

# Odabrana Poglavlja Astronomije

## Lekcija 3: Koordinatni Sistemi i Vreme

Dragana Ilić (MATF)

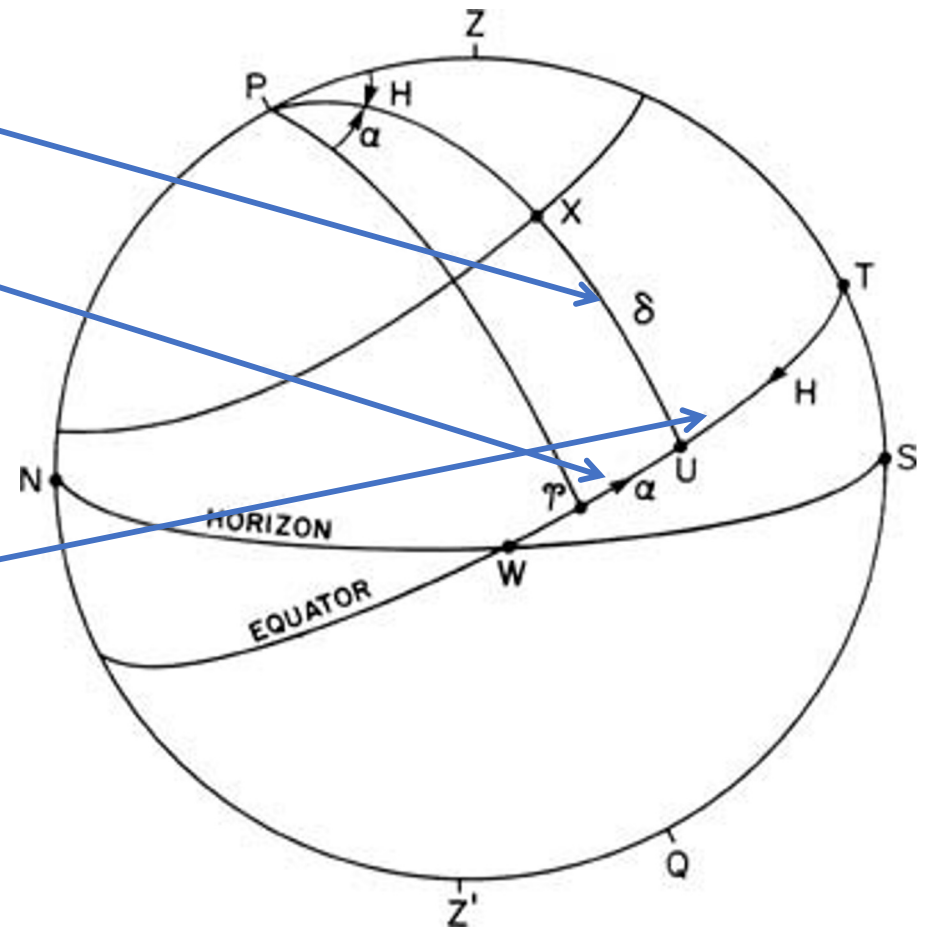
19/ 10/ 2023

# Prošla lekcija

- Uveli smo koordinatne sisteme sa različitim referentnim ravnima i referentnim pravcima
- Horizontski, Mesni ekvatorski, Nebeski ekvatorski**, ekliptički, galaktički
- Koordinatni sistemi su nam važni da ustanovimo neki (koliko-toliko) fiksni referentni sistem koji važi za sve i gde se zvezde jako malo pomeraju
- Drugi razlog je što položaj zvezde u nekim referentnim sistemima zavisi od vremena pa na taj način omogućava merenja vremena.

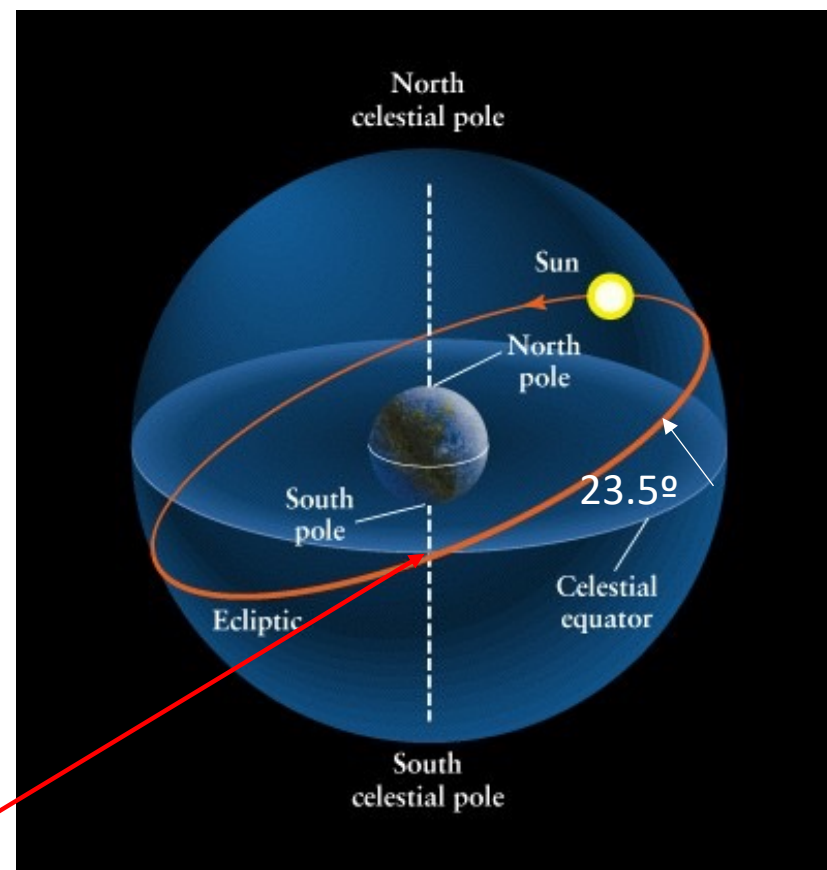
# Podsetnik

- Koordinate u ekvatorskim koordinatnim sistemima:
- Deklinacija (delta) – visina iznad nebeskog ekvatora
- Rektascenzija (alfa) – merena direktno od gama tačke.
- Ove dve koordinate su praktično fiksne za sve zvezde
- Časovni ugao H (mi ćemo ga zvati t), ugao od gornje kulminacije zvezde.



# Ekliptika na nebeskoj sferi

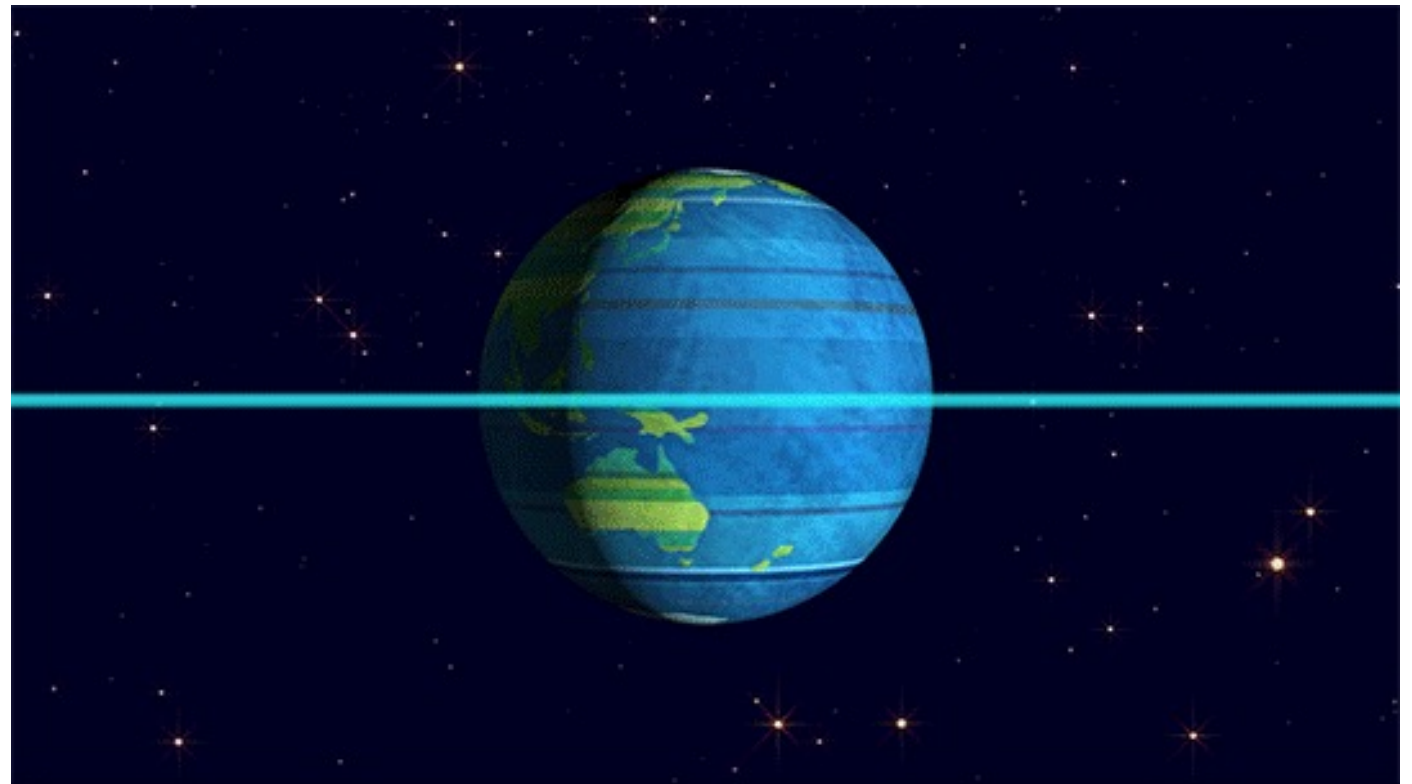
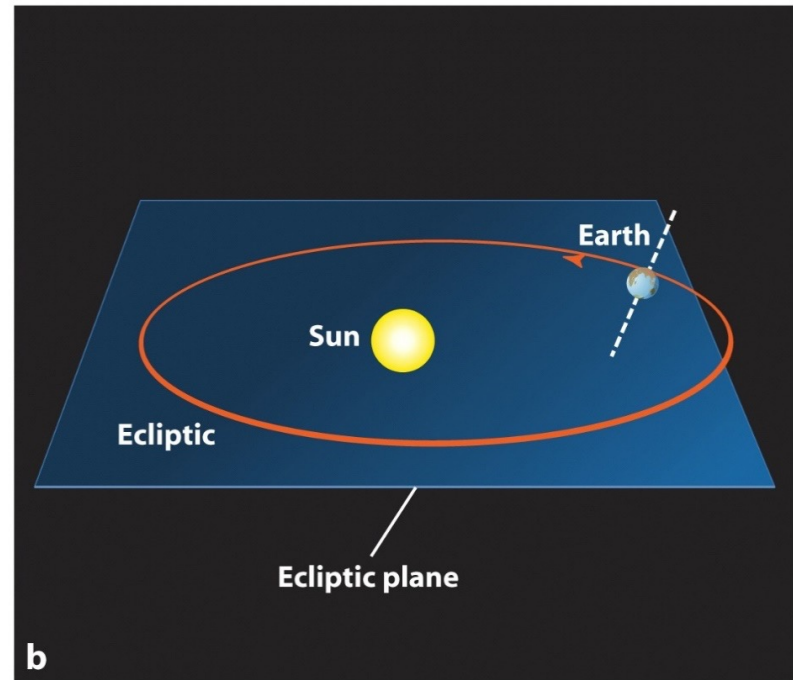
- Zemlja se kreće po ekliptici oko Sunca ali gledano sa Zemlje Sunce se kreće po ekliptici oko Zemlje
- Ekliptika i nebeski ekvator nisu isti krugovi već su pod uglom
- Ravan nebeskog ekvatora je pod uglom od  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  u odnosu na ravan ekliptike



**Gama tačka** (od koje merimo rektascenziju u ekvatorskom koord. sistemu) – presek nebeskog ekvatora i ekliptike

# Nagib ose

- Zemljina osa obrtanja je nagnuta u odnosu na ravan ekliptike za  $23\frac{1}{2}^{\circ}$

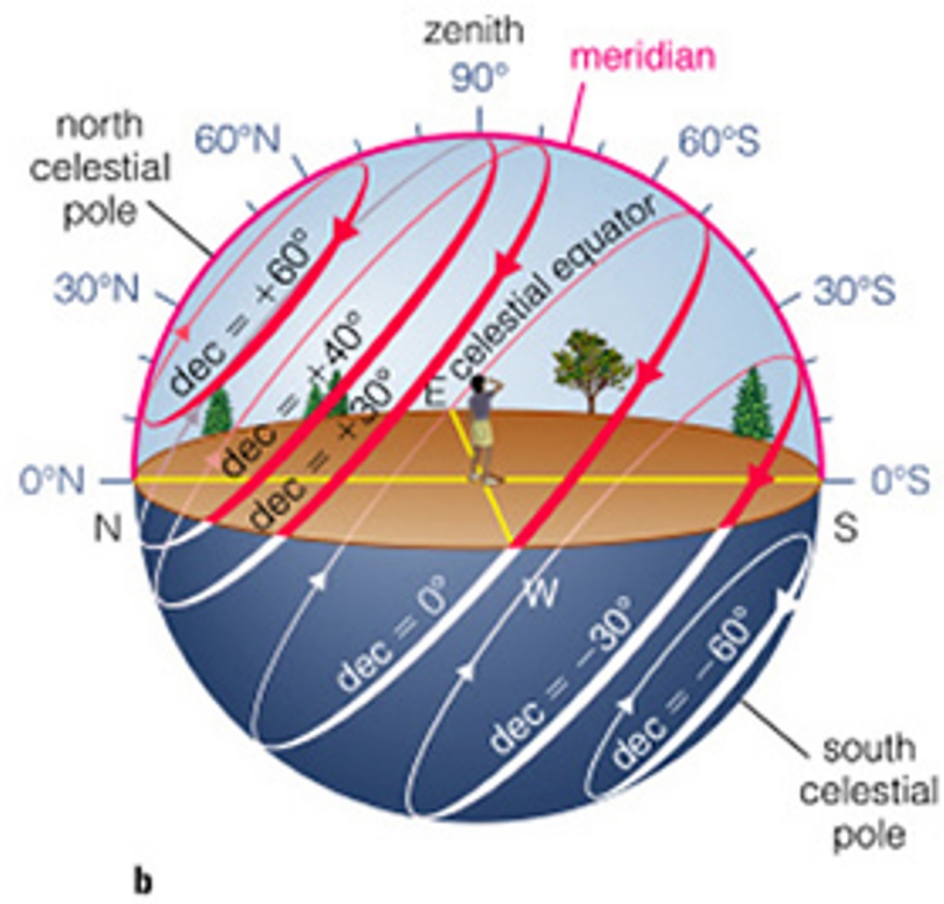
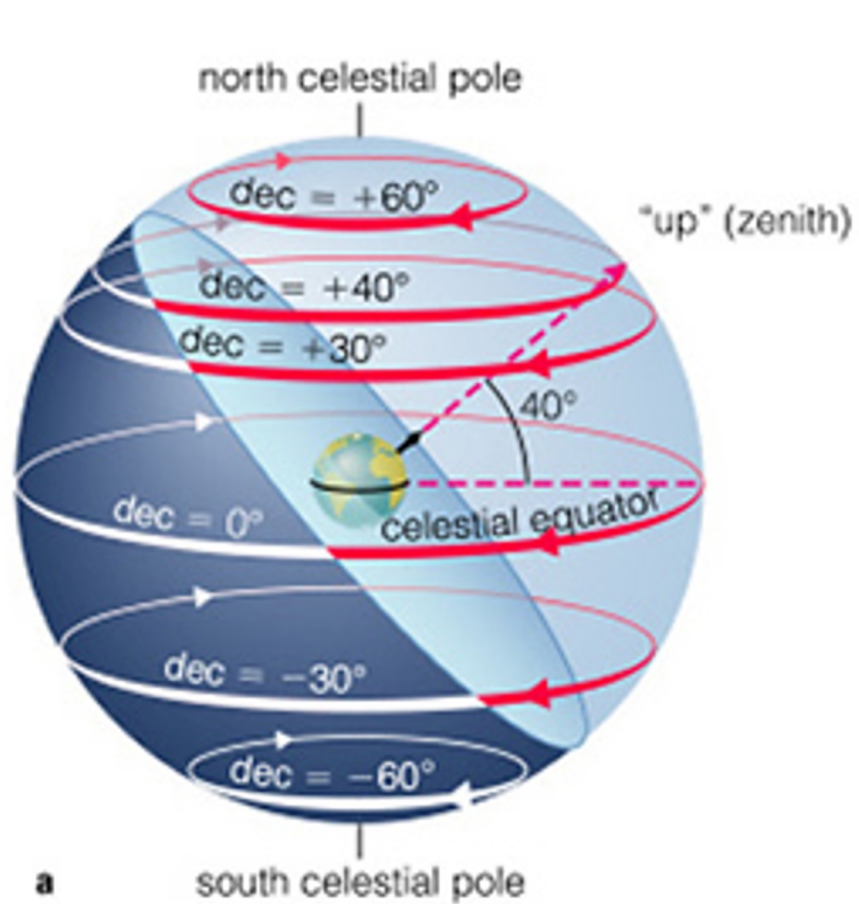


# Pitanje #1:

- U trenutku prolećne (a i jesenje) ravnodnevnice, deklinacija Sunca je jednaka **nula**. Mi smo u Beogradu, na 44.8 stepeni severne geografske širine.
- Kolika je najveća visina (gornja kulminacija) koju Sunce dostiže tokom dana?
- A najniža (donja kulminacija)?
- Probajte da ocenite kada Sunce izlazi i zalazi, pod pretpostavkom da je gornja kulminacija Sunca tačno u podne.

# Dnevno kretanje zvezda

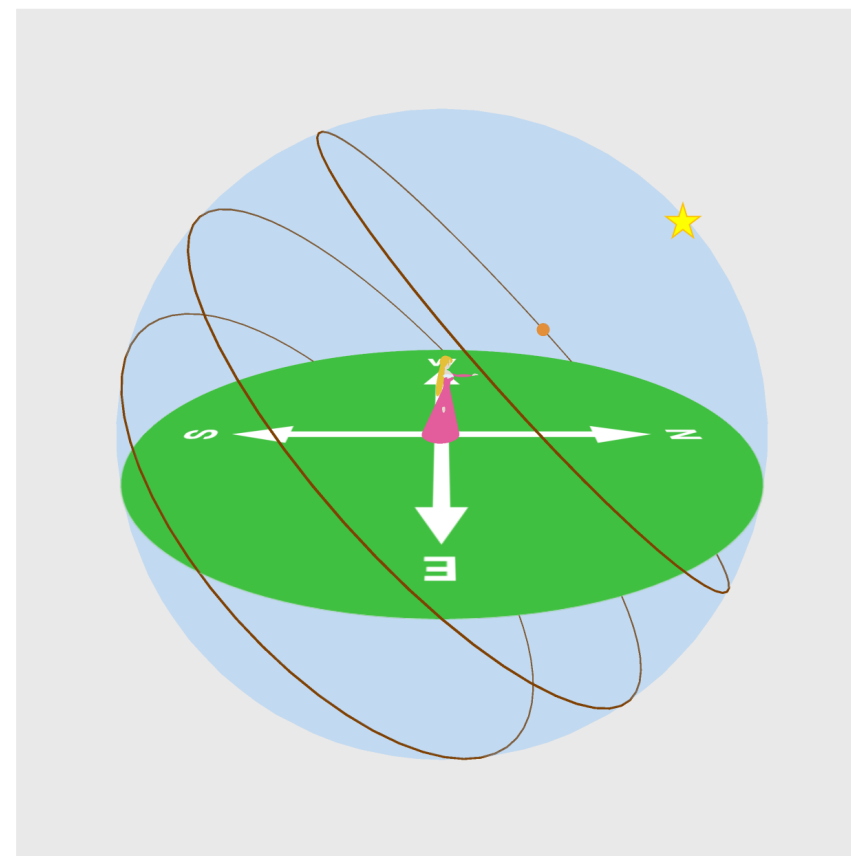






# Dnevno kretanje zvezda (i Sunca)

• [https://javalab.org/en/diurnal\\_motion\\_of\\_sun\\_en/](https://javalab.org/en/diurnal_motion_of_sun_en/)



Dec.

March, Sep.

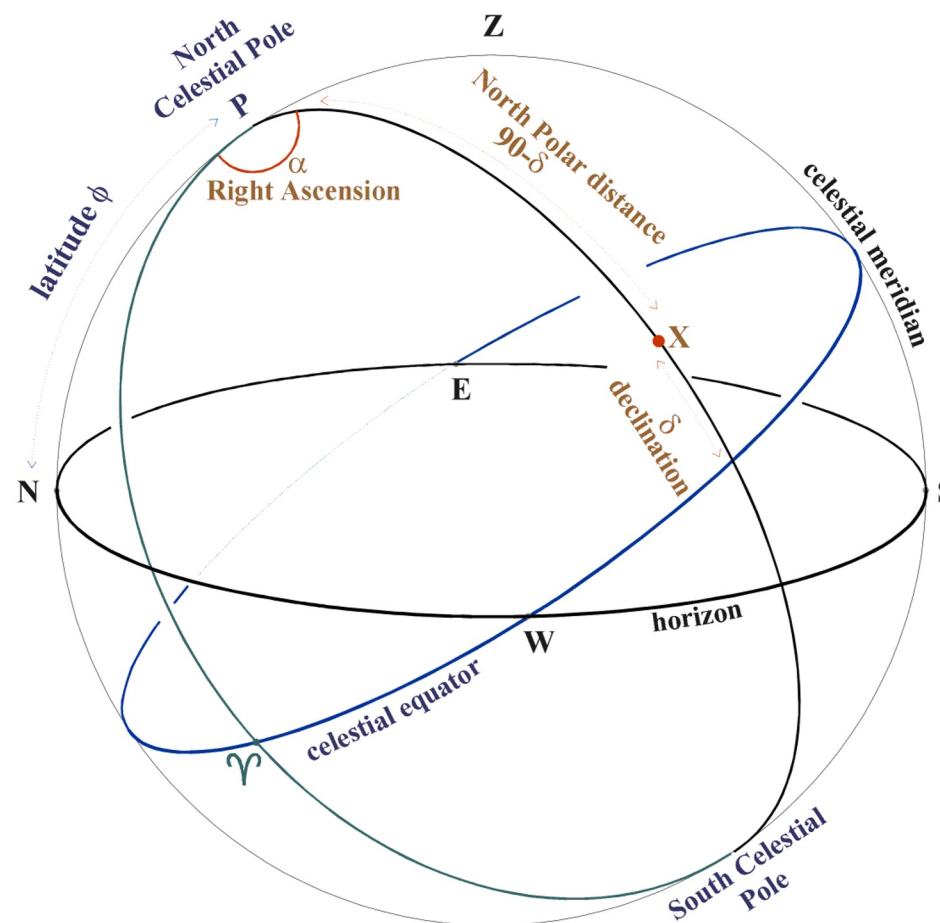
June

Polaris

Latitude 44°N



# Dnevno kretanje zvezda:

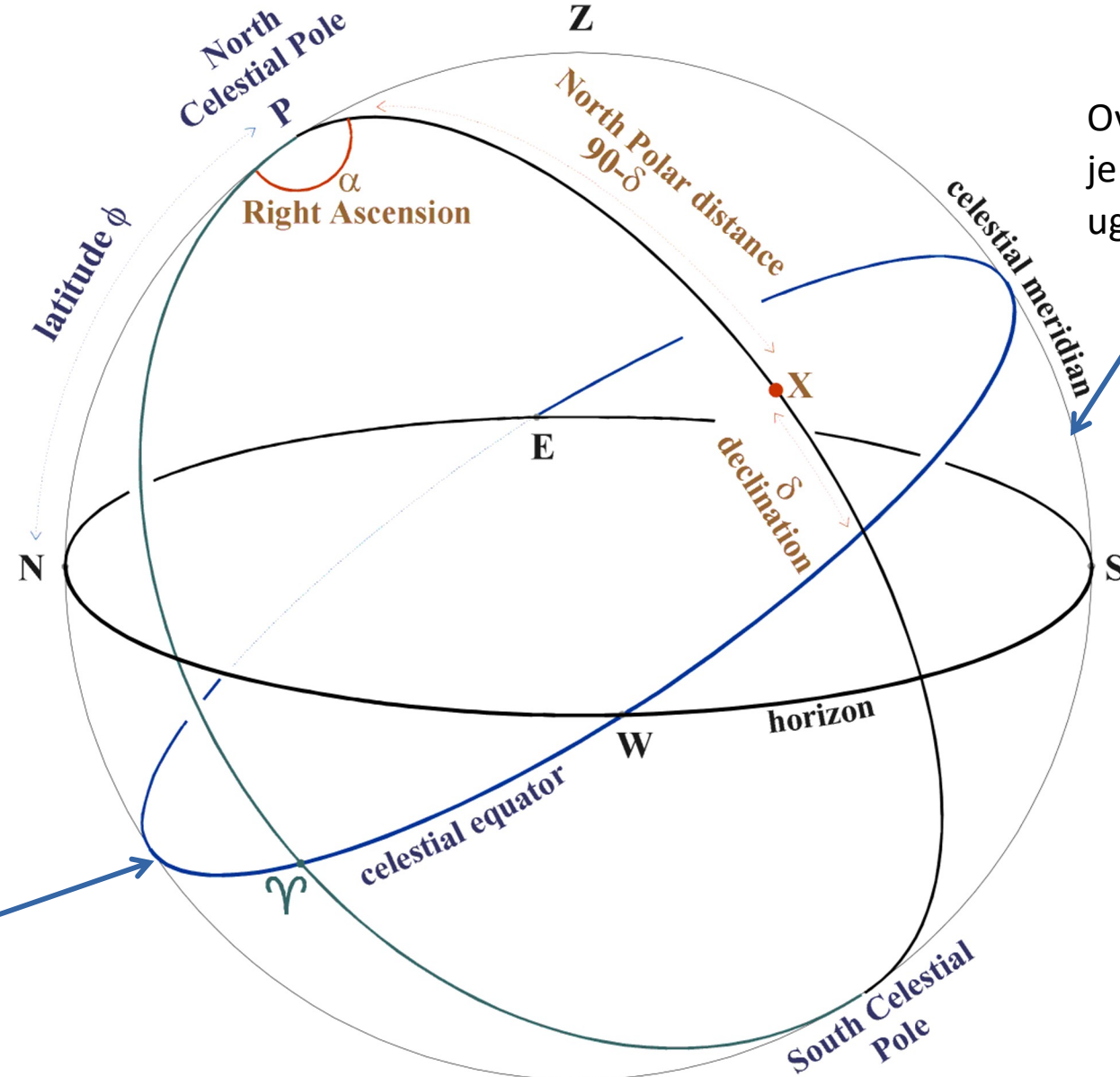


Obratite paznju da na ovoj slici gledamo sferu "sa druge strane" u odnosu na prethodnu web stranicu!

Ako je deklinacija Sunca nula, po kom krugu se Sunce kreće?

# Dnevno kretanje zvezda:

Ugao PZ je jednak  
90- geografska širina



Ovaj ugao  
je jednak  
uglu PZ

Ako je deklinacija Sunca  
nula, po kom krugu se  
Sunce kreće?

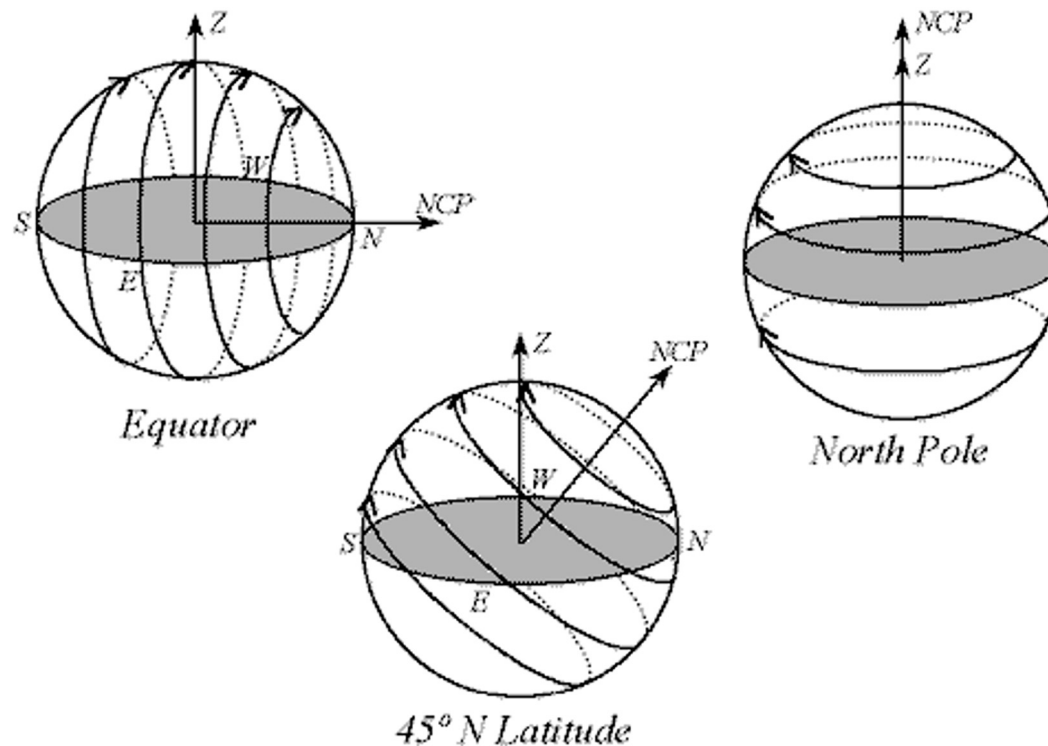
Po ovom plavom krugu!

# Odgovori na Pitanje #1:

- Ako je deklinacija Sunca (ili neke zvezde ili bilo koje tačke na nebeskoj sferi) **nula**, njegova **gornja kulminacija je  $90-\phi$** , gde je  $\phi$  geografska širina posmatrača.
- Kako se onda kreće Sunce za posmatrača na Zemljinom severnom polu? A za posmatrača na ekvatoru?

# Odgovori na Pitanje #1:

- Ako je deklinacija Sunca (ili neke zvezde ili bilo koje tačke na nebeskoj sferi) **nula** , njegova gornja kulminacija je  $90-\phi$ , gde je  $\phi$  geografska širina posmatrača.
- Kako se onda kreće Sunce za posmatrača na Zemljinom severnom polu? A za posmatrača na ekvatoru?



## Pitanje #2:

- U trenutku letnji solsticij, deklinacija Sunca je jednaka **23.5 stepena**. Mi smo u Beogradu, na 44.8 stepeni severne geografske širine.
- Kolika je najveća visina (gornja kulminacija) koju Sunce dostiže tokom dana?
- A najniža (donja kulminacija)?
- Probajte da ocenite kada Sunce izlazi i zalazi, pod pretpostavkom da je gornja kulminacija Sunca tačno u podne.
- Isti zadatak kao ranije, samo je Sunce na većoj deklinaciji

# Ovo je bilo rešenje prethodnog pitanja

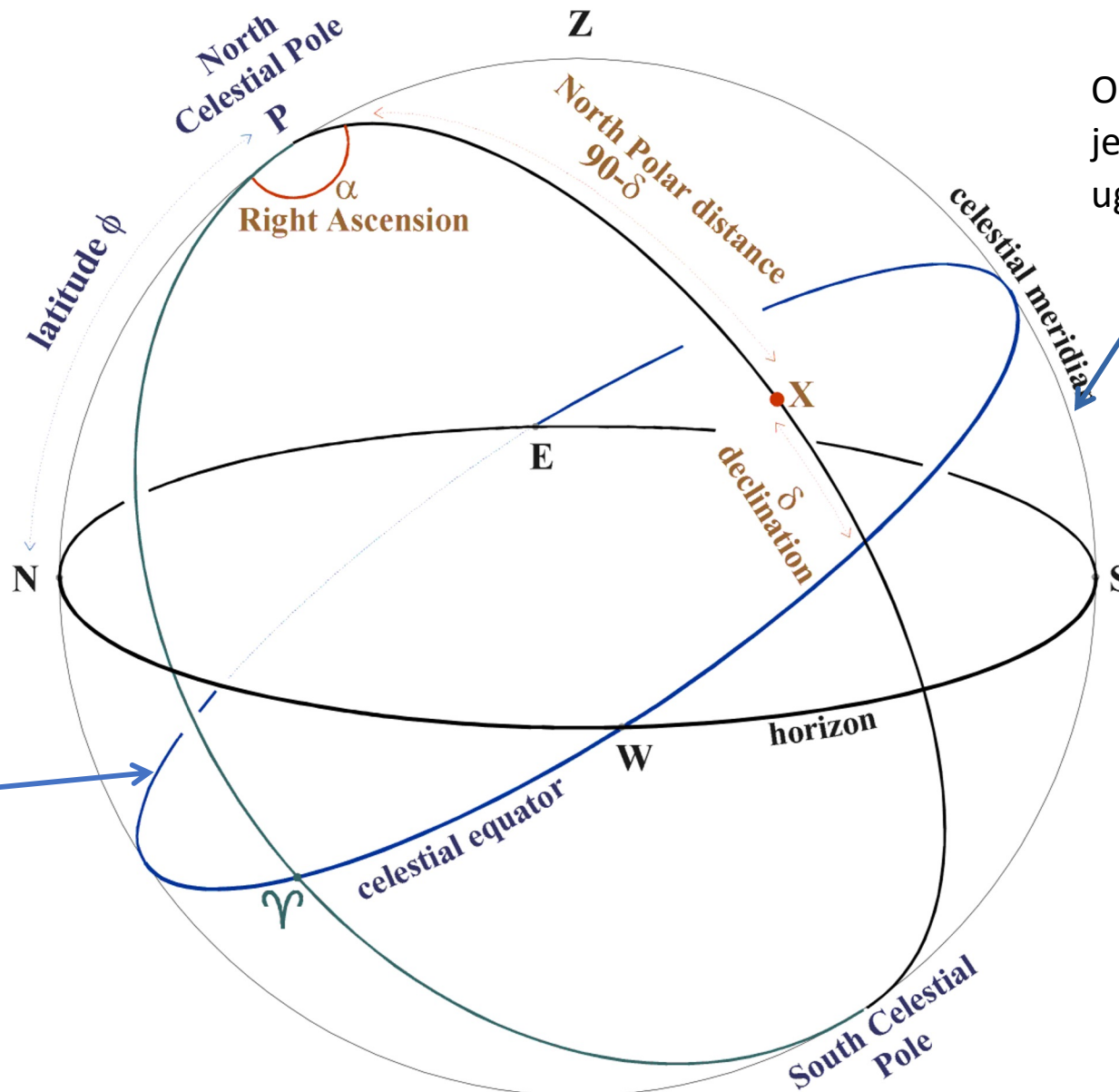
Ugao PZ je jednak  
90- geografska širina

Po kakvom  
krugu se Sunce  
sada kreće?

Ovaj ugao  
je jednak  
uglu PZ

Ako je deklinacija Sunca  
nula, po kom krugu se Sunce  
kreće?

Po ovom plavom krugu!



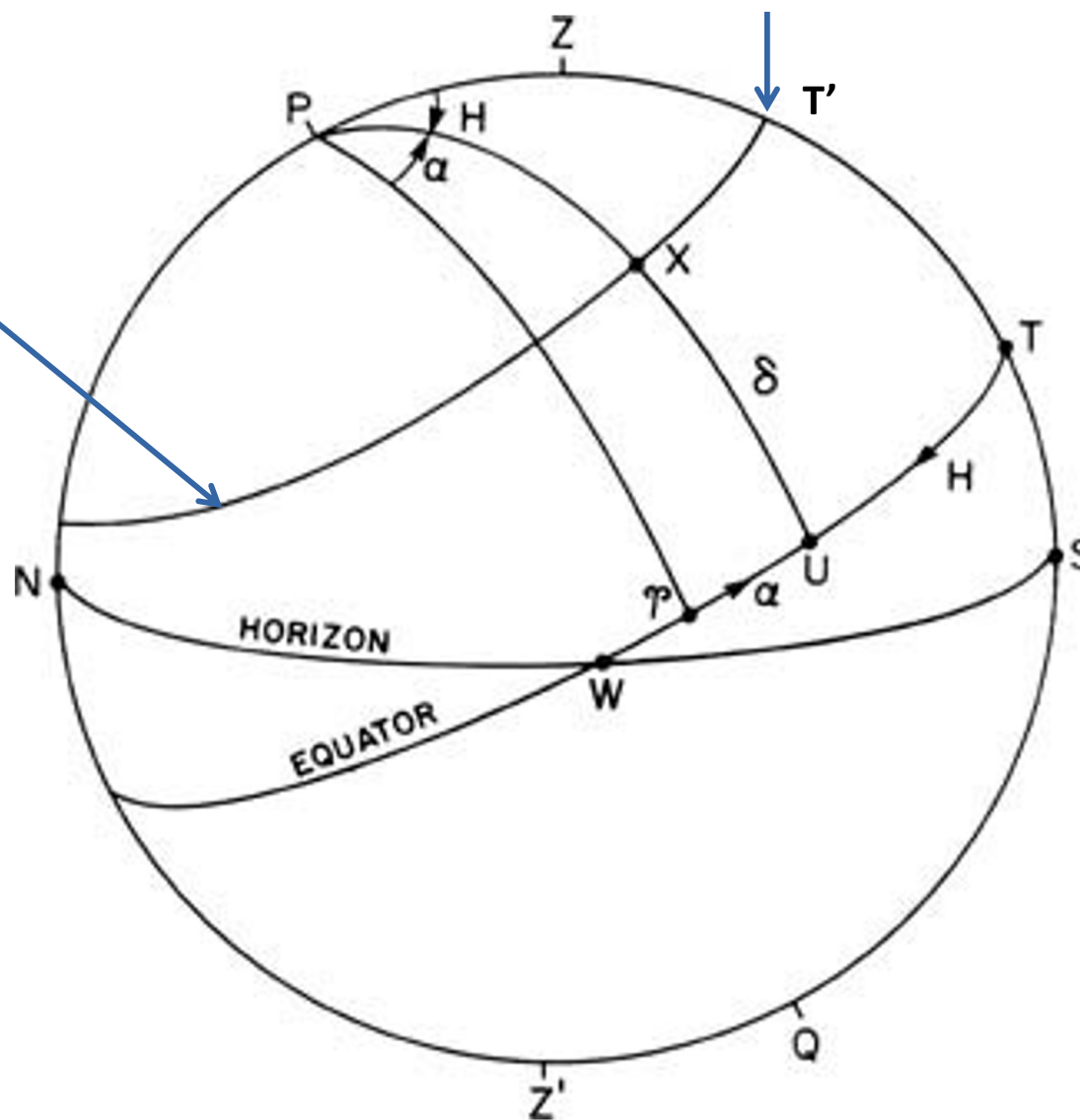
# Ovo je bilo rešenje prethodnog pitanja

Ova tačka T' je gornja kulminacija Sunca (ili bilo koje zvezde)

Po kakvom krugu se Sunce sada kreće? Po ovom MALOM krugu

•Ugao ZT' je onda:  $ZT - \delta$  (deklinacija), što je:  $\phi - \delta$

•Gde onda Sunce može da bude u zenitu?





# Odgovor na pitanje #2:

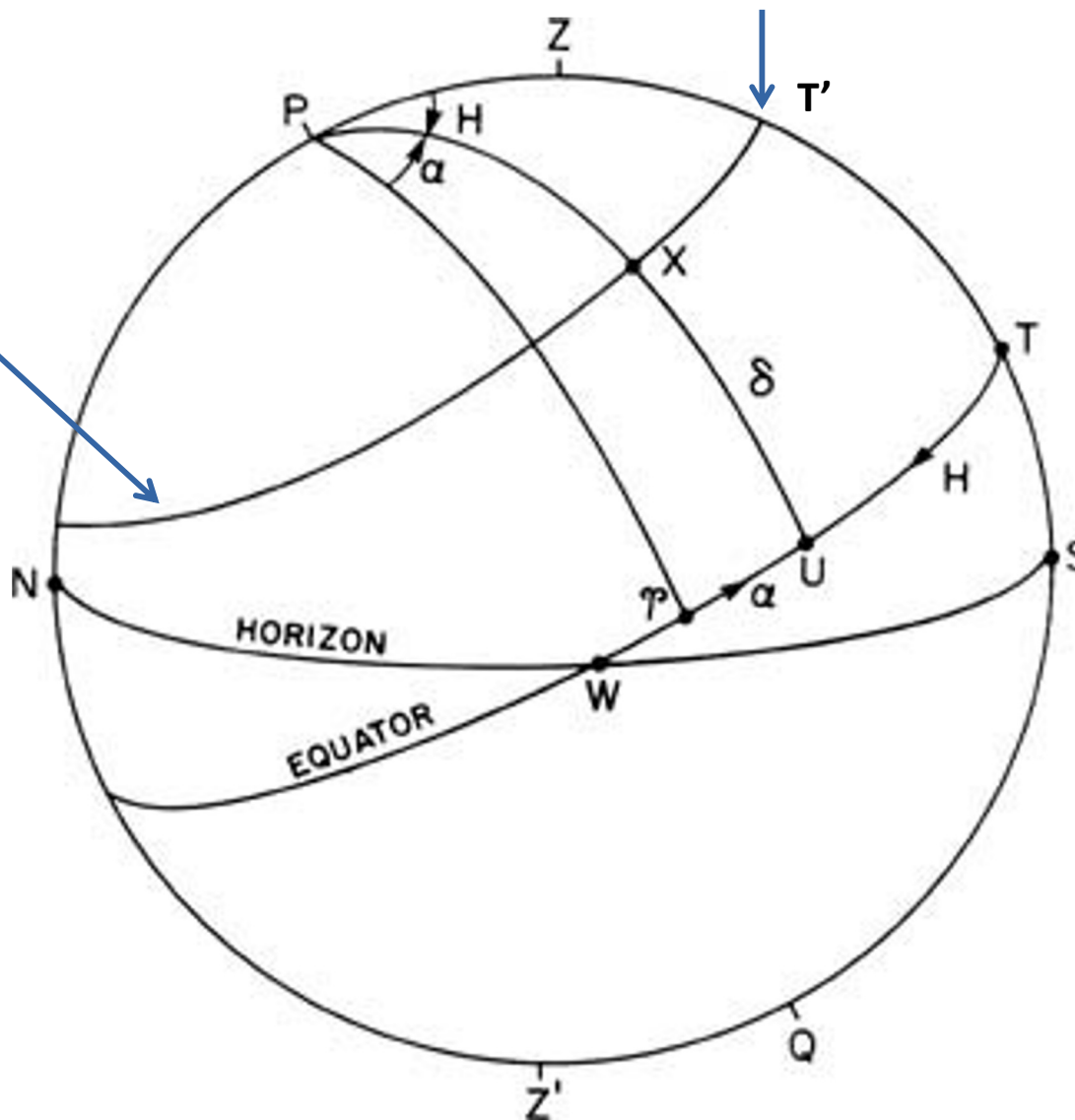
Ova tačka T' je gornja kulminacija Sunca (ili bilo koje zvezde)

Po kakvom krugu se Sunce sada kreće? Po ovom MALOM krugu

•Ugao  $ZT'$  je onda:  $ZT - \delta$  (deklinacija), što je:  $\phi - \delta$

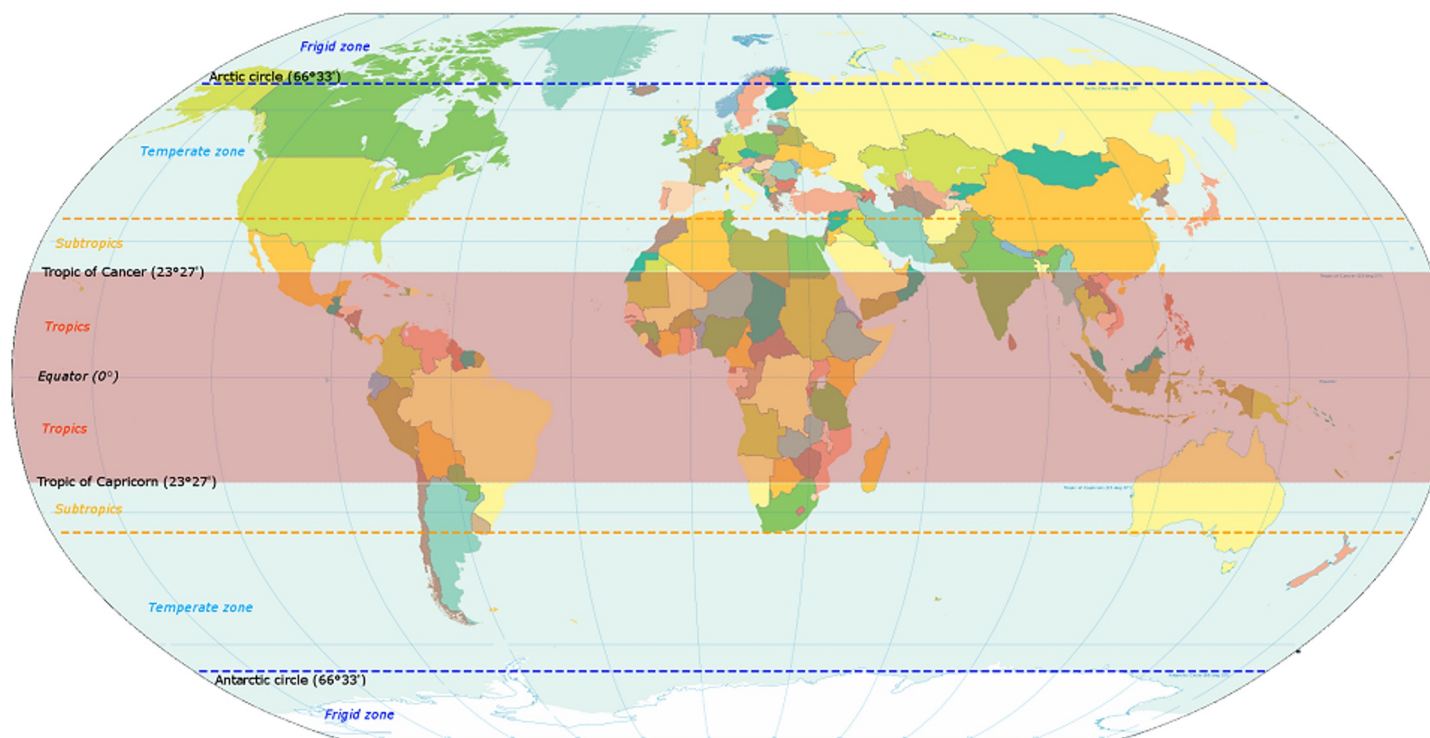
•Gde onda Sunce može da bude u zenitu?

•Tamo gde je  $ZT' = 0$ , odnosno na  $\phi = \delta$ .



# Maksimalna horizontska visina Sunca

- Zavisi od trenutne deklinacije Sunca i od geografske širine mesta. Sunčeva deklinacija varira od -23.5 do 23.5 stepena.
- Oko ekvatora Sunce može da bude jako visoko na horizontu, tako i definišemo tropske predele (tamo gde Sunce bar nekad prolazi kroz zenit).



# Odgovor na pitanje #2:

Ova tačka T' je gornja kulminacija Sunca (ili bilo koje zvezde)

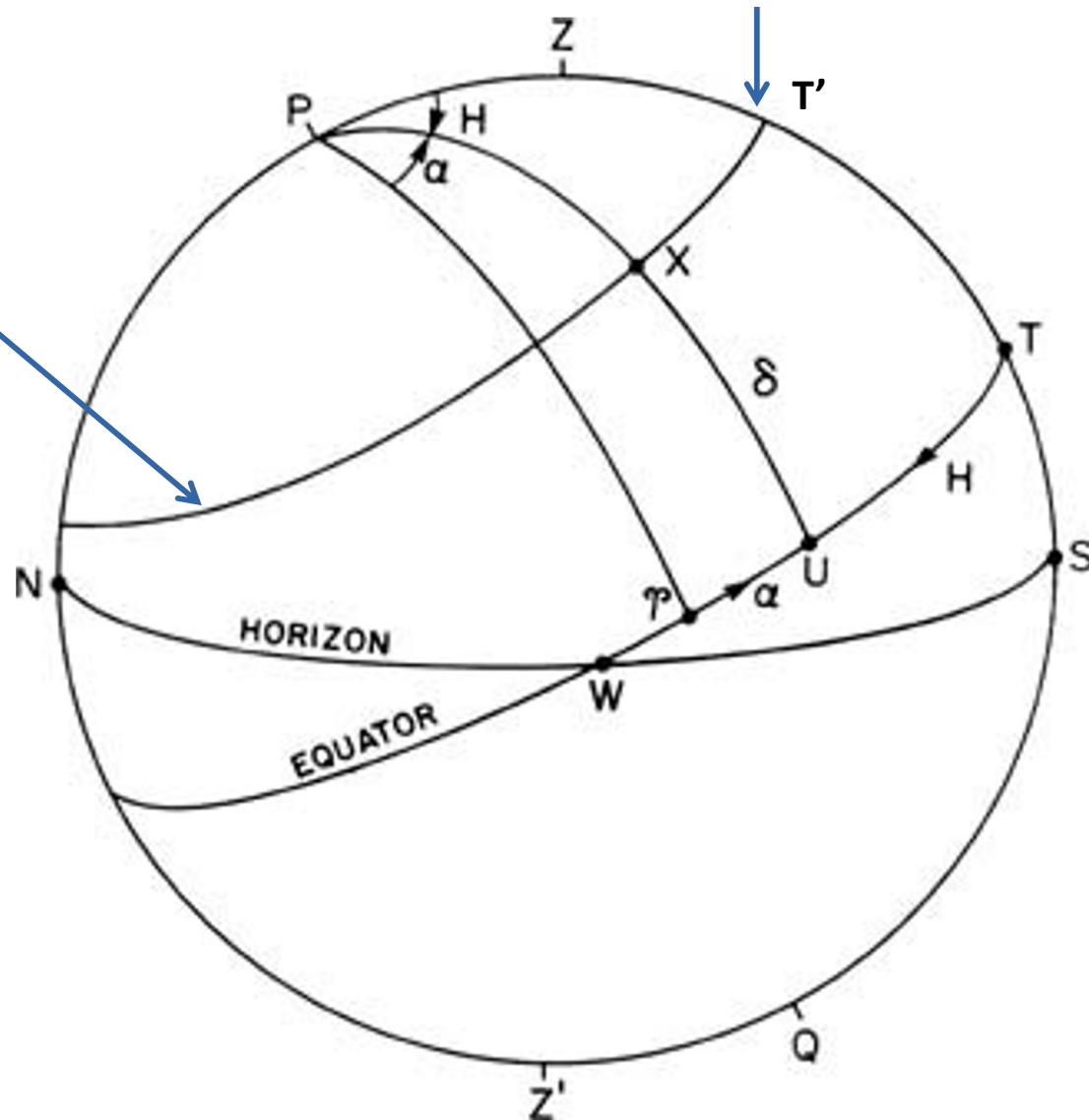
Po kakvom krugu se Sunce sada kreće? Po ovom MALOM krugu

•Ugao ZT' je onda:  $ZT - \delta$  (deklinacija), što je:  $\phi - \delta$

•Gde onda Sunce može da bude u zenitu?

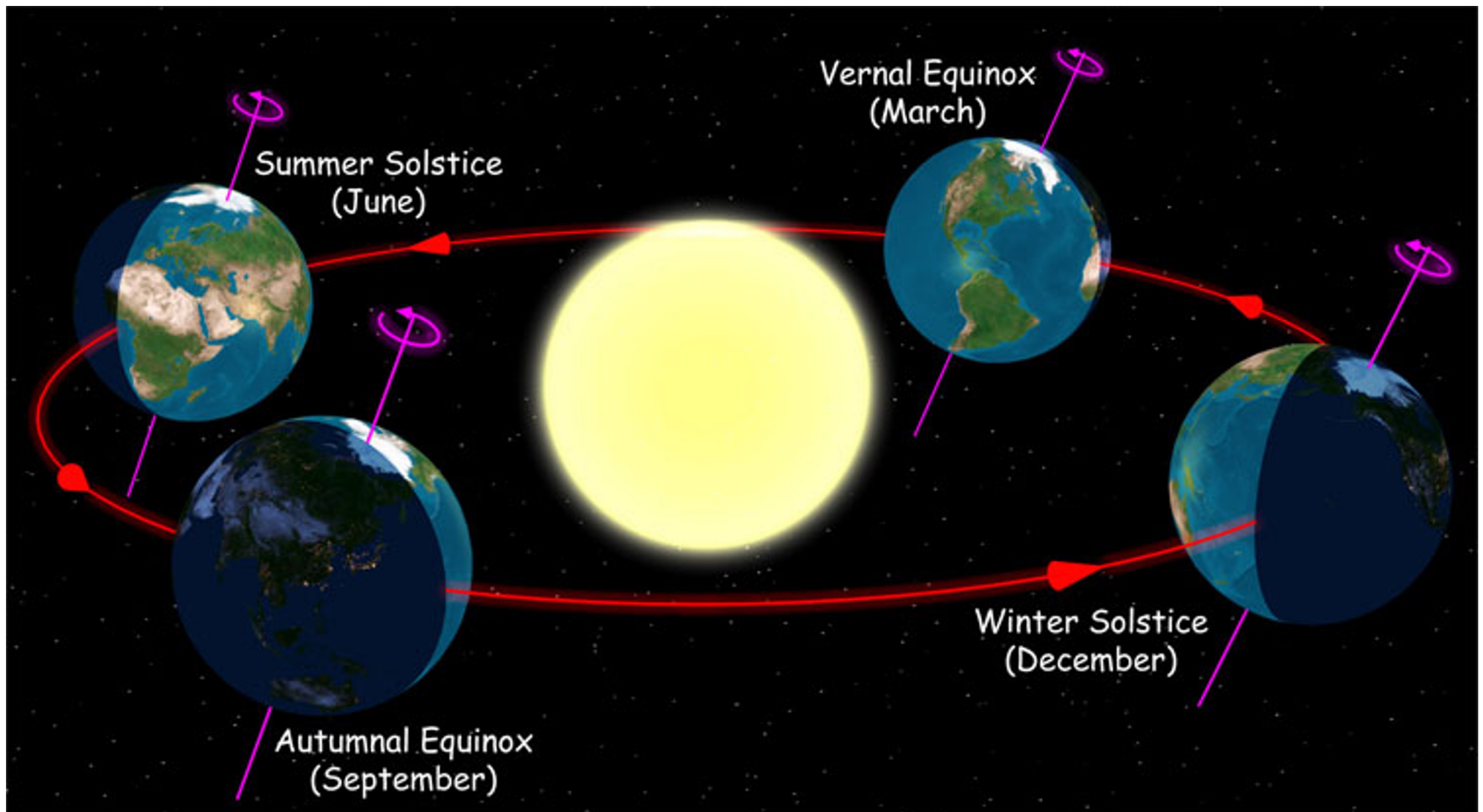
•Tamo gde je  $ZT' = 0$ , odnosno na  $\phi = \delta$ .

•Verovali ili ne, kod nas Sunce nikada ne prolazi kroz zenit!



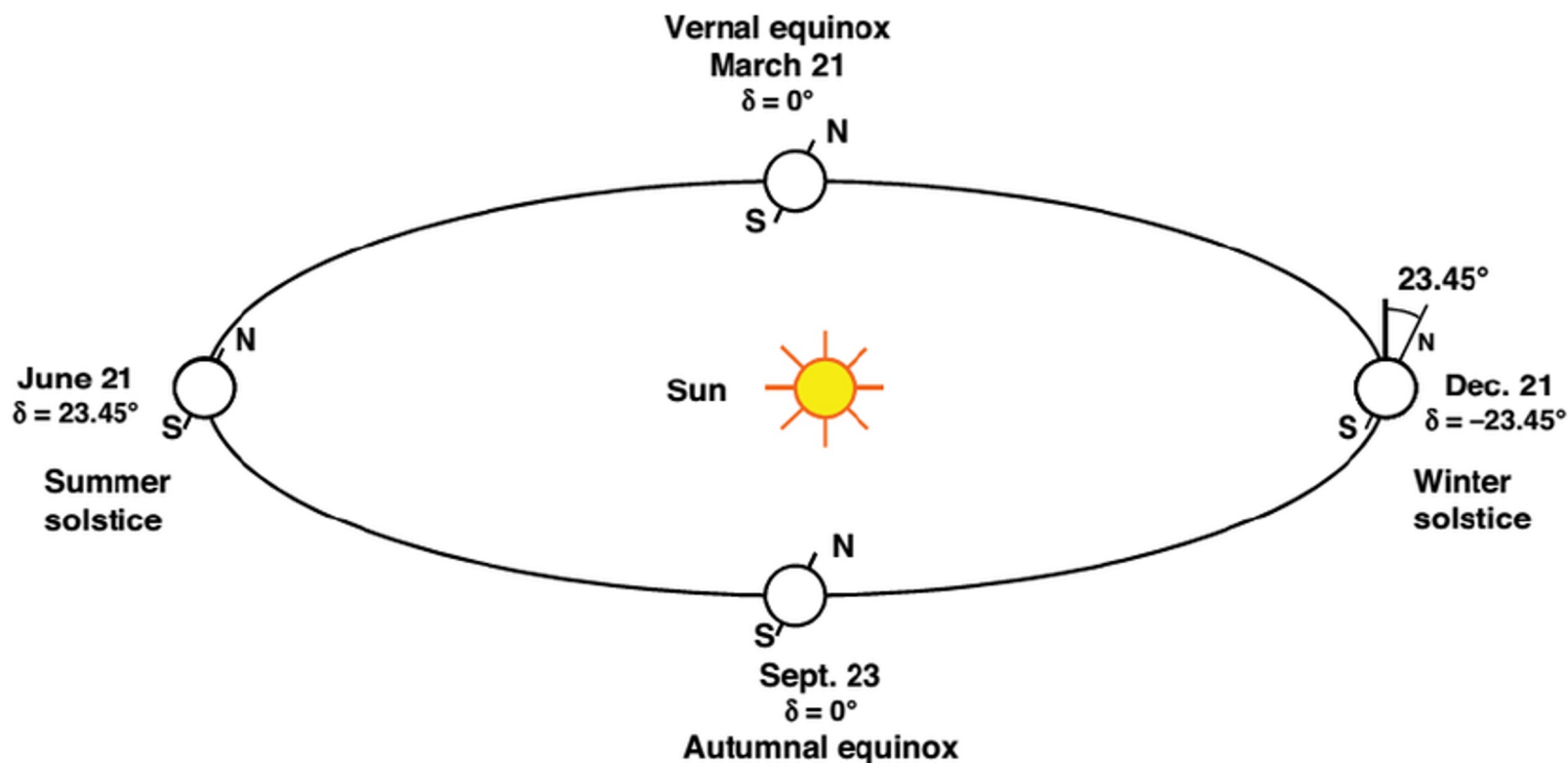
# Godišnje kretanje Zemlje

- Prouzrokuje **prividno godišnje kretanje Sunca**



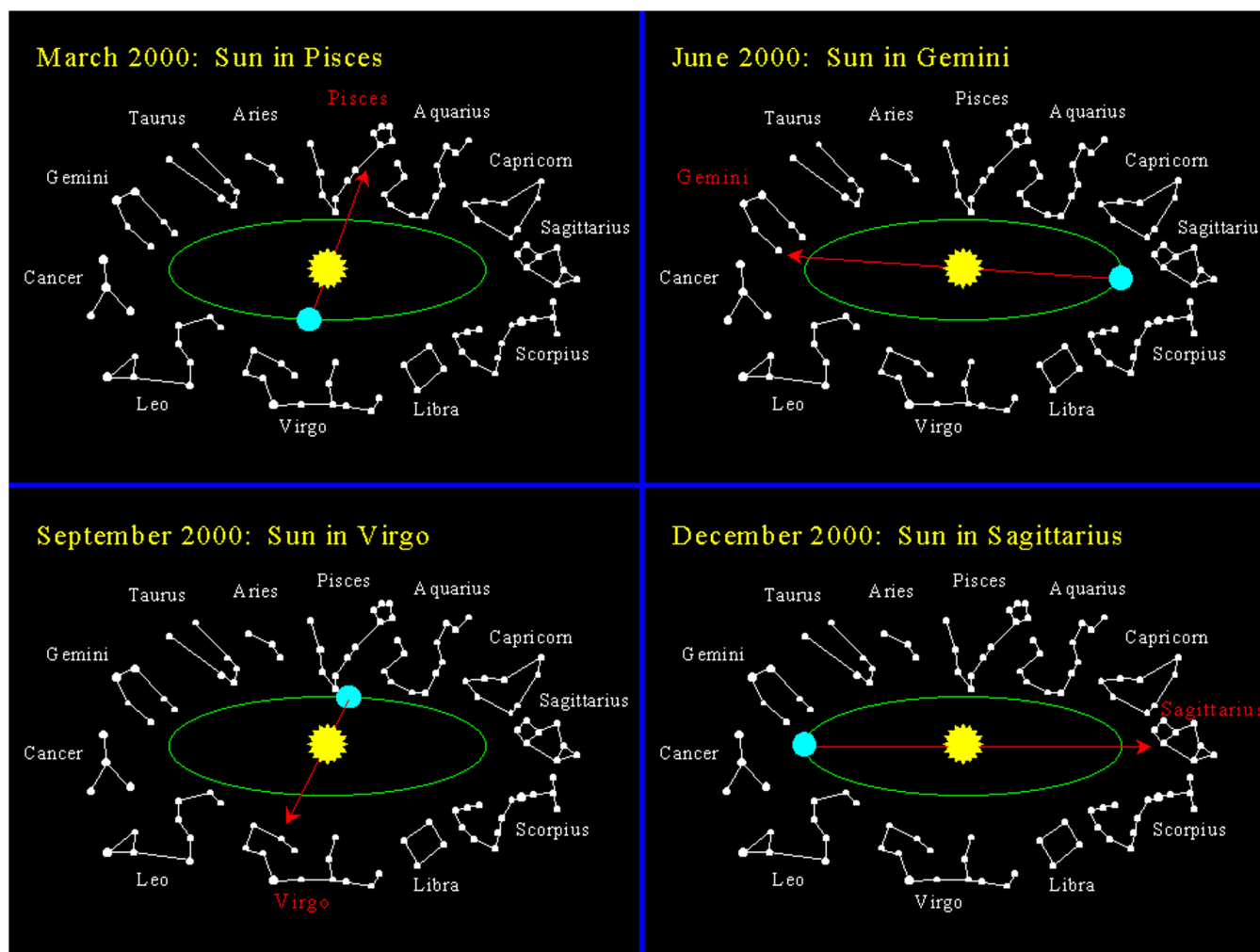
# Godišnje kretanje Zemlje

- Prouzrokuje **prividno godišnje kretanje Sunca**
- Sunčeva **deklinacija** varira od -23.5 do 23.5. Ovo je posledica nagiba između ravni **nebeskog ekvatora** i ravni **ekliptike**.
- Takodje, Sunčeva **rektascenzija** varira od 0 do 24h tokom god.



# Godišnje kretanje Sunca

- Kako Zemlja rotira oko Sunca, Sunce menja svoj položaj u odnosu na “fiksne” zvezde u pozadini – Sunce prolazi kroz zodijska sazveždja!

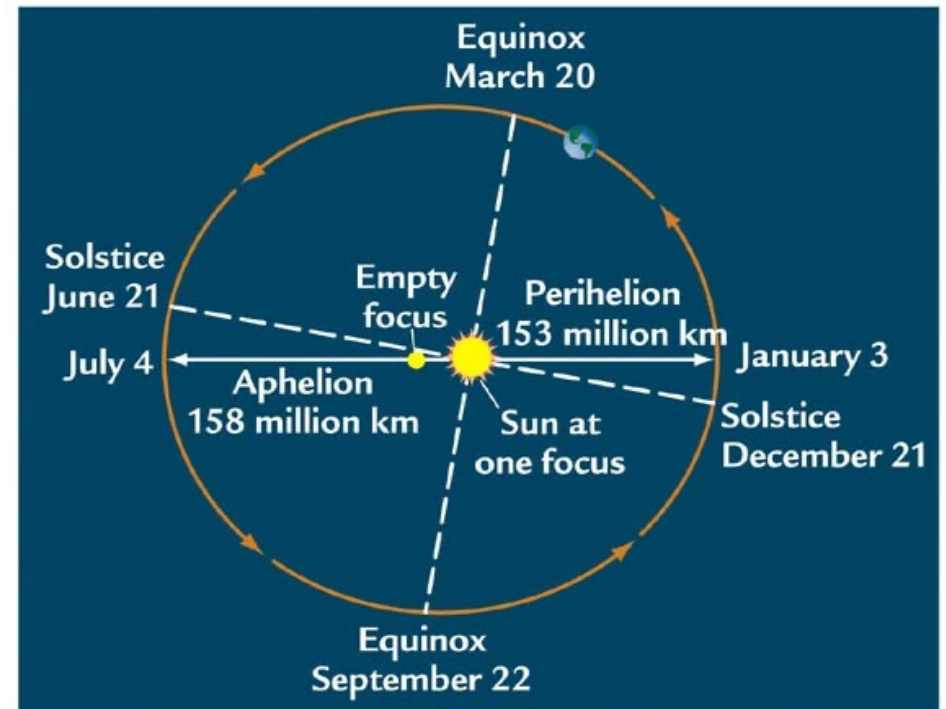


# Ekliptika



# Šta je uzrok godišnjih doba na severnoj hemisferi?

- *Zemlja je bliža Suncu leti?*
- Ali kad je leto na severnoj hemisferi na južnoj je zima i obrnuto!
- Zemljina putanja oko Sunca nije savršeno kružna ali je u stvari Zemlja najbliža Suncu u januaru!



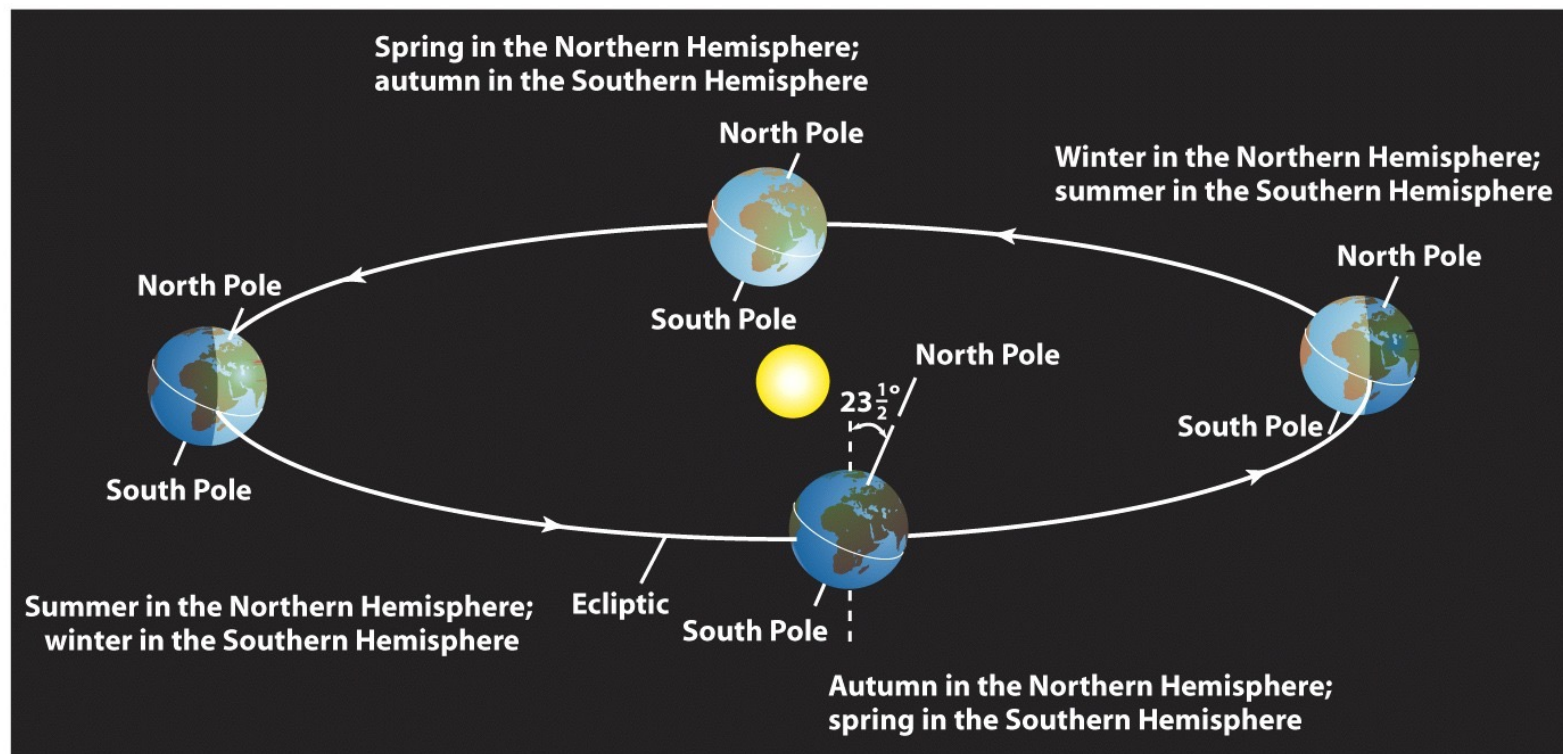
**Udaljenost od Sunca nije uzrok godišnjih doba!**



# Šta je uzrok godišnjih doba?

-**Nagib Zemljine ose** obrtanja

-Napomena: pravac nagiba se ne menja tokom godine



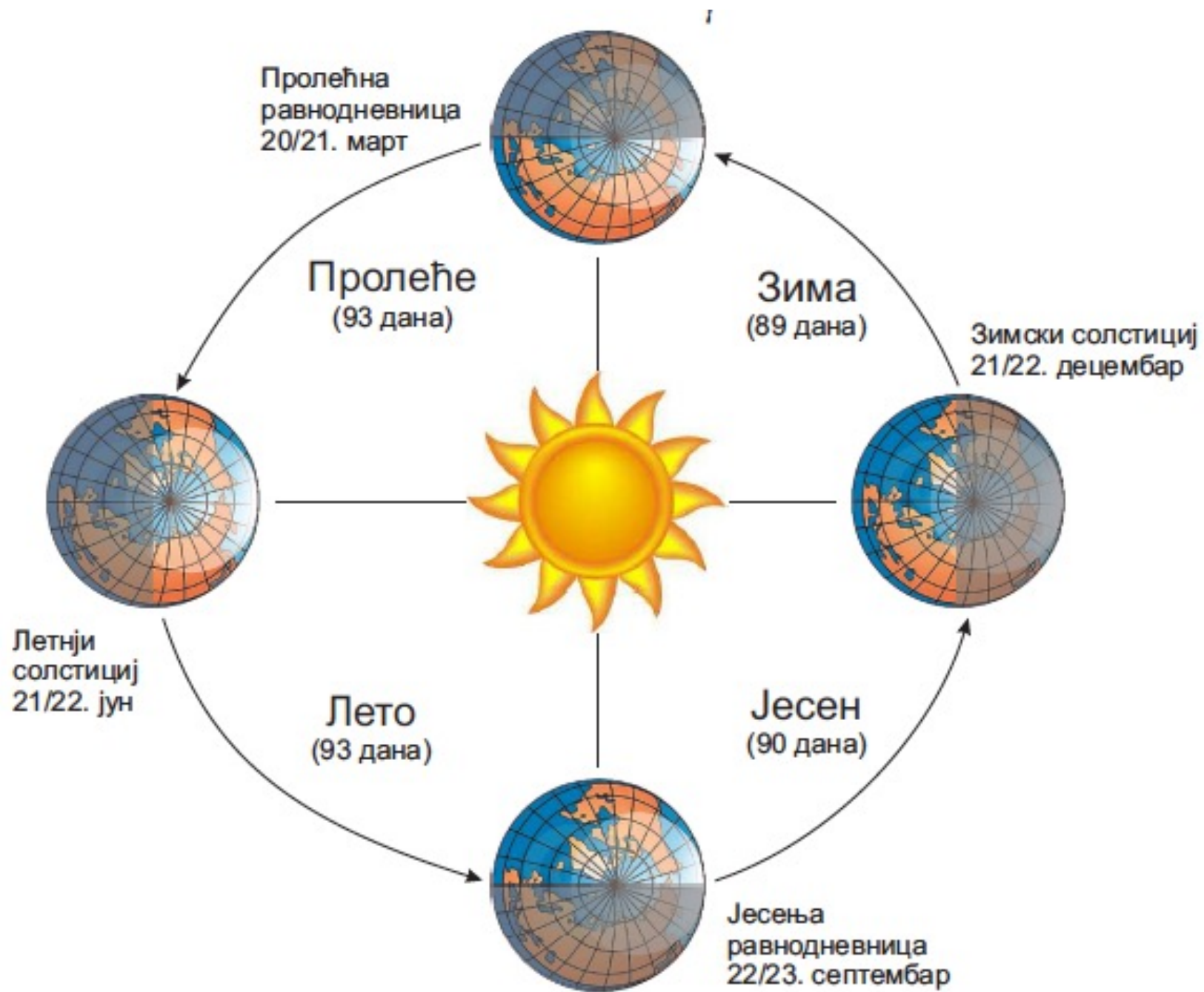
# Leto vs. Zima



**Sunčeva svetlost  
skoncentrisana**



**Sunčeva svetlost  
raširena**



## Malo preciznije: Gregorijanski kalendar

- Period revolucije je u stvari **365,2422...** dana

- Kalendarska godina ima 365 dana

- Moramo korigovati:

- Prestupna godina: dodamo 1 dan svake 4 godine = 365,25 dana

- Bez prestupne godine na svakih 100 godina = 365,24 dana

- Ipak dodati prestupnu godinu na svakih 400 godina = 365,2425 dana

- Ali preskačemo prestupne godine u 4000. godini = 365,24225 dana

# Kalendari



–Prosečno trajanje tropske godine je 365.25 dana

## • Julijanski kalendar

– tri proste godine od 365 dana i svake četvrte godine jednu prestupnu od 366 dana

– daje grešku od jednog dana za 128 godina

## • Gregorijanski kalendar

– tri proste godine od 365 dana i jednu prestupnu od 366 dana, ali uzimaju se kao prestupne samo one godine sa kojima se završavaju vekovi deljive sa 400 (1200. 1600. 2000. 2400. itd), a ostale takve se izbacuju.

– ima grešku od 1 dana u periodu od 3300 godina

## • Novojulijanski kalendar (Milutin Milanković)

– tri proste godine od 365 dana i jednu prestupnu od 366 dana, s tim da se za prestupne godine sa kojima se završavaju vekovi uzimaju samo one koje prilikom deljenja sa 9 daju ostatke 2 ili 6

– greška od 1 dana na intervalu od 28,000 godina

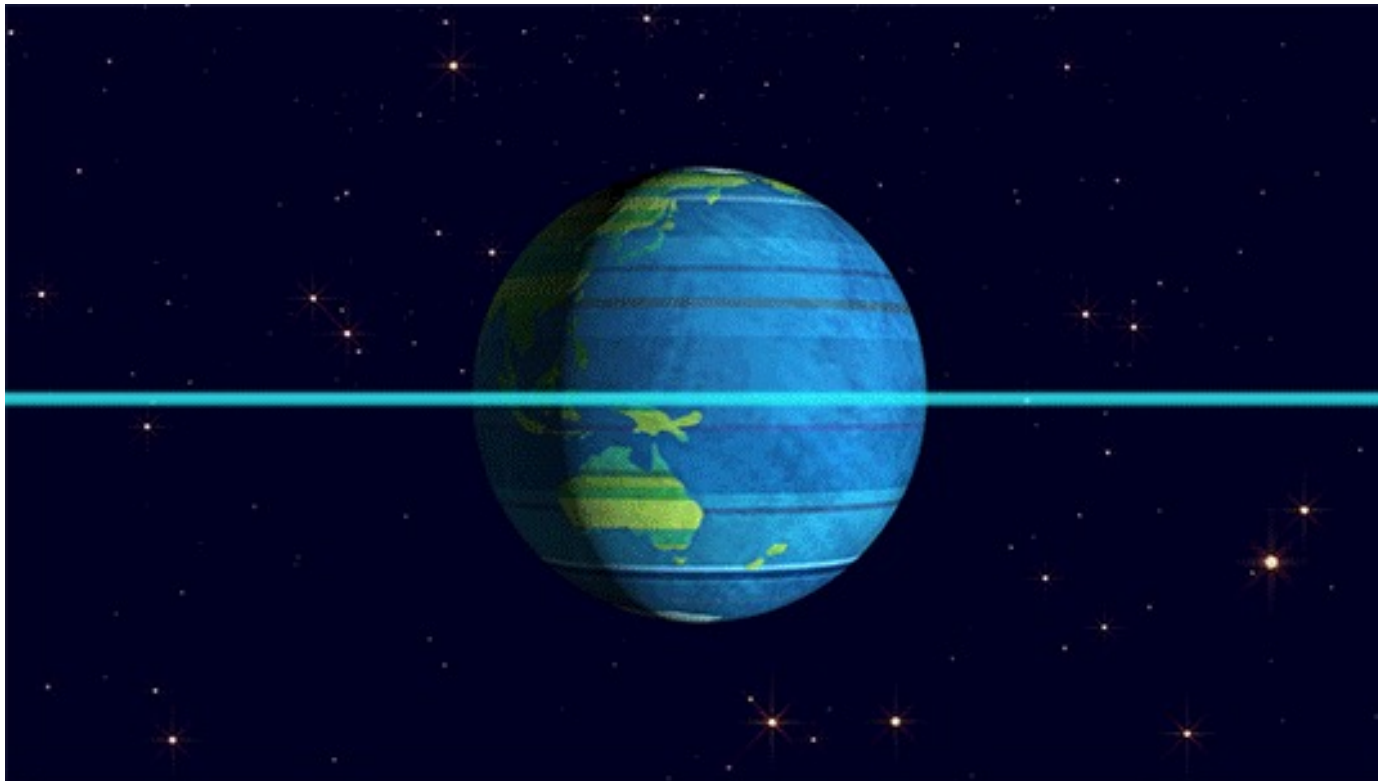
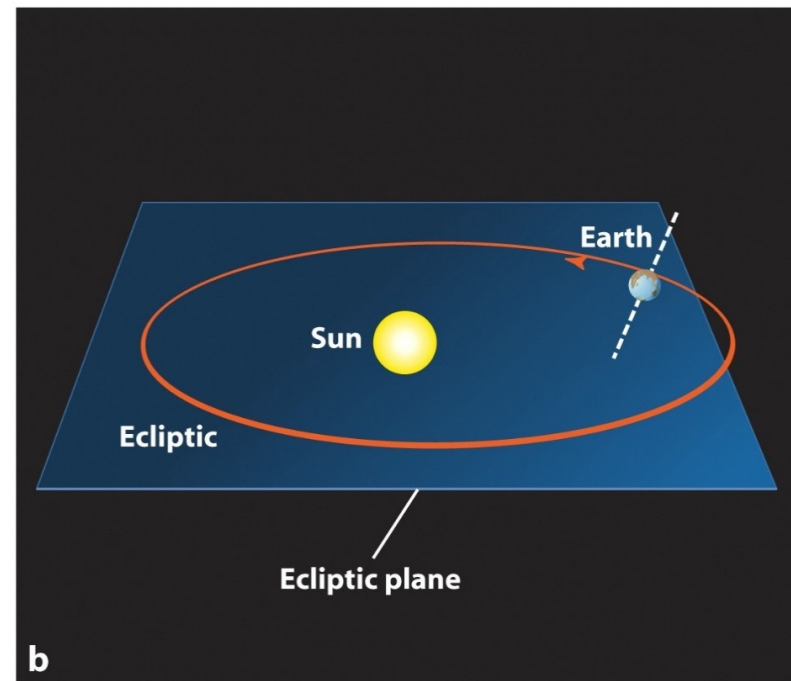
# Milutin Milanković (1879 – 1958)

- srpski matematičar, astronom, klimatolog, geofizičar, građevinski inženjer, doktor tehničkih nauka i popularizator nauke
- predlog reforme kalendara usvojen na Svepravoslavnom kongresu u Carigradu 1923. godine
- novojulijanski kalendar prihvatile su neke pravoslavne crkve
- Milanković je proučio i modifikovao ideju srednjoškolskog profesora matematike Maksima Trpkovića
- prestupne godine:  
samo one koje se mogu podeliti sa 4 bez ostatka
- izuzetak: sekularne godine su prestupne samo onda kada broj njihovih vekova podeljen sa 9 daje ostatak 2 ili 6



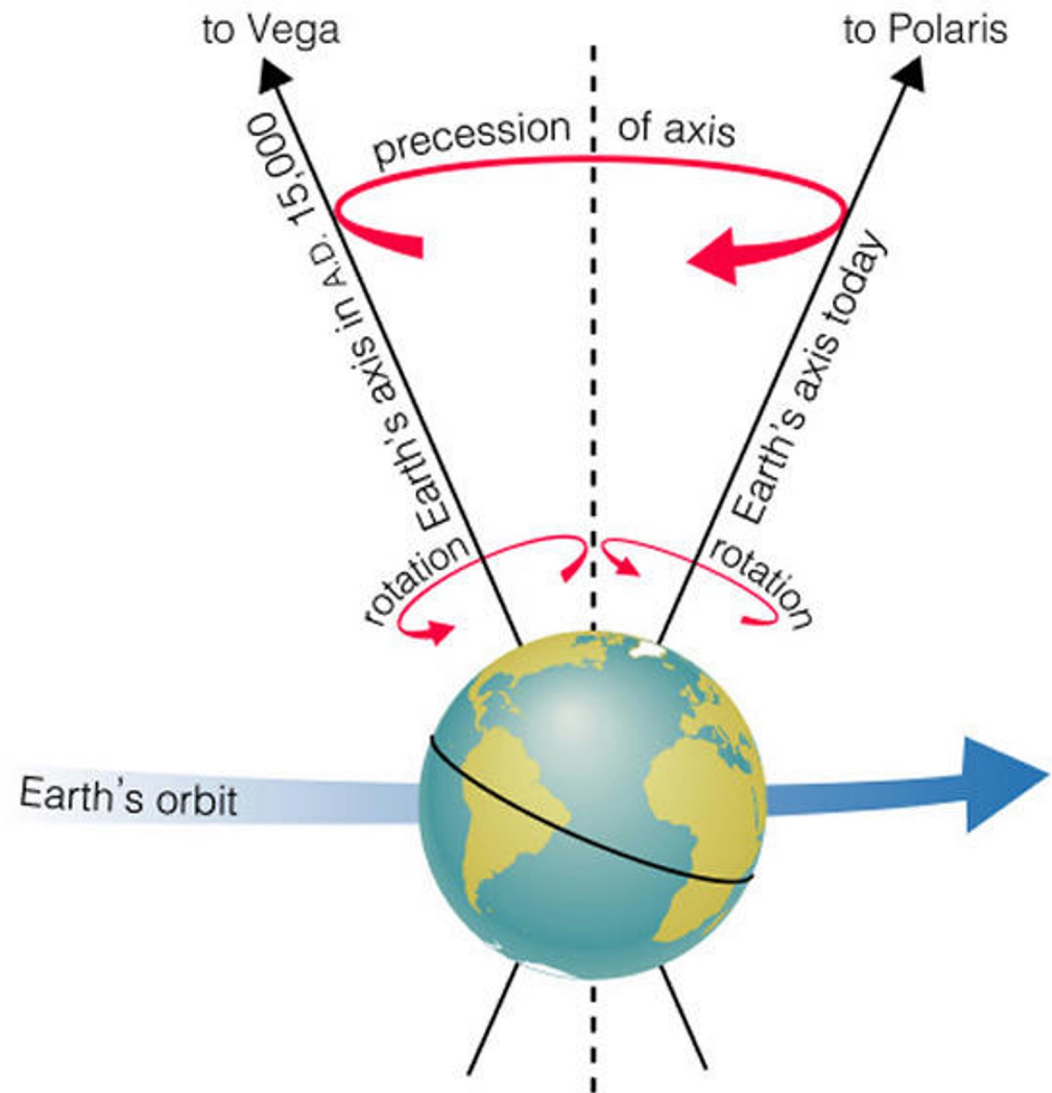
# Nagib ose

- Zemljina osa obrtanja je nagnuta u odnosu na ravan ekliptike za  $23\frac{1}{2}^{\circ}$



# Precesija Zemljine ose

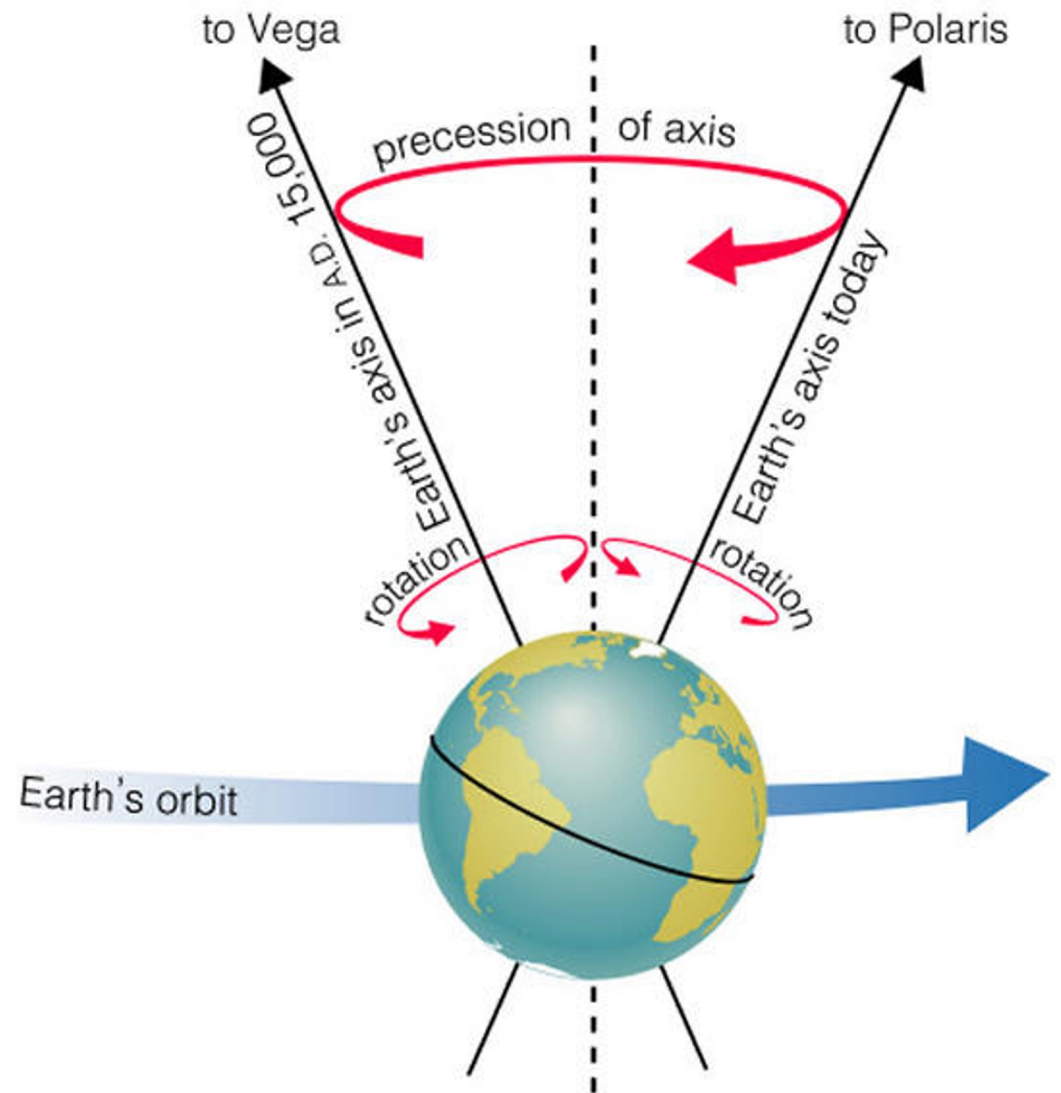
- Usled neravnomerne raspodele mase na ekvatoru – Zemljina osa rotacije polako menja orijentaciju!
- Period precesije je oko 26000 godina, što znači da se zodijska sazveždja pomeraju
- **Checkmate astrologers!**





# Precesija Zemljine ose

- Usled neravomerne raspodele mase na ekvatoru – Zemljina osa rotacije polako menja orijentaciju!
- Period precesije je oko 26000 godina
- Ovo znači da se i godišnja doba postepeno pomeraju!



Za 12000 godina, Vega će biti “severnjača”

THE PRECESSION OF EARTH  
EARTH AXIS POINTING TO THE NORTH STAR

POLARIS  
YEAR 2015



PRECESSION +2000

VEGA  
YEAR 14000



PRECESSION +14000

\*ABOVE, ARE REAL STARTRAIL IMAGES CAPTURED WITH VIXEN POLARIE BY © MIGUEL CLARO IN THE DARK SKY ALQUEVA RESERVE

# Okretanje Zemlje oko svoje ose

- Zemlja se okreće oko ose 1 u toku dana od W ka E

- Tačke na ekvatoru se kreću brzinom oko 1700 km/h

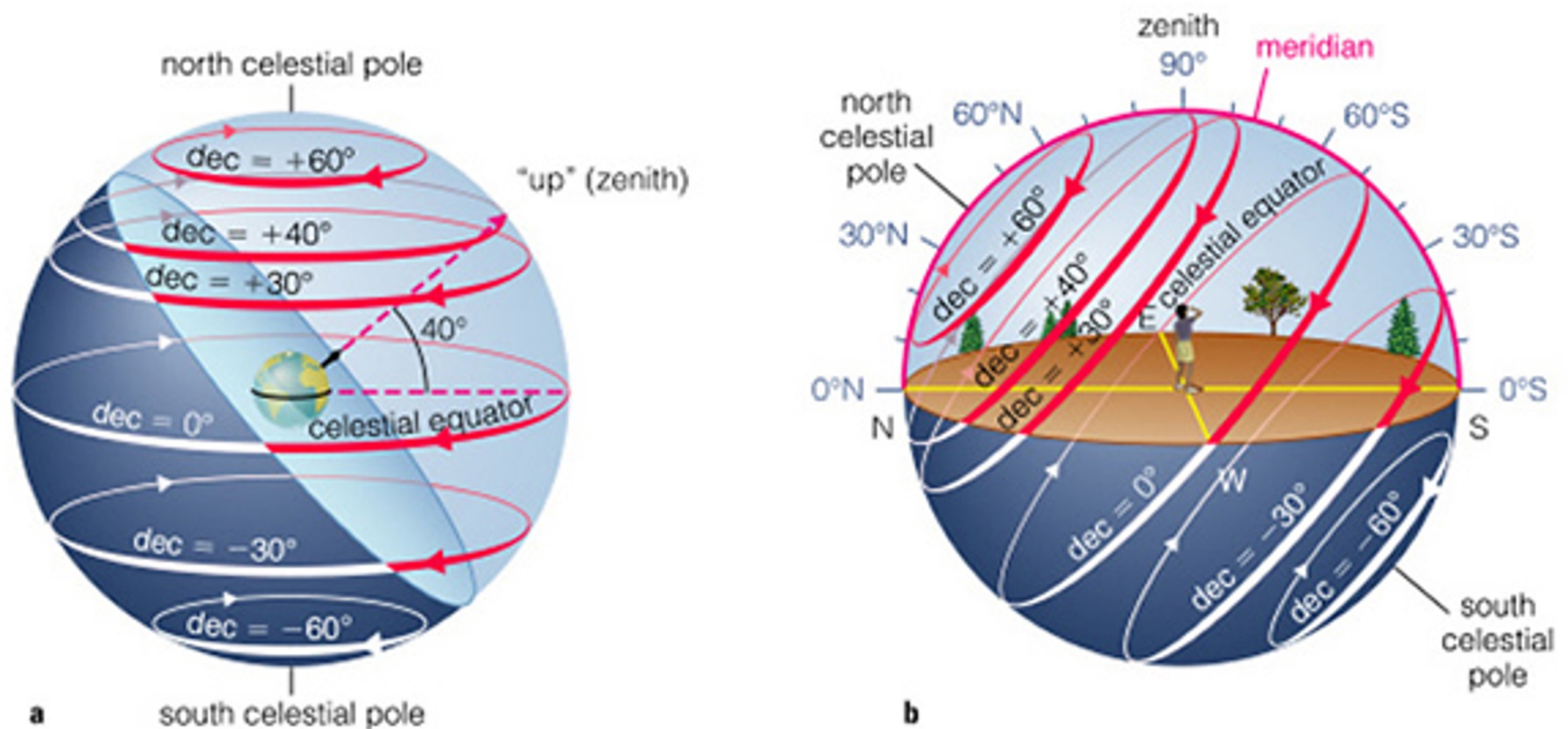
- Ne osećamo jer se sve kreće zajedno (i mi i zgrade itd.)

- Zemlja je spljoštena zbog ovog obrtanja

- Šira na ekvatoru

# Vreme i merenje vremena

- Prirodno (i praktično) je da vreme merimo po Suncu!
- Konvencije radi, uzimamo za nulu trenutak donje kulminacije Sunca a za 12:00 trenutak gornje kulminacije Sunca!



# Vreme i merenje vremena

- Prirodno (i praktično) je da vreme merimo po Suncu!
- Konvencije radi, uzimamo za nulu trenutak donje kulminacije Sunca a za 12:00 trenutak gornje kulminacije Sunca!
- Ali google kaže da je danas Sunce izašlo u 7:01 a zašlo u 17:46. To znači da je kulminiralo u ~ **12:22!**
- Koji su razlozi za ovo?

**07:01**

Saturday, October 21, 2023 (GMT+2)  
Sunrise in Belgrade

**17:46**

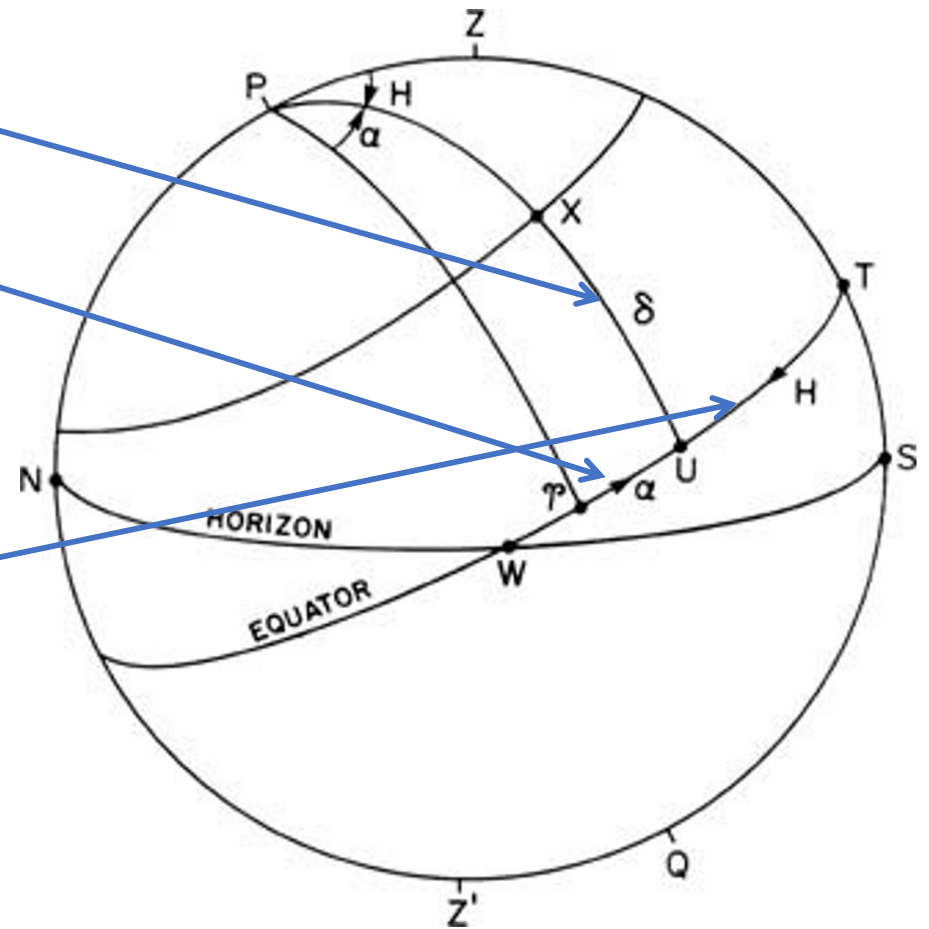
Friday, October 20, 2023 (GMT+2)  
Sunset in Belgrade

# Vreme i merenje vremena

- Prirodno (i praktično) je da vreme merimo po Suncu!
- Konvencije radi, uzimamo za nulu trenutak donje kulminacije Sunca a za 12:00 trenutak gornje kulminacije Sunca!
- Ali google kaže da je danas Sunce izašlo u 7:01 a zašlo u 17:46. To znači da je kulminiralo u ~ **12:22!**
- Koji su razlozi za ovo?
- Vremenske zone, promena deklinacije Sunca tokom godine, itd...
- Zato smo uveli pojam **srednjeg Sunca** koji opisuje fiktivnu tačku koja se kreće uniformno i omogućava nam da definišemo podne!

# Podsetnik

- Koordinate u ekvatorskim koordinatnim sistemima:
- Deklinacija (delta) – visina iznad nebeskog ekvatora
- Rektascenzija (alfa) – merena direktno od gama tačke.
- Ove dve koordinate su praktično fiksne za sve zvezde
- Časovni ugao H (mi ćemo ga zvati t), ugao od gornje kulminacije zvezde.



# Vreme

•Iako je vreme definisano preko položaja Sunca (ili srednjeg Sunca), u upotrebi imamo još:

•Zvezdano vreme: Časovni ugao Gama tačke.

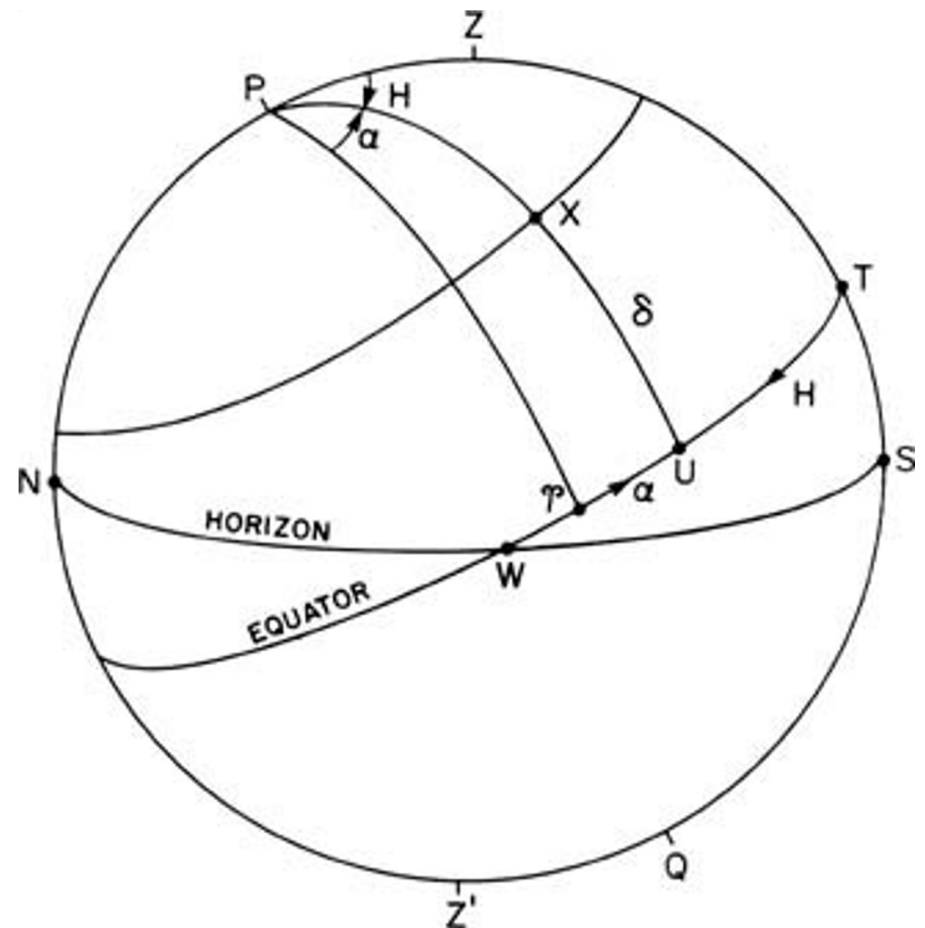
$$s = t(\gamma)$$

•Griničko zvezdano vreme  
(za posmatrača u Griniču):

$$S = t_G(\gamma)$$

•Povezana su preko geografske  
dužine kao:

$$s = S + \lambda$$





## Pa da se vratimo i na Sunce

- Mesno **pravo** vreme – kad bismo svi merili vreme prema tome gde je Sunce na nebu:

$$t_p = t_{\odot} + 12^h$$

- Pokazaćemo (vežbe, knjiga) da:  $t_p = s + 12^h - \alpha_{\odot}$

- Mesno srednje vreme, preko srednjeg Sunca:

$$t_s = \tilde{t} + 12^h$$

- Da li ovo vreme zavisi od geografske dužine?

## Pa da se vratimo i na Sunce

- Mesno **pravo** vreme – kad bismo svi merili vreme prema tome gde je Sunce na nebu:

$$t_p = t_{\odot} + 12^h$$

- Pokazaćemo na vežbama da:  $t_p = s + 12^h - \alpha_{\odot}$

- Mesno srednje vreme, preko srednjeg Sunca:

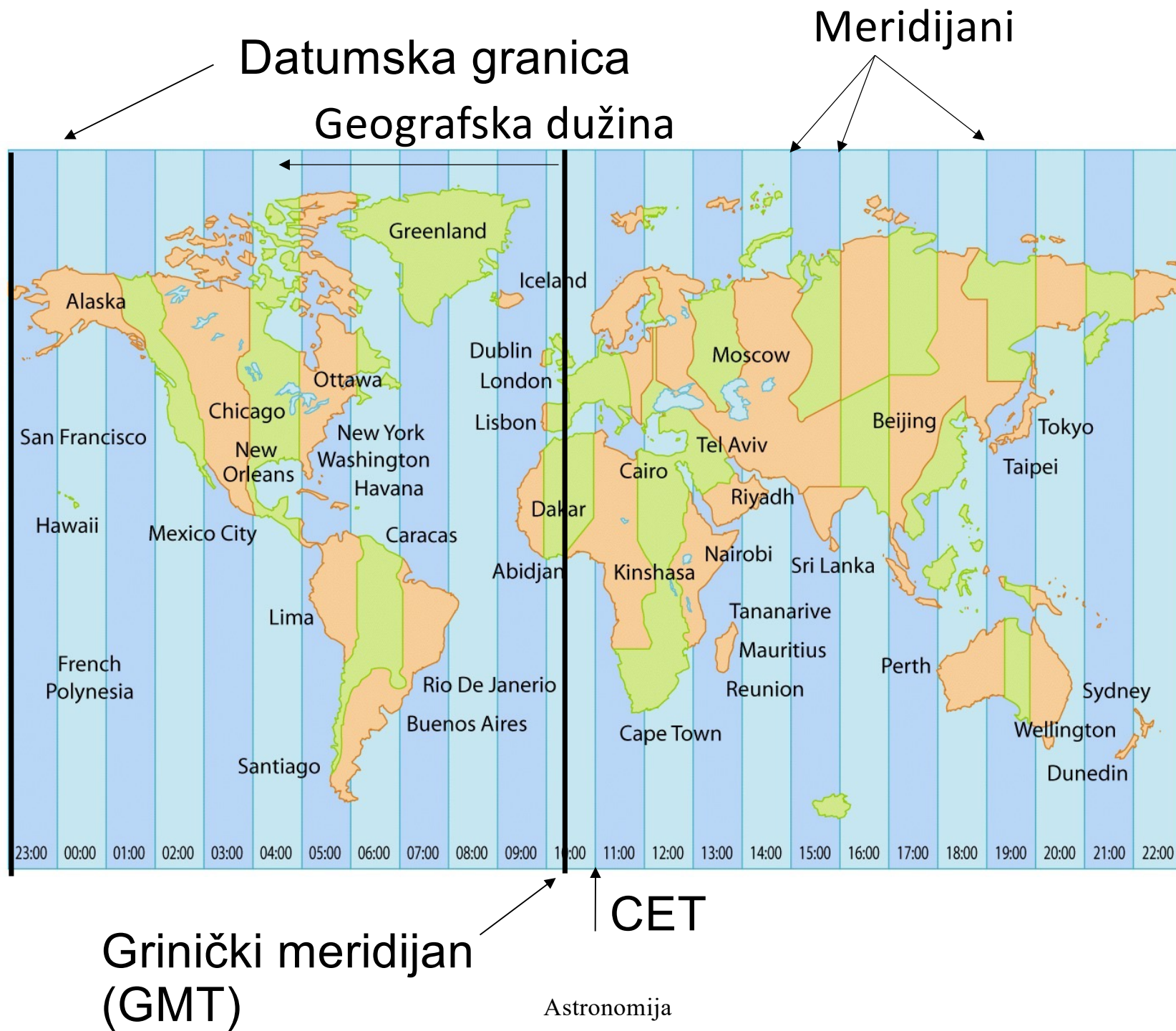
$$t_s = \tilde{t} + 12^h$$

- Da li ovo vreme zavisi od geografske dužine?

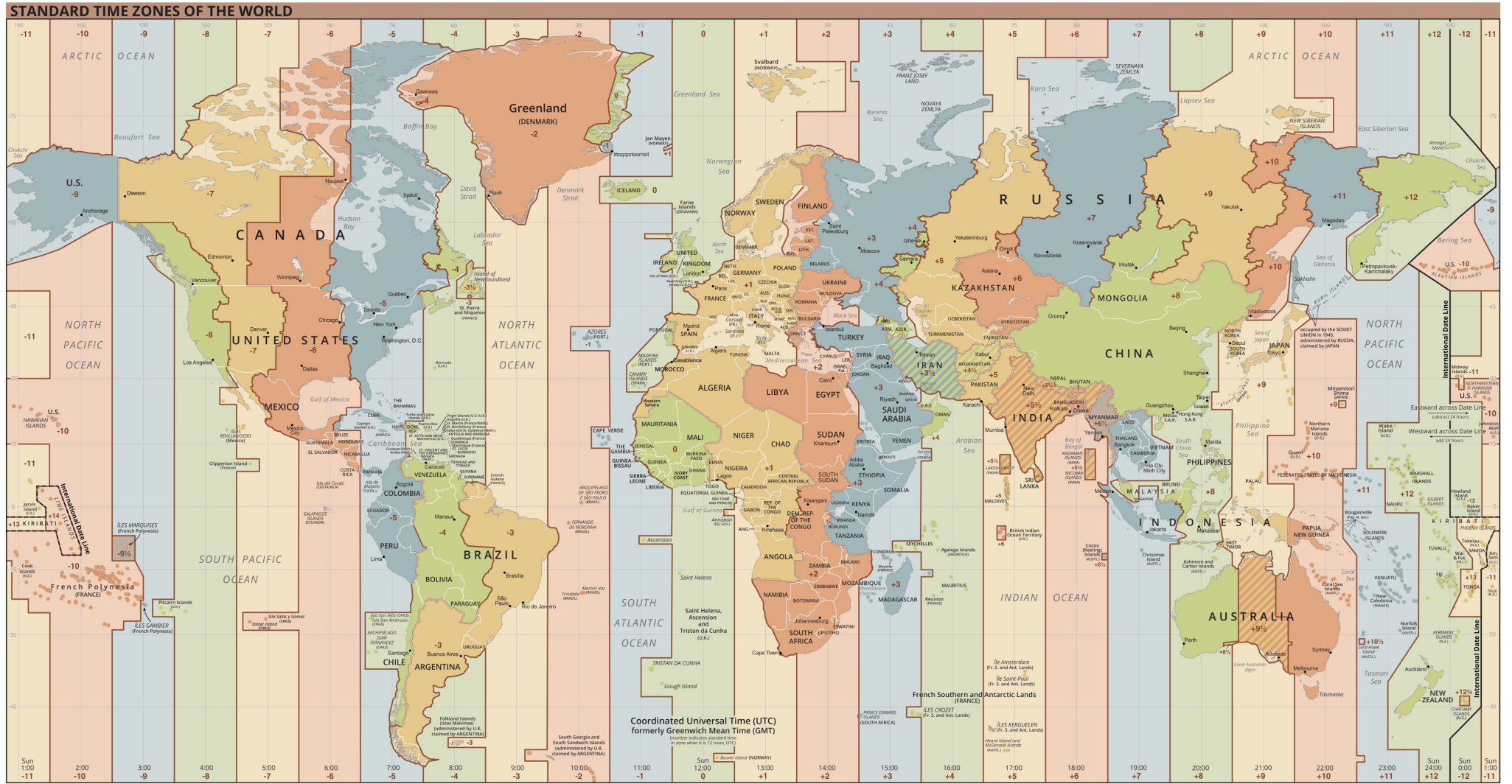
**DA. Srednje Sunce je samo zamišljena tačka na nebeskom ekvatoru. Njen trenutak gornje kulminacije zavisi od mesta!**

# UT – Universal Time

- Referentno vreme se meri prema časovnom uglu **Srednjeg Sunca** gledano iz Griničkog meridijana – **UT**.
- Gradjansko vreme: **UT + broj vremenske zone + eventualno letnje vreme**



# Časovne zone



Boundary representation is not necessarily authoritative.

WEST EAST  
Add time zone number to UTC to obtain local time.  
Subtract time zone number from local time to obtain UTC.