. Seveda lahko določamo rektascenzije le tistih zvezd, ki kulminirajo ponoči. Ko poznamo rektascenzijo kake zvezde, lahko določimo rektascenzijo druge zvezde preprosto z merjenjem časa med obema kulminacijama. Kot primer navedimo, da znaša rektascenzija Dubhe $11\text{ h}^* 3\text{ min}^*$ in torej na začetku pomladi kulminira okrog polnoči.

Rektascenzija zvezde se od leta do leta ne spreminja zaznavno. To pomeni, da je lega Game med zvezdami (kratkoročno) nespremenljiva. Deklinacija in rektascenzija zato skupaj tvorita par, ki enolično opisuje lego zvezde na nebu. Opazovanja preko mnogo let pa kažejo, da se Gama premika proti vzhodu za dobro stopinjo v sto letih.

Ko poznamo rektascenzijo kake zvezde A, lahko na N -ti dan ob njeni kulminaciji po enačbi (7.6) povemo, kakšen je čas. Z naborom primernih zvezd tako nadzorujemo in uravnavamo tek nihálnih ur.



Slika 7.8 Vrtljiva zvezdna karta. Kaže položaj zvezd ob vsaki uri na vsak dan v letu. Nebesni poldnevniki (lege z enako rektascenzijo) so narisani kot premice in nebesni vzporedniki (lege z enako deklinacijo) kot krogi. Črni zaslon z ovalnim oknom in z vrisanimi urami je vrtljiv preko zvezdnega ozadja z vrisanimi dnevi. (Celestial Products)

7.9 Zemljepisna lega

Potovanje z uro

Ko se iz Ljubljane premaknemo proti jugu dovolj daleč v drug kraj, opazimo, da tam Sonce kulminira višje na nebu. Dalje ko potujemo proti jugu, večja je srednja višina kulminacij, nihanje deklinacij okrog nje pa ostaja enako. Podobno je pri potovanju proti vzhodu. Dalje ko potujemo, prej po naši prenosni uri

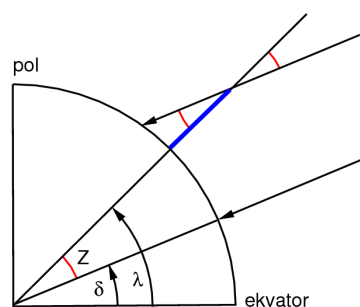
kulminira Sonce, a nihanje anomalij okrog tega časa ostaja nespremenjeno. Vse to potrjuje, da je Zemlja res okrogla. V veljavi ostaja tudi slika, da okrog nje kroži Sonce na veliki oddaljenosti. Obkrožni časi pa niso vedno enaki, kar se kaže kot časovna anomalija. In zveznica Zemlja-Sonce je le ob enakonočjih pravokotna na os kroženja, drugače pa se nagiba proti severu ali jugu, kar se kaže kot deklinacija. Kaj bi bil vzrok takšnemu zapletenemu gibanju, pa slika ne pove.

Zemljepisna širina in dolžina

Z meritvami višin in časov kulminacij Sonca v različnih krajih lahko po Zemlji razpredemo mrežo poldnevnikov in vzporednikov. *Poldnevniki* so glavni krogi skozi oba pola; kraji na njih imajo enak čas kulminacije. *Vzporedniki* so krogi, ki oklepajo os vrtenja. Kraji na njih imajo enako višino kulminacije. Največji vzporednik, ki Zemljo deli na pol, poimenujemo *ekvator*. *Zemljepisno širino* λ opazovališča na severni polobli določimo preko srednje višine kulminacij H_0 kot

$$\lambda = 90^\circ - H_0. \quad (7.7)$$

Na ekvatorju je 0° , na severnem polu 90° in v Ljubljani $46,1^\circ$. Geografsko širino najhitreje določimo iz izmerjenega zenitnega kota kulminacije, ki mu prištejemo ali odštejemo deklinacijo za dotični dan. Na južni polobli ravnamo podobno.



Slika 7.9 Določanje zemljepisne širine iz kulminacijske višine Sonca. Čim bolj proti severu gremo, tem nižje nad obzorjem kulminira sonce.

Zemljepisno dolžino φ krajev določamo glede na poljubno izbran poldnevnik. Dogovorimo se, da je to poldnevnik skozi opazovalnico v Greenwichu. Meritev dolžine temelji na razliki časov na lokalnem kronometru in na kronometru, prinešenem iz Greenwicha. Za vzhodne kraje velja

$$\varphi = \frac{LMT - GMT}{1 \text{ h}} \cdot 15^\circ \text{ E}. \quad (7.8)$$

Lokalni kronometer pravzaprav ni potreben; zadostuje že greenwiški. Vemo namreč tole. Opazovalec v Greenwichu na dan N izmeri kulminacijo Sonca ob $12 \text{ h} \pm \tau(N)$ po svoji uri. Opazovalec v vzhodnem kraju X pa na isti dan, na "kopiji" greenwiške ure, izmeri kulminacijo Sonca prej: ob $12 \text{ h} \pm \tau(N) - \Delta$. Pri tem $\Delta = LMT - GMT$. Za Ljubljano izmerimo $\Delta = 58 \text{ min}$ in s tem vzhodno zemljepisno dolžino $14,5^\circ$. Za kraje zahodno od Greenwicha velja podobno:

$$\varphi = \frac{GMT - LMT}{1 \text{ h}} \cdot 15^\circ \text{ W}. \quad (7.9)$$

Na opisani način so prvi kopenski in morski raziskovalci načrtali zemljevid sveta. Pomorščaki pa še danes tako – z uro, kotomerom in tabelama deklinacije in anomalije Sonca – najpreprosteje določajo lego svojih ladij na odprtem morju.



Slika 7.10 Model zemeljske krogle z vrisanimi poldnevnikmi in vzporedniki. Poldnevniku skozi Greenwich pripišemo zemljepisno dolžino 0° in ekvatorju zemljepisno širino 0° . Razmak med narisanimi poldnevnikmi znaša 15° in med vzporedniki 15° . (Anon)

Namesto Sonca lahko za določevanje zemljepisne lege uporabimo katerokoli zvezdo, za katero poznamo deklinacijo in rektascenzijo. Čakamo, da kulminira, in takrat izmerimo njeno kotno višino ter čas po greenwiški uri.

7.10 Časovni pasovi

Uradni časi V vsakem kraju na Zemlji si lahko mislimo uro, ki kaže tamkajšnji kronometrski čas. Vse te ure tečejo enako hitro, so pa med seboj bolj ali manj zamaknjene. To je zelo neprijetno, saj ima vsak kraj svoj čas. V prakso zato vpeljemo le 24 različnih ur: tiste, ki leže na prav toliko vzporednikih, razmaknjenih po 15° od Greenwicha. Med seboj se razlikujejo natanko za 1 h. Ure v krajih blizu teh poldnevnikov so nastavljene po njih. Rečemo, da tvorijo *časovne pasove*. Ko kaže ura v Greenwichu 12 h, kaže ura v Ljubljani že $12 \text{ h} + 1 \text{ h} = 13 \text{ h}$ in v New Yorku šele $12 \text{ h} - 5 \text{ h} = 7 \text{ h}$. $\square$