

Formalizam nebeske sfere

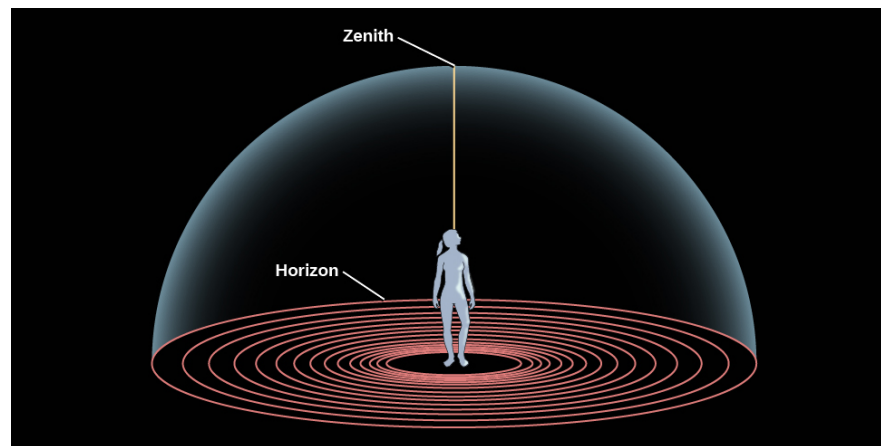
- Posmatrano sa planete Zemlje: sva nebeska tela koja se mogu posmatrati (njihovi likovi, odnosno njihovo elektromagnetno zračenje koje stiže do Zemlje) projektuju se na tzv. NEBESKU SFERU
- Samo direktno posmatrajući objekte na nebu u nekom trenutku vremena **nemamo** saznanje o njihovim pravim udaljenostima – formalizam JEDINIČNE NEBESKE SFERE
- Problem određivanja udaljenosti do nebeskih tela!!! Biće dosta govora, kasnije tokom kursa
- Uvode se odgovarajući SFERNI koordinatni sistemi kako bi se definisao trenutni položaj nebeskih tela i pratila njihova prividna kretanja po nebu
- Sferna trigonometrija je od primarnog značaja – trigonometrija na jediničnoj sferi!!!

Nebeska sfera predstavlja sferu jediničnog poluprečnika na koju se projektuju likovi svih nebeskih tela.

Za centar nebeske sfere mogu se uzeti:

1. centar Zemlje
2. centar Sunca
3. centar masa sunčevog sistema
4. posmatrač

U zavisnosti od izbora centra nebeske sfere imamo respektivno: geocentričnu, heliocentričnu, baricentričnu ili topocentričnu nebesku sferu.



Lokalna nebeska sfera posmatrača

Veliki krug predstavlja kružnicu dobijenu presekom sfere i ravni koja prolazi kroz njen centar

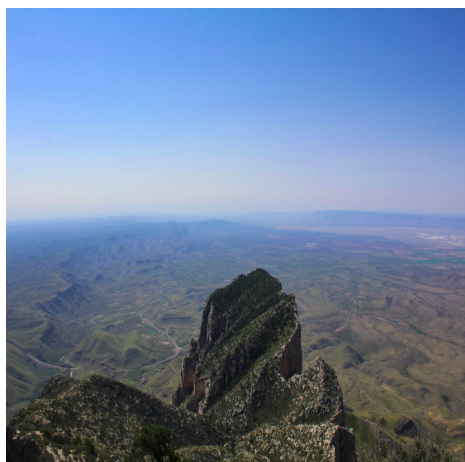
Mali krug na nebeskoj sferi se dobija presekom sfere i ravni koja ne prolazi kroz njen centar

Sferni trougao:

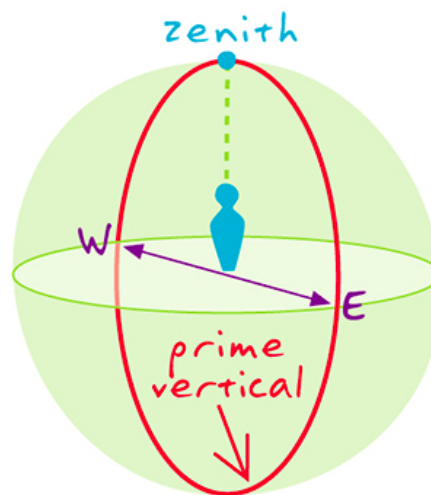
zbir uglova je uvek veći od 180 stepeni, a manji od 540 stepeni – Kako je $R=1$, onda i stranice možemo tretirati preko uglovnih jedinica

Vertikala je najprirodniji osnovni pravac na Zemljinoj površini (pravac rezultante sile Zemljine gravitacije i centrifugalne sile nastale njenim obrtanjem - materijalizuje se pravcem mirnog viska). Vertikala preseca nebesku sferu u dvema dijametralno suprotnim tačkama: *zenitu* i *nadiru*. Može se reći da je zenit najviša tačka iznad glave posmatrača.

Pravi horizont predstavlja veliki krug nebeske sfere nastao presekom ravni koja dodiruje Zemlju u mestu posmatranja sa nebeskom sferom i upravna je na vertikalu (različit od prividnog horizonta !!!). Pravi horizont deli nebesku sferu na vidljivu i nevidljivu stranu. *Vertikalni krug* (Vertikal) je svaki veliki krug koji sadrži vertikalu. Prvi vertikal prolazi kroz istočnu i zapadnu tačku horizonta. *Almukantari* su mali krugovi paralelni sa pravim horizontom.

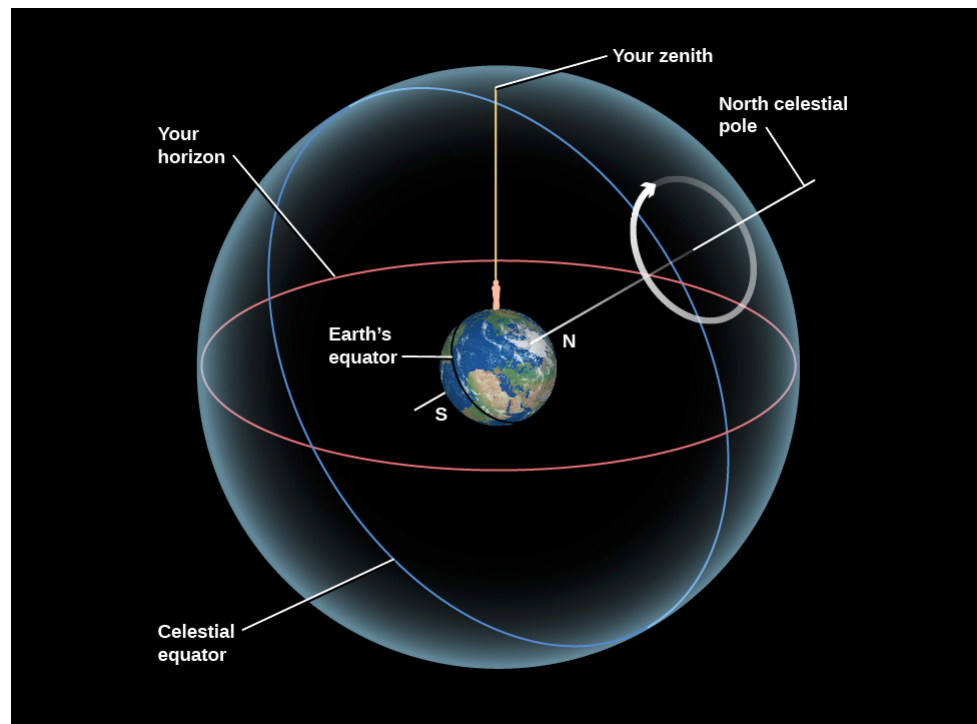
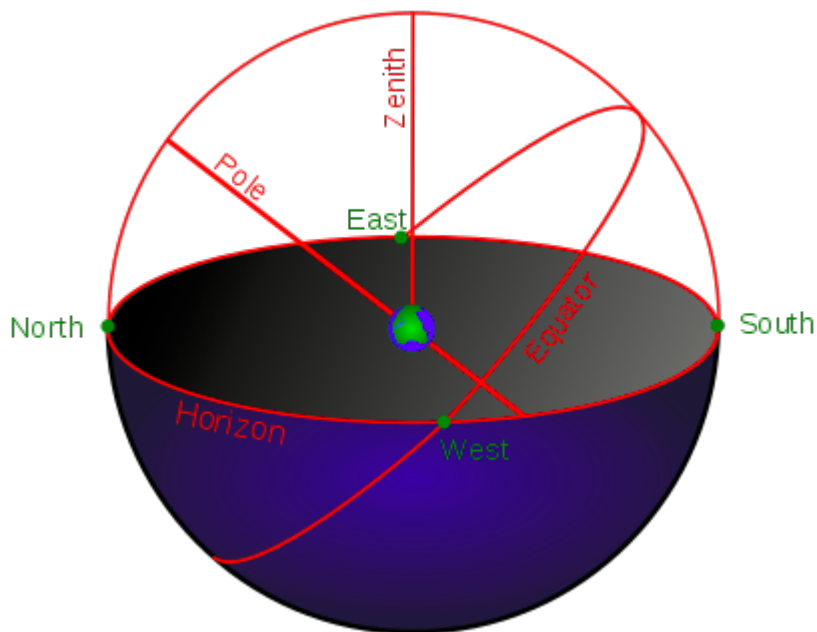


Prividni horizont

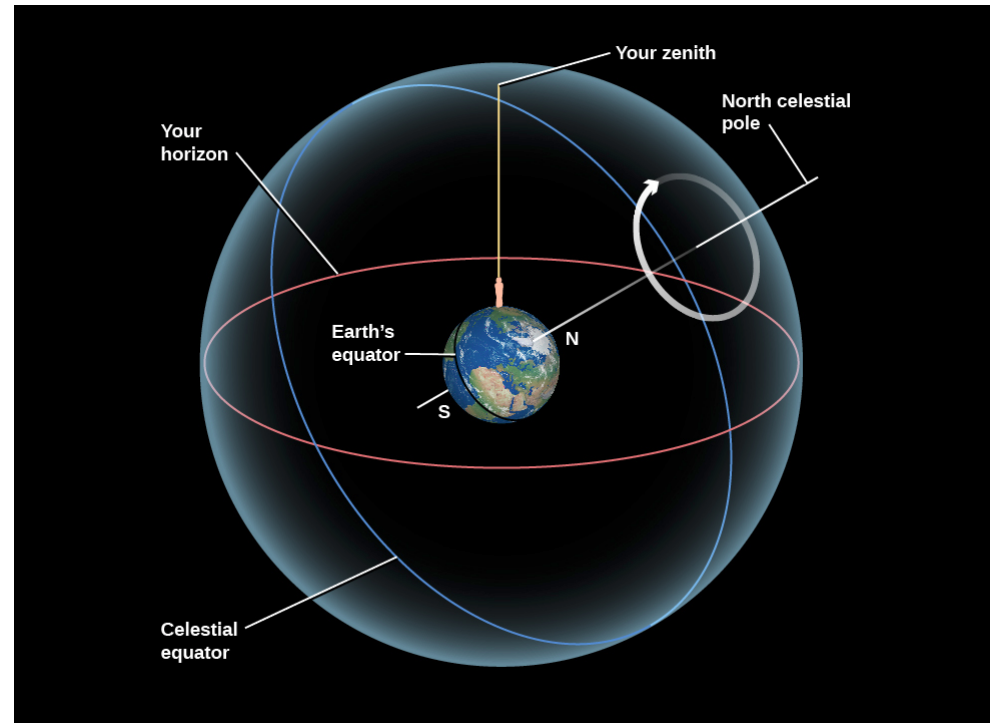
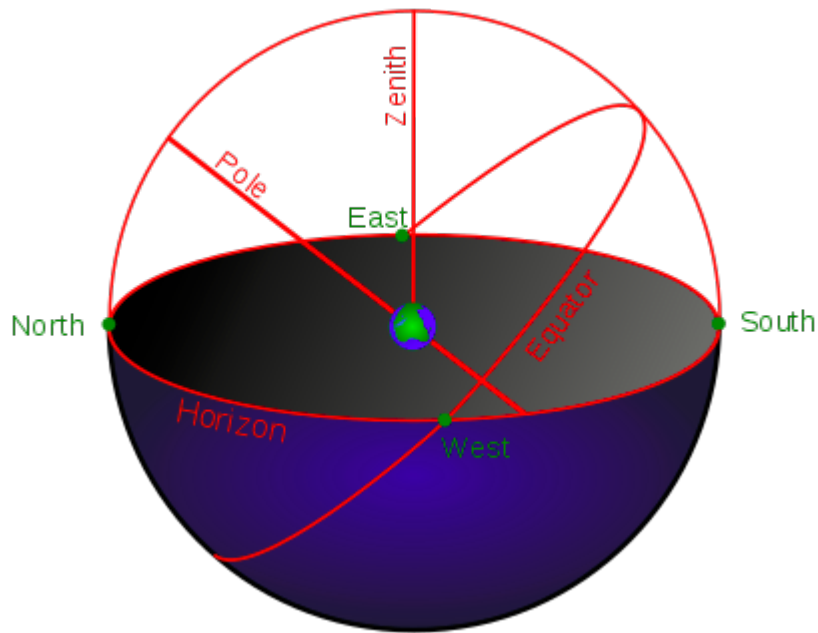


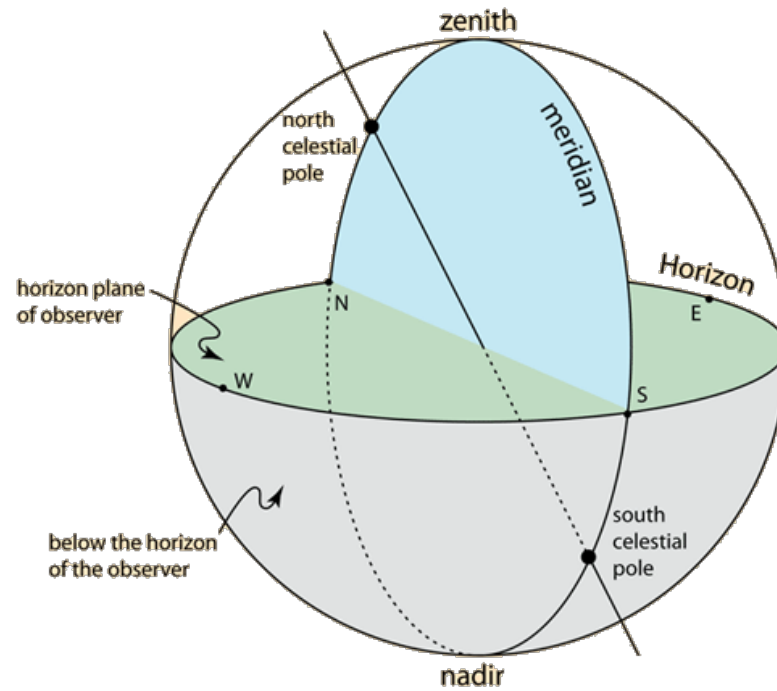
↓
Vertikalni krug
normalan na meridijan

Nebeska obrtna osovina (Svetska osa) predstavlja zamišljeni produžetak Zemljine obrtne osovine. *Nebeski ekvator* predstavlja veliki krug po kojem ravan upravna na nebesku obrtnu osovinu (ravan nebeskog ekvatora) seče nebesku sferu. *Deklinacijski krug* je veliki krug koji sadrži svetsku osu. *Dnevni paralel* je mali krug paralelan nebeskom ekvatoru. *Nebeski meridijan* predstavlja veliki krug koji sadrži nebesku obrtnu osovinu i zenit. Presek meridijana i pravog horizonta jesu tačke N (severna) i S (južna). Duž NS predstavlja *podnevačku liniju*.

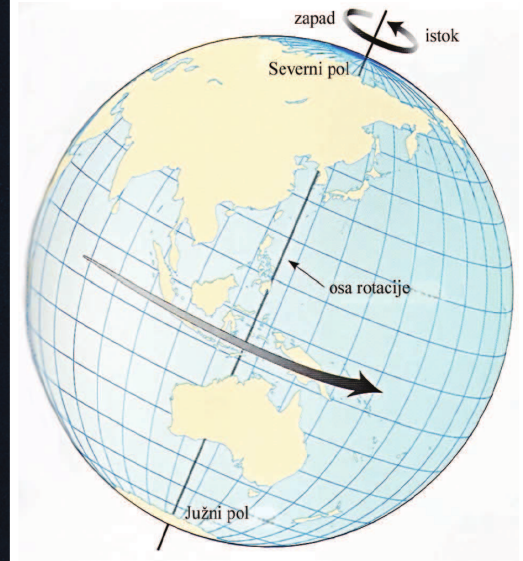
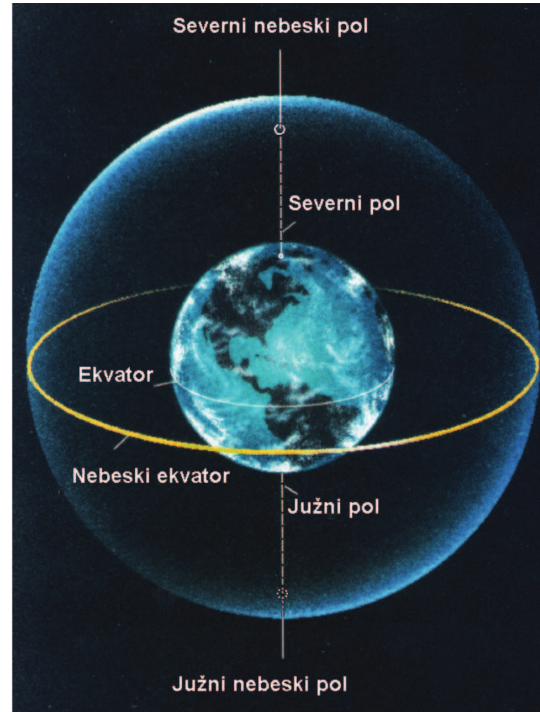
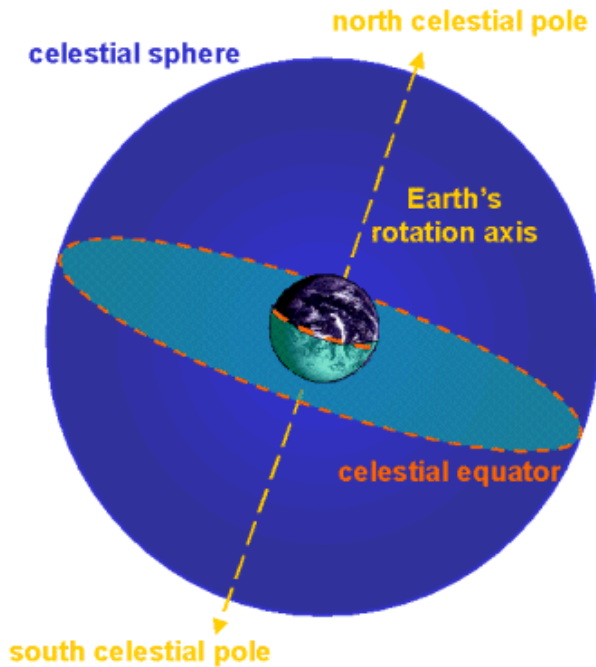


Presek nebeskog ekvatora i pravog horizonta jesu: zapadna (W) i istočna (E) tačka horizonta. Nebeski ekvator deli nebesku sferu na južni i severni deo. Prvi vertikal je veliki krug koji nastaje presekom nebeske sfere sa ravni koja je upravna na ravan meridijana odnosno predstavlja veliki krug normalan na meridijan.



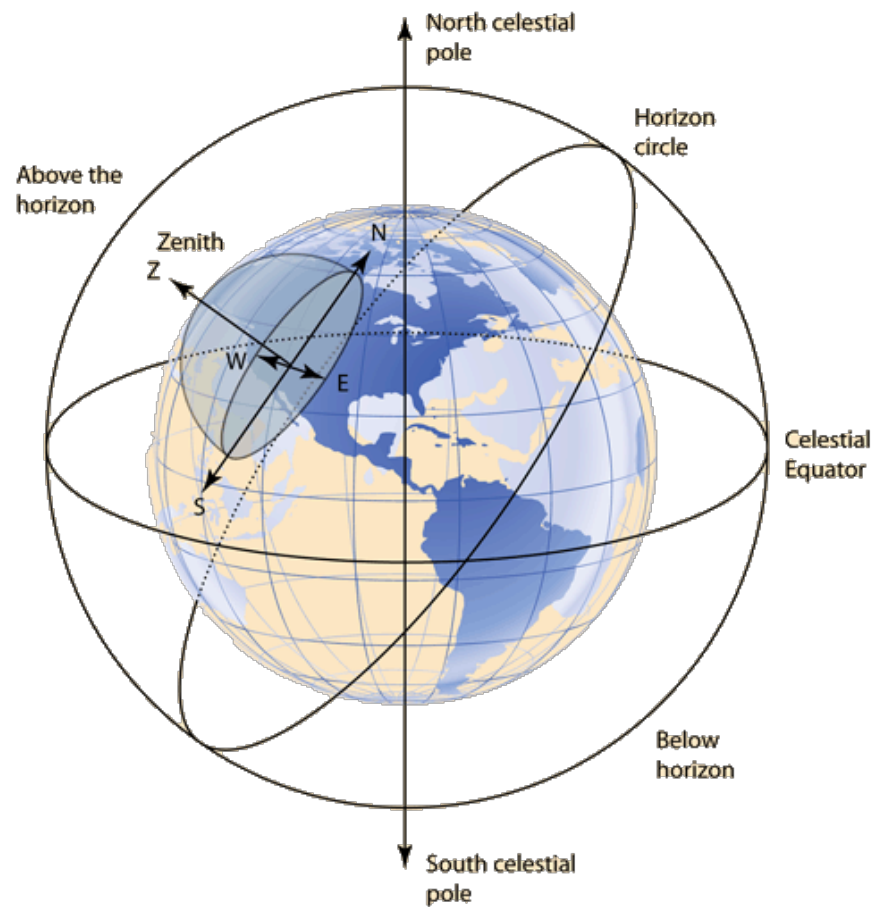


Smer Zemljine rotacije je direktan (suprotno od kazaljke na satu u odnosu na Pn – od zapada ka istoku)



Kretanje nebeskih tela od istoka ka zapadu

Lokalna nebeska sfera



Svako nebesko telo, tokom svoga dnevnog kretanja po nebeskoj sferi, opisuje mali krug nebeske sfere: *dnevni paralel*. Karakteristični položaji u kojima se može naći nebesko telo pri dnevnom kretanju su:

1. izlaz nebeskog tela
2. prolaz nebeskog tela kroz meridijan
3. prolaz nebeskog tela kroz prvi vertikal
4. najveća digresija nebeskog tela
5. zalaz nebeskog tela

Za izlaz i zalaz karakteristično je da je tada visina nebeskog tela 0° ($z = 90^\circ$). Pri prolasku nebeskog tela kroz meridijan izdvajamo tri različita položaja:

1. gornju kulminaciju severno od zenita
2. gornju kulminaciju južno od zenita
3. donju kulminaciju

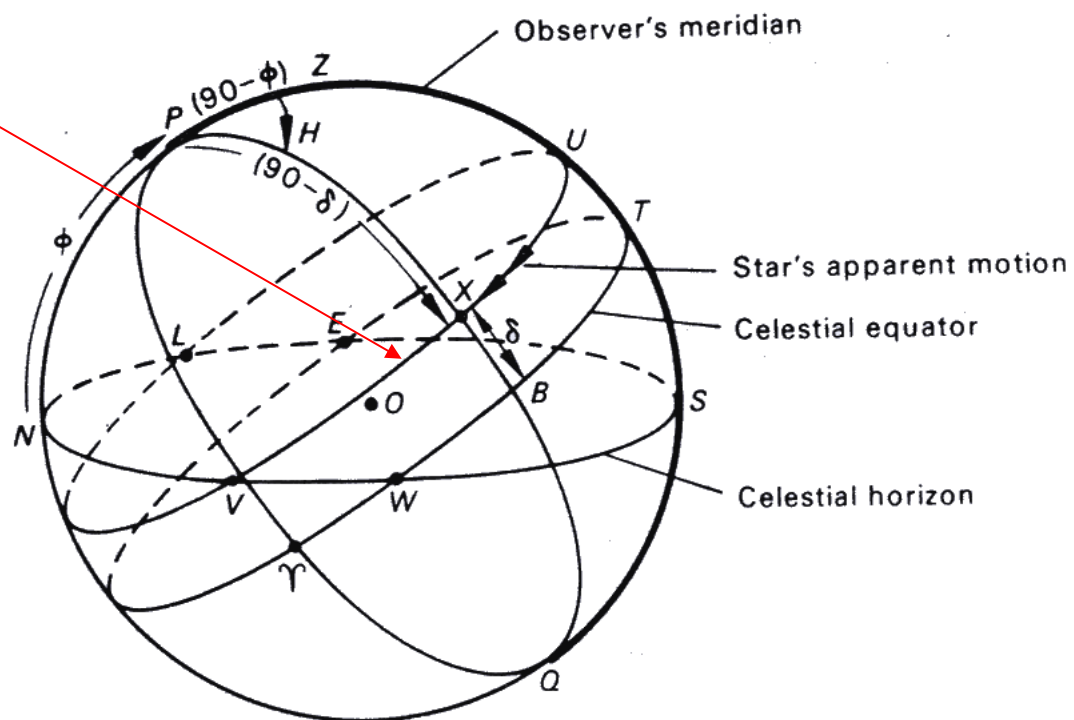
Duž koja spaja posmatračevo oko i posmatrano nebesko telo naziva se **vizura**

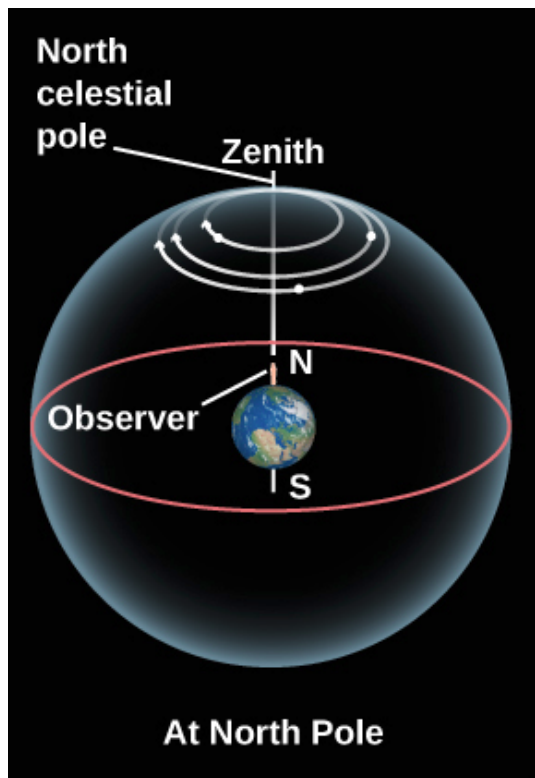
Gornja kulminacija predstavlja trenutak prolaza nebeskog tela kroz nebeski meridijan mesta i može biti severno ili južno od zenita.

Pri prolasku nebeskog tela kroz prvi vertikal azimut iznosi 90° odnosno 270° . Trenutak najveće digresije nebeskog tela jeste trenutak kada vertikalni krug kroz nebesko telo tangira njegov dnevni paralel.

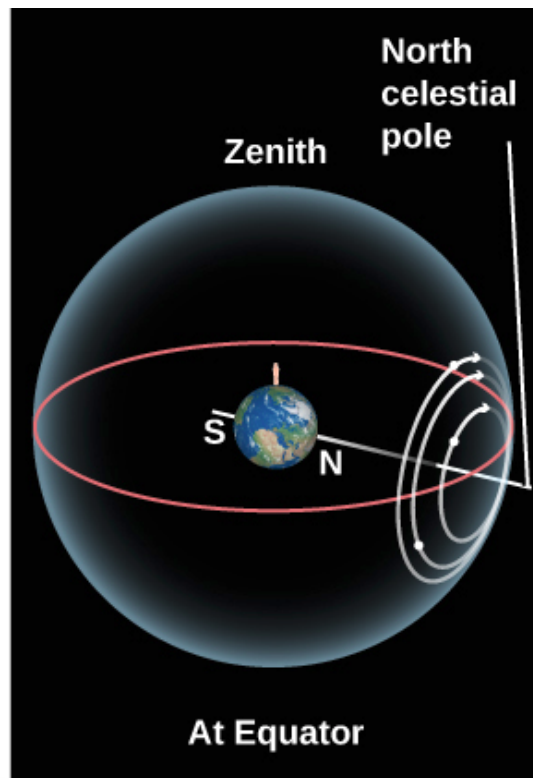
Ugao između pravog horizonta i pravca ka severnom nebeskom polu predstavlja geografsku širinu mesta.

Dnevni paralel

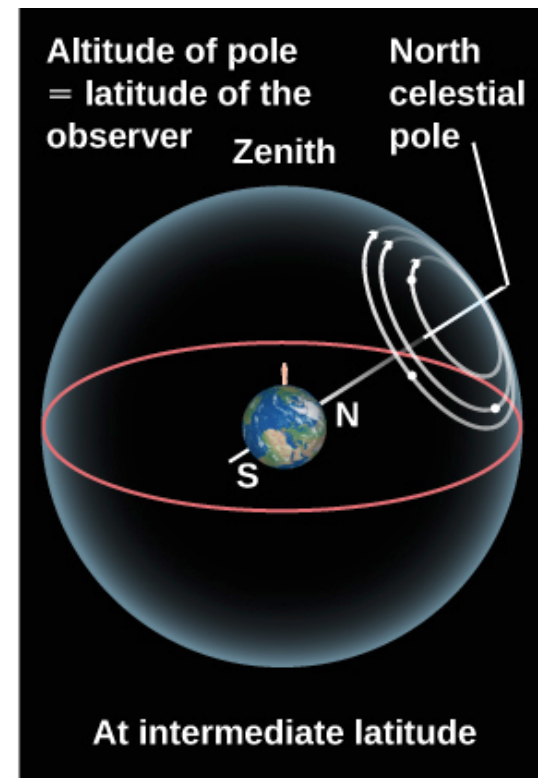




(a)

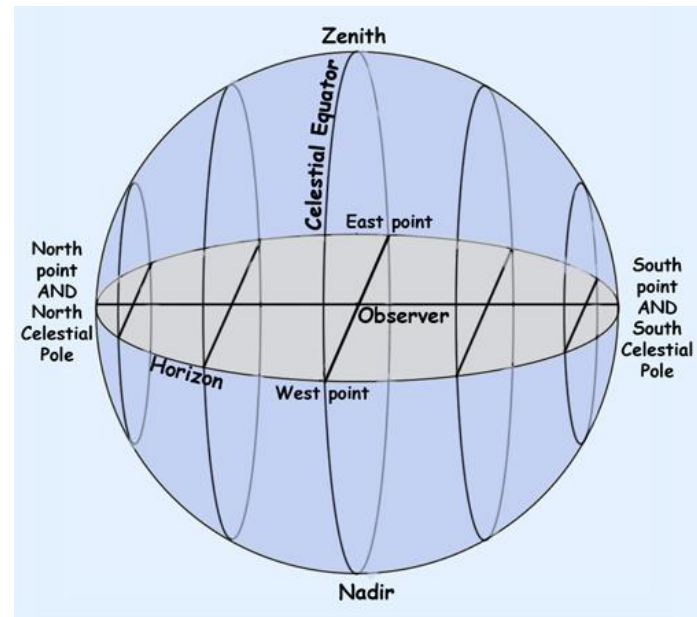
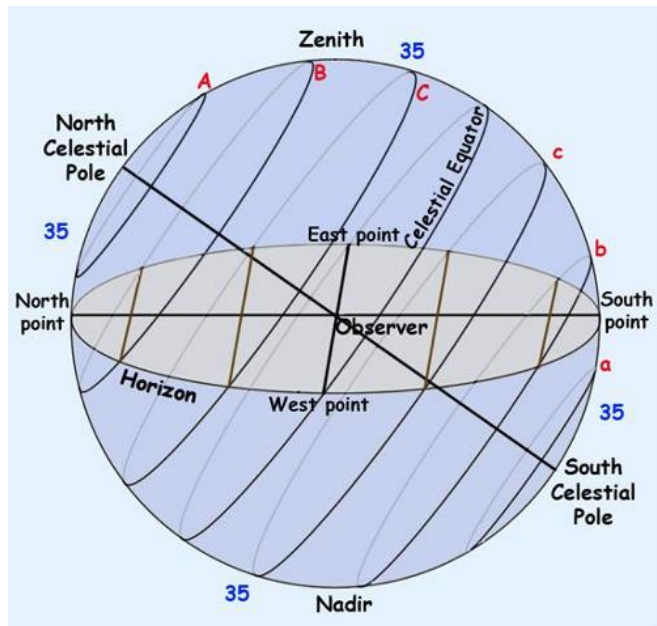


(b)



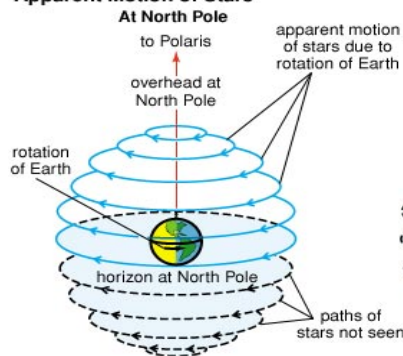
(c)

U zavisnosti od geografske širine se menja i izgled neba

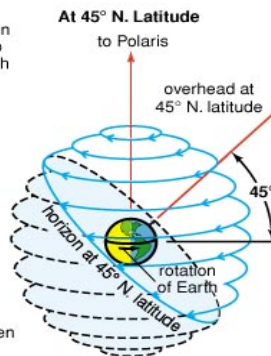


U zavisnosti od geografske širine se menja i izgled neba

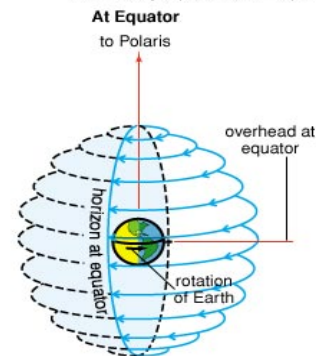
Apparent Motion of Stars



Observer at North Pole sees Polaris overhead. All other stars appear to move in circles around Polaris.

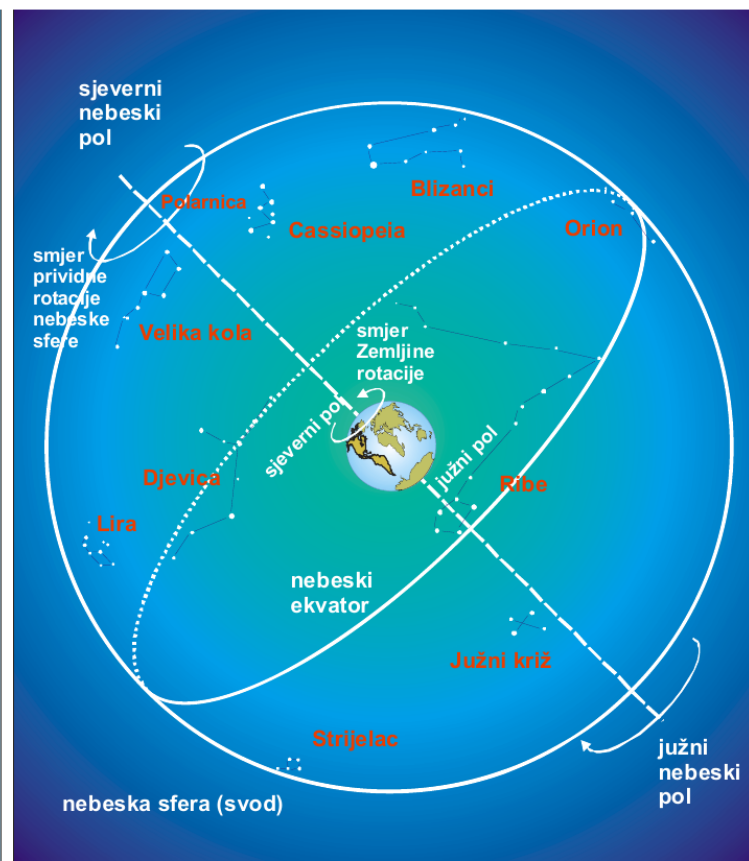
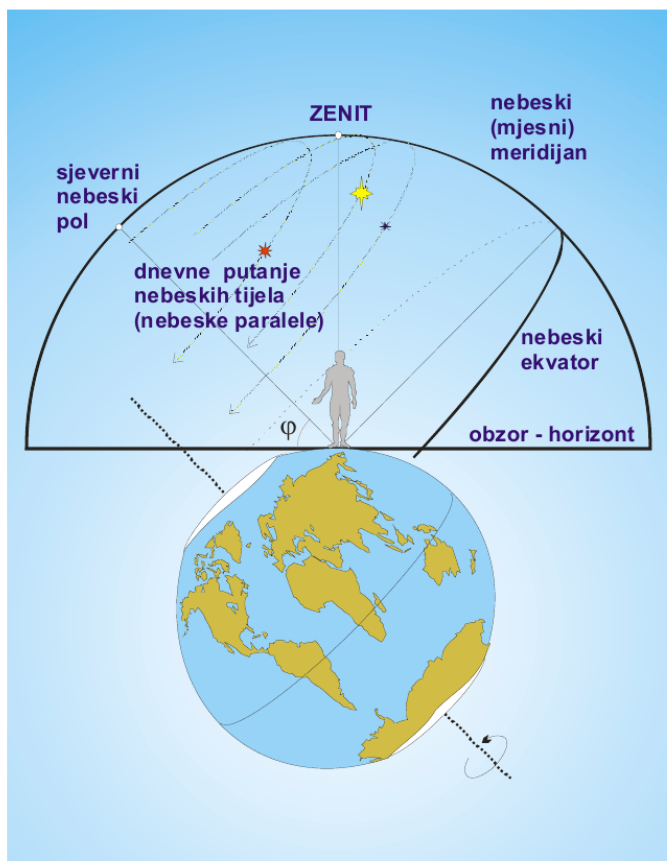


Observer at 45° N. latitude sees Polaris between horizon and overhead. All other stars appear to follow tilted paths.



Observer at equator sees Polaris at horizon. All other stars appear to travel westward across the sky, moving at right angles to the horizon.

U zavisnosti od geografske širine se menja i izgled neba

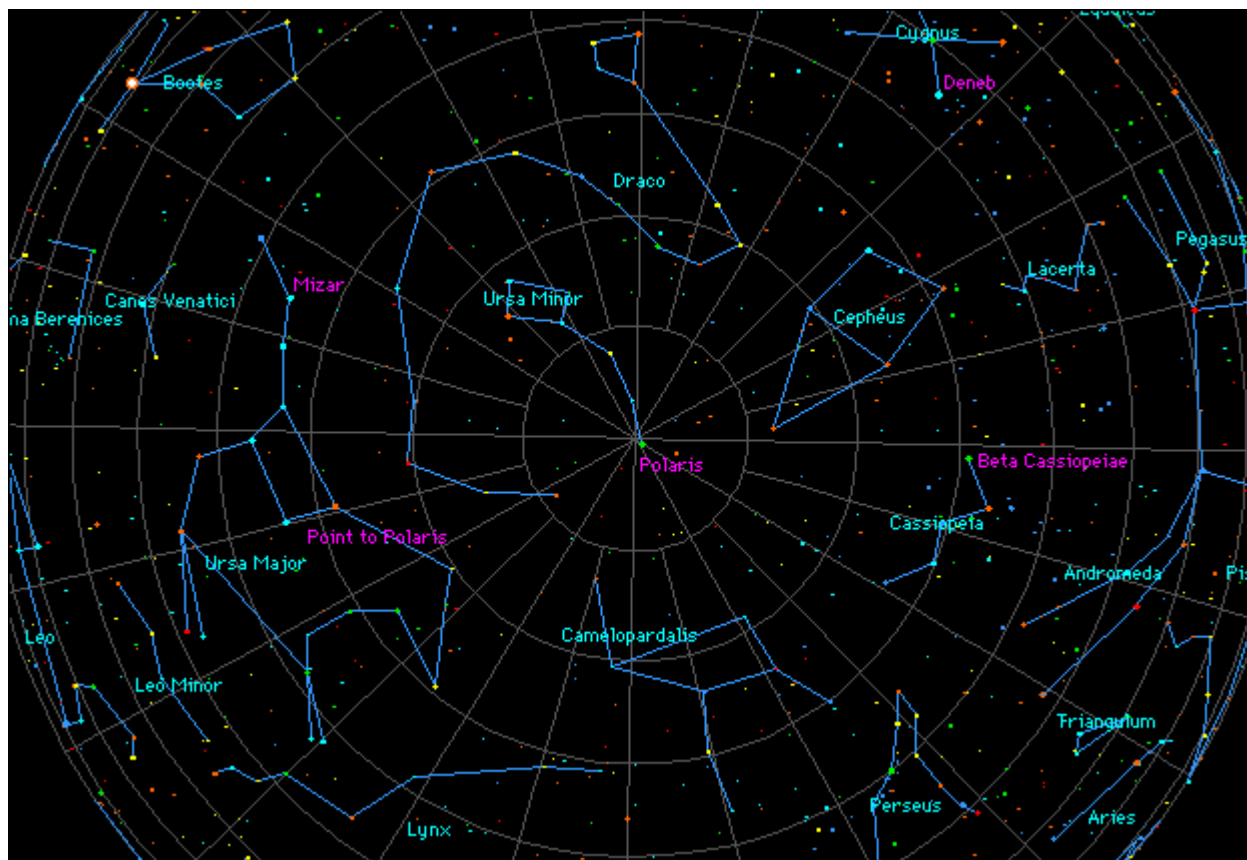




Kamera je fiksirana u jedan deo neba oko nebeskog pola i nije uključeno praćenje (kamera je fiksna) – iz tog razloga se zvezde vide kao krive linije usled rotacije Zemlje

from Mount Kilimanjaro in Tanzania





Karta neba oko severnog nebeskog pola – cirkumpolarni objekti za severnu hemisferu

Stari narodi su, obično radi bolje orijentacije, na nebu delili zvezde, koje su mogli posmatrati, u grupe i davali im imena, bilo svojih junaka/bogova, bilo životinja ili predmeta na koje im se činilo da raspored zvezda liči – to su sazvežđa – reč je o slučajnoj projekciji nebeskih tela na nebesku sferu, pa tako zvezde jednog sazvežđa uglavnom **NISU** gravitaciono vezane niti su blizu jedna drugoj!!!

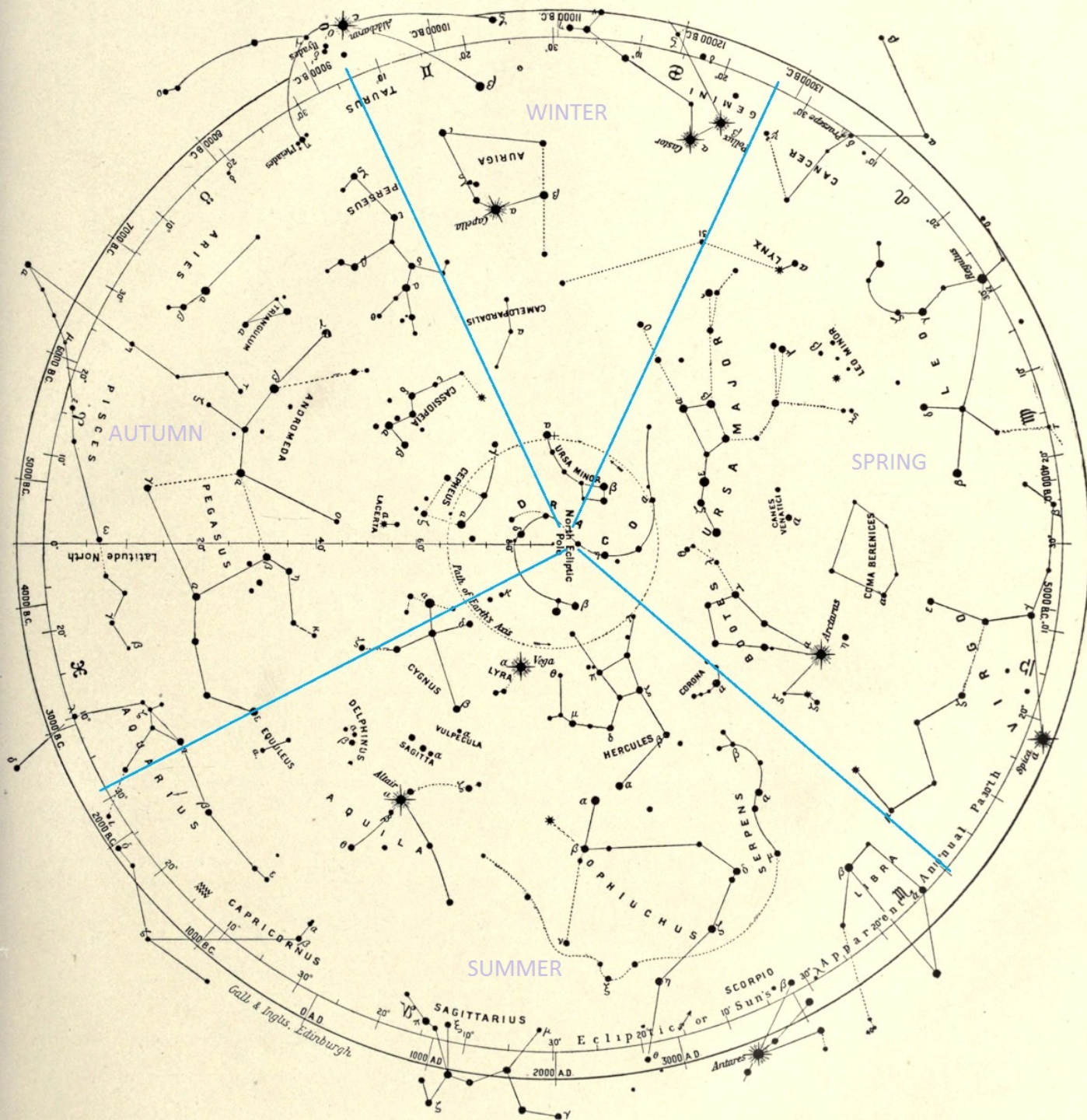
Ljudi su sasvim proizvoljno, u mašti, podelili nebo, a nebeski objekti koji pripadaju jednom sazvežđu uglavnom **NISU** fizički u kontaktu!!!

Sazvežđa **NISU** realni, fizički entiteti!!!

Stari narodi su uglavnom svako na svoj način definisali sazvežđa, a 1922. godine, kako bi se uveo red, usvojena su 88 sazvežđa (njih 48 iz Ptolemajevog Almagesta) – **sazvežđa su tako skup nebeskih tela koja se blisko projektuju na nebesku sferu, pri čemu između objekata u jednom sazvežđu najčešće ne postoji nikakva fizička povezanost**



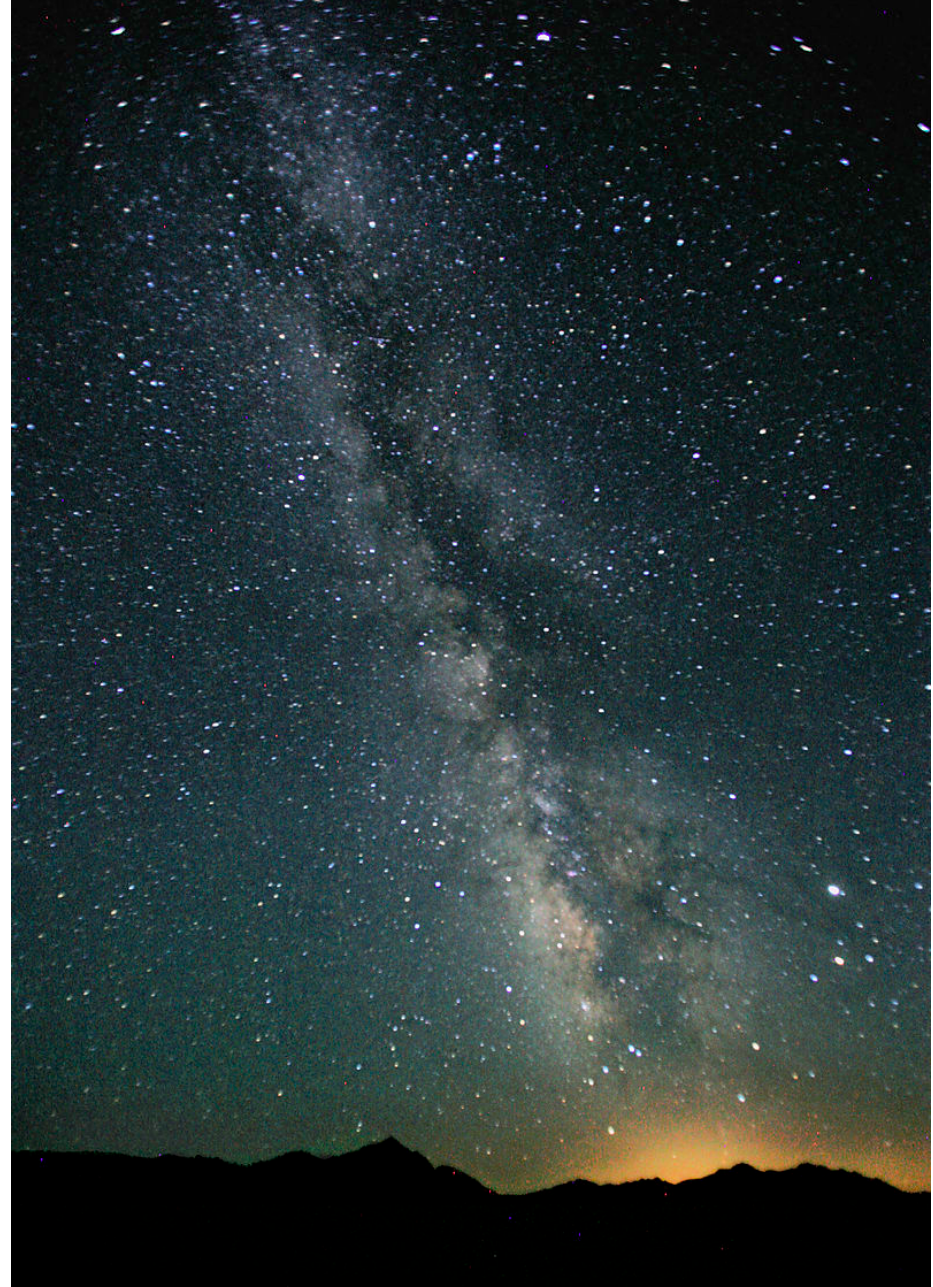




Za svaku lokaciju na Zemlji, odnosno lokalnu nebesku sferu definišu se:
Cirkumpolarna (uvek iznad horizonta),
anticirkumpolarna (uvek ispod horizonta),
sezonska sazvežđa

Severnjača ili Polara, α UMi se trenutno nalazi u blizini severnog nebeskog pola!!!

Radio izvor Sagittarius A* – projekcija centra Galaksije u sazvežđu Strelac



Često se pod Mlečnim putem naziva i svetla traka koja se vidi na noćnom nebu formirana od zvezda koje se nalaze u tzv. disku naše galaksije, koje se ne mogu pojedinačno razlikovati golim okom (1610. Galilej uspeva teleskopom) – Tako izgledaju delovi naše galaksije gledano sa planete Zemlje

Vidljive oblasti Galaktičke ravni (Galaktičkog ekvatora) zauzimaju na nebeskoj sferi oblast koja sadrži 30 sazvežđa – Galaktički centar se projektuje u sazvežđe Strelac

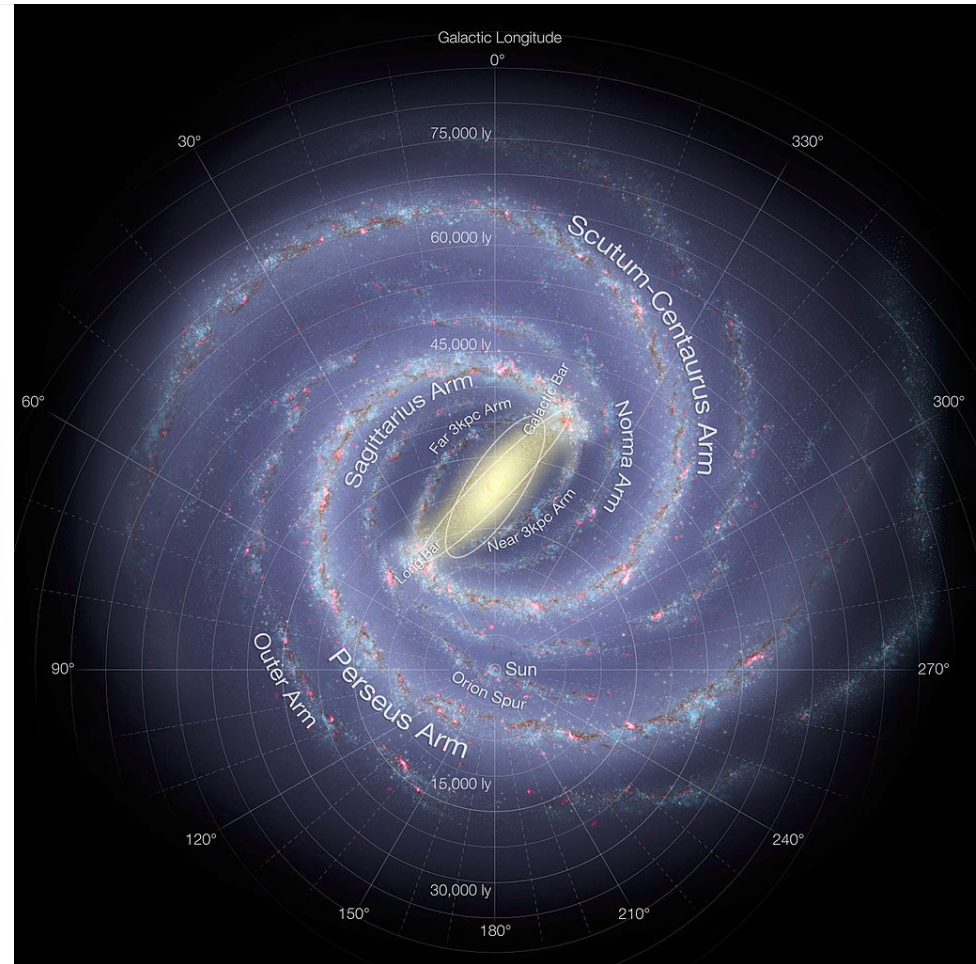
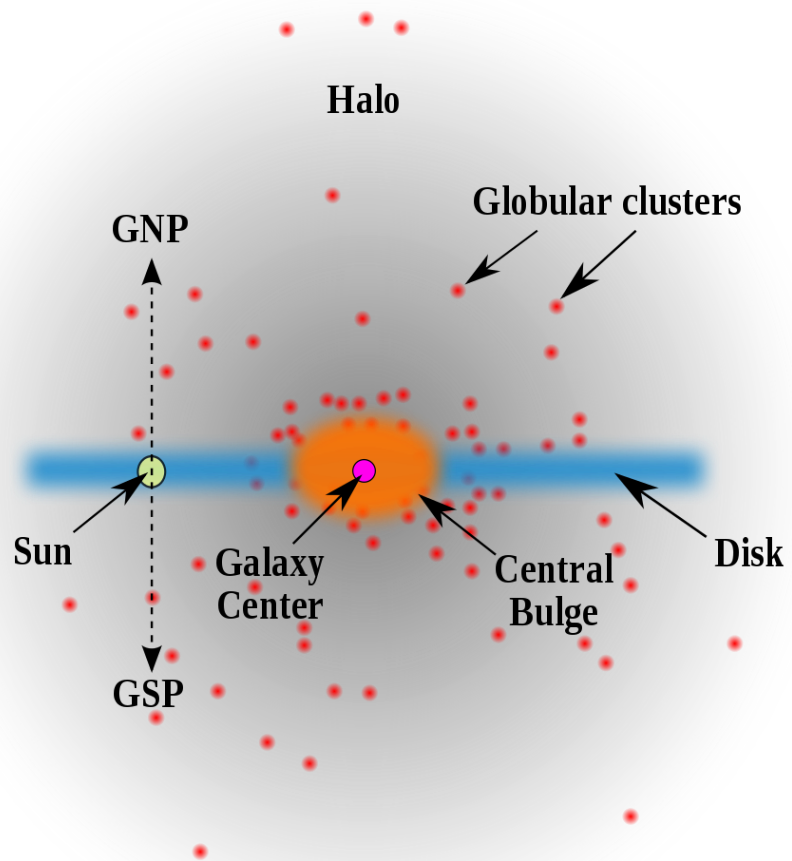
U tzv. disku Galaksije se nalazi veliki broj zvezda i međuzvezdane materije (MZM), tu su smeštene i spiralne grane, mesta velike količine MZM gde nastaju zvezde



Veliki i mali Magelanov oblak –
sateliti naše galaksije

Projekcija diska naše galaksije

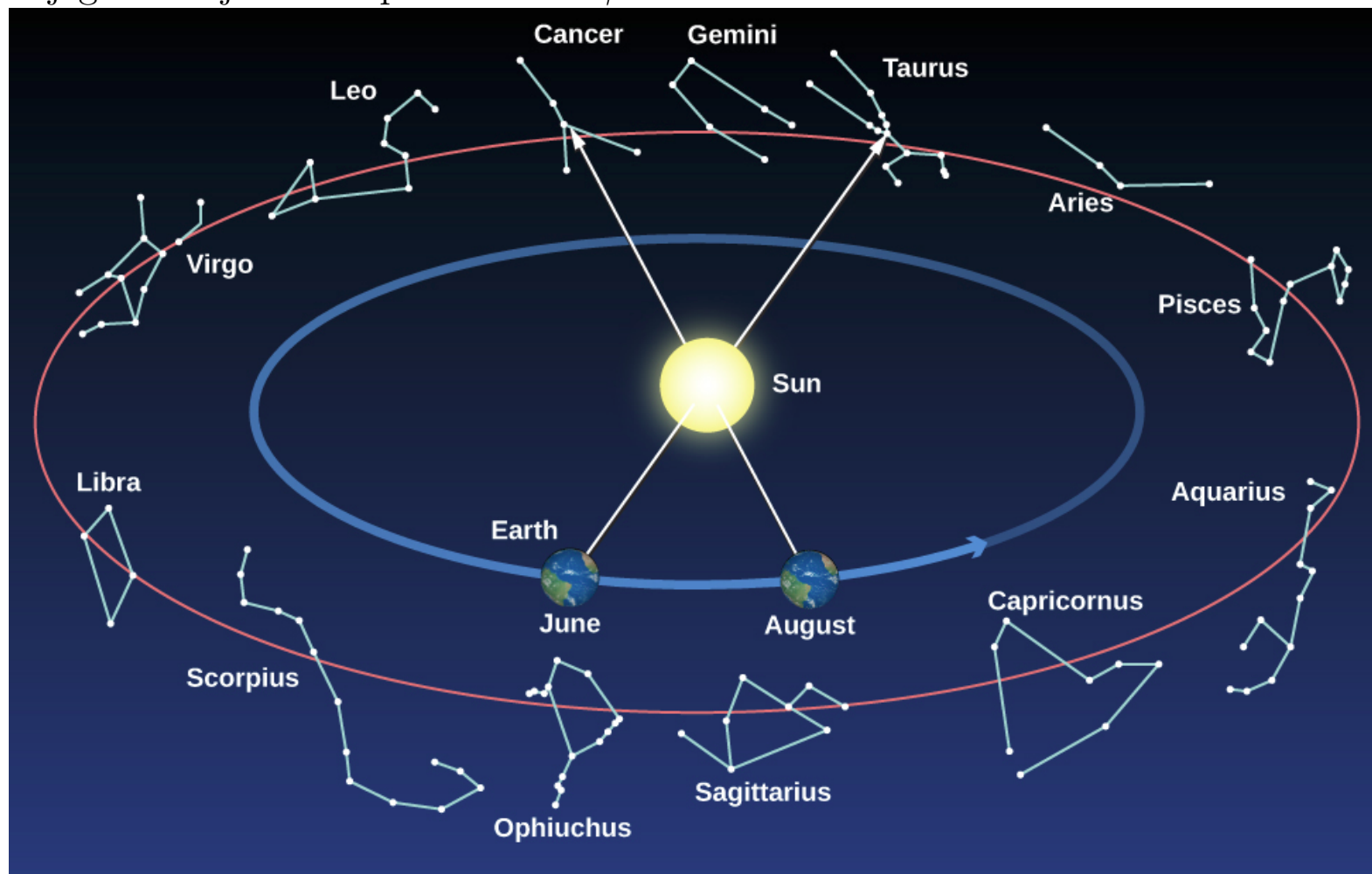
Galaktička ravan (Galaktički ekvator), centralna ravan
galaktičkog diska – veliki krug na nebeskoj sferi

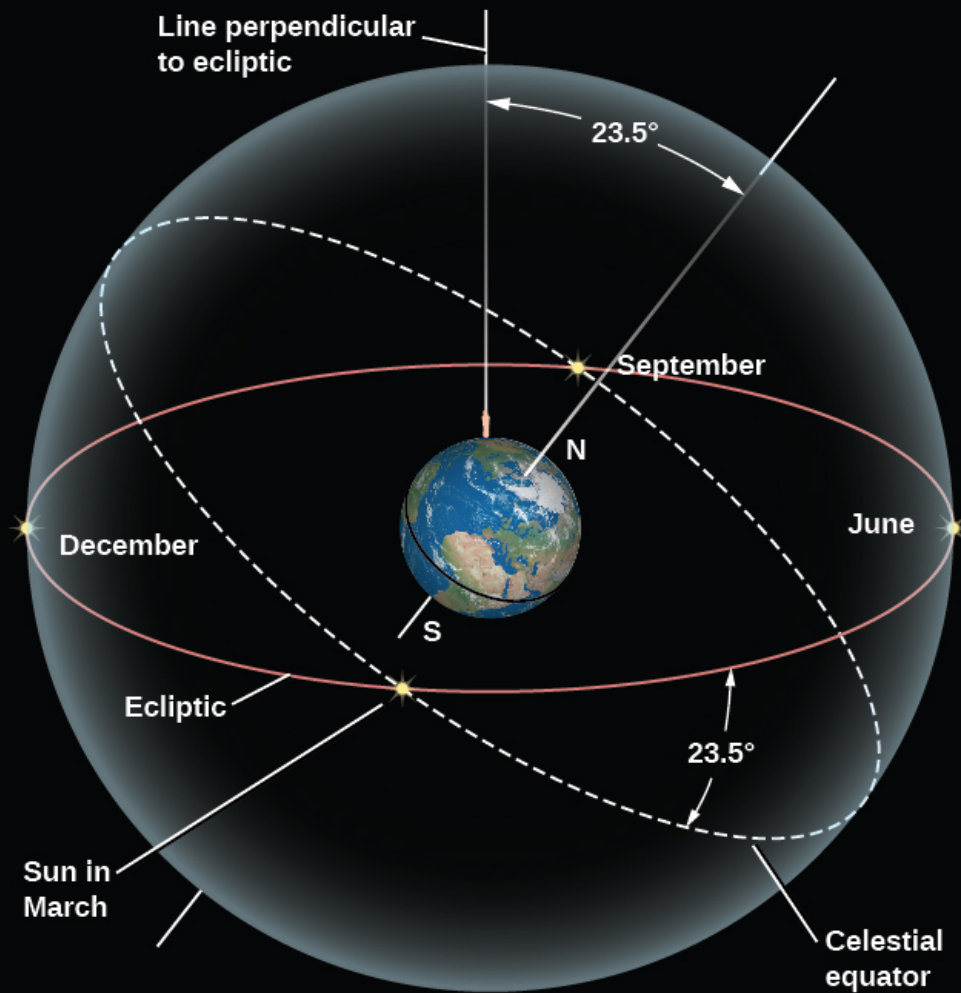


Skica naše Galaksije

Ekliptika predstavlja veliki krug nebeske sfere po kojem se vrši prividno godišnje kretanje Sunca. Nagib ekliptike prema ekvatoru iznosi približno $23^{\circ}.5$. Ekliptička osa predstavlja osu upravnu na ravan ekliptike (Ekliptička osovina). Ona prodire nebesku sferu u tačkama, ekliptičkim polovima. Ekliptika i ekvator seku se u dvema tačkama: γ tački, tački prolećne ravnodnevce i Ω tački, tački jesenje ravnodnevce. Prilikom svog prividnog godišnjeg kretanja Sunce prolazi kroz γ tačku oko 21. marta.

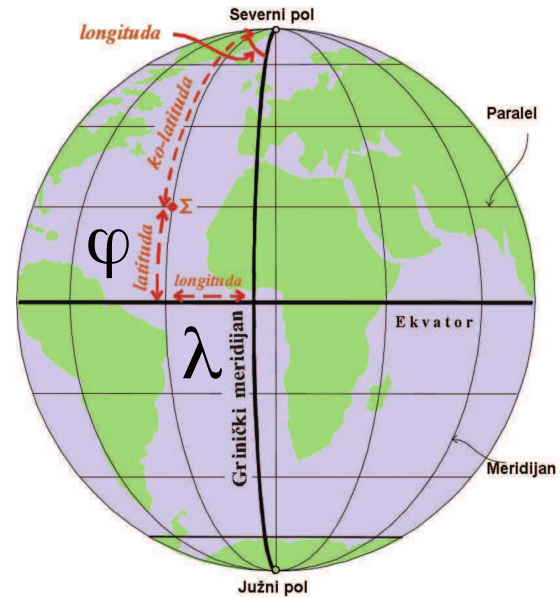
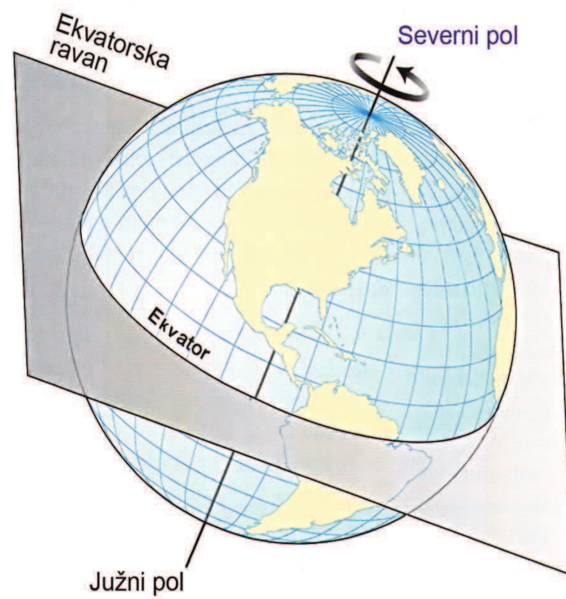
13
ne
12





Geografski koordinatni sistem

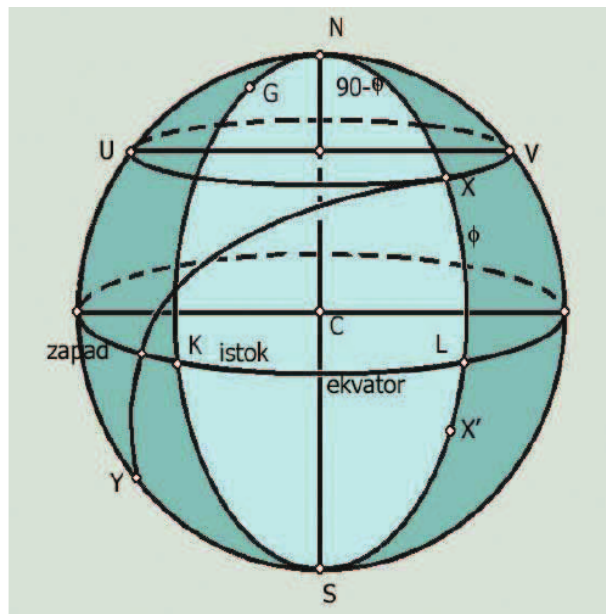
Geografska širina i dužina – Grinički meridijan



- *geografska širina* (φ) je ugao u ravni meridijana meren od presečnog pravca sa ekvatorom do pravca ka datoj tački; uzima vrednosti iz intervala $(-90^\circ, +90^\circ)$.
- *geografska dužina* (λ) je ugao dijedar između meridijanskih ravni početnog (inicijalnog) meridijana i meridijana date tačke; uzima vrednosti iz intervala $(-12^h, +12^h$ ili $-180^\circ, +180^\circ)$. Međunarodnim dogovorom je usvojeno da je početni meridijan meridijan kroz Griničku opservatoriju

Razmotrimo dalje problem računanja rastojanja između dve tačke X i Y na površi Zemlje. Kao i ranije, neka su širina i dužina tačke X označene sa (φ, λ) , a za Y sa (φ', λ') . Najkraće rastojanje između ovih dveju tačaka je luk velikog kruga XY koji je element sfernog trougla NXY . U ovom trouglu, $NX = 90^\circ - \varphi$, $NY = 90^\circ - \varphi'$. Ugao $GNX = \lambda$ i kako je λ' negativno u ovom slučaju, $YNG = -\lambda'$, pa je $YNX = \lambda - \lambda'$.

Zato što je φ' negativna, odnosno NY je $90 + |\varphi'|$



Pošto je sada λ' negativno, pa je ugao YNG jednak $-(-|\lambda'|)$

$$\cos XY = \sin \varphi \sin \varphi' + \cos \varphi \cos \varphi' \cos(\lambda - \lambda')$$

Rastojanje XY je izračunato, ali kao ugao. Da se pretvori u kilometre, neophodno je izraziti ugao lučnom merom i pomnožiti ga poluprečnikom Zemlje koji je sve do sada smatran jediničnim. Moguće je izračunati rastojanje i u nautičkim miljama, koje se definišu kao dužina luka velikog kruga nad centralnim uglom od jedne lučne minute. Dužina XY u nautičkim miljama, jednostavno, izražava luk XY u lučnim minutama. Nautička milja neznatno prevazilazi milju i jednaka je 1,855 km.

Gausovi obrasci sferne trigonometrije

- *Kosinusni obrazac*

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A.$$

- *Sinusni obrazac*

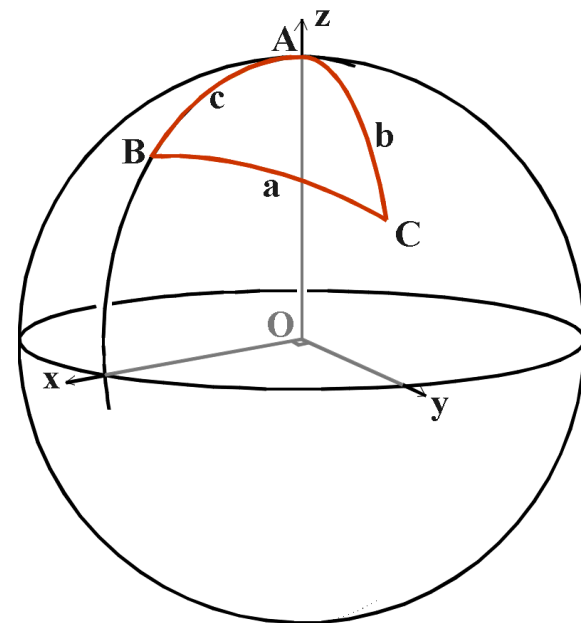
$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c}.$$

- *Sinusno-kosinusni obrazac*

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A.$$

- *Četvoroelementni obrazac*

$$\cos a \cos C = \sin a \operatorname{ctg} b - \sin C \operatorname{ctg} B.$$



Sferni koordinatni sistemi u Astronomiji – Položaj objekta na nebeskoj sferi je određen preko dva sferna ugla

Udaljenost nije određena, dakle jedinična!!!

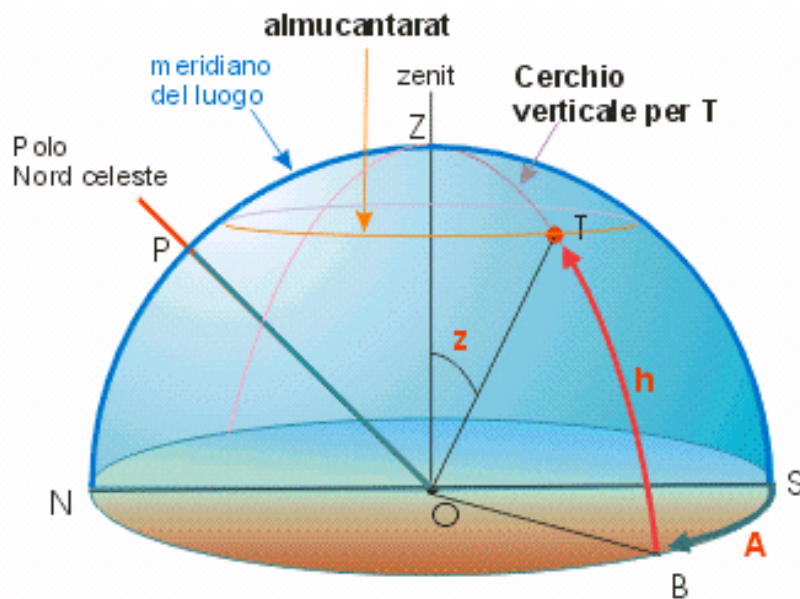
Izbor sistema zavisi od konkretne potrebe/problema

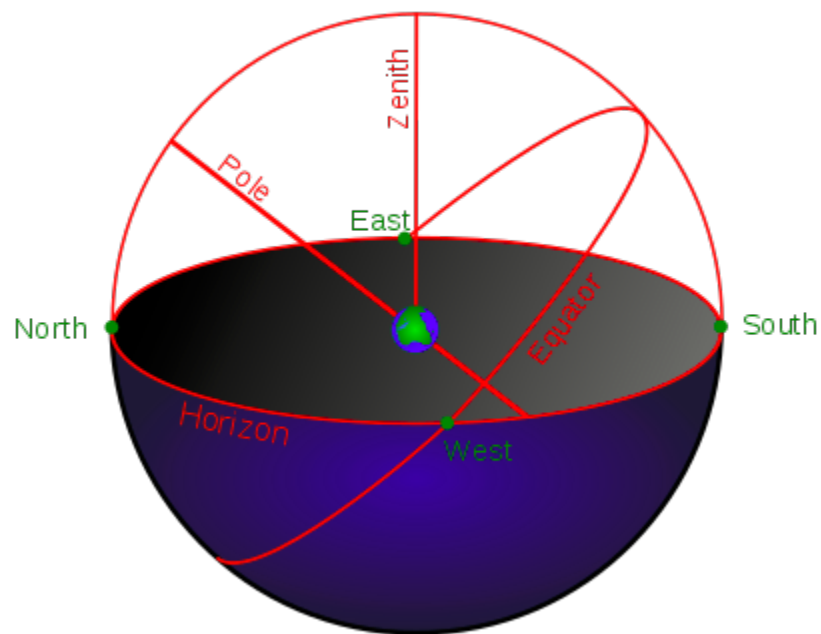
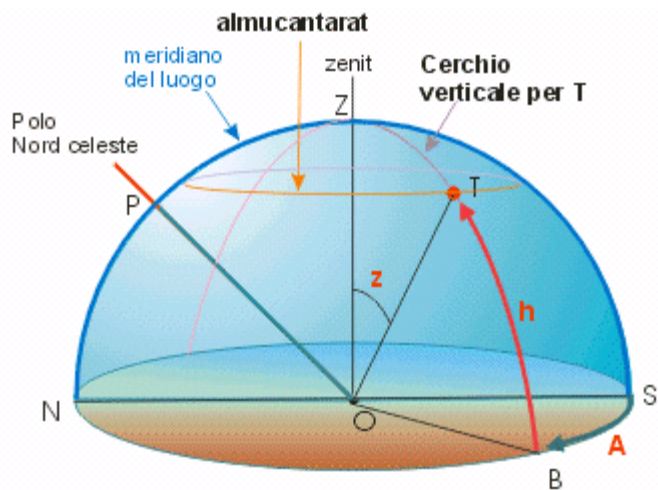
Definiše se centar koordinatnog sistema, osnovna ravan i osnovni pravac

U mesnom horizontskom koordinatnom sistemu za osnovnu ravan uzima se ravan horizonta, za osnovni pravac, pravac podnevačke linije a normalan pravac, pravac vertikale. Definiču se dve koordinate: azimut i visina. *Azimut* (A) je ugao koji se meri u ravni pravog horizonta od južne tačke do preseka pravog horizonta sa vertikalnim krugom kroz nebesko telo. Meri se u retrogradnom smeru (Smer kazaljke na satu².). Azimut može uzimati sledeće vrednosti: $0^\circ \leq A \leq 360^\circ$. *Visina* (h) je ugao koji se meri u vertikalnoj ravni od ravni pravog horizonta ka vizuri nebeskog tela. Može uzimati vrednosti: $0^\circ \leq h \leq 90^\circ$ na vidljivom delu i: $-90^\circ \leq h \leq 0^\circ$ na ne vidljivom delu. Najveća visina odgovara prolasku kroz meridijan.

Zenitna daljina (z) predstavlja ugao koji se meri od pravca ka zenitu do vizure nebeskog tela. Može uzimati vrednosti od: $0^\circ \leq z \leq 180^\circ$. Zenitna daljina predstavlja dopunu visine do 90° : $z + h = 90^\circ$.

Horizontski koordinatni sistem naziva se i mesni jer svaki posmatrač ima svoj meridijan i podnevačku liniju.



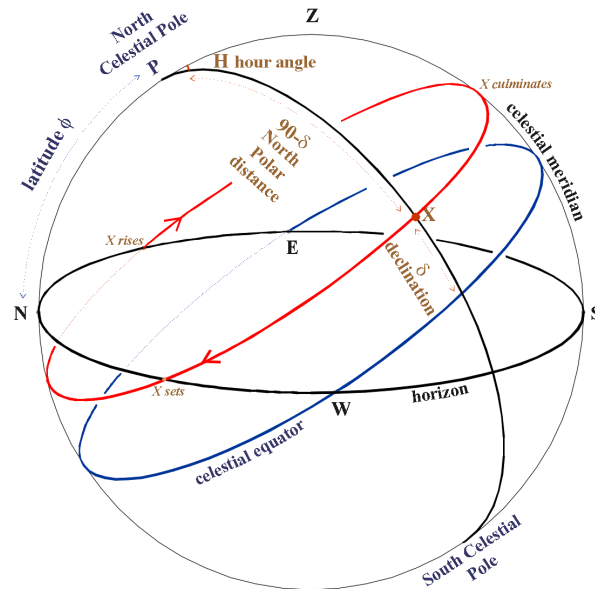


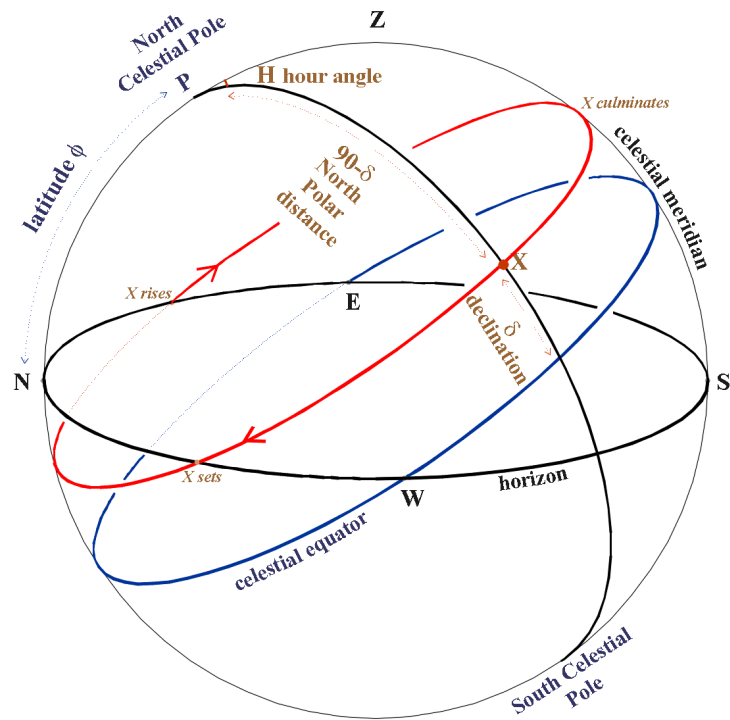
Primećujemo da bi horizontske koordinate nebeskog tela u zapadnoj i istočnoj tački horizonta bile respektivno: $A = 90^\circ, h = 0^\circ$; $A = 270^\circ, h = 0^\circ$. Na sličan način se mogu odrediti horizontske koordinate nebeskih polova, severnog i južnog respektivno: $A = 180^\circ, h = \varphi$; $A = 0^\circ, h = -\varphi$.

Za osnovnu ravan, u mesnom ekvatorskom koordinatnom sistemu, uzima se ravan nebeskog ekvatora. Definišu ga dve koordinate: časovni ugao (t) i deklinacija (δ). Prva koordinata, *časovni ugao*, računa se u ravni ekvatora meridijana (od pravca ka Q na slici br. 3) do preseka ravni deklinacijskog kruga sa ravni nebeskog ekvatora. Računa se u retrogradnom smeru. Može uzimati vrednosti: $0^\circ \leq t \leq 360^\circ$. Kako se časovni ugao meri u ekvatorijalnoj ravni, može se izraziti u vremenskim jedinicama. Tada važi: $0^h \leq t \leq 24^h$ zbog: $360^\circ = 24^h, 1^h \approx 15^\circ$. Deklinacija je ugao koji se meri u ravni deklinacijskog kruga od nebeskog ekvatora ka vizuri ka nebeskom telu. Deklinacija može uzimati vrednosti: $0^\circ \leq \delta \leq 90^\circ$ severno od nebeskog ekvatora i: $-90^\circ \leq \delta \leq 0^\circ$ južno od nebeskog ekvatora.

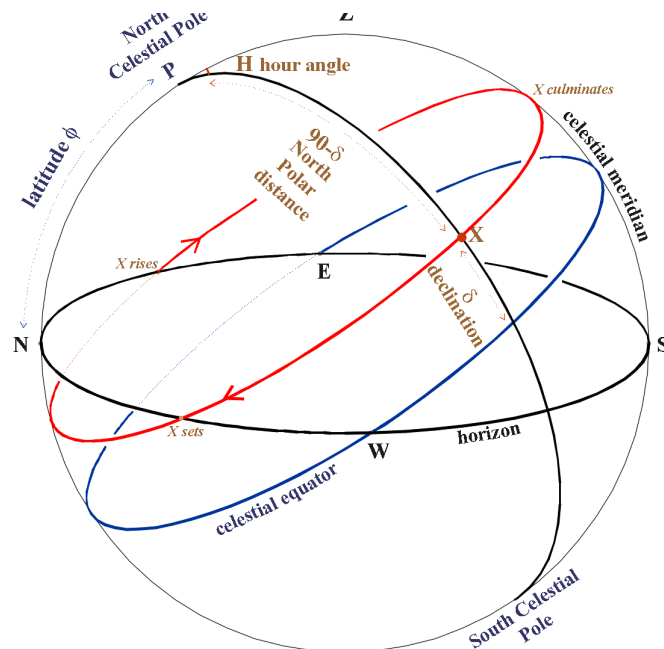
Polarna daljina (p) je ugao koji se meri u ravni deklinacionog kruga od severnog nebeskog pola ka vizuri nebeskog tela. Može uzimati sledeće vrednosti: $0^\circ \leq p \leq 180^\circ$. Polarna daljina predstavlja dopunu deklinacije do 90° .

Kako svaki posmatrač ima svoj meridijan i ovaj koordinatni sistem je mesni.





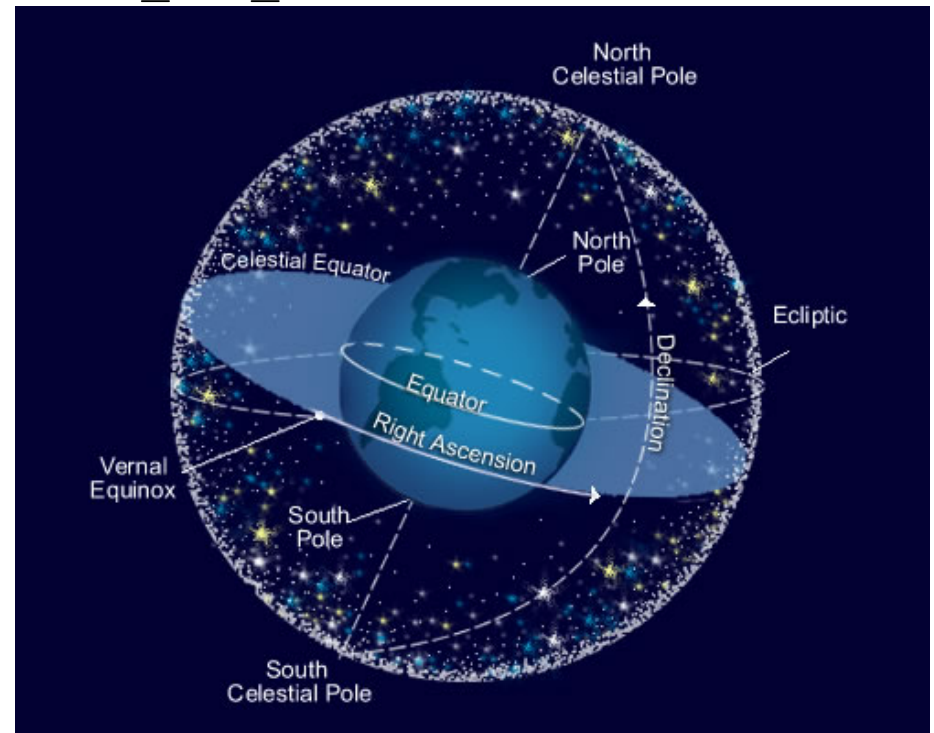
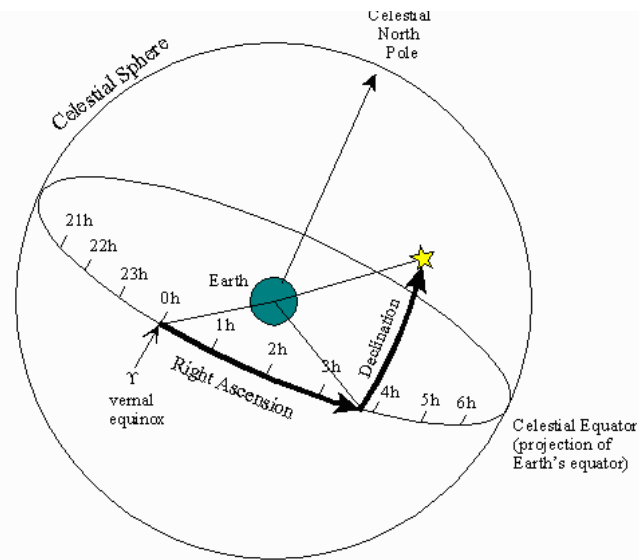
Primećujemo da bi ekvatorske koordinate nebeskog tela u zapadnoj i istočnoj tački horizonta bile respektivno: $t = 6^h, \delta = 0^\circ$; $t = 18^h, \delta = 0^\circ$. Na sličan način mogu se odred-



iti ekvatorske koordinate zenita i nadira: $t = 0^h, \delta = \varphi$; $t = 12^h, \delta = -\varphi$, kao i ekvatorske koordinate severne i južne tačke horizonta: $t = 12^h, \delta = 90^\circ - \varphi$; $t = 0^h, \delta = \varphi - 90^\circ$. Takođe, treba obratiti pažnju, kada je vrednost časovnog ugla: $0^h \leq t \leq 12^h$ tada azimut može uzimati sledeće vrednosti: $0^\circ \leq A \leq 180^\circ$.

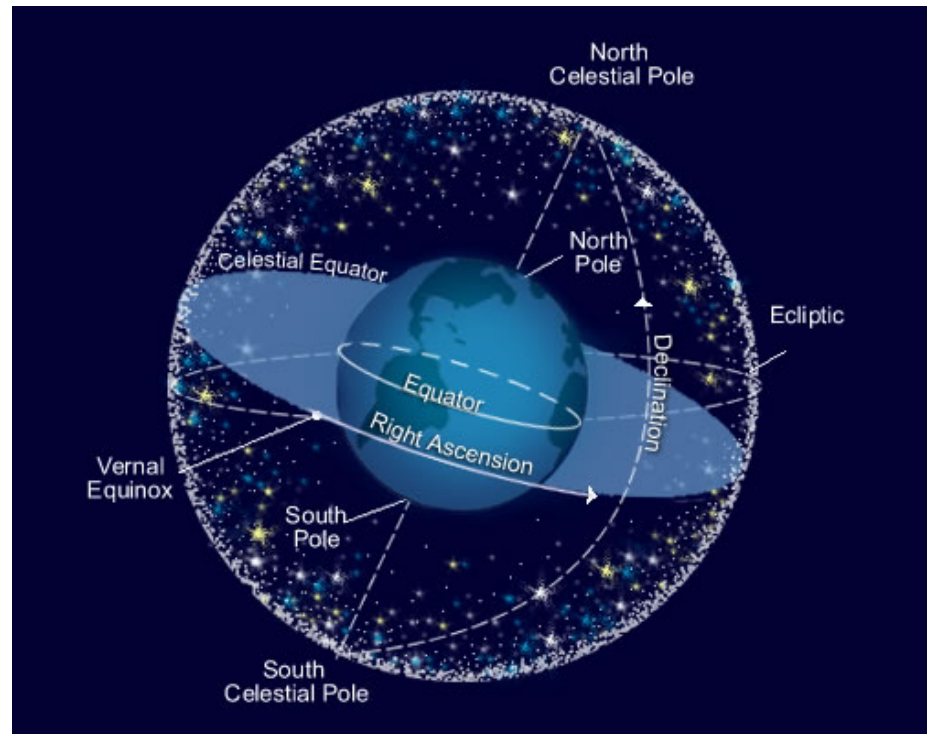
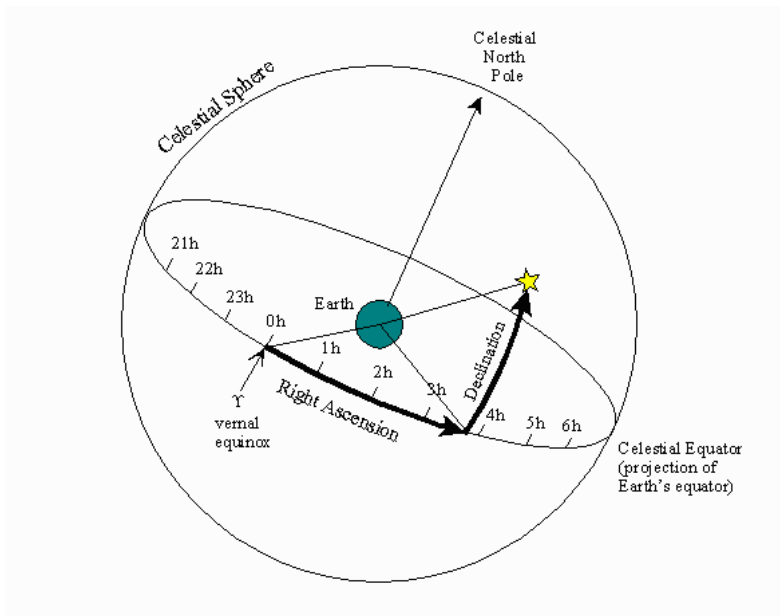
Posmatrajući koordinate mesnog ekvatorskog koordinatnog sistema, možemo primetiti da se časovni ugao nebeskog tela menja sa rotacijom Zemlje (Nebesko telo se kreće po dnevnom paralelu.). Deklinacija pak ostaje konstantna.

U nebeskom koordinatnom sistemu definišu se dve koordinate. Prva, već definisana, je deklinacija. Druga koordinata nebeskog ekvatorskog koordinatnog sistema je *rektascenzija*. Rektascenzija se meri u ravni nebeskog ekvatora od pravca ka γ tački do preseka deklinacionog kruga kroz nebesko telo sa ravni nebeskog ekvatora, u direktnom smeru. Rektascenzija može uzimati sledeće vrednosti: $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$. Kako se meri u ravni nebeskog ekvatora važi: $0^h \leq \alpha \leq 24^h$.



Rektascenzija za razliku od časovnog ugla ostaje konstantna tokom vremena. Na taj način se mogu definisati koordinate nebeskog tela koje se ne menjaju tokom vremena³.

Mesno zvezdano vreme dato je kao: $s = \alpha + t$ (časovni ugao γ tačke.). U trenucima gornje i donje kulminacije imamo: $t = 0^h, s = \alpha; t = 12^h, s = \alpha + 12^h$, respektivno.



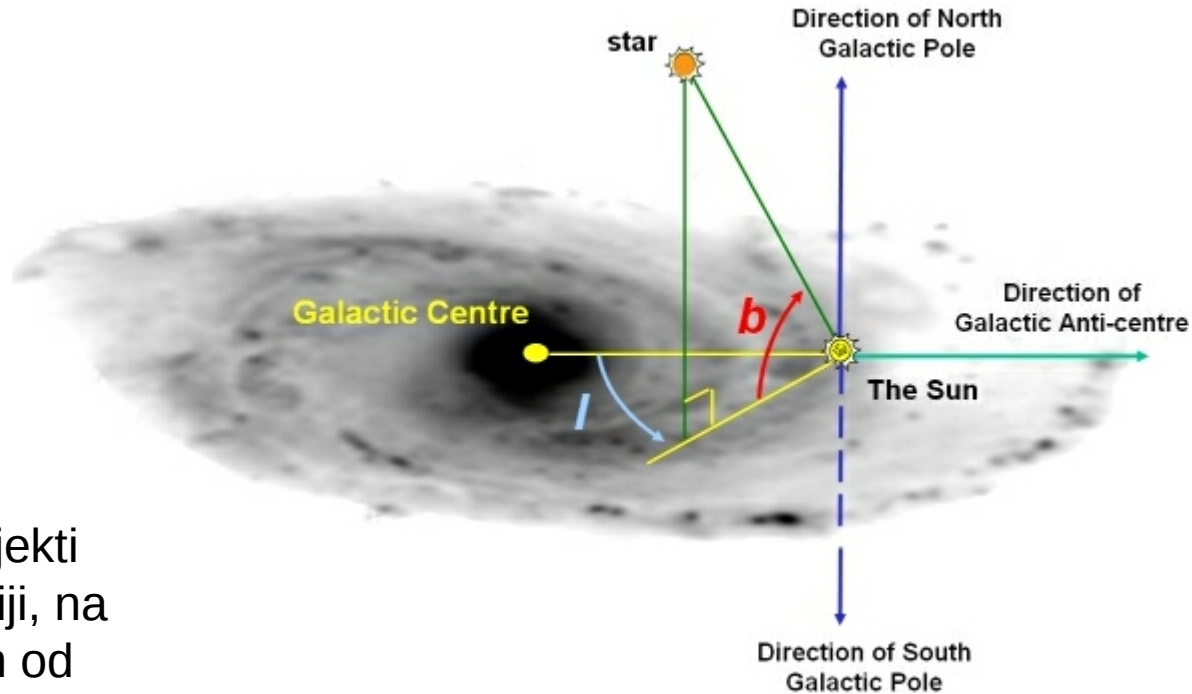
Neće biti detaljnog govora o:

Zemljino kretanje je znatno složenije pa dolazi i do promene rektascenzije i deklinacije na velikim vremenim skalama – menja se nagib ekliptike, položaj severnog nebeskog pola, a menja se i ekscentricitet putanje (te i izgled neba)

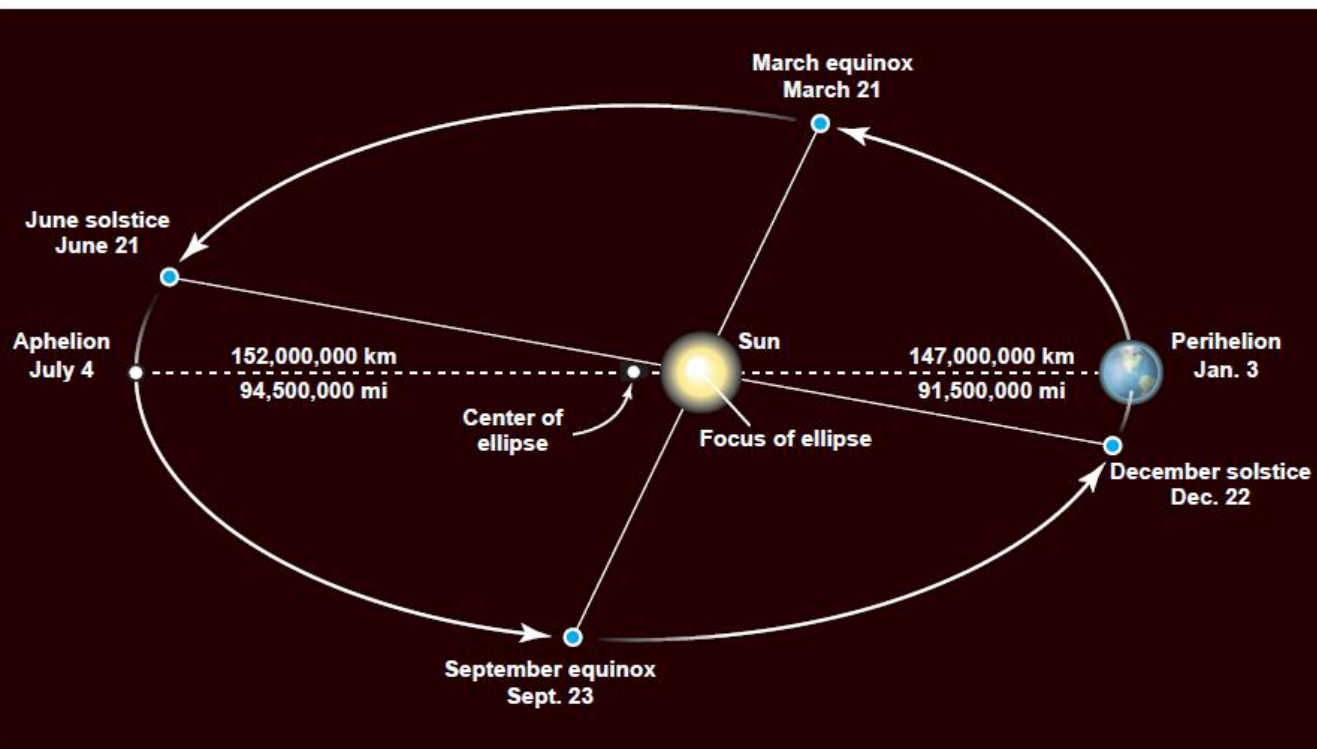
Zemlja odstupa od oblika lopte – GEOID – gustina nije ravnomerno raspoređena – usled gravitacione interakcije nastaje moment sile

Galaktički koordinatni sistem

Heliocentar, galaktička longituda b i latituda l



Kada se posmatraju objekti u našoj galaksiji, na skalama većim od dimenzija Sunčevog sistema



Kako se Zemlja ne kreće ravnomerno oko Suncu, tako se ni Suncu prividno, tokom godine, ne kreće ravnomerno po nebeskoj sferi

1.17 Orbit of the Earth around the Sun

Zemlja je najbliža Suncu početkom januara (2-3. 1.)!!!

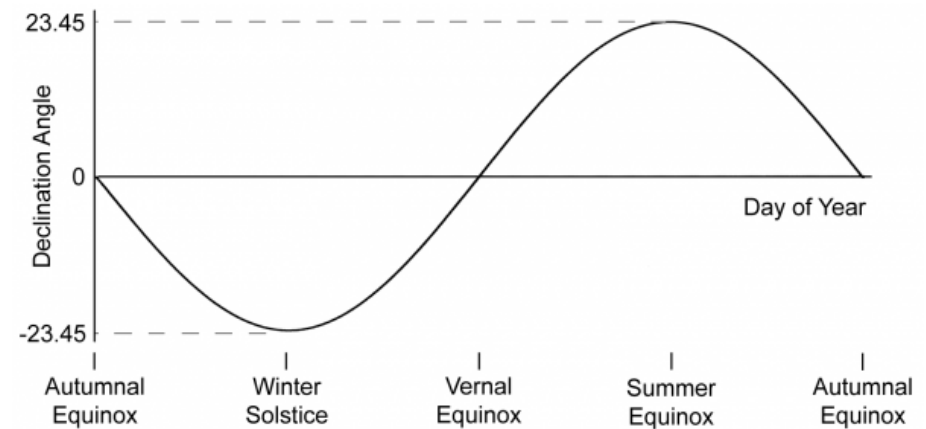
Najdalja je 3-4. 7.

The Earth's orbit around the Sun is not quite circular, but is in the shape of an ellipse. As a result, the distance between the Sun and the Earth varies with the time of year.

Godišnje prividno kretanje Sunca po nebeskoj sferi (oko jedan stepen dnevno)

Annual Variation of the Sun's Co-ordinates

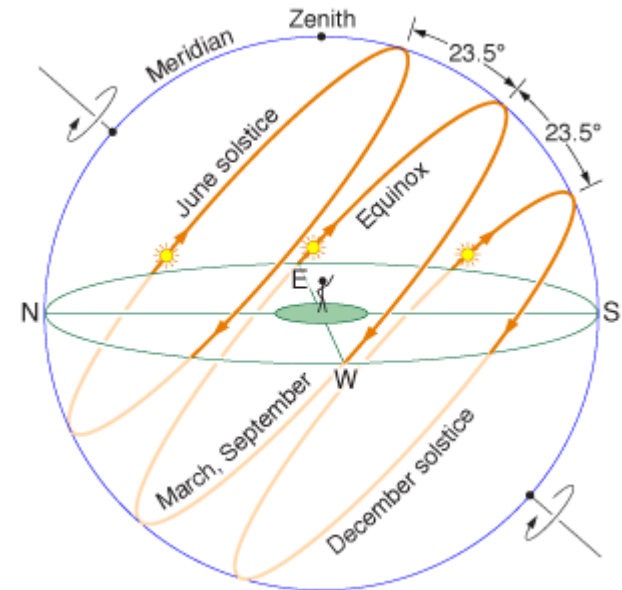
		λ	β	α	δ
γ	21 st March	0°	0°	0 ^h	0°
S_S	21 st June	90°	0°	6 ^h	+ ε
$\underline{\Omega}$	21 st September	180°	0°	12 ^h	0°
S_W	21 st December	270°	0°	18 ^h	- ε



Neće biti govora o:

Ekliptički koordinatni sistem (kada se posmatraju objekti u Sunčevom sistemu)...

Uvode se i pravougli koordinatni sistemi...



Posledice dnevnog kretanja, odnosno rotacije Zemlje oko svoje ose:

Smena obdanice i noći,

Promena visine nebeskih tela kako se kreću po dnevnim paralelima

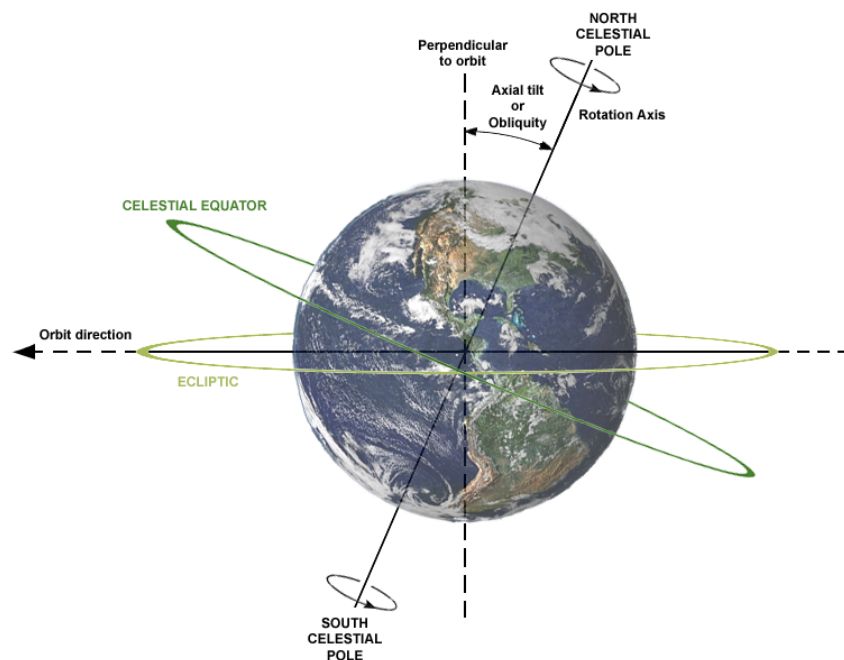
Usled postojanja atmosfere, ne postoji jasna granica između obdanice i noći – postepen prelazak – svitanja i sumraci (nećemo detaljnije o tome ali naglasimo da je račun početka i trajanja sumraka važan i može se koristiti i za potrebe utvrđivanja krivice pri saobraćajnim udesima i sl)

Posledice revolucije

Zbog revolucije i nagiba Zemljine ose, Sunce u toku godine nejednako osvetljava severnu i južnu Zemljinu poluloptu

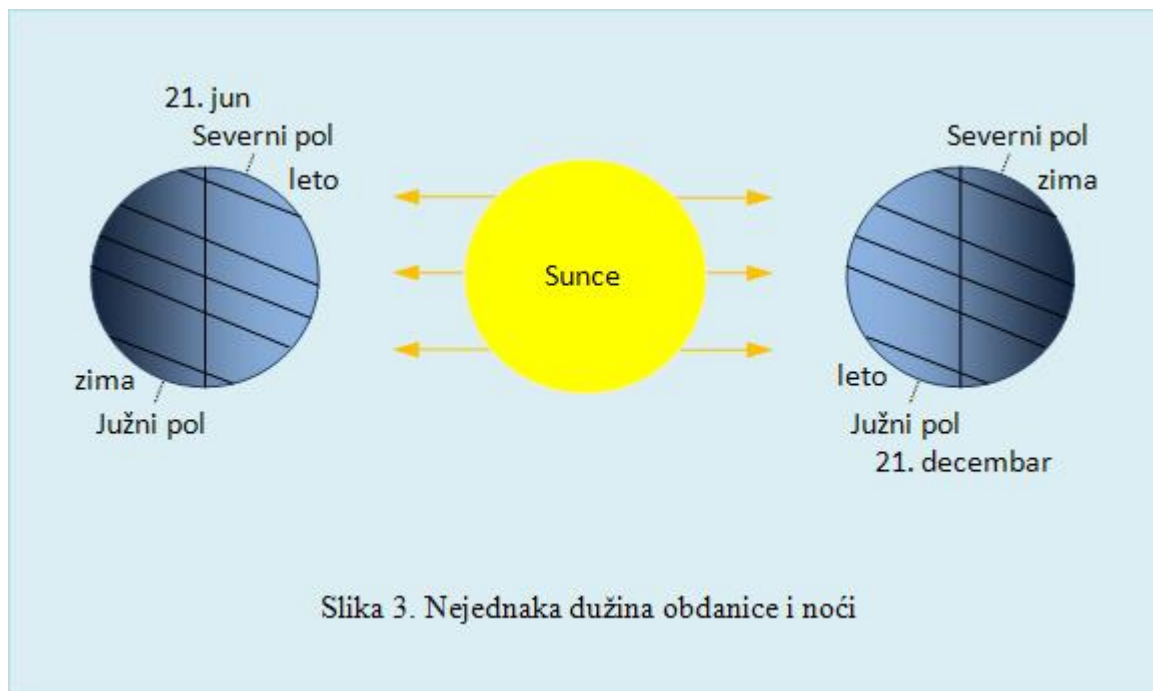
Najznačajnije posledice toga su:

- 1) nejednake dužine obdanice i noći u toku godine,
- 2) smena godišnjih doba,
- 3) nejednaka dužina godišnjih doba,
- 4) postojanje toplotnih pojaseva.



Kad Zemljina osa ne bi bila nagnuta u odnosu na ekliptiku, obdanica i noć uvek bi trajali po 12 časova – Linija koja deli osvetljeni deo Zemlje od njenog neosvetljenog dela uvek bi prolazila kroz polove – pošto ipak jeste nagnuta, nekad je više osvetljena severna Zemljina polulopta, a nekad južna što rezultuje nejednakim dužinama obdanice i noći tokom godine

Dva puta u godini na celoj Zemlji jednake su dužine obdanice i noći – Ti dani se nazivaju ravnodnevce. Pored ravnodnevice postoje i letnja dugodnevica i zimska kratkodnevica, i one se smenjuju na južnoj i severnoj polulopti, u zavisnosti od godišnjih doba



Posledice
godišnjeg
kretanja Zemlje
oko Sunca

Letnji i Zimski solsticij –
tada je Sunce
najviše/najniže u odnosu
na posmatračev horizont
u gornjoj kulminaciji

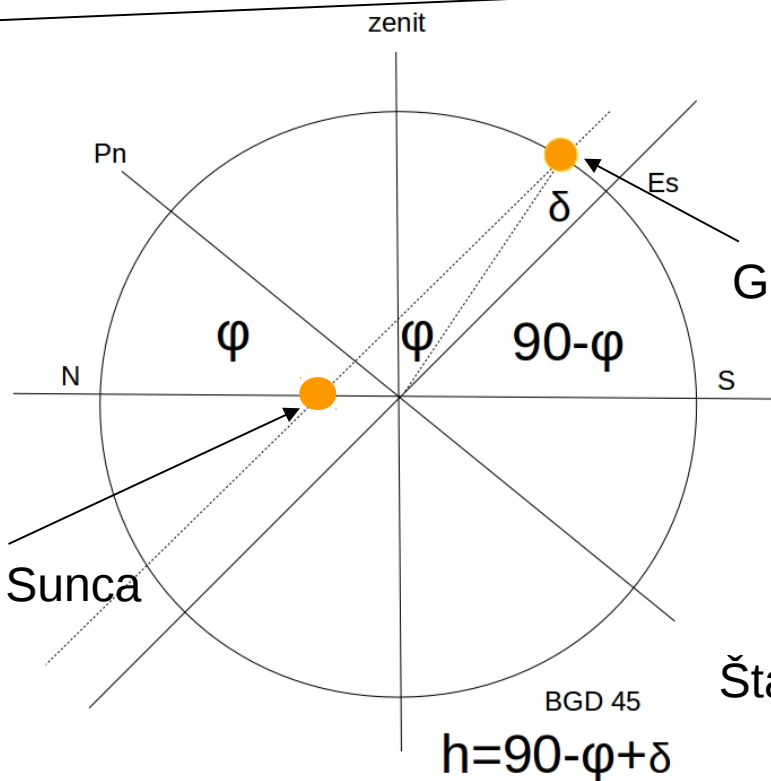
Izlazak i zalazak Sunca

Visina Sunca u gornjoj kulminaciji (meridijanu mesta)
se menja tokom godine!!!

Uz to, tačke izlaska i
zalaska Sunca se
menjaju tokom
godine

Gornja kulminacija Sunca

Šta se dešava na polovima?

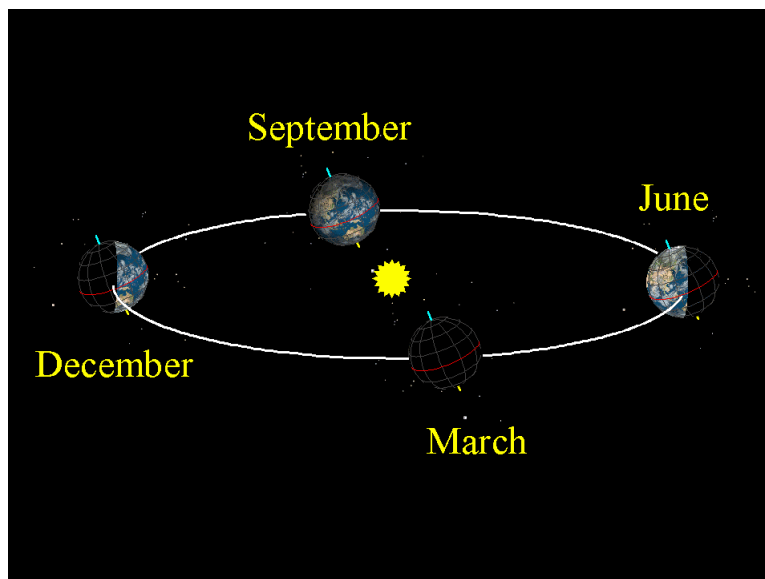


U BGD $h=21.5-68.5$ ± 23.5

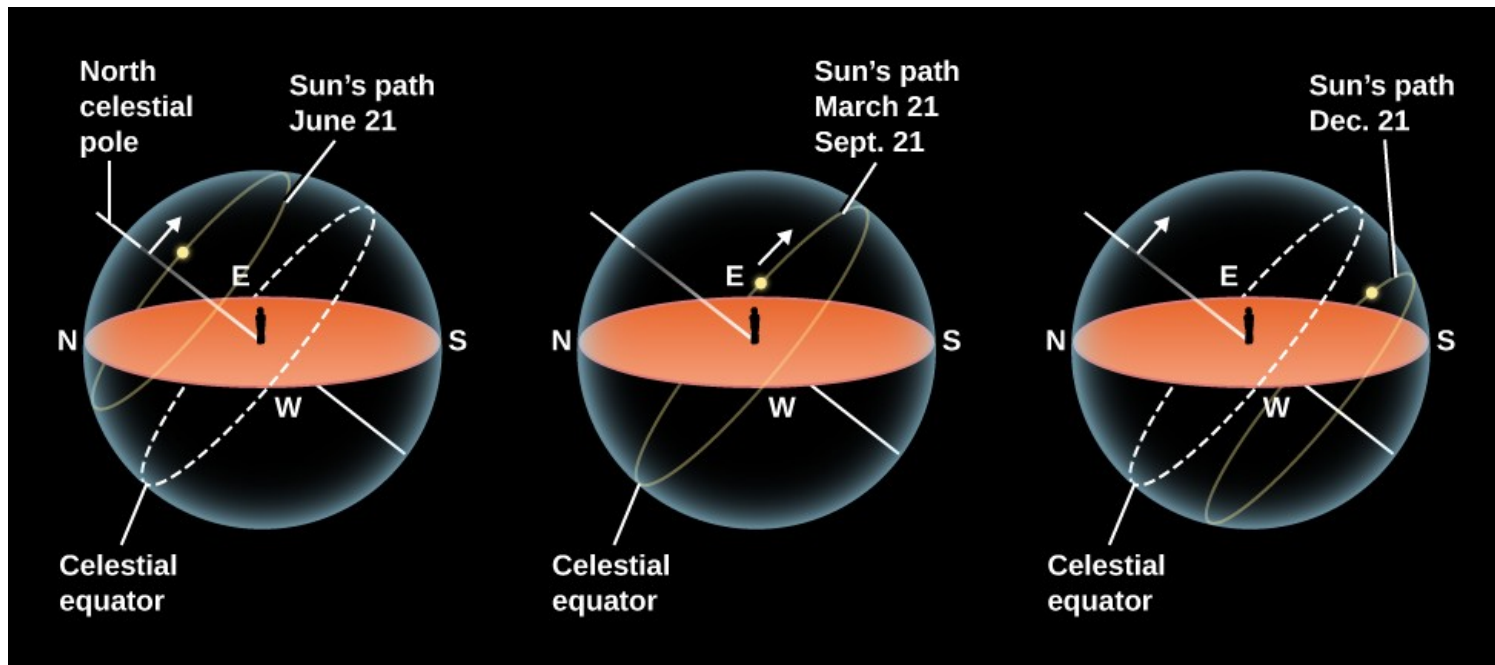
Sunce ne može biti u zenitu u Beogradu!

Sunce na polovima izlazi i zalazi jednom godišnje – To znači da obdanica traje pola godine, a ta pojava naziva se polarni dan – Na suprotnom polu tada je polarna noć, koja takođe traje pola godine (na samom ekvatoru traju po 12h)

Na paralelama 66.5° na severnoj i južnoj polulopti jednom godišnje obdanica traje 24 sata, i takođe jednom godišnje noć traje 24 sata – Te paralele se nazivaju severni i južni polarnik – Od polarnika prema polovima obdanica i noć ne smenjuju se u toku 24 časa već traju po više dana, nedelja ili meseci



Sunčevi zraci dva puta godišnje padaju pod pravim uglom na ekvator – Tada na Zemlji vlada ravnodnevica, kad obdanica i noć podjednako traju. Prolećna ravnodnevica je oko 21. marta na severnoj polulopti, a jesenja na južnoj. Jesenja ravnodnevica je oko 23. septembra na severnoj polulopti, a prolećna na južnoj. Posle ravnodnevice, noći na jednoj polulopti postaju duže od obdanice, a na drugoj postaju kraće



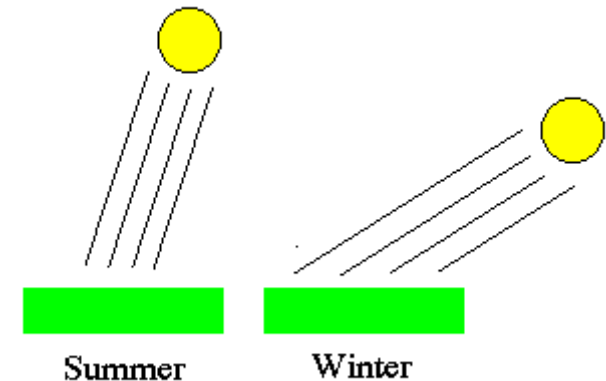
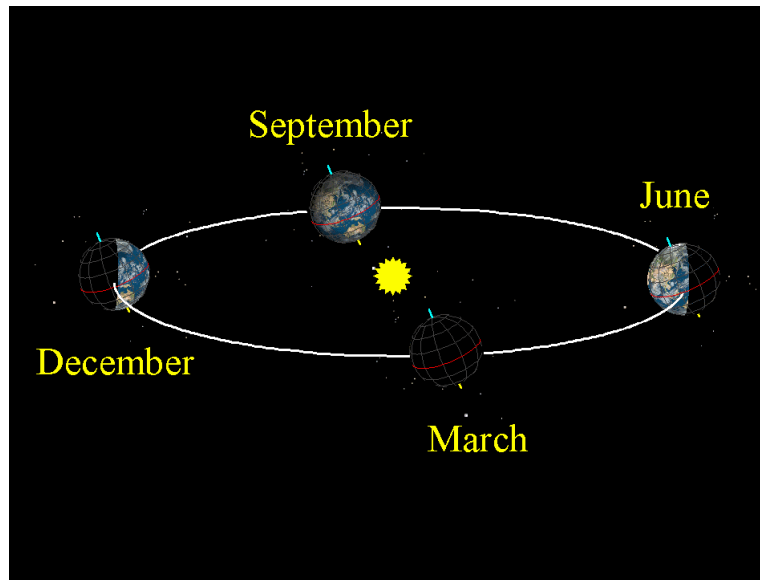
Sunčevi zraci ne padaju na celu Zemljinu površinu pod istim uglom – To ima za posledicu različito zagrevanje Zemljine površine

Tokom godine, Sunčevi zraci pod najvećim uglom padaju oko ekvatora (najveća osunčanost, odnosno zagrevanje), a idući ka polovima njihov ugao postepeno se smanjuje – Zbog toga količina toplote koju Zemlja dobija od Sunca opada sa geografskom širinom – Neravnomerno zagrevanje delova Zemljine površine uslovilo je izdvajanje toplotnih pojaseva

Dok se Zemlja okreće oko Sunca, njena nagnuta osa je uvek usmerena u istom smeru – Dakle, tokom cele godine, različiti delovi Zemlje dobijaju direktne Sunčeve zrake – Ponekad je severni pol više okrenut prema Suncu (oko juna), a ponekad je u toj poziciji južni pol (oko decembra)

Za severnu hemisferu, to je leto u junu jer je taj deo Zemlje izloženiji Suncu, a zima u decembru jer je tada udaljeniji. U južnoj hemisferi situacija je obrnuta

Sunce je zimi bliže horizontu nego zenitu, dok je leti obrnuto, Sunce se prividno izdiže visoko nad horizontom – To znači da je toplije na onim delovima Zemlje koje Sunce više obasjava



Različita osunčanost –
godišnja doba

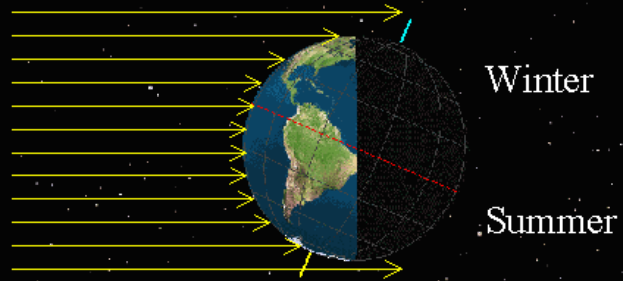
Zbog Zemljine revolucije i nagnutosti njene ose, u toku godine se menja količina toplote koju dobijaju pojedini delovi Zemljine površine – Sa promenom količine toplote dolazi do smene godišnjih doba

Godišnja doba na severnoj polulopti suprotna su dobima na južnoj

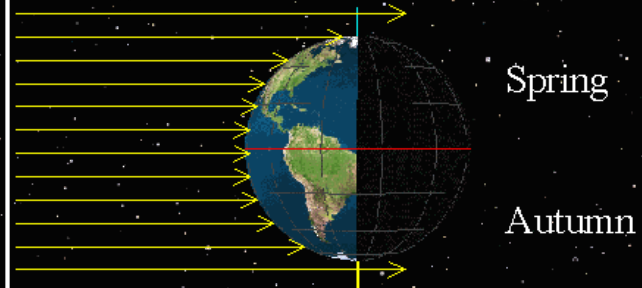
Sunce najviše obasjava severnu poluloptu oko 22. juna. Tada Sunčevi zraci padaju pod pravim uglom na paralelu $23,5^\circ$, koja se naziva severni povratnik. Istog dana na severnoj polulopti počinje leto, a na južnoj zima. Taj dan na severnoj polulopti naziva se letnja dugodnevica, a na južnoj zimska kratkodnevica. Na severnom polu tada počinje polugodišnji polarni dan.

Sunčevi zraci oko 22. decembra padaju pod pravim uglom na južni povratnik ($23,5^\circ$). Tada počinje leto na južnoj polulopti, a zima na severnoj. Obdanica na južnoj polulopti najduža je tog dana, koji predstavlja letnju dugodnevicu. Na severnoj polulopti vlada najduža noć u godini, što znači da je tamo zimska kratkodnevica. Na samom severnom polu počinje polugodišnja polarna noć.

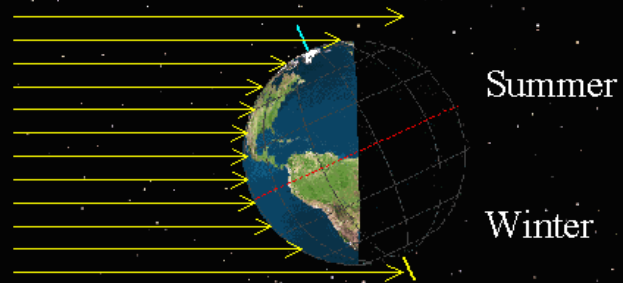
Dec 21: Winter Solstice



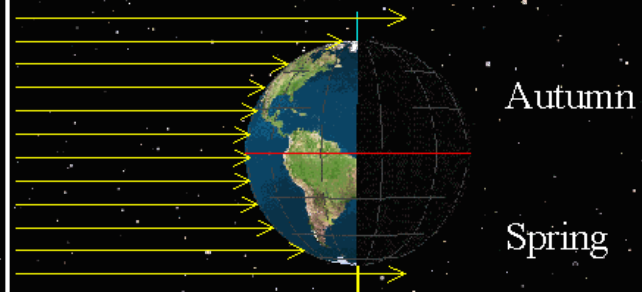
Mar 22: Vernal Equinox



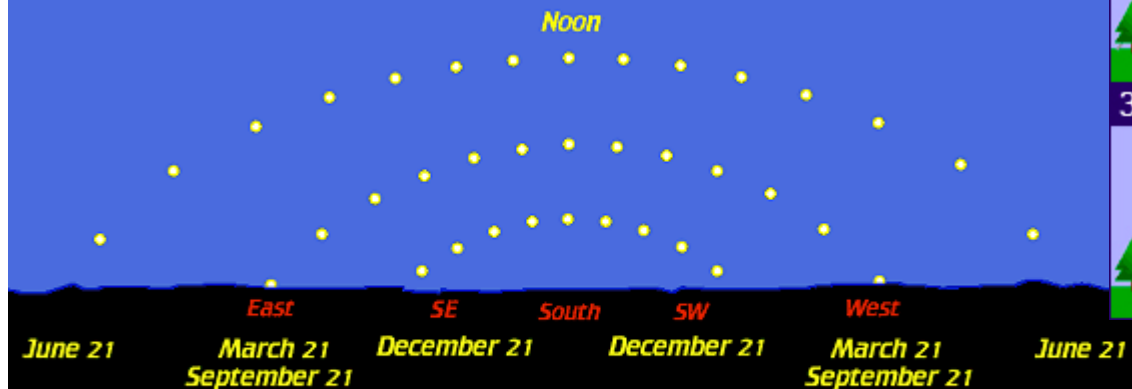
June 21: Summer Solstice



Sept 23: Autumnal Equinox



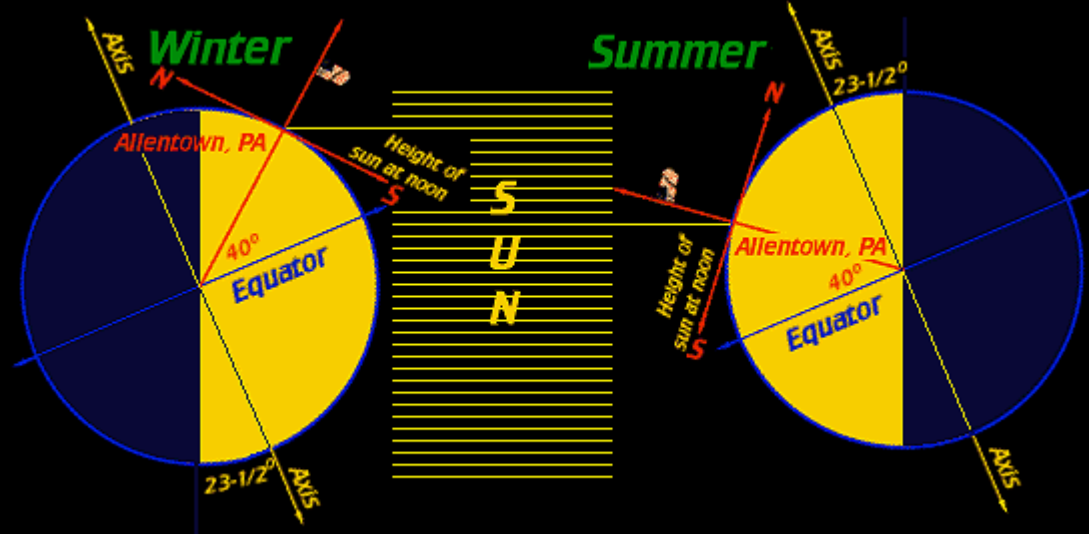
The Sun's Changing Position



Лето

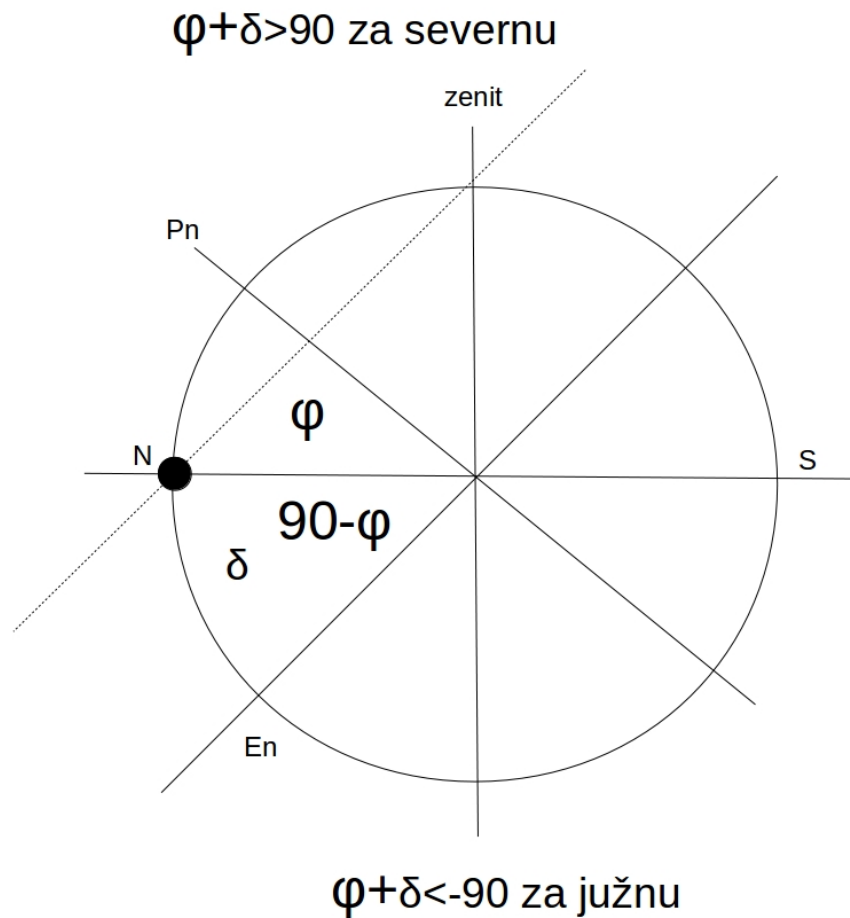


Зима



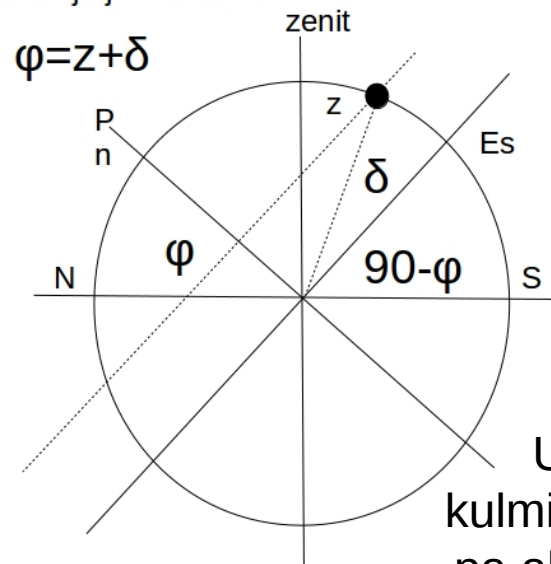
Gary A. Becker

Izgled neba kao i prolazak objekta kroz lokalni meridijan zavise od mesta posmatranja koje je određeno geografskom širinom!!!



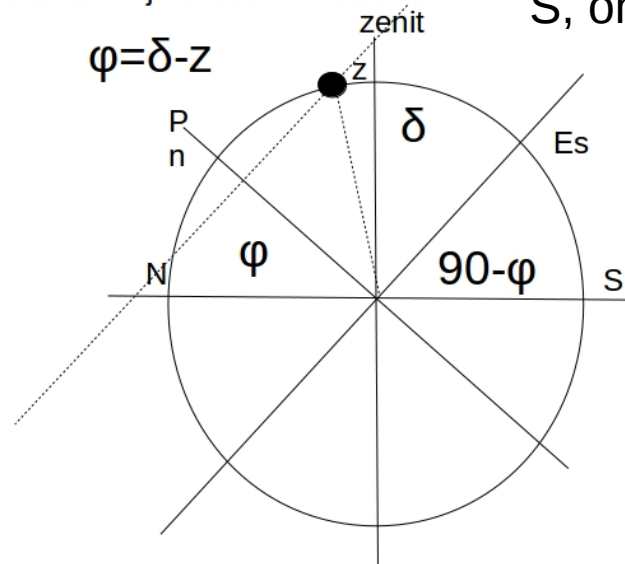
Ako poznajemo rektascenziju i deklinaciju zvezde, kao i lokalno zvezdano vreme, s, odnosno zvezdano vreme za Grinički meridijan prolaska kroz lokalni meridijan mesta i visinu nebeskog tela u tom trenutku => **geografske koordinate mesta posmatranja**

Gornja kulminacija južno od zenita



U trenutku kulminacije je $\alpha = s$, pa ako je poznato S, onda je $\lambda = S - \alpha$

Gornja kulminacija severno od zenita



SISTEMI VREMENA U ASTRONOMIJI

Merenje vremena – zadatak još od antičkog doba – srce kao prirodni oscilator!!!

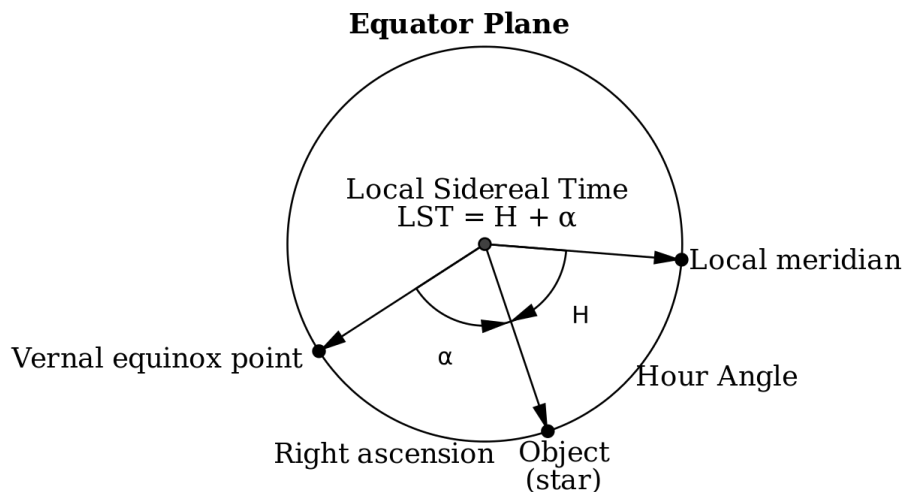
Prividno kretanje nebeske sfere kao i objekata na njoj ima periodičan karakter – Rotacija Zemlje – još jedan prirodni oscilator – 360 stepeni = 24 časa

Potreba za stabilnim i postojanim oscilatorom!!!

Zvezdano vreme, s , časovni ugao gama tačke, $s = \alpha + t$

Zvezdani dan – period koji prođe između dve uzastopne gornje kulminacije gama tačke u lokalnom meridijanu

Griničko zvezdano vreme – za Grinički meridijan, razlika od s do na geografsku dužinu mesta



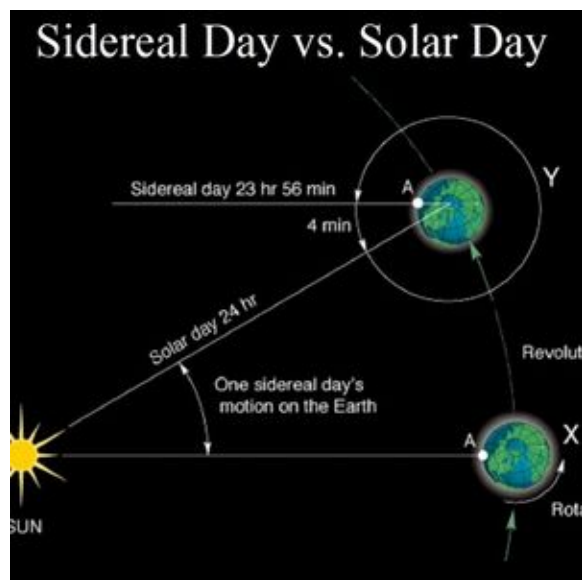
Zvezdano vs. Sunčevo vreme

Gornja kulminacija gama tačke (početak zvezdanog dana) ne događa se uvek u istom trenutku prema gornjoj kulminaciji Sunca – smena susednih dana se događa nevezano od položaja Sunca, te se smena dana može desiti u raličitim položajima Sunca na nebu – Problem: prirodne pojave i događaji iz svakodnevnog života koji se ponavljaju svaki dan u istim trenucima prema Suncu, događaju se svaki dan u različitim trenucima zvezdanog vremena



Zemlja napravi jednu rotaciju oko svoje ose tokom zvezdanog dana – tokom tog vremena ona prebriše put od oko 1 stepena oko Sunca – To rezultuje time što nakon jednog sideričkog dana Zemlja mora još malo da zarotira kako bi se Sunce našlo u gornjoj kulminaciji – Srednji sunčev dan je tako 4 minuta duži od sideričkog

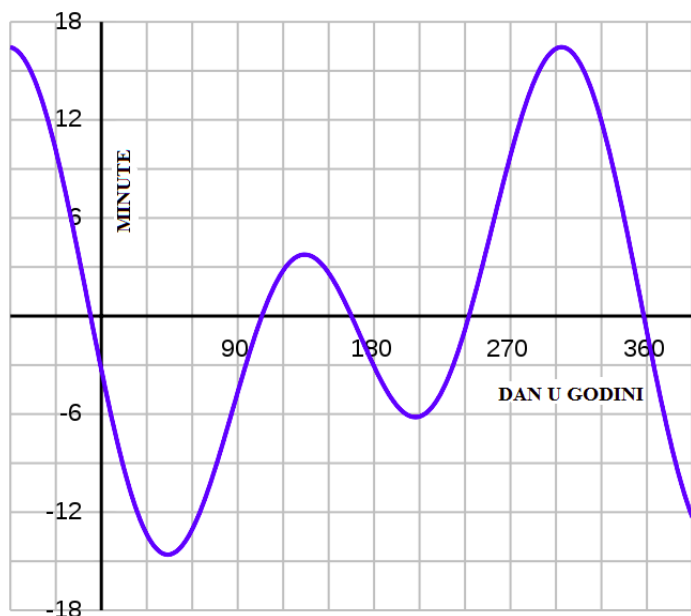
Zemljin zvezdani (siderički) dan, definisan kao vreme između dva prolaska gama tačke kroz nebeski meridijan, iznosi 23 sati 56 minuta i 4 sekunde



Pravi sunčev dan – period između dve uzastopne gornje kulminacije sredine sunčevog diska u lokalnom meridijanu – pravo sunčevo vreme: časovni ugao pravog Sunca

Ipak, dužina pravog dana se menja tokom godine – Želimo da ostanemo vezani za Sunce

Srednji Sunčev dan – period između dve uzastopne gornje kulminacije u lokalnom meridijanu fiktivne tačke koja bi predstavljala Sunce kada bi se ravnomerno kretalo po nebeskoj sferi tokom godinu dana i kada bi se kretalo duž nebeskog ekvatora (časovni ugao se meri u ravni nebeskog ekvatora) – Srednje sunčevo vreme: časovni ugao srednjeg Sunca



Razlika između srednjeg i pravog sunčevog dana je tzv. vremensko izjednačenje

Analema je kriva na nebeskoj sferi koju za godini dana opisuje položaj Sunca zabeležen svakoga dana u isto srednje sunčevo vreme s istoga mesta

Copyright Adrianos Golemis
ESA/IPEV/PNRA, DC10 - 2015





Siderička godina je period jednog obilaska Zemlje oko Sunca, meren u odnosu na položaj zvezda i traje 365.256 srednjih sunčevih dana

Period rotacije Zemlje oko Sunca (revolucije) u odnosu na dva uzastopna prolaska Sunca kroz gama tačku, iznosi 365.2422 srednjih Sunčevih dana – to je tropska godina

Građansko vreme je srednje Sunčevo vreme pomerenom za 12h, tako da se početak dana, odnosno smena susednih dana, dešava kada Sunce prolazi kroz lokalni meridijan u donjoj kulminaciji, da bude u toku noći

Svetsko vreme (UT), predstavlja građansko vreme (srednje sunčevo vreme) griničkog meridijana

360 stepeni geografske dužine je podeljeno u 24 časovne zone – istočno od Griniča se dodaje po jedan sat kako bi se dobilo lokalno vreme; zapadno se oduzima – Sunce se pomera po nebu oko jedan stepen dnevno

Mesno (za svaku geografsku dužinu), zonsko (za svaku zonu) i ukazno vreme (NIJE ASTRONOMSKI FAKTOR VEĆ LJUDSKI, EKONOMSKI – *letnje računanje vremena*)

I svetsko i zvezdano vreme zavise od Zemljine rotacije – nisu postojane vremenske skale

UT0 (direktno iz posmatranja), UT1 popravka UT0 pošto ovo vreme zavisi od Sunčevog vremena koje zavisi od Zemljine rotacije koja nije ravnomerna

Atomsko vreme

Merenje i označavanje dužih vremenskih intervala – kalendari

Ciklusi prividnog kretanja Sunca i Meseca

Sinodički mesec (obilazak oko Zemlje u odnosu na Sunce, faze Meseca, 29.531 sr. s. dana), Tropska godina (365.2422 sr. s. dana)

365 ili 366 a imamo 365.2422 !

Integer vs. float

Potrebno je naći algoritam da odstupanja budu što manja!

Kalendarska vs. tropska godina

Mesečev ili Lunarni kalendar je kalendar koji je zasnovan na ciklusima Mesečevih mena (faza) – da se isti Mesečev izgled vraća u iste datume – Jedini čisto Lunarni kalendar u masovnoj upotrebi je islamski kalendar – ipak, u toku dužih vremenskih intervala počinju prirodne pojave vezane za godišnja doba da se sve više pomeraju po datumima

Lunisolarni kalendar je vrsta kalendara koja uzima u obzir i mesečeve mene i godišnja doba (da se vraćaju u iste datume) – Danas su lunisolarni kalendari: budistički, hebrejski, hinduistički, tibetanski, kineski i korejski. Nekada su to bili: japanski (do 1873.), predislamski, republikanski rimski kalendar (formalno do 45. pne.), galski kalendar iz Kolinjija iz 1. veka i vavilonski kalendar iz 2. milenijuma pne

Solarni kalendar – ne vodi računa o Mesečevim menama, već se teži samo da se podesi da se pojave vezane za Sunce (godišnja doba), vraćaju uvek u iste datume

Neki poznati kalendar:

Julijanski kalendar (novi rimski kalendar) – 46. godina pre nove ere, aleksandrijski astronom Sosigen, po naredbi Gaja Julija Cezara, **po kome se zove Julijanski** (na osnovu Egipatskog kalendara) – godina ima 365 dana, a svaka 4. je prestupna sa 366 dana

Na vremenski interval od 4 godine srednja dužina kalendarske godine je 365.25, što je blisko tropskoj, ali se tokom vekova ta greška akumulira – do 16. veka se povećala na 11 dana – problem odstupanja od realnosti!!! - danas je greška Julijanskog kalendara 13 dana

Papa Grgur XIII – 1582. godine reformiše kalendar prema modelu matematičara Lilijskog – tzv. Gregorijanski kalendar

4.10.1582. → 15.10.1582. i tako vraća ravnodnevicu na 21.3.

Za prestupne godine se po Gregorijanskom kalendaru uzimaju one godine koje su deljive sa 4 bez ostatka, ali ne i one koje su deljive sa 100. Takođe, godine deljive sa 400 se ubrajaju u prestupne. Zato su 1600, 2000 prestupne, a 1700, 1800, 1900, 2100 nisu

Trajanje kalendarske godine tako iznosi 365.2425 dana i za 400 godina proizvodi odstupanje od tropske u iznosu od 0.0003 dana, jedan dan za 3300 godina

Milankovićev (Milanković-Trpkovićev, novojulijanski, Militonov) kalendar – 1923. godine na saboru pravoslavnih crkava u Istambulu prihvaćen predlog Milankovića – grčka, rumunska, bugarska, kiparska crkva i dr.

365 dana i prestupna 366, prestupne godine su one koje su deljive sa 4 bez ostatka, kao i godine završetka vekova (sa krajnje dve nule) ali samo ako je njihov broj vekova podeljen sa 9 daje ostatak 2 ili 6 – greška u ovom kalendaru je 1 dan u 28000 godina!!! Poklapa se sa Gregorijanskim do 2800 godine

Juljanski dan – da bi se poredili različiti događaji u astronomiji uvode se julijanski dani kao neprekidan niz dana počev od 1. 1. 4713. godine pre nove ere – NEZAVISNO OD DRUGIH KALENDARA

Skaligari (1540-1609) je nazvao julijanska, verovatno ne po julijanskom kalendaru već po svom ocu Juliju Cezaru od Skale