

ZEMLJINA KRETANJA

REVOLUCIJA ZEMLJE

KEPLEROVI ZAKONI PLANETARNIH KRETANJA

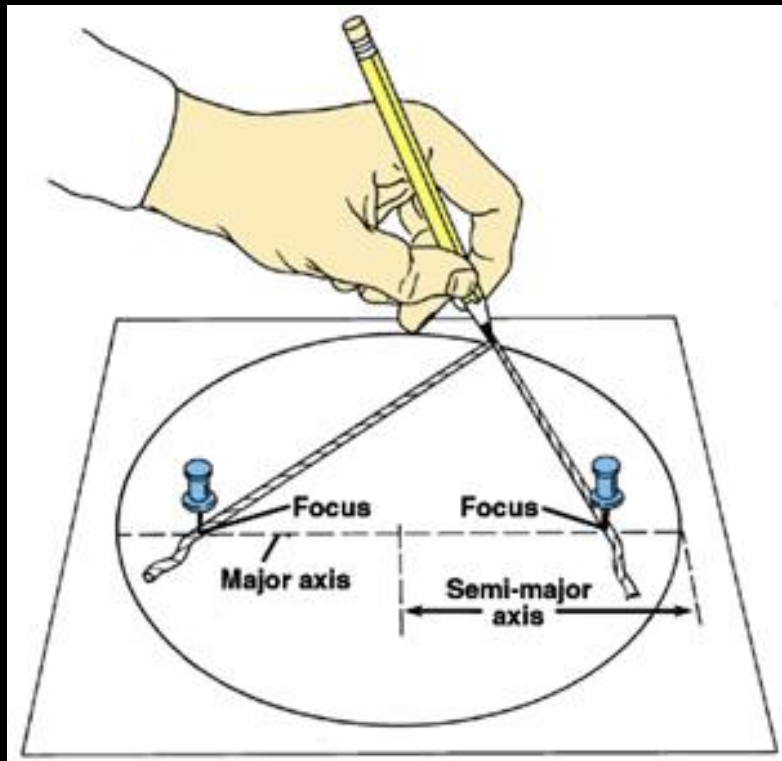
- **Johan Kepler** (1571-1630) – nemački matematičar i astronom



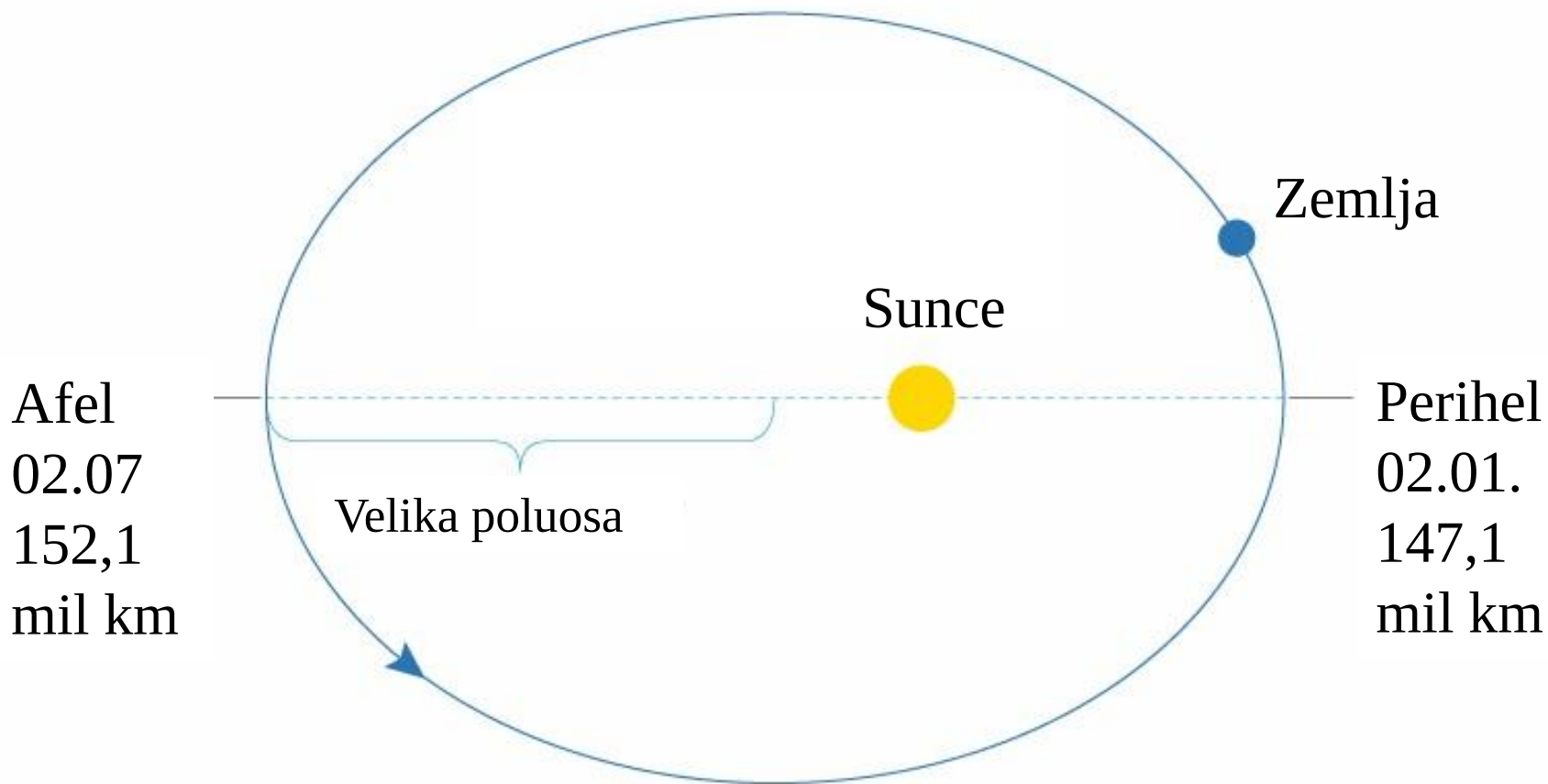
- nasledio Tiho Brehea na mestu kraljevskog matematičara.
- Četiri godine je izučavao putanje Marsa iz Braheovih posmatranja
- Otkrio je da ravan zemljine i marsove orbite preseca Sunce
- To ga je navelo na ideju da su putanje planeta oko Sunca elipse.

PRVI KEPLEROV ZAKON

- „Putanje planeta su elipse u čijem se zajedničkom fokusu nalazi Sunce“



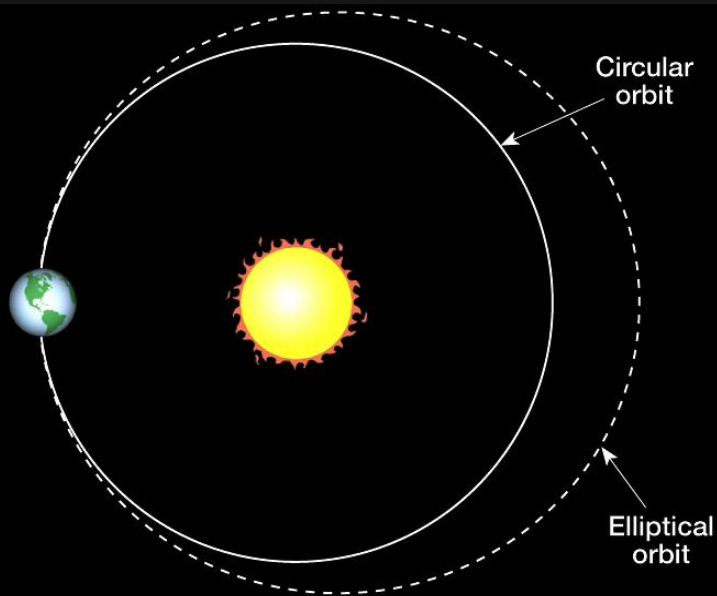
Zemljina putanja oko Sunca je elipsa – njeno rastojanje od Sunca se stalno menja.



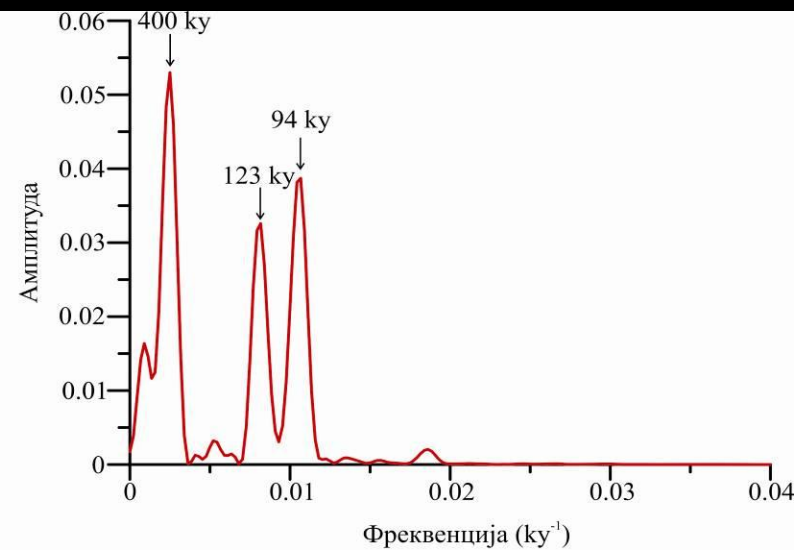
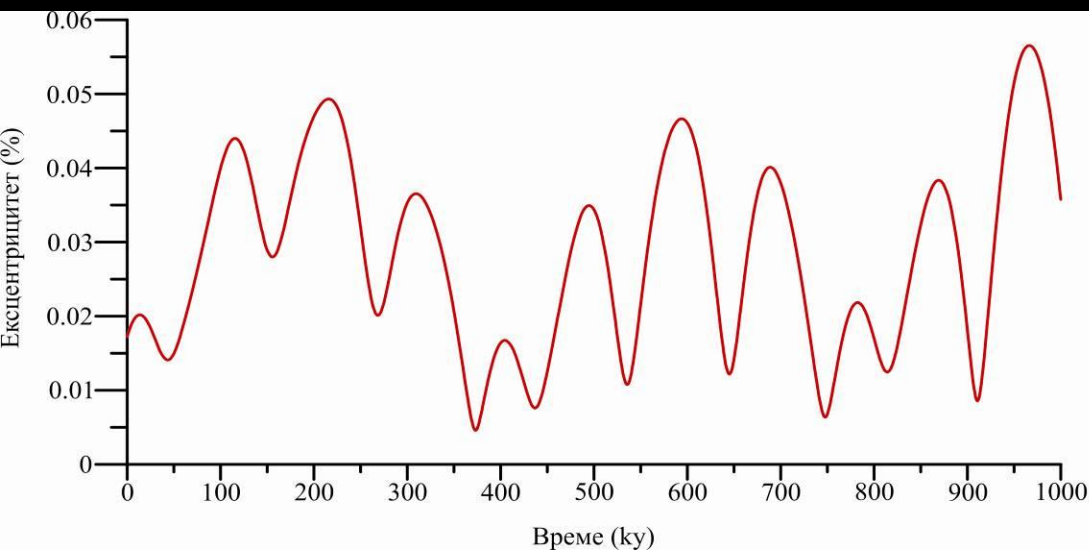
- Srednja udaljenost Zemlje od Sunca (velika poluosa njene eliptične putanje) usvojena je kao jedinica za merenje rastojanja unutar Sunčevog sistema – astronomska jedinica 149,6 miliona km. Tačka neveske sfere u koju je u datom trenutku uperen vektor brzine Zemljine revolucije je *apeks*.

Planeta	Ekscentricitet orbite, e	Velika poluosa, a (au)	Orbitalni period, P (godina)
Merkur	0.206	0.387	0.241
Venera	0.007	0.723	0.615
Zemlja	0.017	1.000	1.000
Mars	0.093	1.524	1.881
Jupiter	0.048	5.203	11.86
Saturn	0.054	9.537	29.42
Uran	0.047	19.19	83.75
Neptun	0.009	30.07	163.7
Pluton	0.249	39.48	248.0

EKSCENTRICITET ZEMLJINE ORBITE

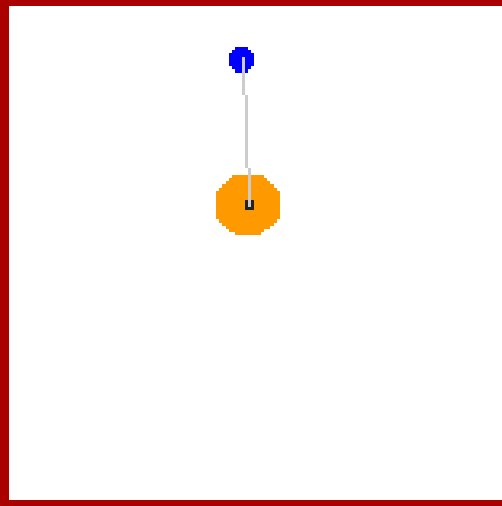


- Današnja vrednost:
~ 0.01672
- Raspon ~0 до ~0.06
- Period: 100 ky
400 ky



DRUGI KEPLEROV ZAKON

- „*Radijus vektori planeta u jednakim vremenskim intervalima opisuju sektore jednakoh površina.*“
- Što su planete bliže Suncu brže se kreću.



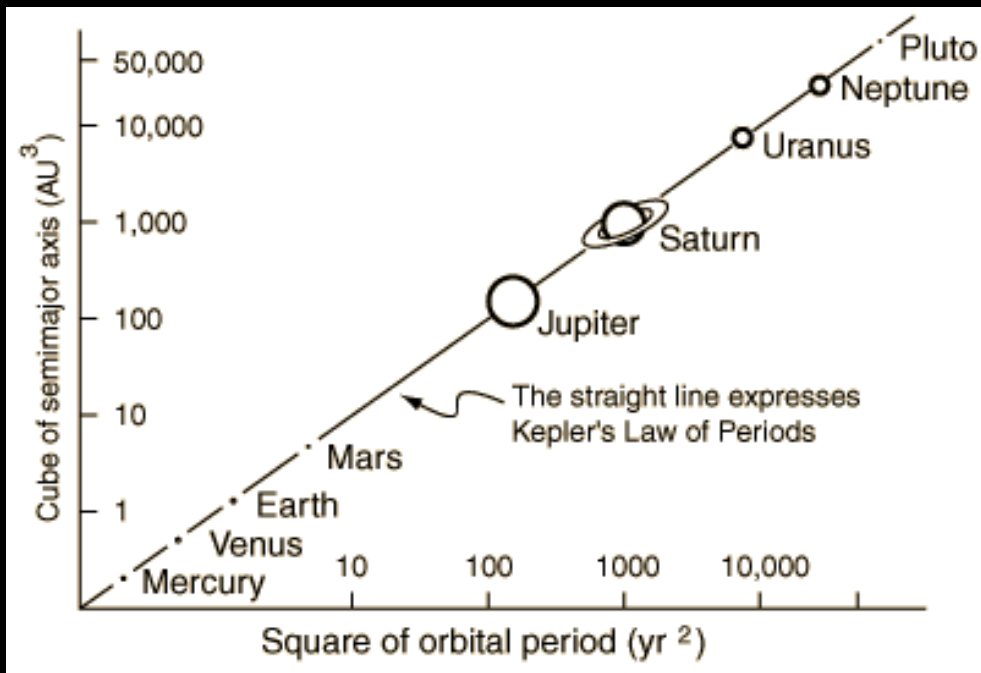
Ako se iz centra Zemlje povuče linija ka centru Sunca, tada će površina koju ta linija opuše svakih 31 dan biti ista.

Zemlja obilazi oko Sunca srednjom brzinom $v=29,78$ m/s.

<http://csep10.phys.utk.edu/guidry/java/kepler/kepler.html>

TREĆI KEPLEROV ZAKON

- „Kubovi srednjih udaljenosti planeta od Sunca proporcionalni su kvadratima njihovih revolucionih vremena.“
- Na osnovu revolucionog perioda jedne planete u poređenju sa Zemljom lako može odrediti udaljenost do nje.



$$\frac{a_1^3}{a_2^3} = \frac{T_1^2}{T_2^2}$$

- Vremenski razmak za koji zemlja obiđe oko Sunca zove se godina.
- Odnos perioda na kvadrat i kubova srednjih rastojanja planeta od Sunca je uvek isti za svaku planetu.

Planeta	Period (godina)	Srednje rastojanje (au)	T^2/R^3 (god ² /au ³)
Merkur	0.241	0.39	0.98
Venera	.615	0.72	1.01
Zemlja	1.00	1.00	1.00
Mars	1.88	1.52	1.01
Jupiter	11.8	5.20	0.99
Saturn	29.5	9.54	1.00
Uran	84.0	19.18	1.00
Neptun	165	30.06	1.00
Pluton	248	39.44	1.00

DOKAZI O ZEMLJINOJ REVOLUCIJI

Paralaktičko kretanje zvezda

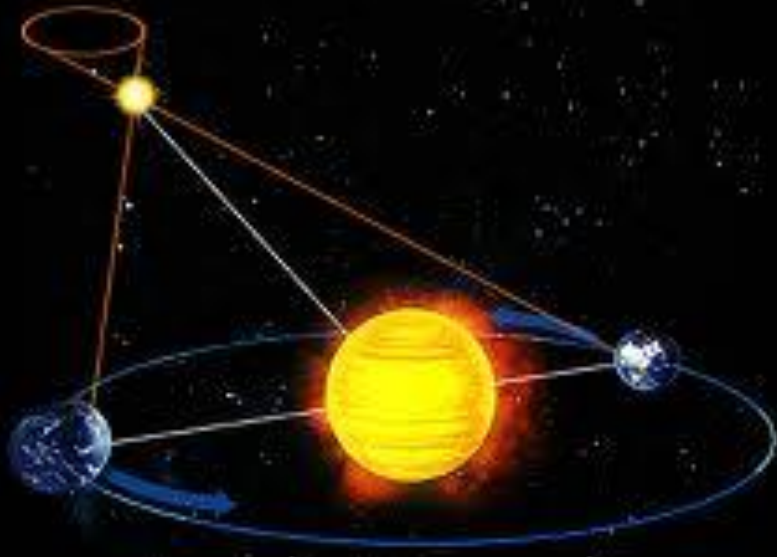
KAKO SE MERE RASTOJANJA U ASTRONOMIJI?

- **Astronomska jedinica (AU (astronomical units))** - Srednja udaljenost Zemlje od Sunca 149,6 miliona km.
- **Svetlosna godina** – razdaljina koju svetlost pređe za godinu dana krećući se brzinom od oko 300.000 km/s.
- **Parsek** - udaljenost sa koje bi se velika poluosa Zemljine orbite mogla videti pod uglom od $\pi=1''$

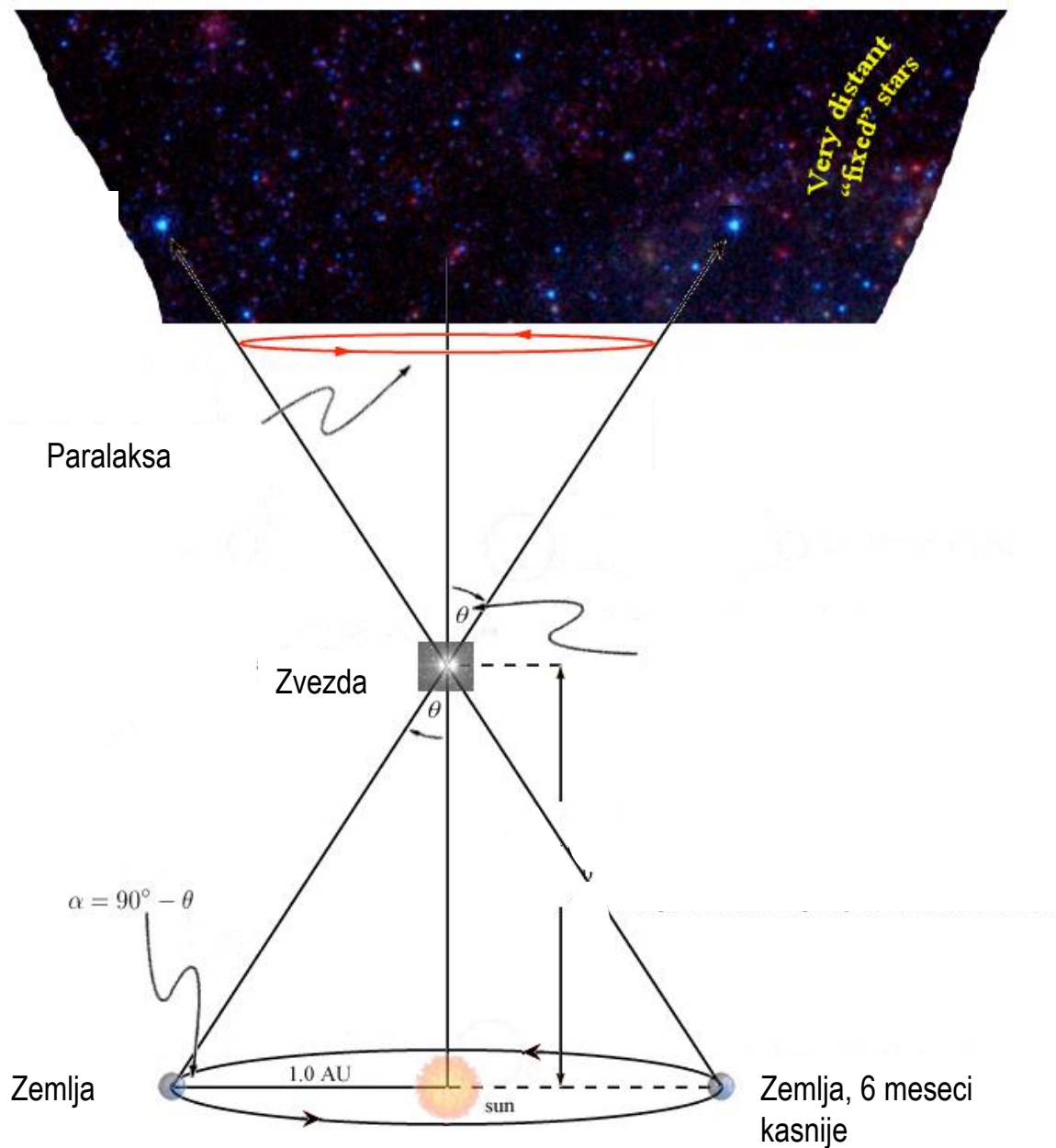
	kilometri (km)	Astronomske jedinice (AU)	Svetlosna godina (l.y.)	parsek (pc)
kilometri (km)	1	149,6 million	9.460.000.000.000	30.857.000.000.000
Astronomske jedinice (AU)	0,0000000067	1	63.240	206.263
Svetlosna godina (l.y.)	0,000000000000011	0,000016	1	3,2616
Parsek (pc)	0,0000000000000033	0,0000048	0,3066	1

Paralaktičko kretanje zvezda

- Ako se Zemlja okreće oko Sunca, onda će posmatrač iz različitih položaja videti neku zvezdu projektovanu na nebesku sferu u različitim tačkama. Zvezda će se pomerati i na nebeskoj sferi opsati elipsu – *paralaktičku elipsu*.

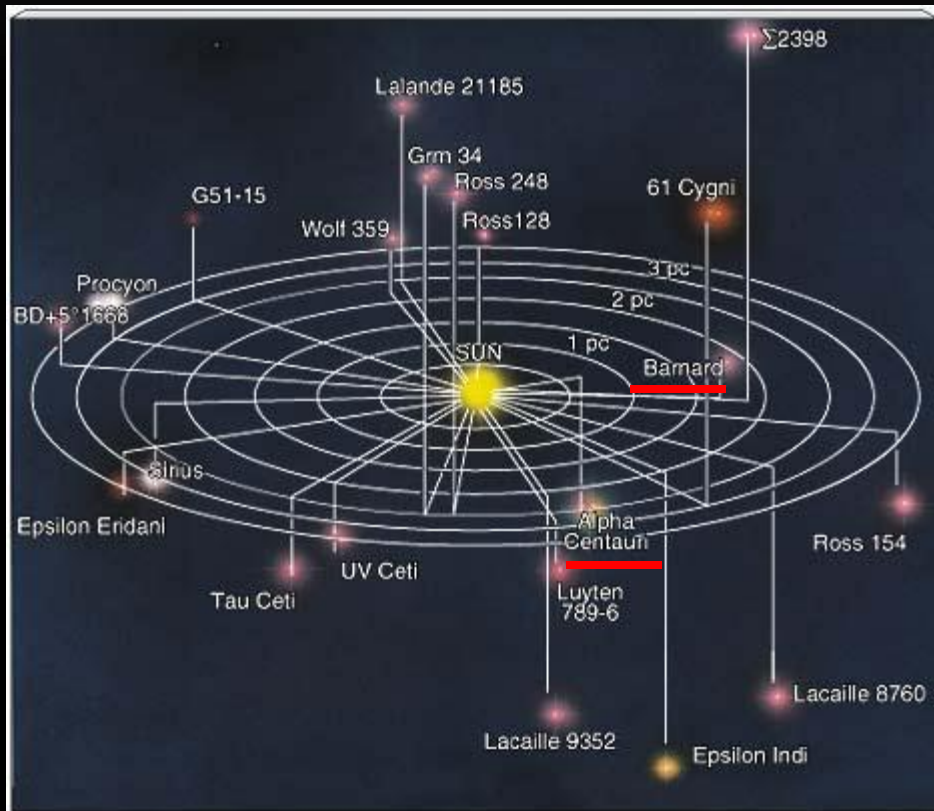


Oblik paralaktičke elipse zavisi od položaja zvezde u odnosu na ravan Zemljine putanje.



- Zemljin obilazak oko Sunca praćen je istosmernim kretanjem zvezda paralaktičkim elipsama.
- Prvo merenje – Vilhelm Besel, 1838. godine.
- Izmerio ugao $\pi = 0.31''$, pod kojim se vidi velika poluosa paralaktičke elipse zvezde 61 Cyg.
- Taj ugao se naziva godišnja paralaksa.

- Najveću paralaksu ima nama najbliža zvezda Proksima Kentaura $\pi=0,76''$.
- Rastojanja do zvezda su tolika da ni kod jedne godišnja paralaksa ne dostiže $\pi=1''$
- udaljenost sa koje bi se velika poluosa Zemljine orbite mogla videti pod uglom od $\pi=1''$ uvedena je kao jedinica za merenje udaljenosti objekata van Sunčevog sistema i zove se *parsek*.



- 30 Suncu najbližih zvezda (4 parseka).
- Proksima Kentaura ima najveću paralaksu, 0,76", što znači da je 1.3 pc udaljena od Zemlje ili oko 270.000 astronomskih jedinica ili 4,3 svetlosne godine. 300.000 puta dalje Zemlji od Sunca.
- Barnardova zvezda, sa paralaksom od 0,55", leži na udaljenosti od 1,8 pc, ili 6 svetlosnih godina.

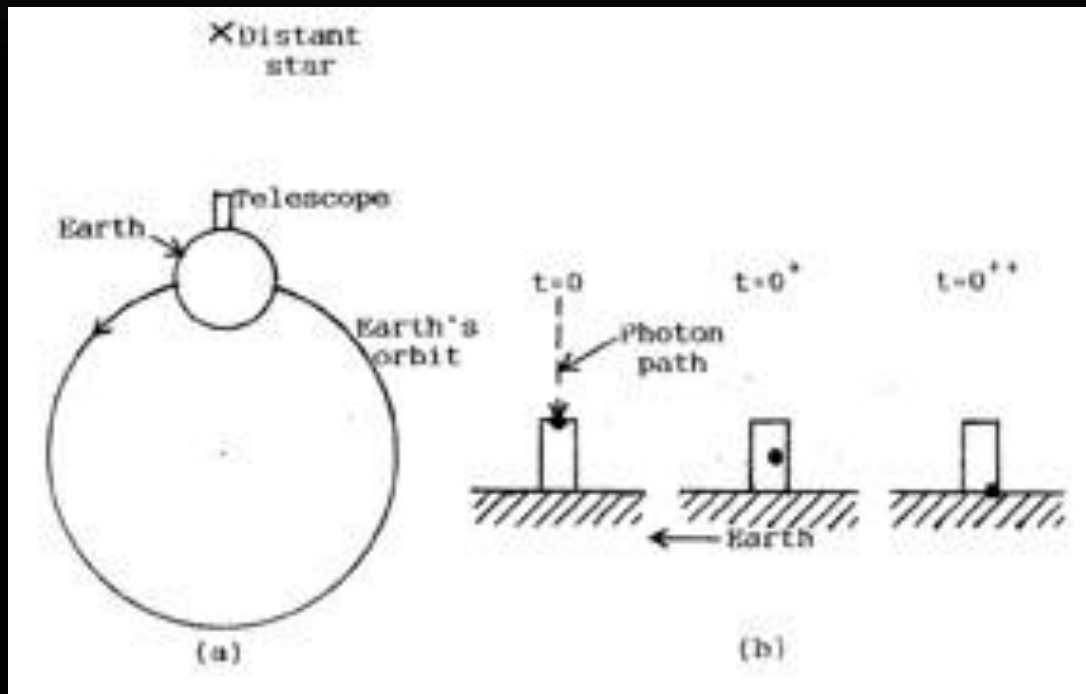
GODIŠNJA ABERACIJA ZVEZDA – ABERACIJA SVETLOSTI

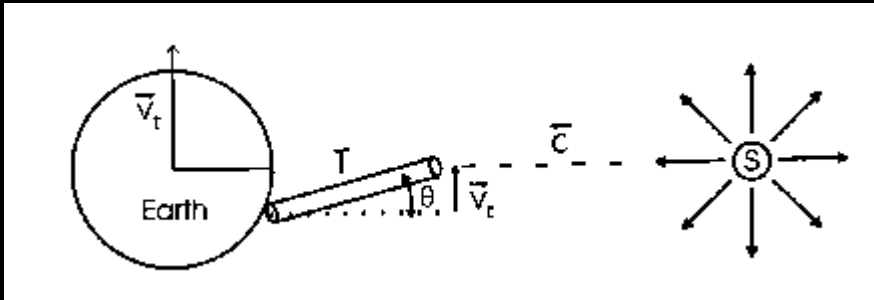
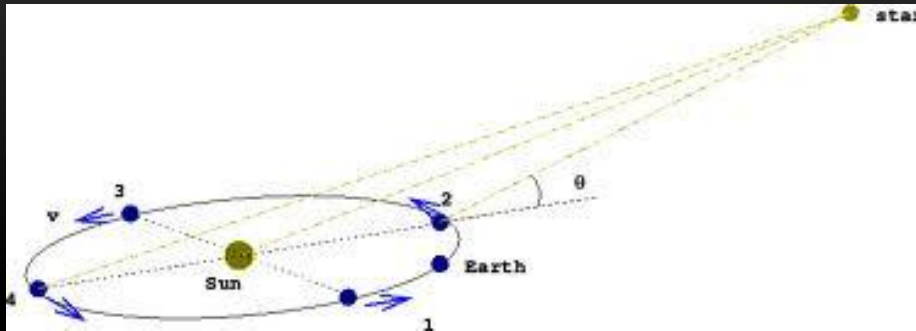
- Džon Bredli, 1726. godine, otkrio i objasnio pojavu prividnog pomeranja zvezda u pravcu Zemljinog kretanja oko Sunca.



Otkrio je aberaciju posmatranjem zvezde γ Dra teleskopom sa velikom žižnom daljinom.

- Promenu položaja objasnio je time što svetlost dolazi ogromnom brzinom ali ne i beskonačno velikom u odnosu na revoluciju Zemlje.



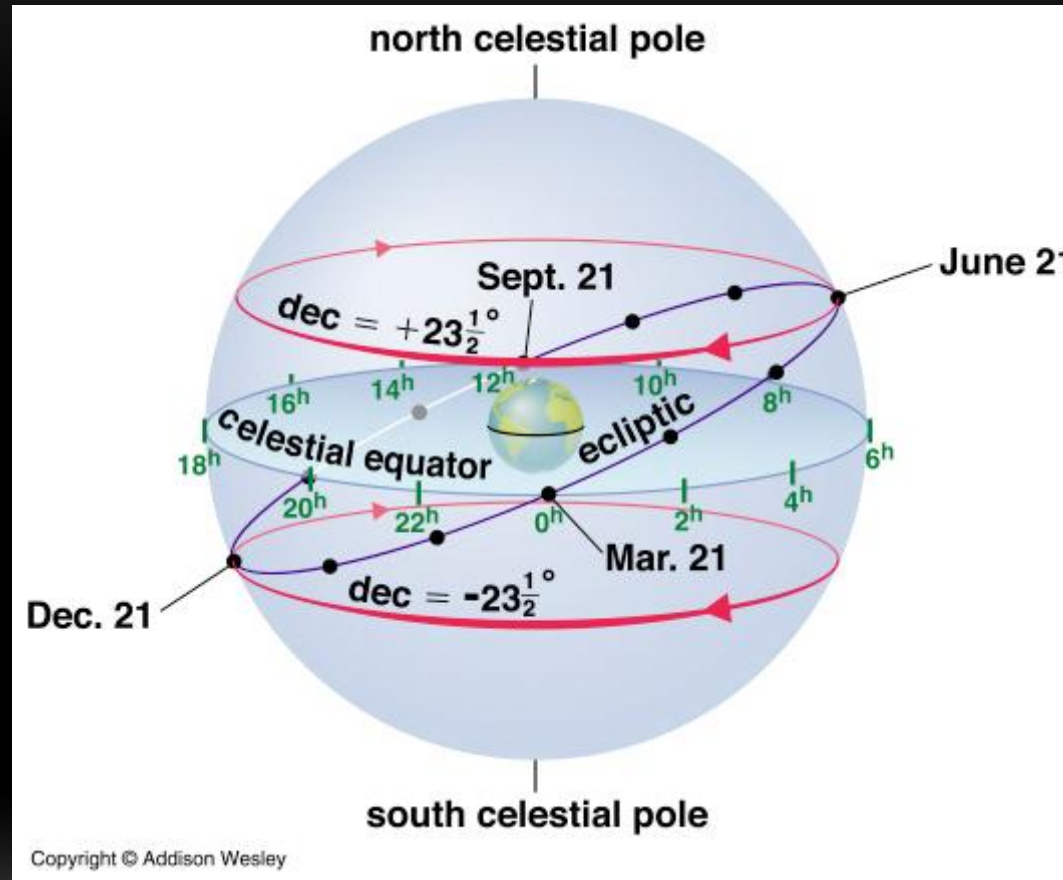


- Dok svetlosni zrak od zvezde prođe kroz cev teleskopa, on se zajedno sa Zemljom pomakne.
- Ugao između prividog i stvarnog pravca ka datoj zvezdi naziva se aberacioni ugao ili aberacija.
- Zavisi od položaja zvezda u odnosu na ekliptiku.
- Sto je bliža ravni ekliptike, manja aberacija i vice versa.
- Najveću vrednost maju zvezde koje se nalaze u pravcu normalnom na ravan ekliptike – aberaciona konstanta.

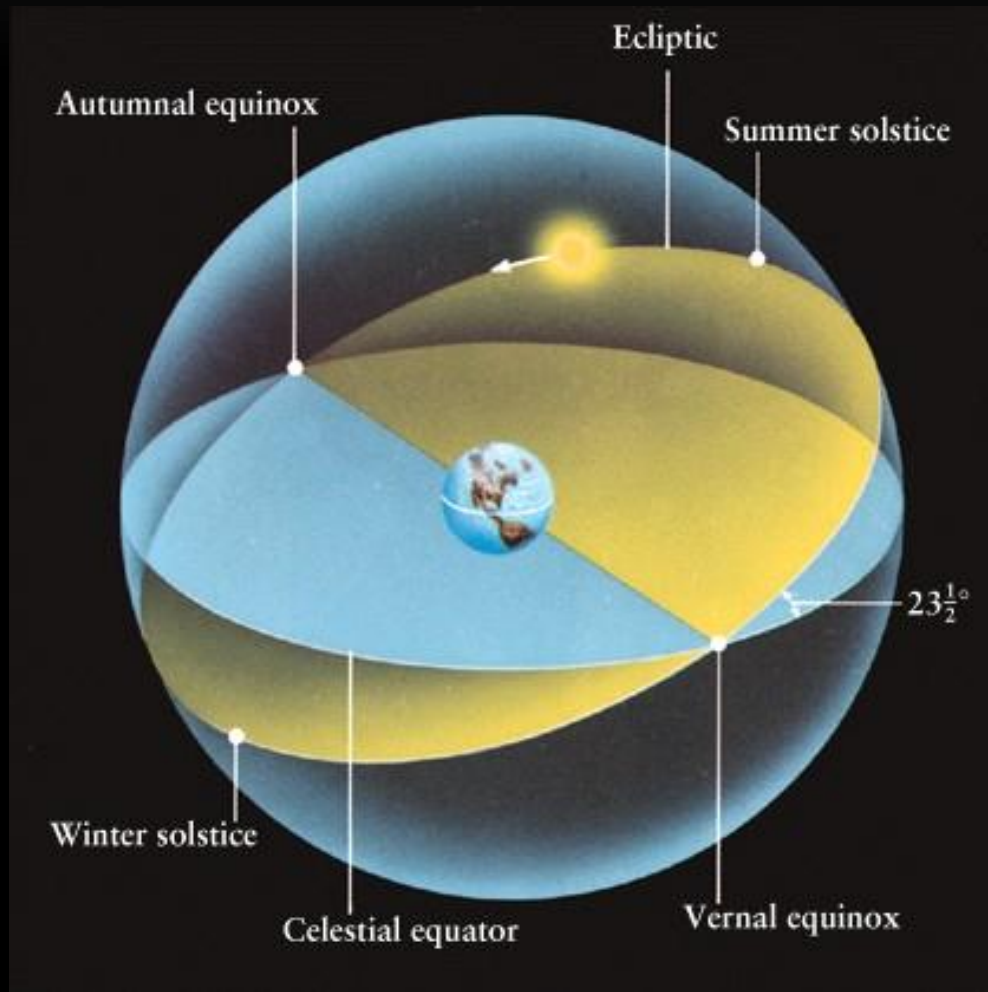
POSLEDICE ZEMLJINE REVOLUCIJE

Prividno godišnje kretanje Sunca

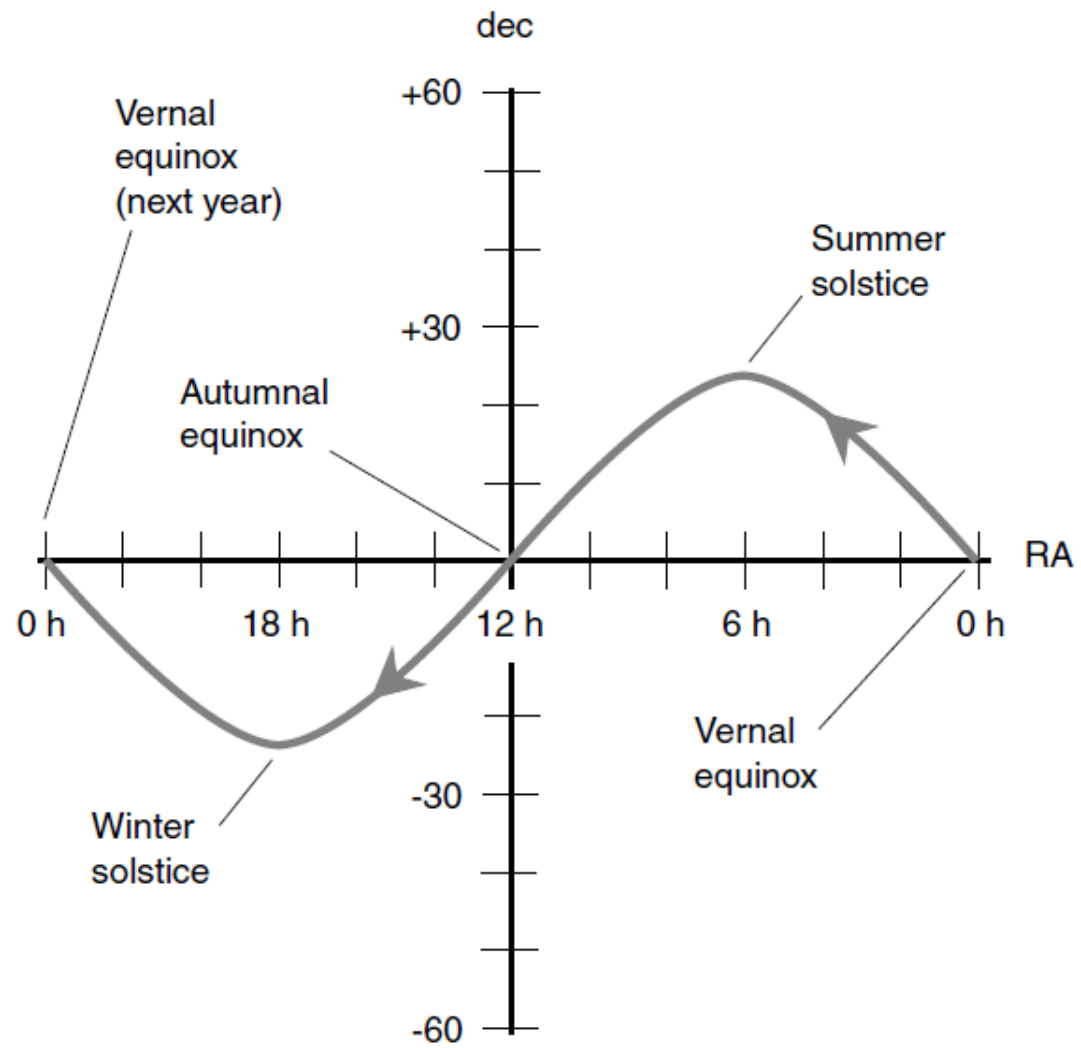
- Deklinacija Sunca se u toku godine menja u rasponu od $23^{\circ}27' \leq \delta \leq -23^{\circ}27'$.
- Najveću vrednost $23^{\circ}27'$ dostiže za vreme letnjeg solsticijuma 21. juna a najmanju za vreme zimskog solsticijuma 22. decembra.
- Dva puta godišnje deklinacija sunca je 0. To su Ravnodbnevnice.



- Putanja sunca u odnosu na zvezde na nebeskoj sferi tokom godine naziva se ekliptika.
- Leži u ravni zvanoj ravan ekliptike, koja je nagnuta 23.5° u odnosu na ravan nebeskog ekvatora.

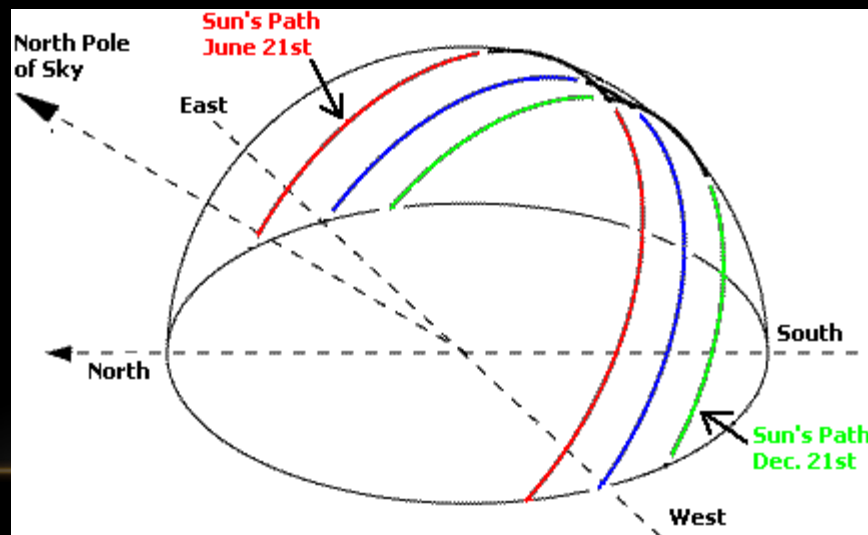


Ekliptika preseca nebeski ekvator u ekvinocijumskim tačkama.



PRIVIDNE DNEVNE PUTANJE SUNCA NAD RAVNI HORIZONTA TOKOM GODINE

- U toku godišnjeg prividnog obrtanja oko Zemlje Sunce na nebeskoj polulopti ne prelazi $\pm 23^{\circ}26'29''$. Granične paralele tog pojasa su severni i južni nebeski povratnik.
- <http://astro.unl.edu/naap/motion3/animations/sunmotions.html>



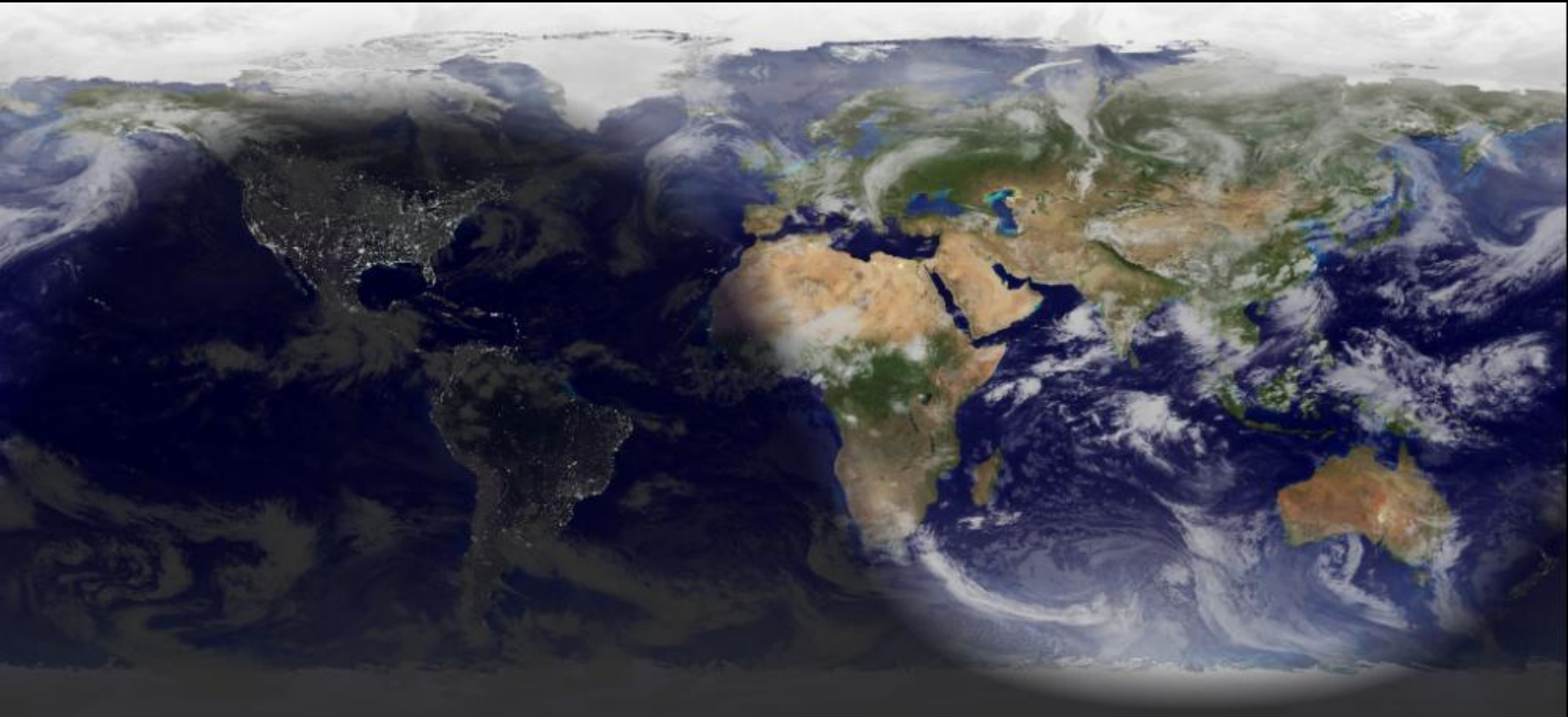
PROMENE POLOŽAJA TERMINATORA

- Zemljina osa na svom putu oko Sunca ostaje paralelna svakom svom prethodnom položaju. Zato se dužina dana i noći na Zemlji svakodnevno menja.
- Prolećni i jesenji ekvinocijumi
- Letni i zmski solsticijumi.

- Dva puta u toku godine deklinacija Sunca $\delta=0$, leži u ravni u ekvatora. Tada ravan terminatora pada na Zemljinu rotacionu osu, prolazi kroz geografske polove . Na Zemlji se izjednačava dan i noć. To su prolećna (21. mart) i jesenja (23 septembar) ravnodnevica.



- Maksimalna vrednost deklinacije Sunca je $\delta=23^{\circ} 27'$, i dostiže je za vreme letnjeg solsticijuma (21. jun).
- Severni geografski pol je na dnevnoj polulopti i najsevernija tačka terminatora pada na severni geografski polarnik $\varphi=66^{\circ} 33'$.



- Minimlna vrednost deklinacije Sunca je $\delta = -23^\circ 27'$, i dostiže je za vreme zimskog solsticijuma (22. decembar).
- Severni geografski pol je na noćnoj polulopti i najsevernija tačka terminatora pada na južni geografski polarnik $\varphi = 66^\circ 33'$.

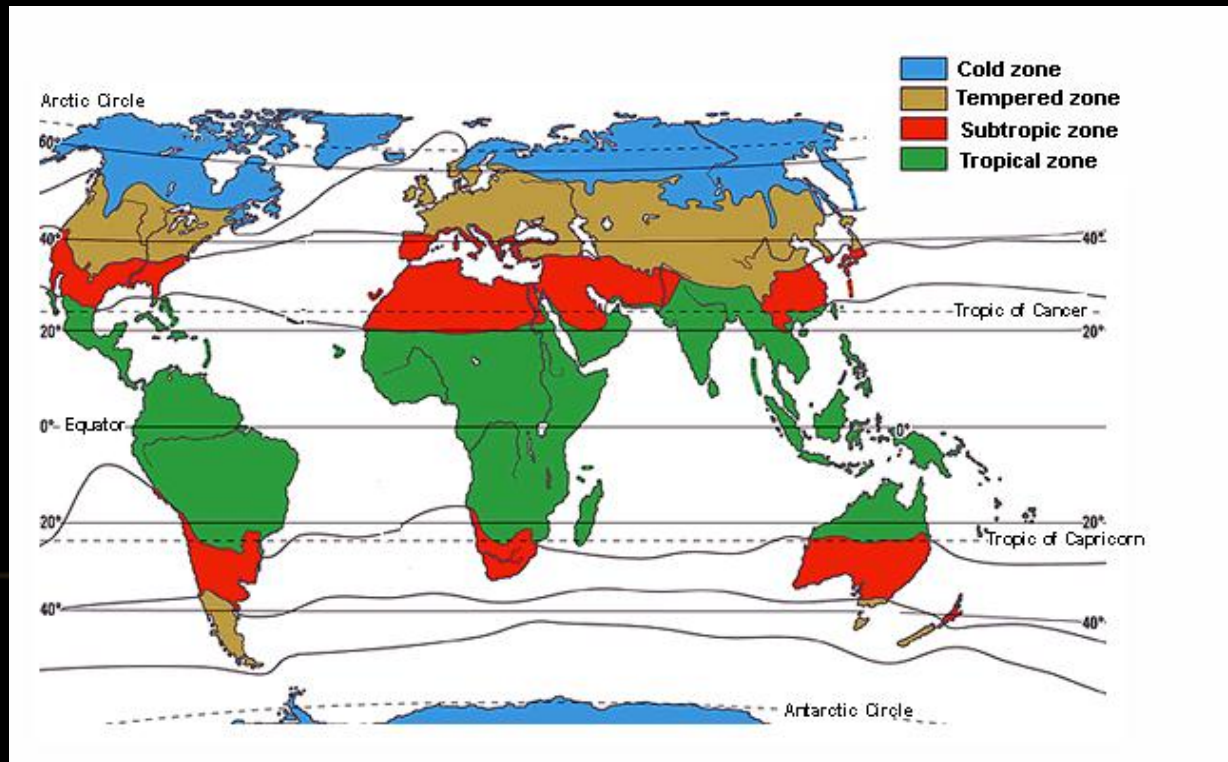


SVETLOSNO –TOPLLOTNI POJASEVI NA ZEMLJI

- Na osnovu osobenosti kretanja Sunca nad horizontom tokom godine izdvajaju se karakteristične geografske paralele koje leže nad nebeskim paralelama vezanim za godišnje kretanje Sunca.
- To su paralele određene položajima terminatora i centrima osvetljenja tokom godine.

TROPSKI POJAS

- Ograničen je severnim i južnim povratnikom (+/-23° 27'), deli ga ekvator. Širinski se prostire 46° 54'.
- Sunce je dva puta godišnje u zenitu $\delta = \varphi$, udaljavanjem od ekvatora skraćuje se vremenski razmak između datuma kada sunce prolazi kroz zenit.
- Nad povratnicima, Sunce je u zenitu za vreme solsticijuma.
- Mala je razlika u dužini dana i noći.



UMERENI POJASEVI

- Ograničeni su povratnikom i polarnikom. Širinski se pružaju $43^{\circ} 06'$ i zahvataju 52% Zemljine lopte.
- Sunce nikad nije u zenitu, jer je uvek $\varphi > \delta$. Razlika između dužine dana i noći povećava se idući ka polarnicima.



POLARNI POJASEVI

- Sferne kalote, sfernog radijusa $r=23\ 27$ sa polarnicima kao osnovama. Zauzimaju 8% Zemljine lopte.
- Javljaju se polarni dan i polarna noć. Kada je $\delta > 90 - \varphi$ i Sunce je istog predznaka kao i φ traje polarni dan i Sunce ne zalazi ispod horizonta. Kada je $\delta < 90 - \varphi$ i Sunce je različitog predznaka kao i φ traje polarna noć i Sunce ne izlazi iznad horizonta.

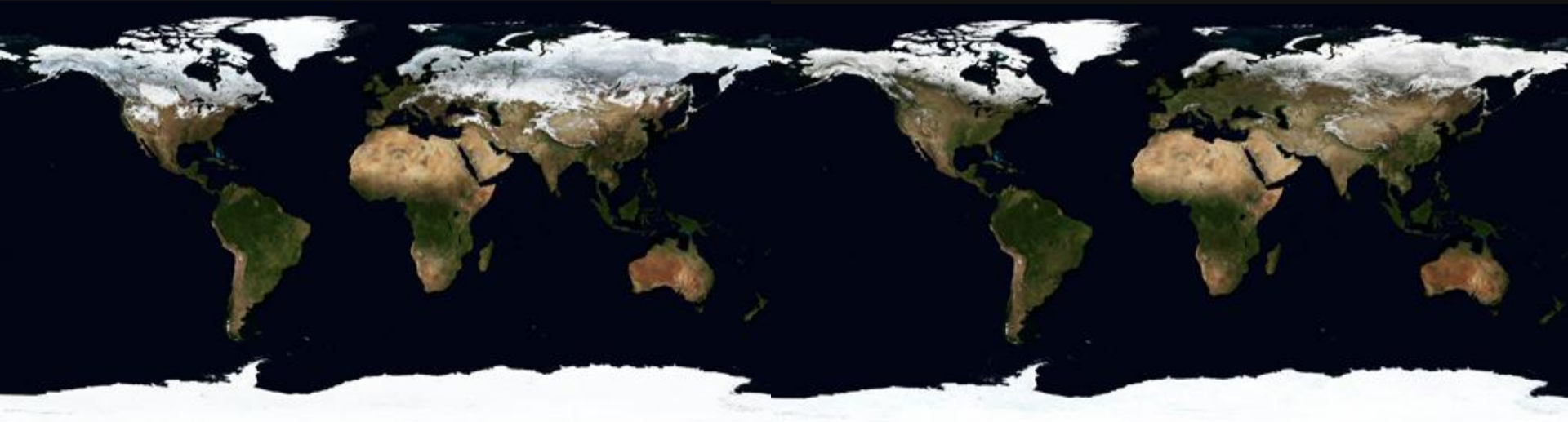


SMENA GODIŠNJIH DOBA

- Osnovna posledica Zemljine revolucije.

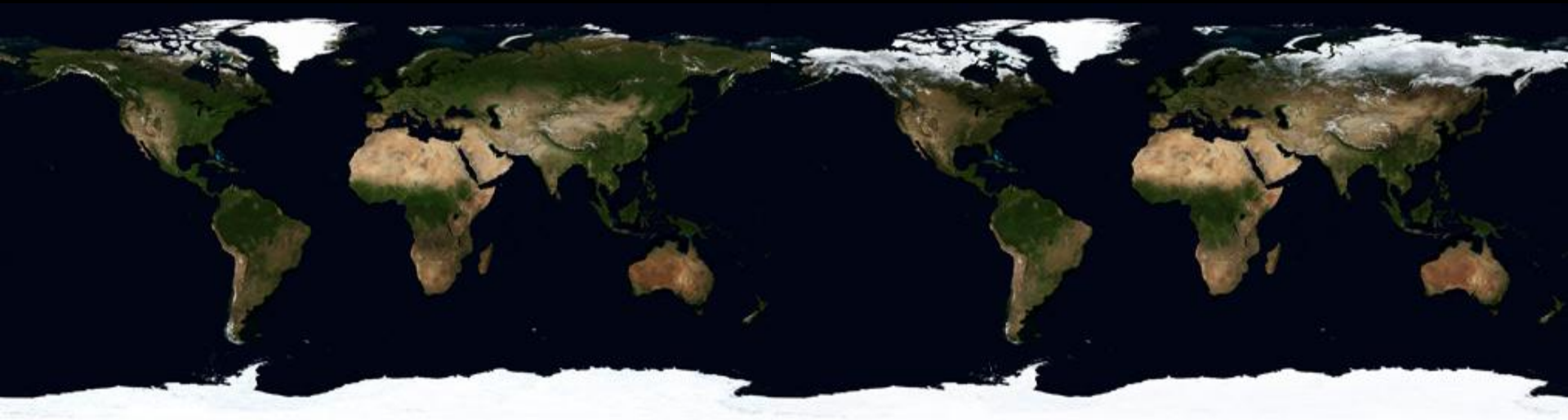
December

March

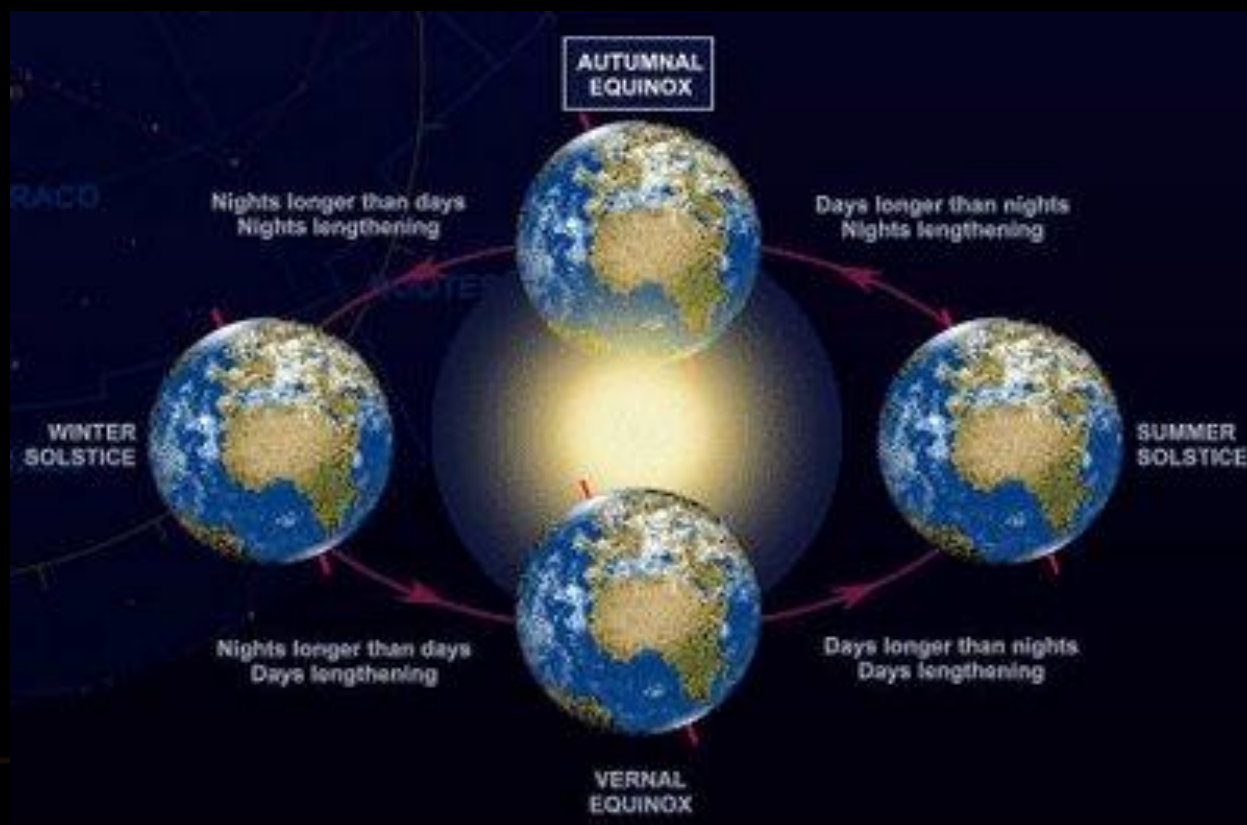


June

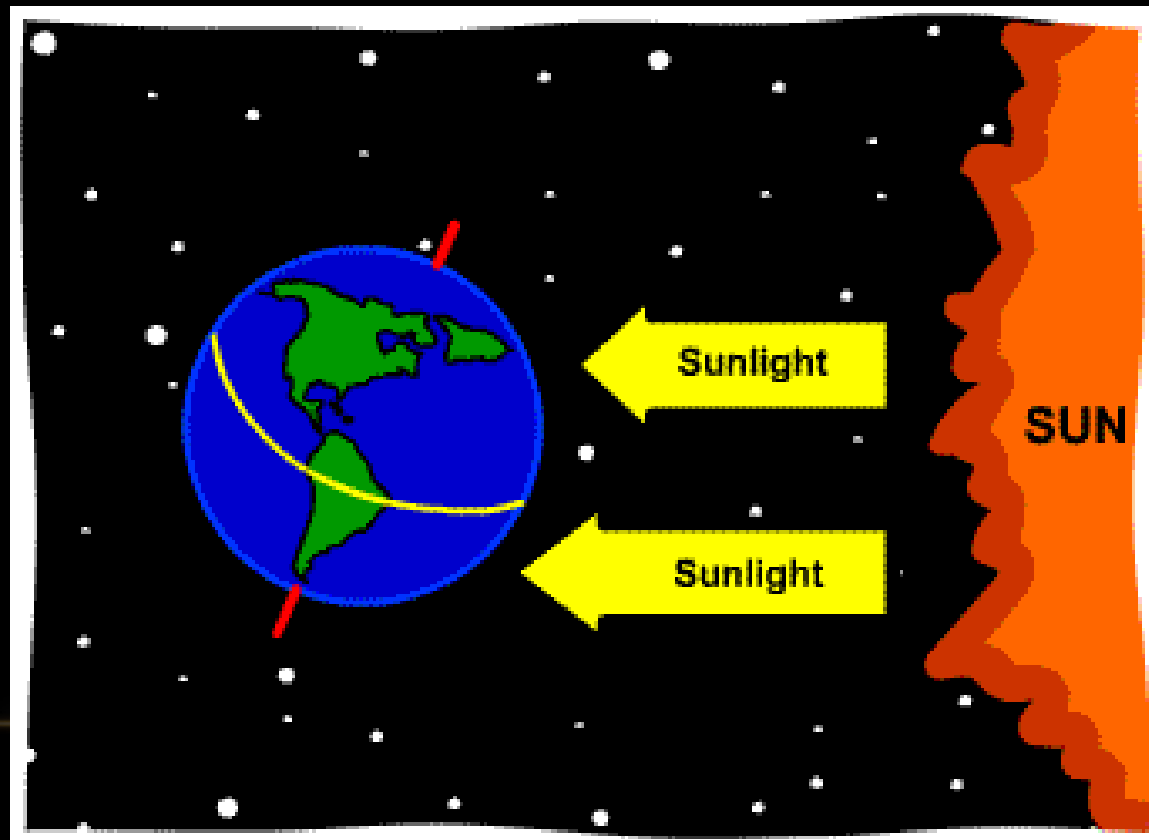
September



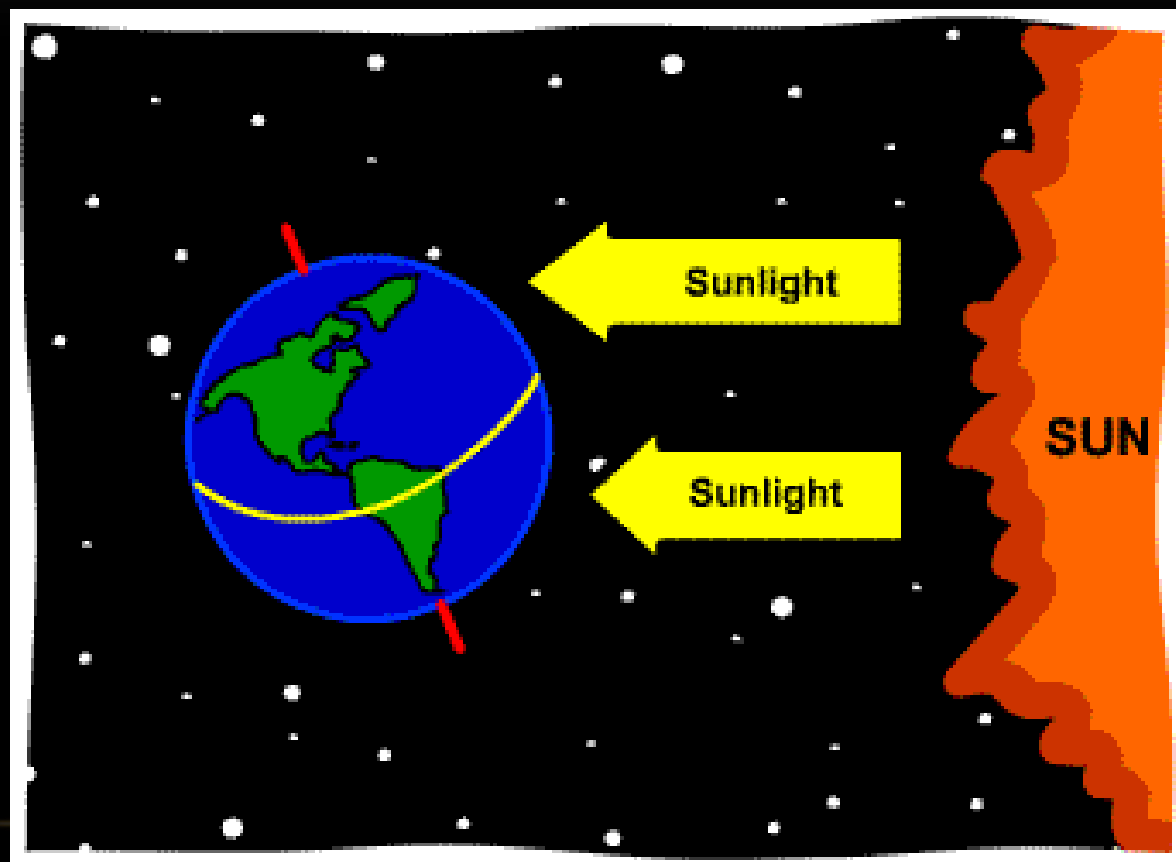
- Nagib Zemljine ose rotacije iznosi 23.5 stepeni – uvek je nagnuta ka zvezi Severnjači dok Zemlja kruži oko Sunca.
- Zahvaljujući nagibu severna i južna hemisfera naizmenično dobijaju manju ili veću količinu Sunčeve svetlosti tokom godine.



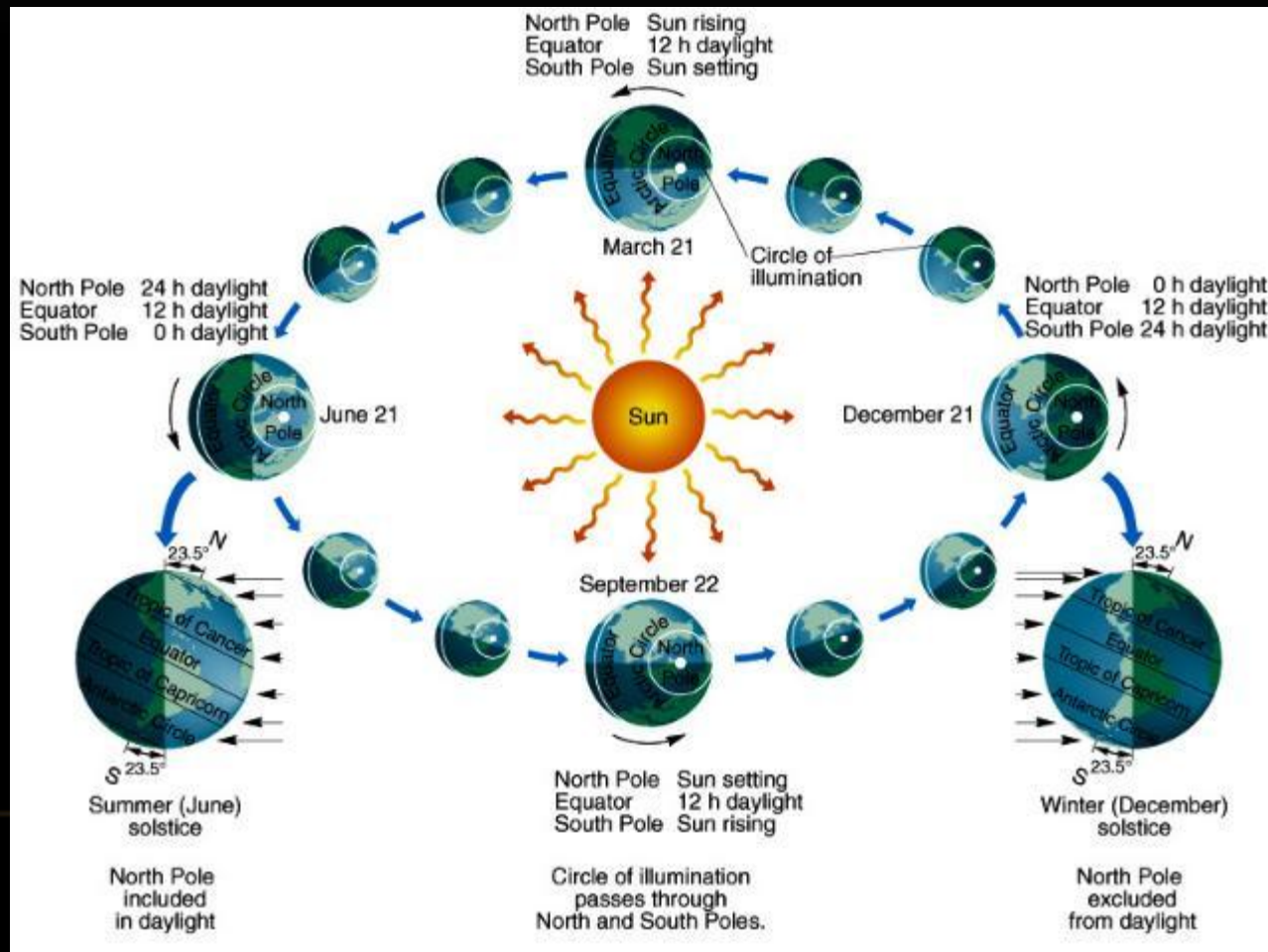
- Za vreme letnjeg solsticijuma (21.VI) Zemlja je Severnim polom nagnuta ka Suncu, severna hemisfera je na dnevnoj polulopti. Sunčevi zraci padaju pod najvećim uglom na ravan horizonta, dan je najduži, počinje leto.



- Za vreme zimskog solsticijuma (22.XII) Zemlja je Severnim polom nagnuta od Suncu, severna hemisfera je na noćnoj polulopti. Sunčevi zraci padaju pod najmanjim uglom na ravan horizonta, dan je najkraći, počinje zima.



- Za vreme ekvinocijuma traje neko srednje stanje. Za vreme prolećnog ekvinocijuma (21. III) na severnoj hemisferi počinje proleće, a na južnoj jesen.



GODIŠNJA DOBA NISU ISTE DUŽINE

Na Severnoj hemisferi:

1. Proleće 92, 8 dana
2. Leto 93,6
3. Jesen 89,8
4. Zima 89,0

