

(ASTRO)FIZIKA U UČIONICI: DA ILI NE

Milan Milošević

Department za fiziku,
Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Nišu

Naučni klub Niš, 13. mart 2023

ŠTA OVO PREDAVANJE (NI)JE?

- 90+ slajdova 😞
- Nema „teorije“
- Ne radimo vežbe
- Mnogo ideja, nadam se 😊



Najvažniji link: www.mmilan.com
(tu će biti prezentacija, sa svim linkovima) 😊

ASTRONOMIJA PROUČAVA

- Prividne i prave položaje i kretanja kosmičkih objekata, njihove oblike i veličine
- Građu, hemijski sastav, karakteristike kosmičkih objekata i pojave na njima
- Nastanak i evoluciju kosmičkih objekata i cele Vasionne (kosmogonija i kosmologija)

Astronomija - najstarija prirodna nauka.
Ἀστρον - sazveđe, zvezda, *νόμος* - zakon.



ASTROFIZIKA

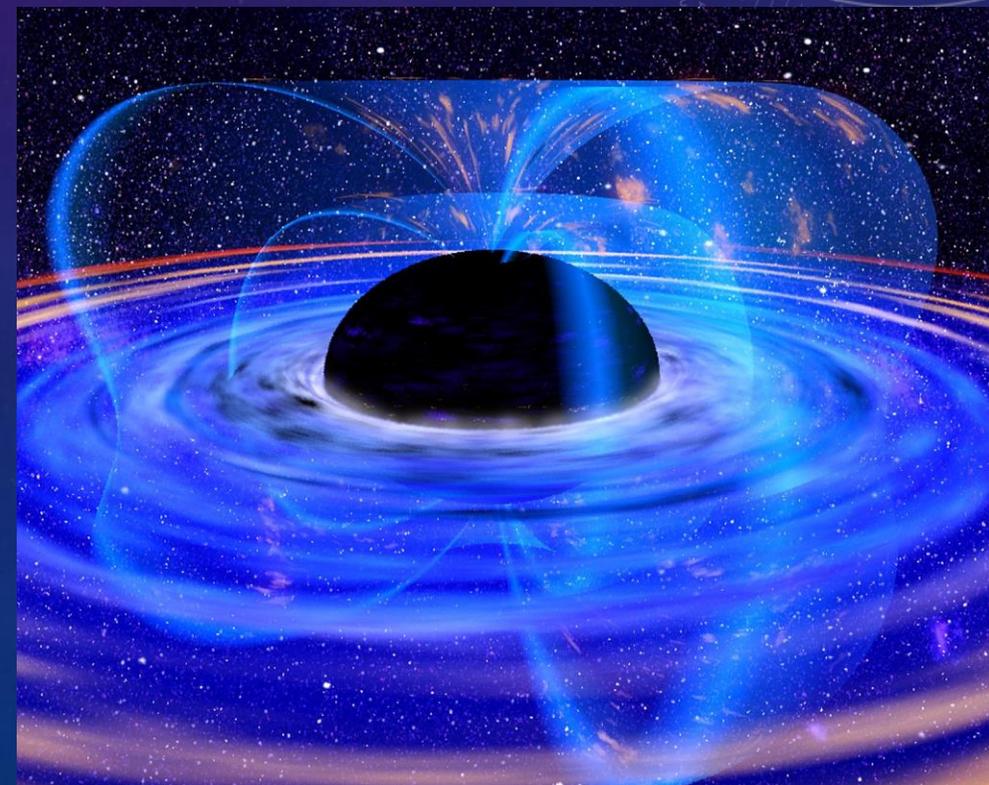
- Astronomija – jedna od najstarijih (najstarija?) prirodnih nauka
- Astrofizika – „mlađa sestra“ astronomije (tj. novija oblast astronomije)
 - Izuzetno brz razvoj, naročito početak XXI veka
- Najveći doprinos razvoju astrofizike
 - Razvoj tehnologije i novih posmatračkih tehnika



<https://earthhow.com/what-is-astronomy/>

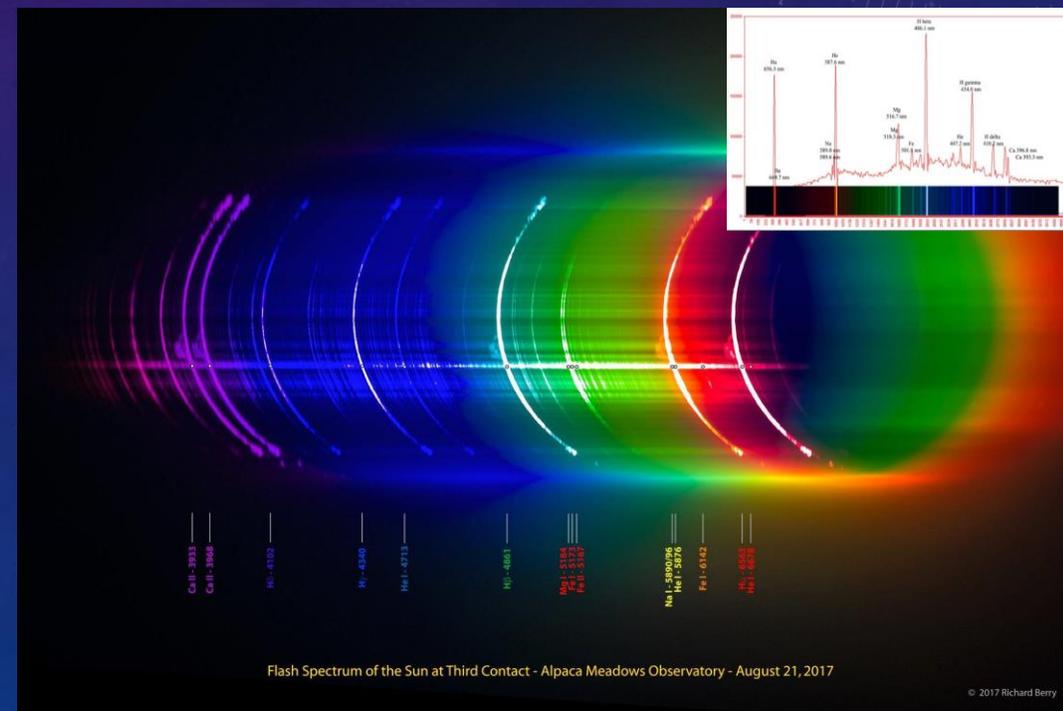
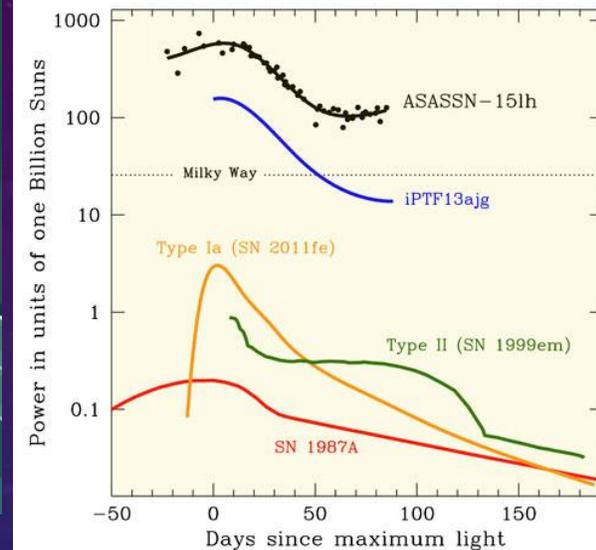
ASTRONOMIJA/ASTROFIZIKA

- Posmatračke nauke
 - (najčešće) nisu eksperimentalne
 - Neke oblasti – potpuno eksperimentalne, ali to je više fizika (npr. potraga za tamnom materijom)
- „Domaći“ naziv – praktična astrofizika
- **Praktična astrofizika** - bavi se izučavanjem instrumenata, metodama posmatranja i načinom obrade posmatračkih podataka koji se dobijaju u istraživanjima fizičkih osobina nebeskih tela.
- Prikupljanje podataka – jedan od najvažnijih elemenata istraživanja
 - Astronomiji – posmatranje jedini način
 - Ne možemo da utičemo na fizičke procese na nebeskim telima
- Metode prikupljanja podataka u astronomiji **značajno se razlikuju** od drugih nauka.
 - Fizika – ponavlja eksperiment, kontrolišu uslovi
- Posmatrač – ne može da utiče na proces



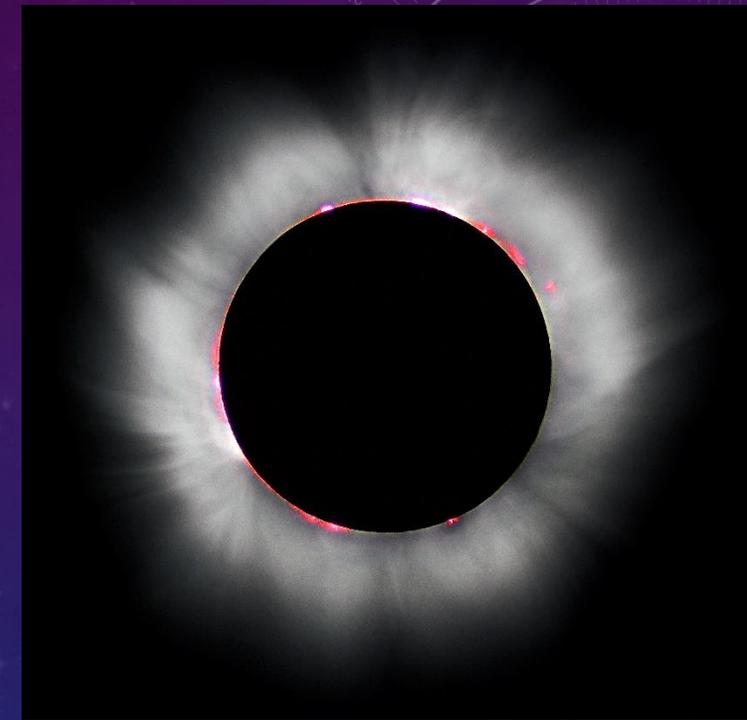
PRAKTIČNA ASTROFIZIKA

- Posmatrač **nije u mogućnosti** da:
 - promeni uslove pod kojima posmatrana pojava nastaje,
 - da posmatranje pojave ponovi koliko puta želi.
- Uslovi pod kojima se ta pojava odigrala u međuvremenu mogu se **promeniti** nezavisno od njegove volje.
- Astronom najčešće **nema ni informaciju** o tome pod kojim uslovima se posmatrana pojava odigrala
- Posmatrač stalno mora biti svestan toga da u jednom trenutku neizmereni podatak ostaje **zauvek izgubljen**.
- Neki primeri:
 - posmatranje eruptivnih zvezda (nove i supernove)
 - Fleš spektar za vreme totalnog pomračenja Sunca



PROCES SAZNANJA

- Postoji specifičnost i u **procesu saznanja naučne istine**
 - Fizičar – nakon izvršenog eksperimenta/merenja traži uzrok posmatrane pojave
 - Astrofizičar – isti pristup možda odvede do pogrešnog zaključka
- Redosled izučavanja:
 1. Posmatranje
 2. Otkrivanje drugih pojava
 3. Teorijsko objašnjenje
- Proces realizuje na dva načina
 - **1. način:** korišćenjem već **poznatih posmatračkih podataka sastavi model**; rezultati modela/simulacije **predviđaju neke fizičke osobine** posmatranog objekta ili fizičkih procesa na njemu; ako posmatranja ne potvrđuju te predviđene osobine, model (hipoteza) se odbacuje ili se koriguje (metoda probe i grešaka).
 - **2. način:** određuju se **slobodni fizičkih parametri modela** posmatranog objekta, koji su u modelu međusobno povezani poznatim fizičkim zakonitostima; pri tome se **slobodni parametri modela menjaju** se sve dok se izračunate vrednosti iz modela i posmatrane veličine ne slažu međusobno u unapred zadatim granicama tačnosti (metoda obrnutog zadatka)



PROCES SAZNANJA

- Oba načina – provera zasniva na posmatračkim podacima!
- Izuzetno važno sakupljanje što više i što preciznijih posmatračkih podataka
- Neophodna tačna obrada i analiza
- Velike međunarodne kolaboracije, baze podataka itd.



TO JE ASTRONOMIJA, ALI UČIONICA?

- **Anketa** – 50 studenata „astrobiologije“ (ukupno 75)
- Znanje i interesovanje:
 - Interesovanje - astronomija: 7,96
 - Znanje - astronomija: 4,12
 - Interesovanje - astrobiologija: 8,20
 - Znanje - astrobiologija: 3,72
- Praktična astronomija: **7,78**
- Osnove rada sa teleskopom i astrofotografije: **8,42**
- Kosmologija: 8,22
- Evolucija zvezda: 8,04
- Crne rupe, tamna materija, tamna energija, gravitacioni talasi: 8,38
- Karakteristike teleskopa: **7,89**
- Sunce: **8,46**
- Sunčev sistem: **8,70**
- Mala tela Sunčevog sistema: 8.33
- Ekstrasolarne planete: 7.43
- Uslovi za nastanak i razvoj života u svemiru: **9,04**
- Ekstremofili: 7,83
- Vanzemaljski oblici života: 8,48
- Potraga za životom u Sunčevom sistemu: **9,07**

PRAKTIČNA ASTRONOMIJA = TELESKOP?

OTKRIĆE TELESKOPA

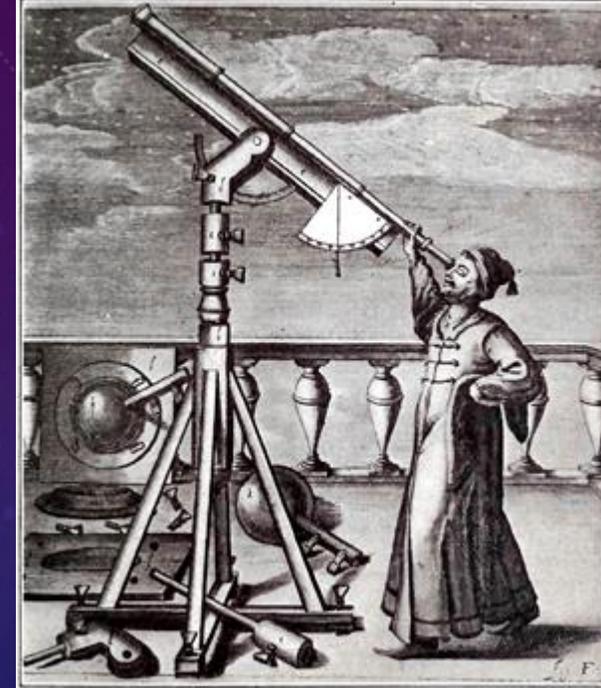
- Pouzdani podaci o upotrebi sočiva za poboljšanje vida nalaze se u XIII veku. Kao pronalazač naočara označava se italijanskom optičaru i fizičaru **Armatiju**.
- Engleski astronom (i astrolog), fizičar i hemičar **Rodžer Bekon** (1212-1294) nagovestio je da se *“korišćenjem cevi sa sočivima ili pomoću ogledala mogu ‘približiti’ udaljeni predmeti i predeli”*.
- On, ipak, nije pronašao teleskop. Postoje i crteži **Leonarda da Vinčija** (1452-1519), na kojima se vide cevi sa sabirnim sočivima.



Holandski „teleskop“, 1624

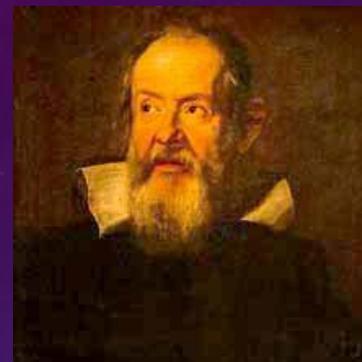
OTKRIĆE TELESKOPA

- Sa pronalaskom durbina dovodi se u vezu i **Frankastoro** (1483-1553).
- On navodi (1538. g.) da Mesec izgleda mnogo bliže kada se gleda kroz dva sočiva ili kada se gleda kroz jedno debelo sočivo.
- **Vlada potpuna nedoumica oko pronalazača teleskopa.**
- Pojavljuju se imena **Portija** (tvorac camera obscura), **Portinija** (1590).
- Javnost se sa teleskopima prvi put upoznaje u Holandiji (Milderbah) 1608. g.
- Holandski optičar **Zaharijas Jansen** prodaje durbine, ali ih, po svemu sudeći, nije sam proizvodio. Pravo patentiranja teleskopa tražili su i holandski optičari **Liperšej, Andrianson.**
- Francuski kralj Anri IV traži 1608. g. od holandskih posetilaca durbin, sa namerom da ga koristi u vojne svrhe.
- Tokom sledeće godine, **Heriot** uz pomoć durbina posmatra i crta Mesec.

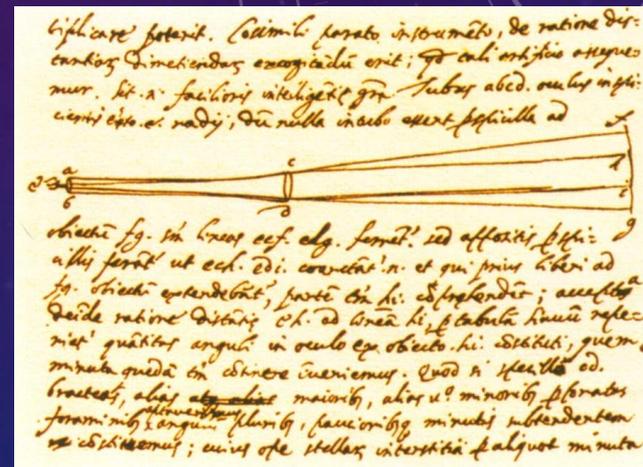


Hans Lippershey

OTKRIĆE TELESKOPA



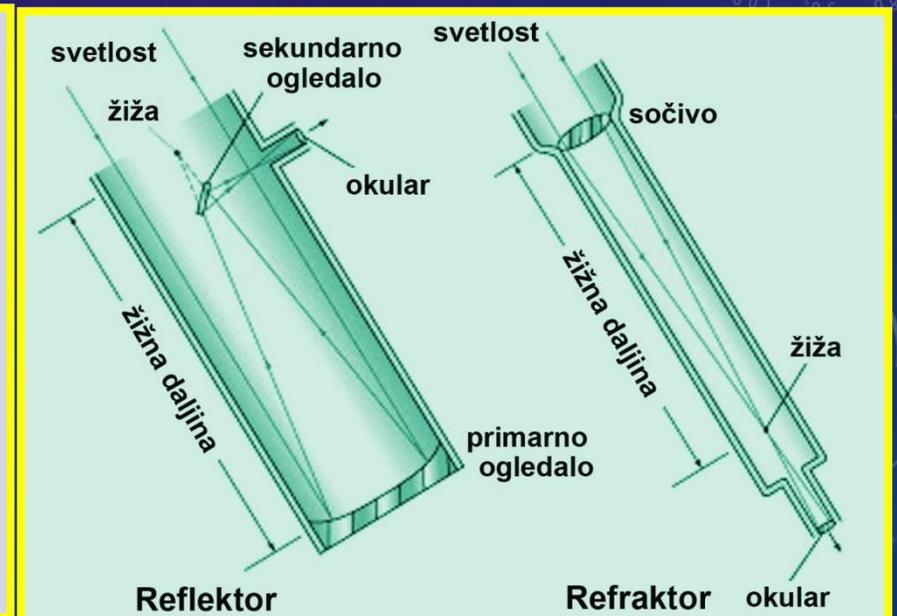
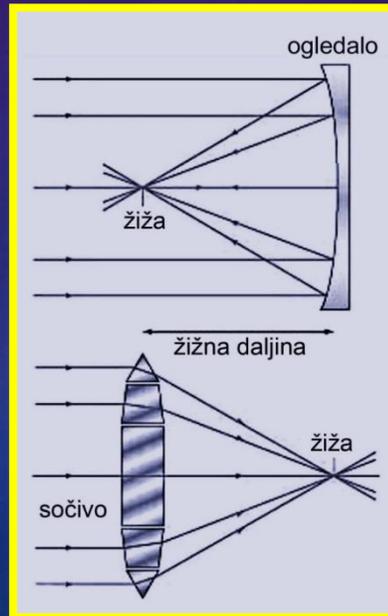
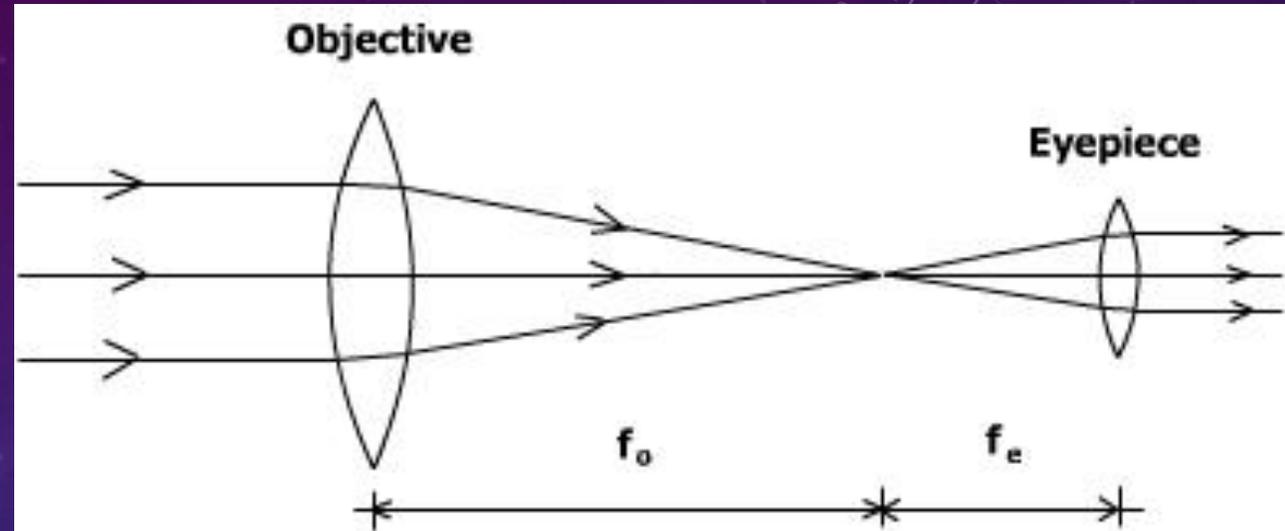
- **Galileo Galilej 1609. godine saznaje da se u Parizu prodaju durbini. Na osnovu opisa nije mu bilo teško da napravi nekoliko teleskopa.**
- Pomoću njih 1610. otkriva Venerine mene, Jupiterove satelite, planine na Meseću, zvezde u Mlečnom Putu, itd.
- U to vreme durbine u nebo upiru i drugi astronomi, a Majer, Fabricije, Peresk, Heriot osporavaju Galileju prvenstvo nekih otkrića.



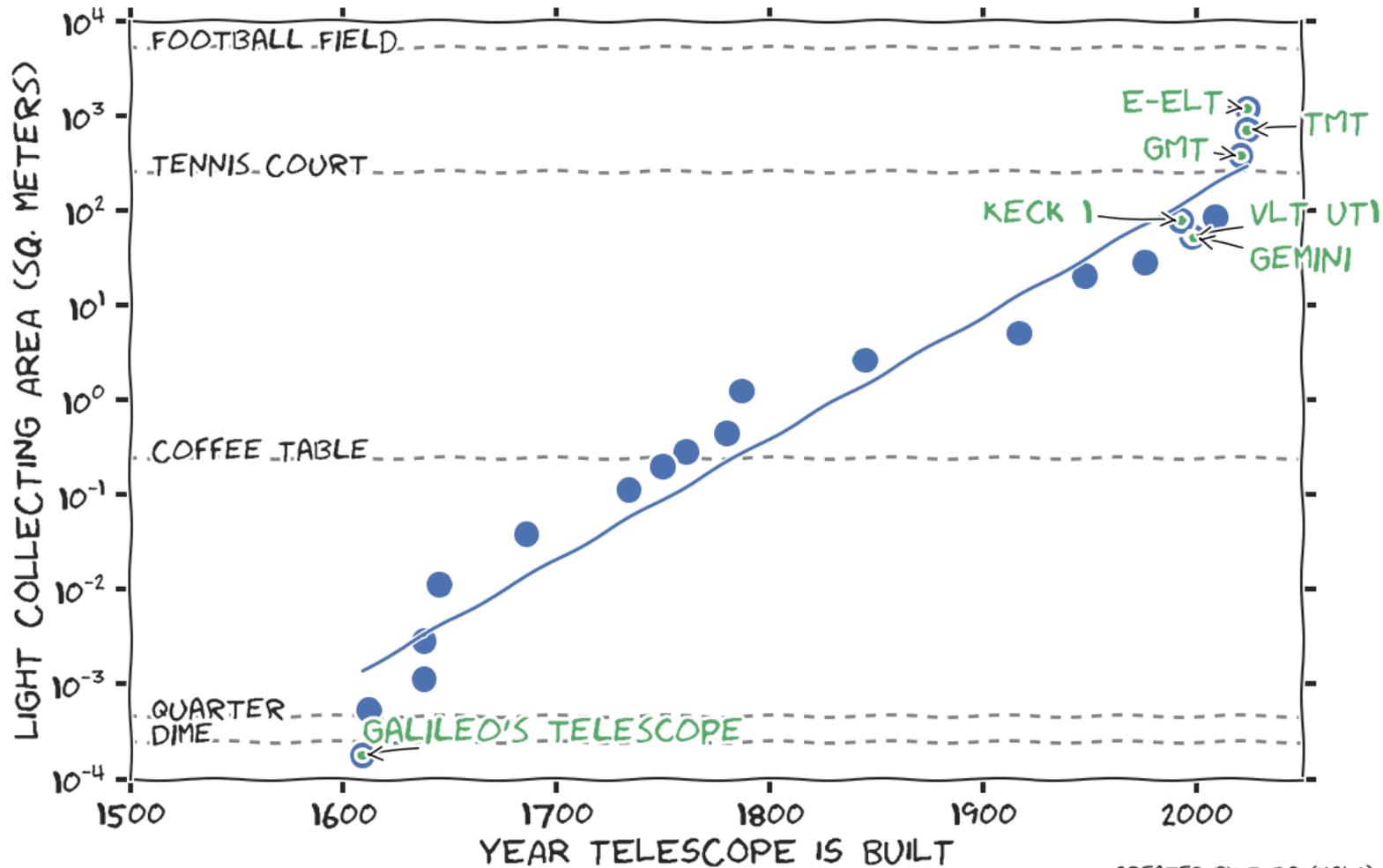
Jedan od prvih Galilejevih teleskopa

ELEMENTI TELESKOPA

- Osnovni optički deo svakog teleskopa je **objektiv**.
- Treba da sakupi što više svetlosti i da omogući posmatranje objekta pod većim uglom.
- Zavisno od toga da li je objektiv sočivo (sistem sočiva) ili ogledalo (kombinacija ogledala) **optički teleskopi dele se na:**
 - Refraktore (sočivo),
 - Reflektore (ogledalo),
 - Katadioptričke (ogledalo i sočivo).



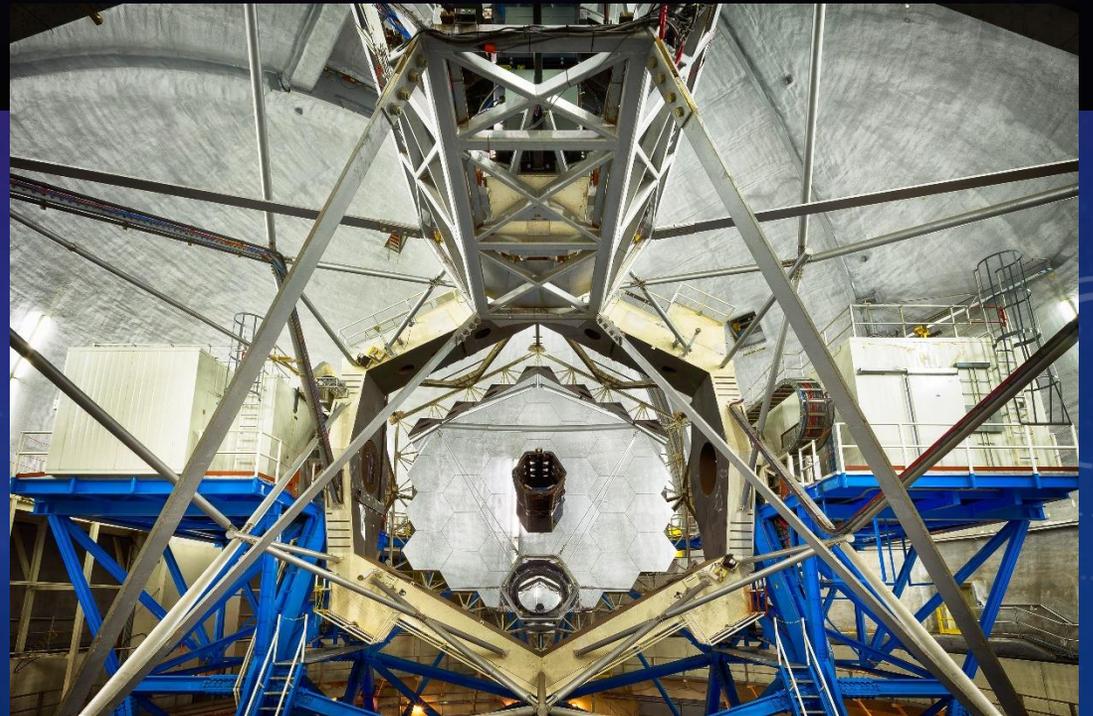
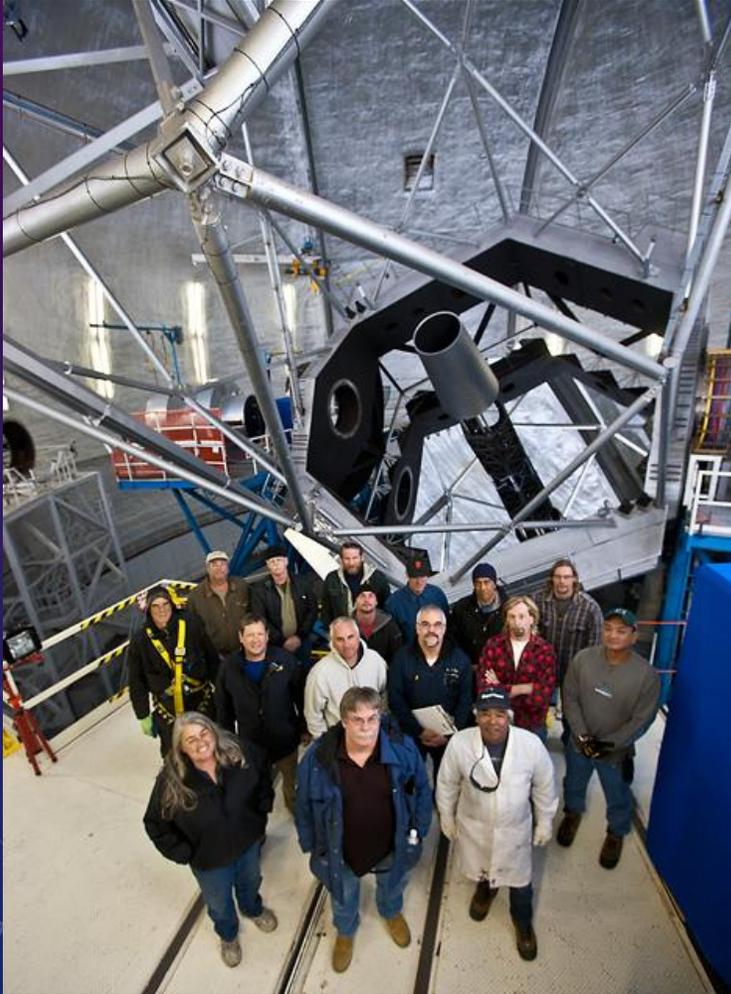
KRATKA ISTORIJA TELESKOPA - OBJEKTIVA



CREATED BY T. DO (UCLA)

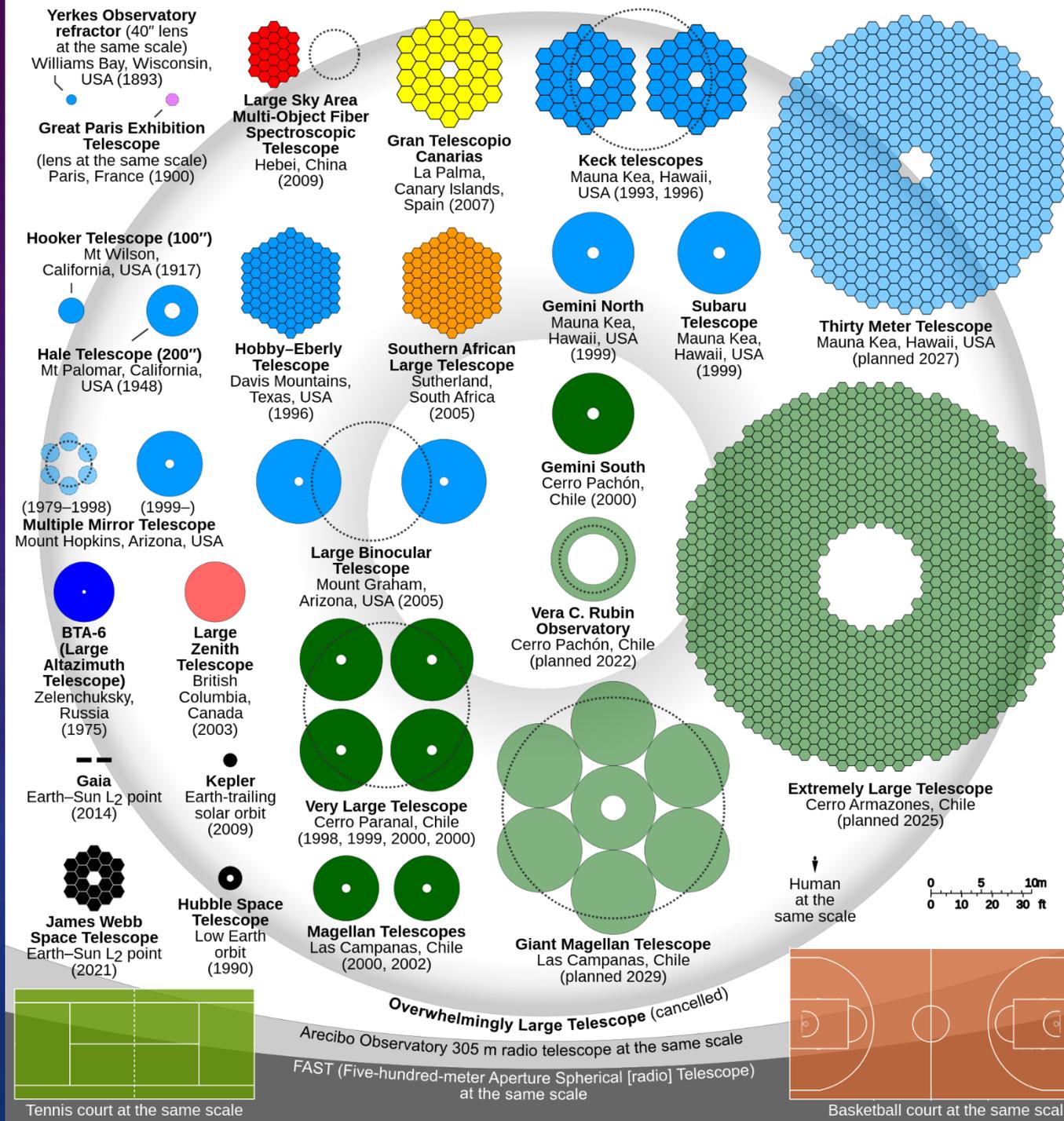
- 1,5 – 3,8 cm – Galileo (1609 – 1620)
- 3,3 cm – Njutnov refraktor (1668)
- 50 cm – najveći na svetu (1750)
- 1,83 cm – najveći (1845)
- 2,54 m – Hukerov teleskop (1917), najveći na svetu (E. Habl, F. Cviki)
- 5,08 m – Hejlov teleskop (1948)
- 2,4 m – HST (1990)
- 10 m - Keck 1 (1993)

KECK



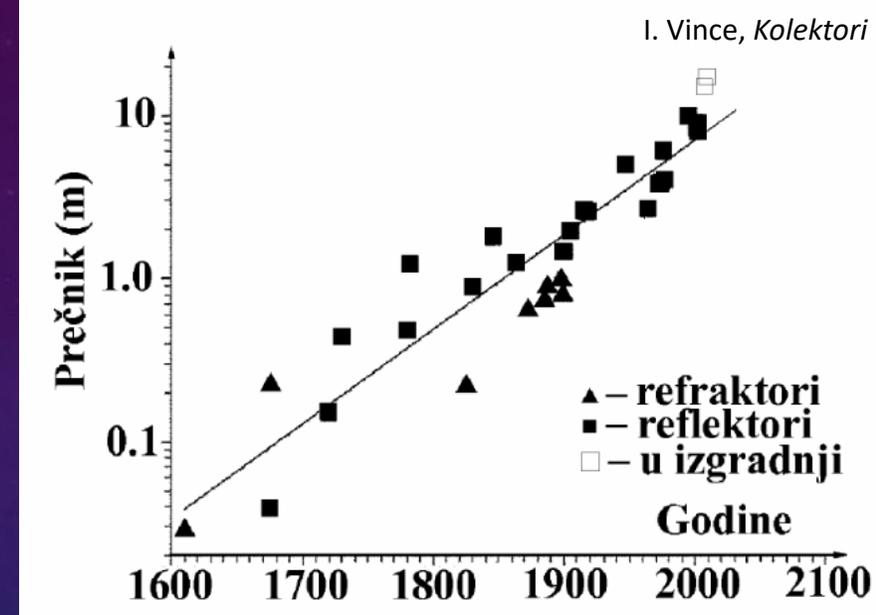
U PLANU (REFLEKTORI)

- ELT (Extremely Large Telescope)
 - Prvo ime E-ELT (European...)
 - Skraćeno 2017. god
 - ESO, 39.3 m (4.2 m sekundarno ogledalo)
 - 798 ogledala (šestougao nih), po 1.4 m (debljina 50 mm)
 - Atmosfera ekstrasolarnih planeta
 - First light: 2027 (plan)
- OWL (OverWhelmingly Large Telescope)
 - ESO (European Southern Observatory)
 - Prečnik 100 m
 - 2000 segmenata, od po 2,2 m
 - Do +38 mag! (1500 puta bolje nego HST)
 - Predložen 1998. godine
 - Tehnologija očekivana za 2010-15. god
 - Cena 1,5 milijardi \$\$\$
 - Napuštena ideja u korist ELT



REFRAKTORI (KRAJ?)

- Toku istorije uglavnom su bili manji reflektora
 - **Izuzetak – Hajgensov teleskop**, kraj 17. veka
- Bili su konkurenti do početka 20. veka
- Najveći refraktor, **Yerks opservatorija** (1897), 1,02 m
 - Žižna daljina 19,4 metara
 - Opservatorija zatvorena za javnost 1. oktobra 2018. godine
- Great Paris Exhibition Telescope (1900)
 - Prečnik, 1,25 m; žižna daljina 57 metara (čelična cev dužine 60 m)
 - najpopularniji eksponat na izložbi Paris Expo, 14. april – 1. novembar 1900)
 - **Prodaja nije uspela, uništen; čuva se sočivo u opservatoriji u Parizu**



NAJPOZNATIJI OD SVIH – HABLOV SVEMIRSKI TELESKOP

Nije najveći ali je snimio većinu najlepših i najpoznatijih fotografija svemira...





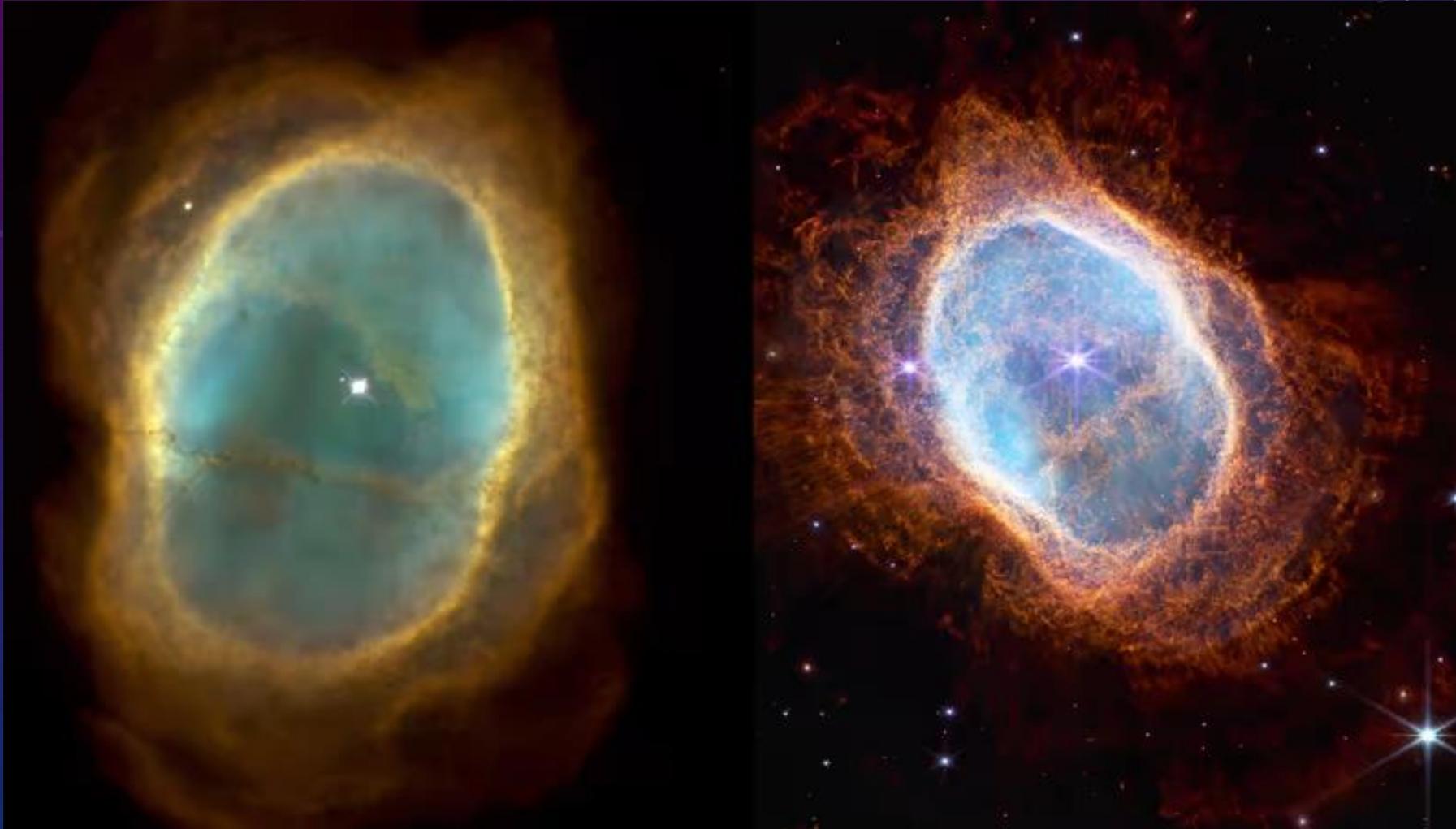
HST snimio je više od 1,5 miliona fotografija, i napisano je desetine hiljada naučnih radova

A budućnost je počela sa Džejms Veb Teleskopom...

CARINA NEBULA



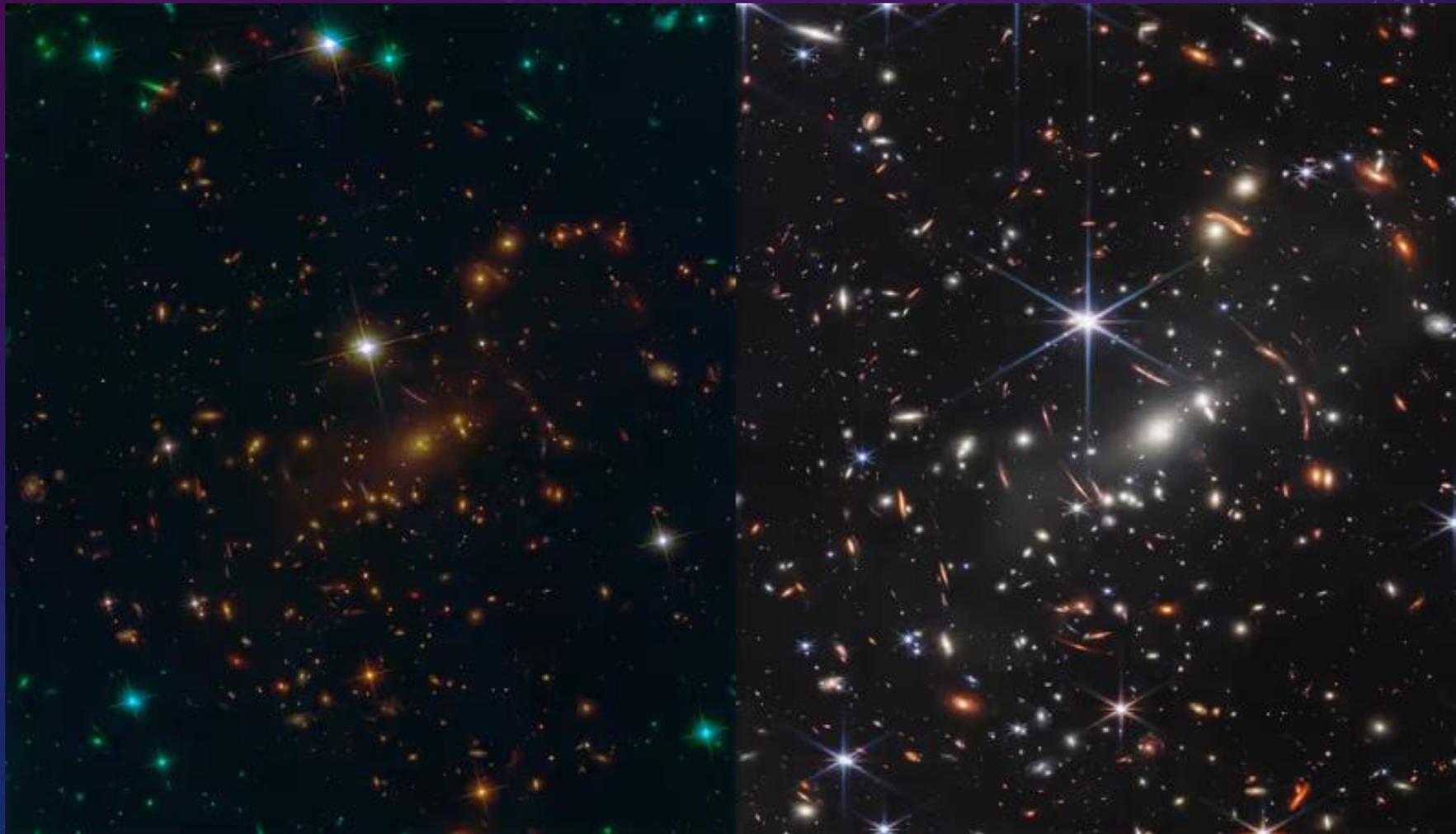
SOUTHERN RING NEBULA



STEPHAN'S QUINTET



SMACS 0723 – „DEEP FIELD“



KAKO OVO ISKORISTITI U UČIONICI?

KAKO OVO ISKORISTITI U UČIONICI? 😊

- „Istorija“ astronomije
 - Npr. merenje rastojanja, obim Zemlje, rotacija Sunca itd
 - Neki jednostavni (astro)fizički fenomeni
 - Stare tehnike – lako razumeju, simuliraju, realizuju...
- Savremena astronomija
 - Mnogo (većina?) podataka je dostupna „free“
 - Može za učenje, ali koristi se i za pisanje radova... 😊

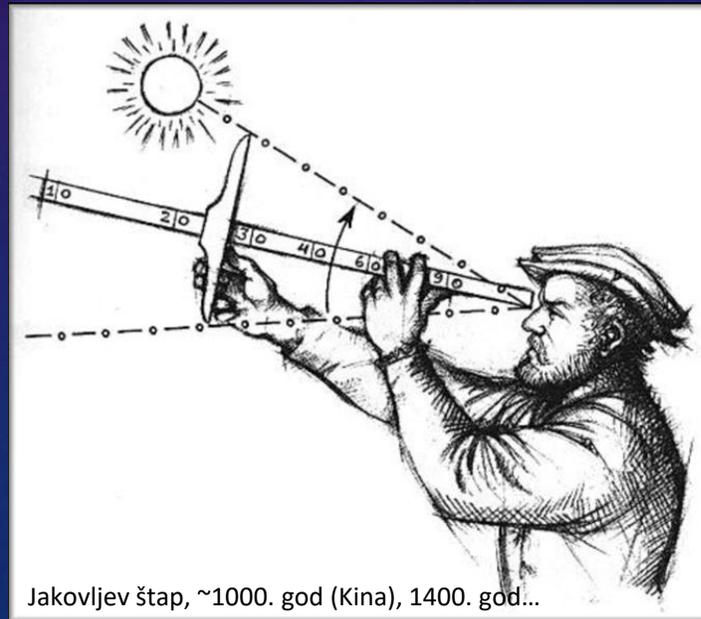
„ISTORIJA“ ASTRONOMIJE



Sekstant, 1760 i 1800+...



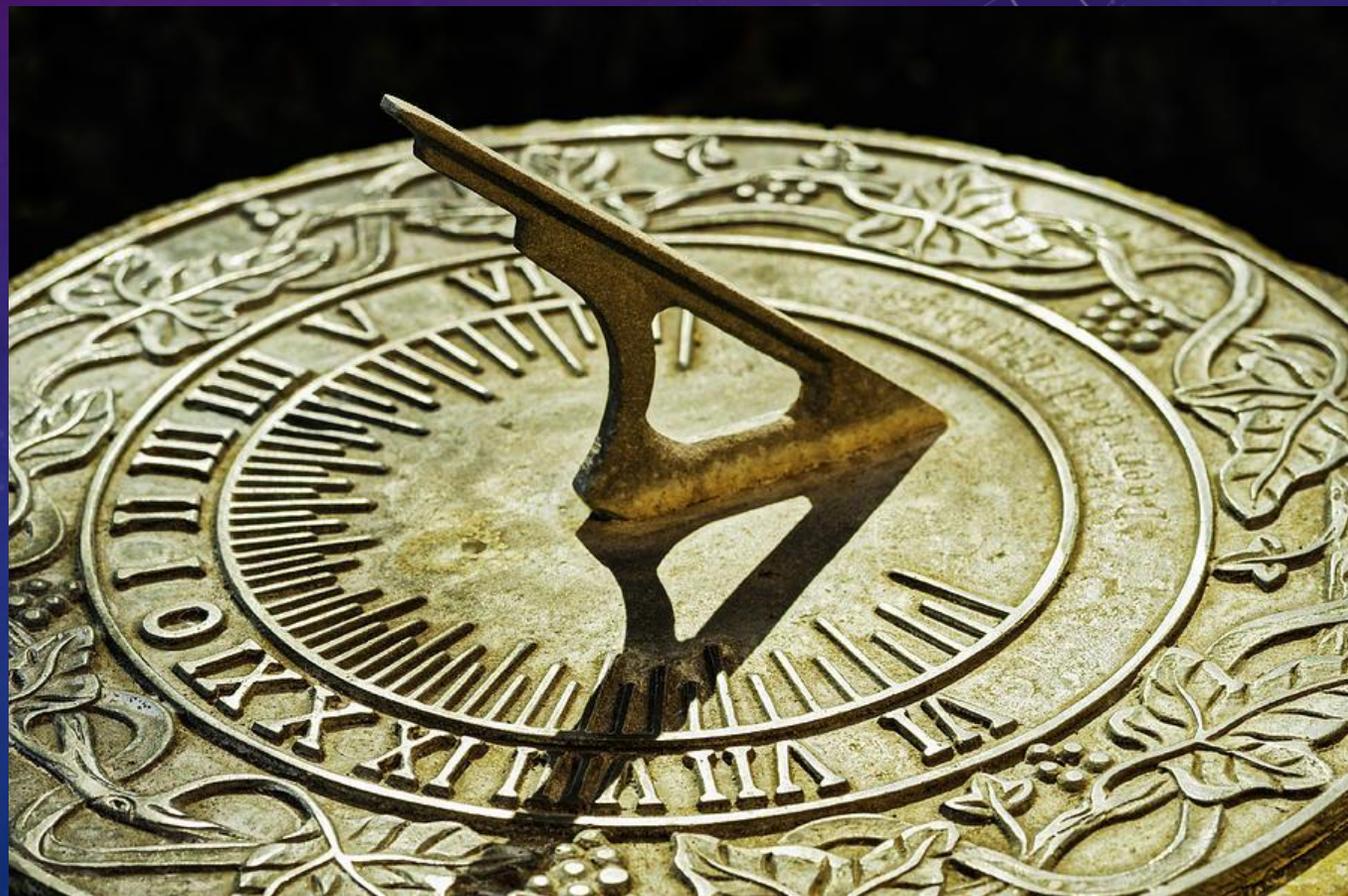
Kvadrant, 1450 (možda i 1200. god.)



Jakovljević štapa, ~1000. god (Kina), 1400. god...



„ISTORIJA“ ASTRONOMIJE



KORISNI ALATI

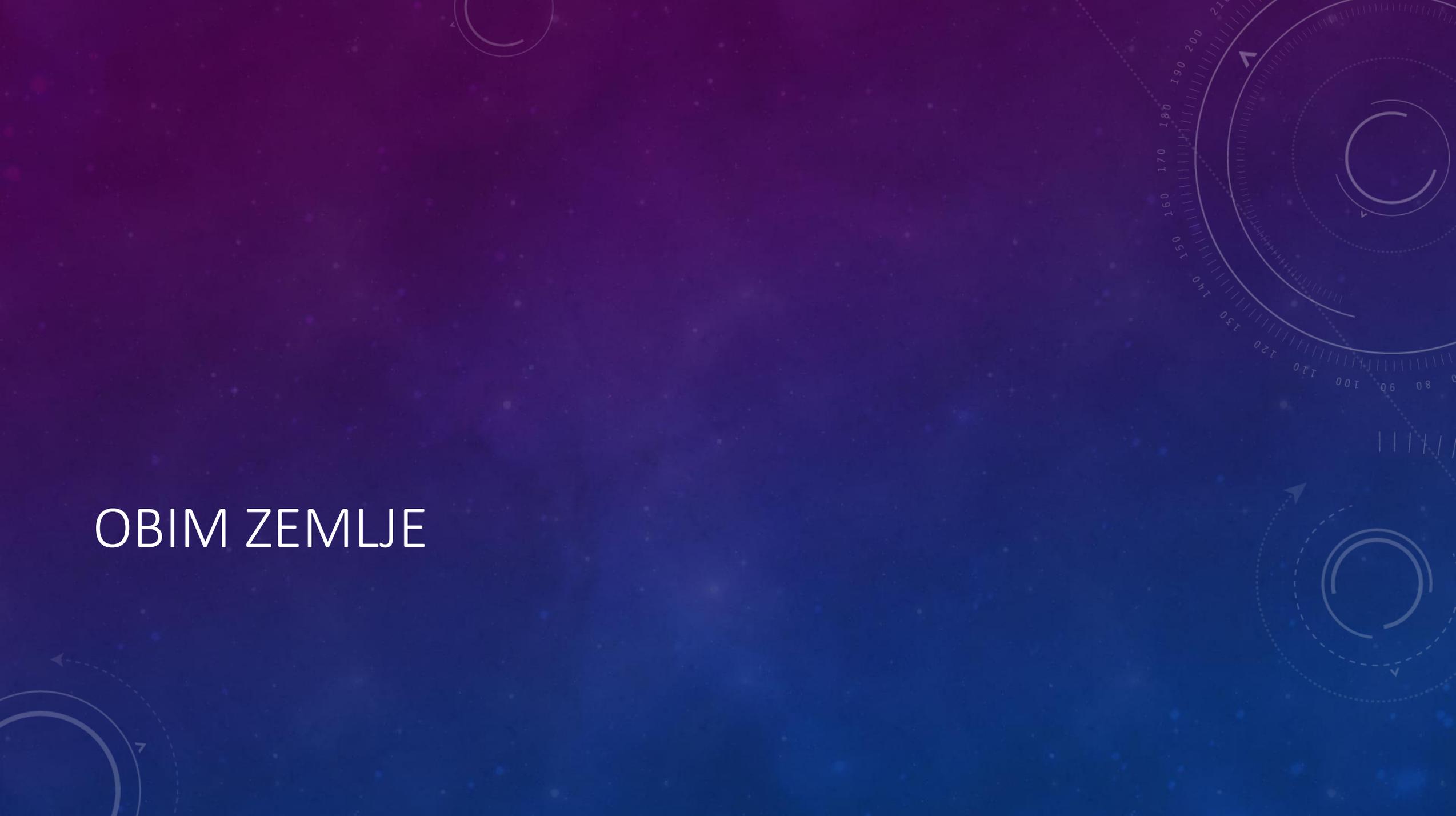
- Program „Stellarium“, <https://stellarium.org/>
 - Pozicija miša na ekranu? 😊 Na primer: <https://sourceforge.net/projects/mpos/>
- CLEA vežbe, <http://public.gettysburg.edu/~marschal/clea/CLEAhome.html>
- SOHO fotografije, <https://soho.nascom.nasa.gov/>

- Sloan Digital Sky Survey (SDSS), <https://www.sdss.org/>

NEKI PRIMERI

- Merenje obima Zemlje
- Merenje rastojanja do planeta Sunčevog sistema
- Merenje brzine svetlosti
- Određivanje mase Jupitera
- Merenje astronomske jedinice
- Merenje perioda rotacije Sunca

OBIM ZEMLJE



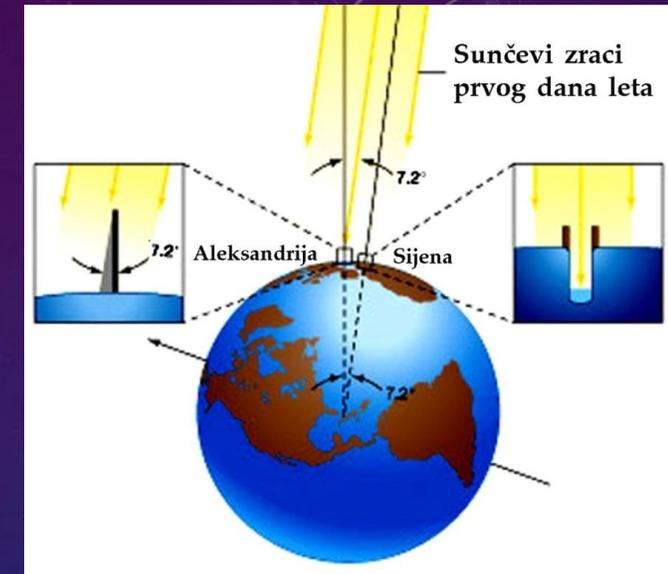
KAKO „IZMERITI“ OBIM ZEMLJE?

- Koristeći materijal dostupan u učionici izmeriti obim Zemlje 😊



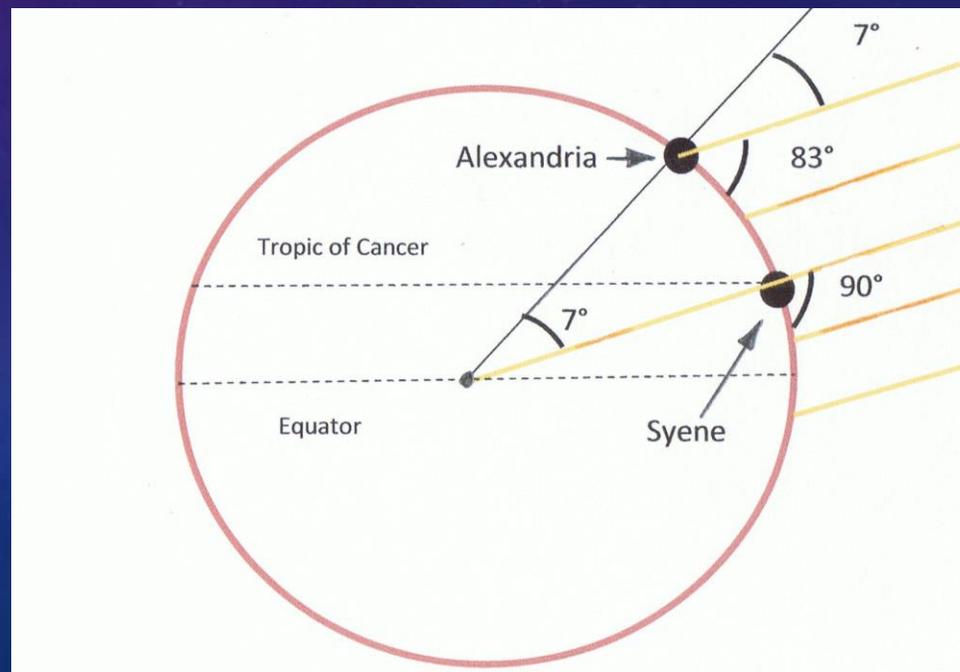
ERATOSTENEN IZ KIRENE:

- Odredio obim Zemlje, na osnovu toga što je uočio da u isto vreme u godini u Aleksandriji Sunčevi zraci padaju normalno na površinu, a u Sijeni pod uglom od oko 7° (oko 50. deo kruga) u odnosu na normalu.
- Zaključio da je to zbog toga što je Zemlja okrugla.
- Utvrdio je da je rastojanje između ova dva grada oko 5000 stadija, i da je obim Zemlje oko 252 000 stadija.
- Smatra se da 1 stadij odgovara dužini oko 185 m.
- Procenjuje se da su njegove procene vrednosti obima Zemlje između 36.690 i 46.620 km.
- Danas utvrđena vrednost je 40.008 km.
- Njegova **procena rastojanja Zemlja-Mesec** bila je 780.000 stadija (oko 144.000 km), što je znatno manje od stvarne prosečne vrednosti (384.400 km).
- Eratostenova **procena rastojanja Zemlja-Sunce** bila je vrlo bliska današnjoj (804.000.000 stadija ili oko 148,7 miliona km).



OBIM ZEMLJE

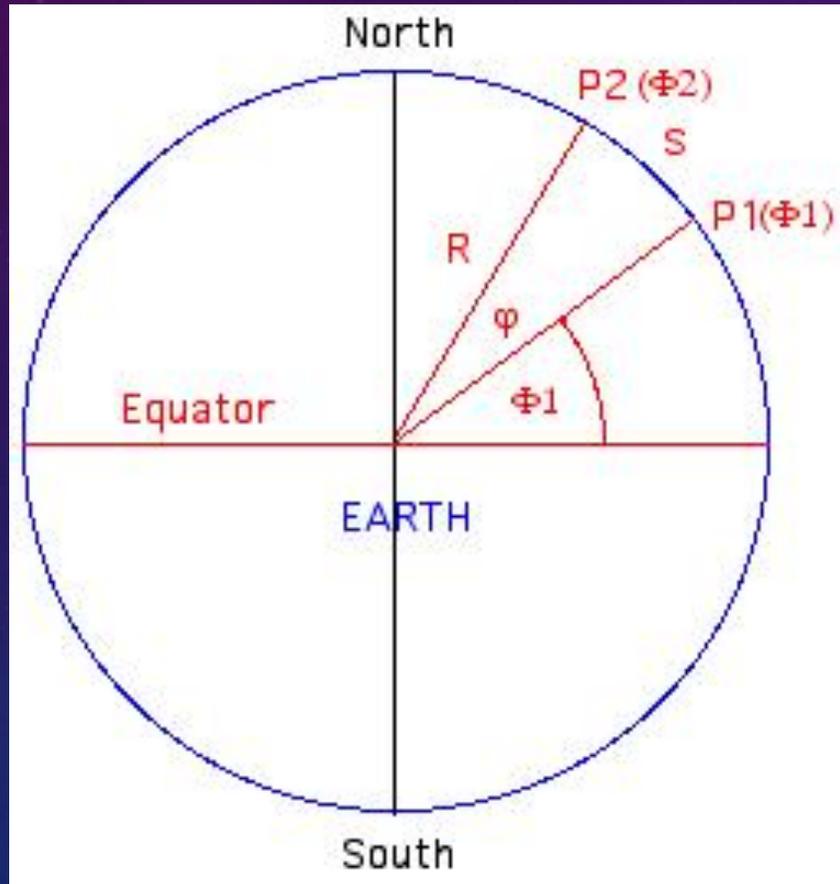
- Eratosten (276 p.n.e. - 194 p.n.e.)
- Sijena – prvi dan leta, u podne, Sunce tačno iznad
- Aleksandrija – senka!
- Razlika – 7°
- Rastojanje $7 / 360^\circ$



REŠENJE

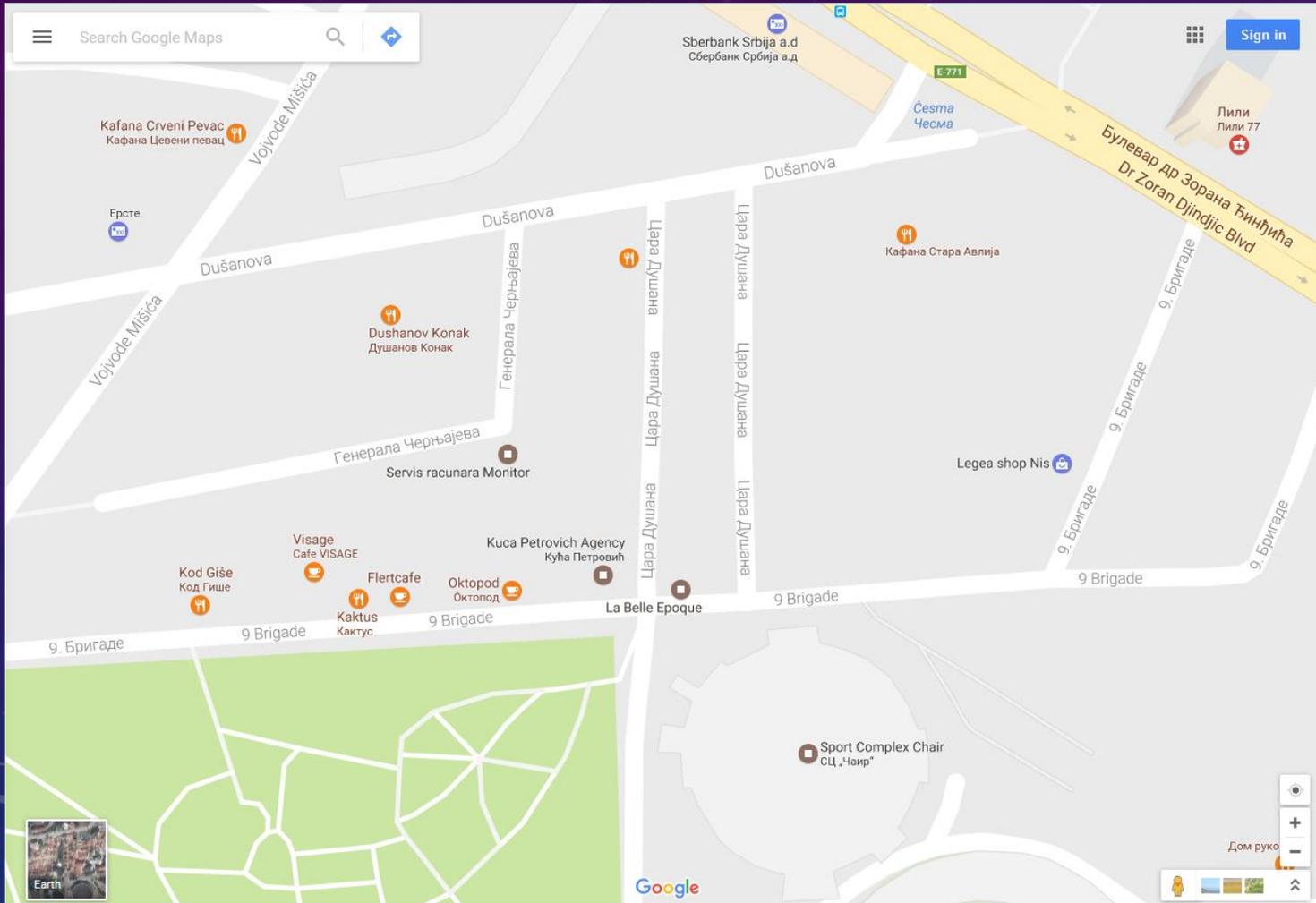


OBIM ZEMLJE I MOBILNI TELEFON



$$\frac{\varphi}{s} = \frac{360^\circ}{2\pi R} \quad L = 2\pi R = \frac{s \cdot 360^\circ}{\varphi}$$

ILI GOOGLE MAP 😊



$$\phi_1 = 43,317254$$

$$\phi_2 = 43,318517$$

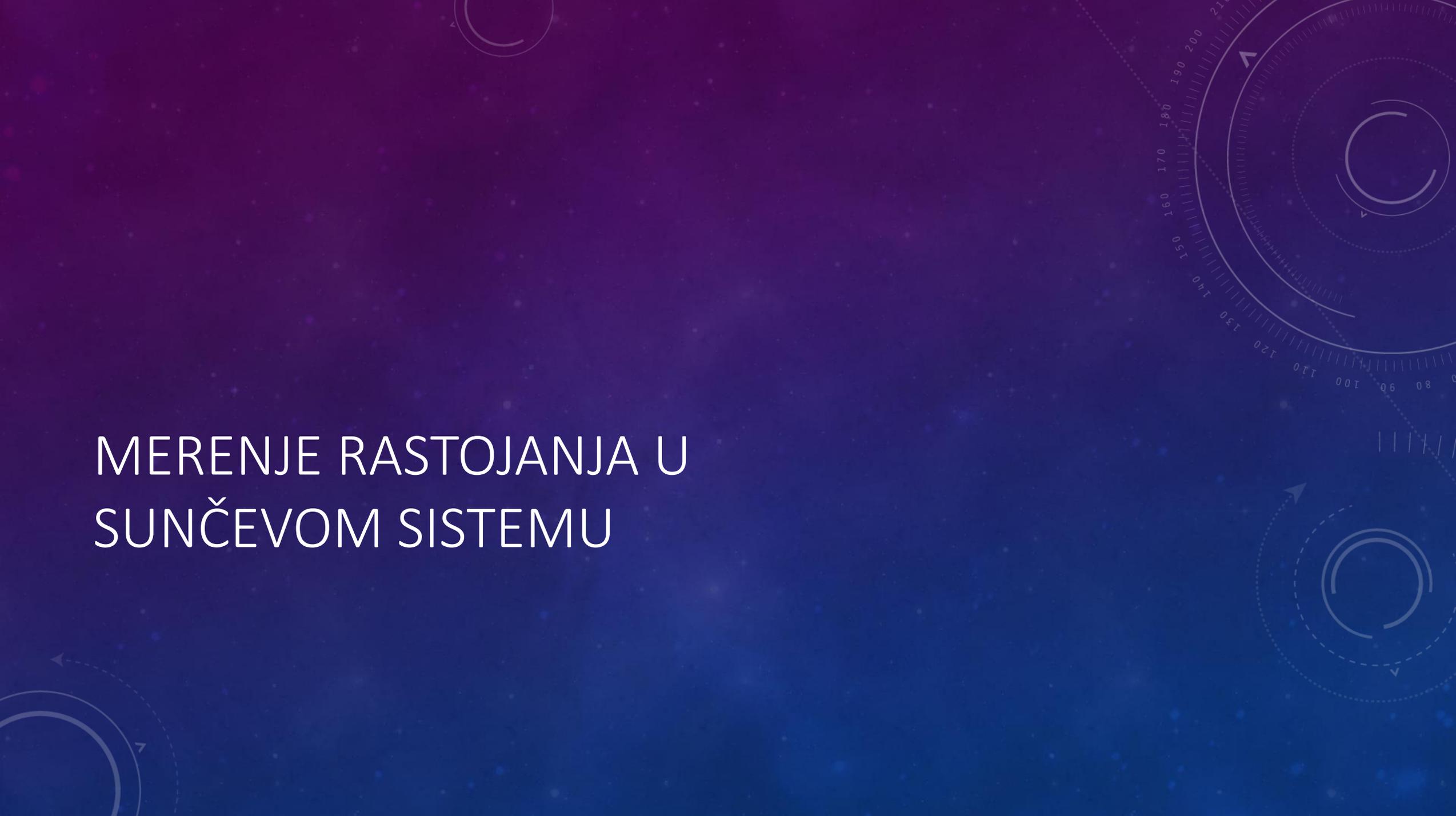
$$\Delta\phi = |\phi_1 - \phi_2| = 0,001263$$

$$s = 150\text{m}$$

$$L = 2\pi R = \frac{360^\circ \cdot s}{\phi} \approx 42.755,3\text{km}$$

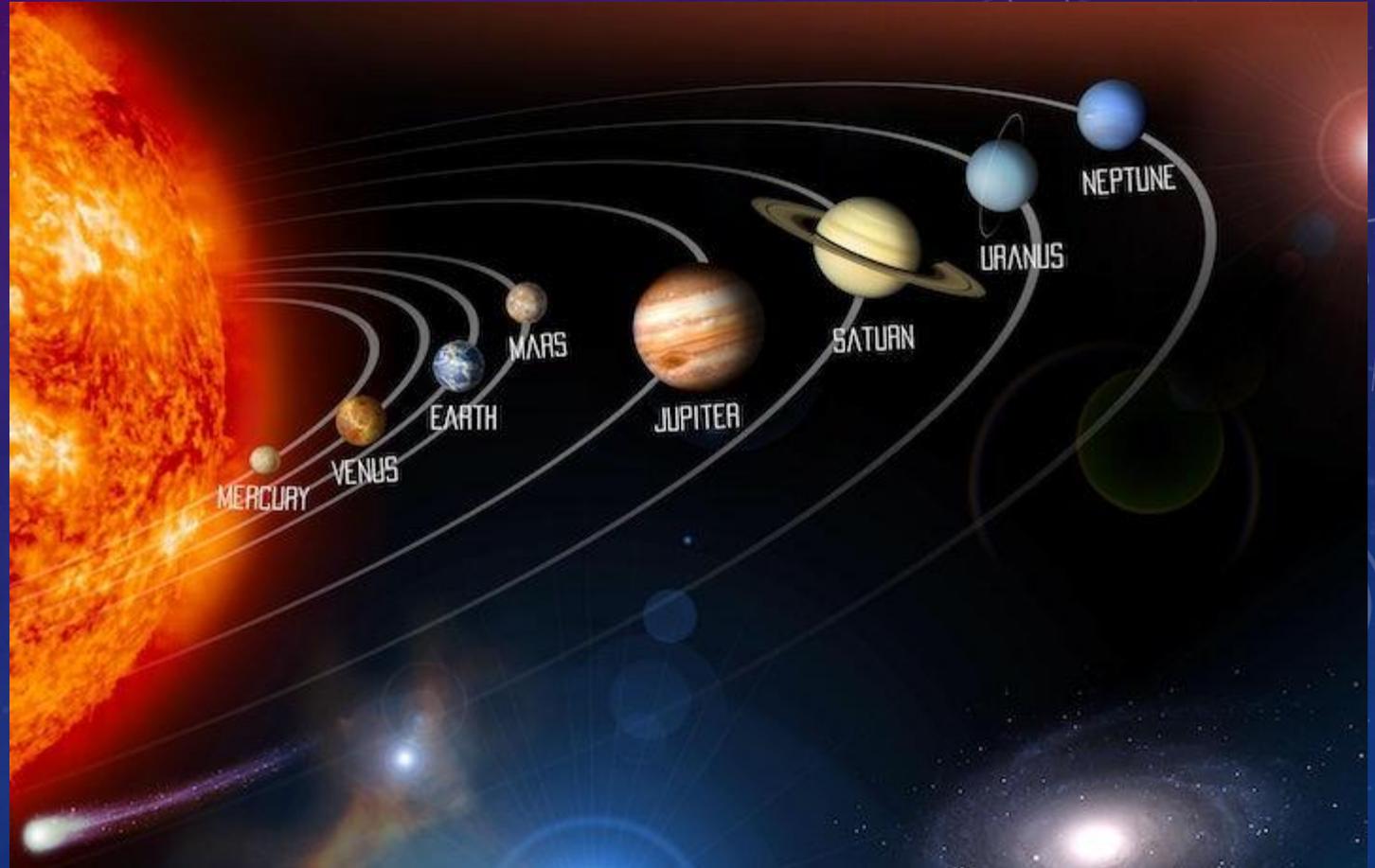
$$R = 6.800\text{km}$$

MERENJE RASTOJANJA U SUNČEVOM SISTEMU



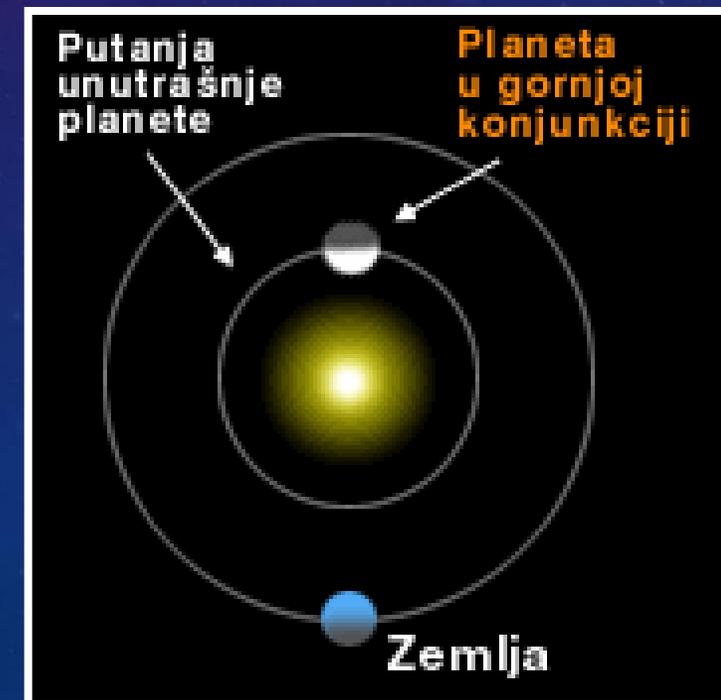
HELIOCENTRIČNI SISTEM

- Postoji više različitih podela:
- „Astrofizički“:
 - planete Zemljinog (terestričke)
 - Jupiterovog (jovijanske) tipa.
- „Astronomski“:
 - **unutrašnje** (donje)
 - **spoljašnje** (gornje).



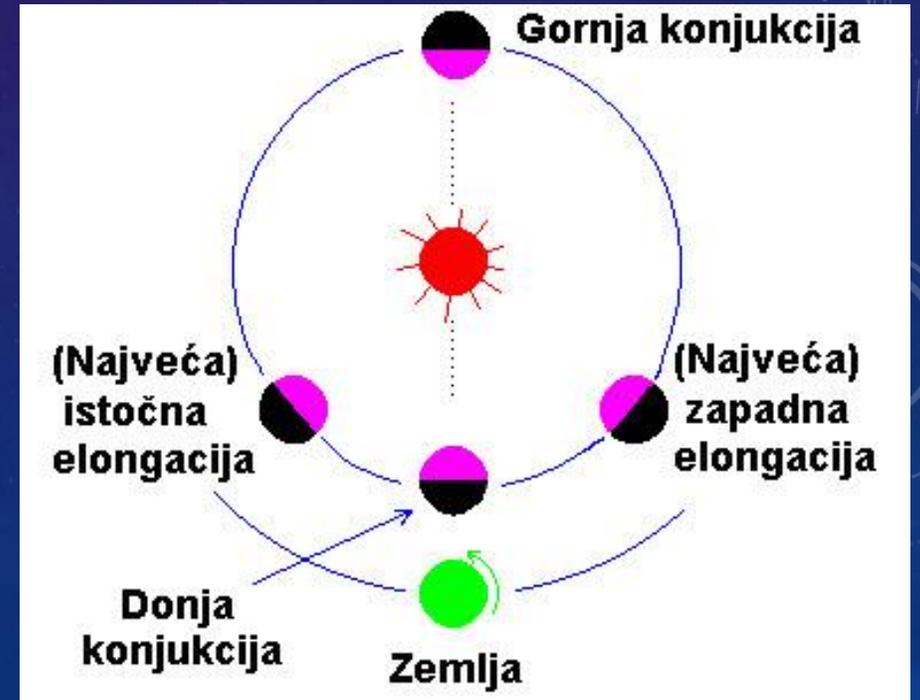
KARAKTERISTIČNI POLOŽAJI PLANETA

- Unutrašnje planete: gornja i donja konjunkcija
 - Planeta se ne vidi sa Zemlje
 - Gornja - njen sjaj slabiji od Sunčevog,
 - Donja - prema Zemlji okrenuta neosvetljena strana planete.



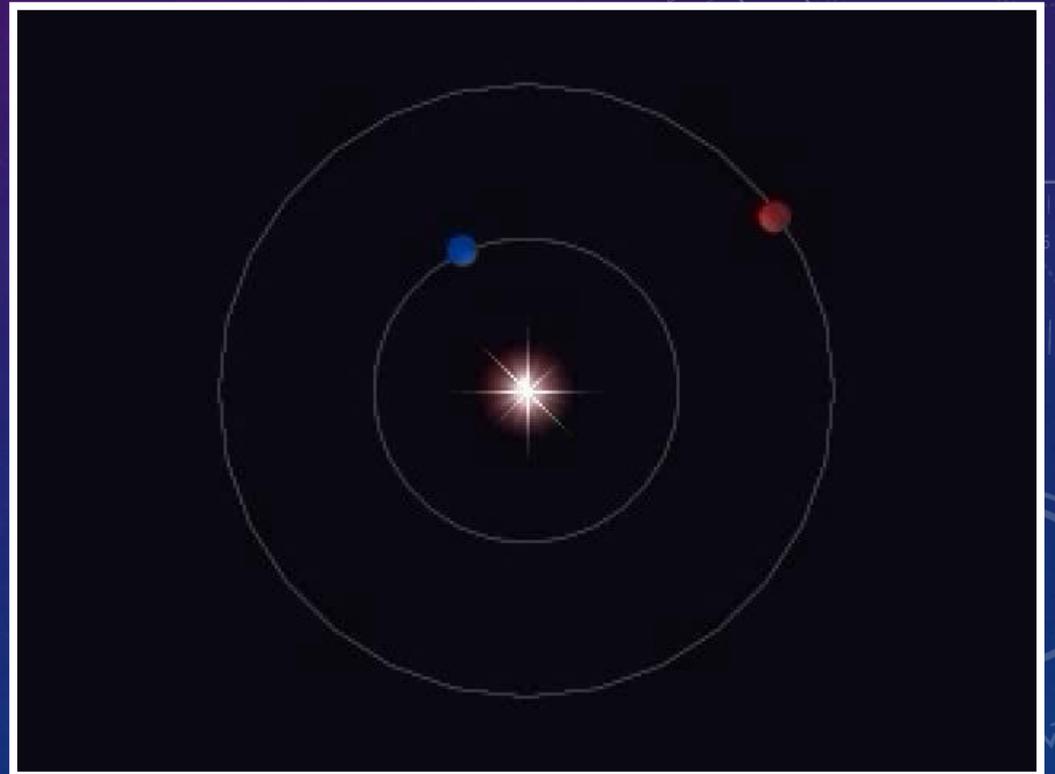
KARAKTERISTIČNI POLOŽAJI PLANETA

- Unutrašnje planete
- Najbolje vide - za posmatrača sa Zemlje prividno najdalje od Sunca.
 - To su položaji najveće istočne i zapadne elongacije
 - Istočna elongacija - **posle zalaska** Sunca,
 - Zapadna elongacija - **pre izlaska** Sunca.



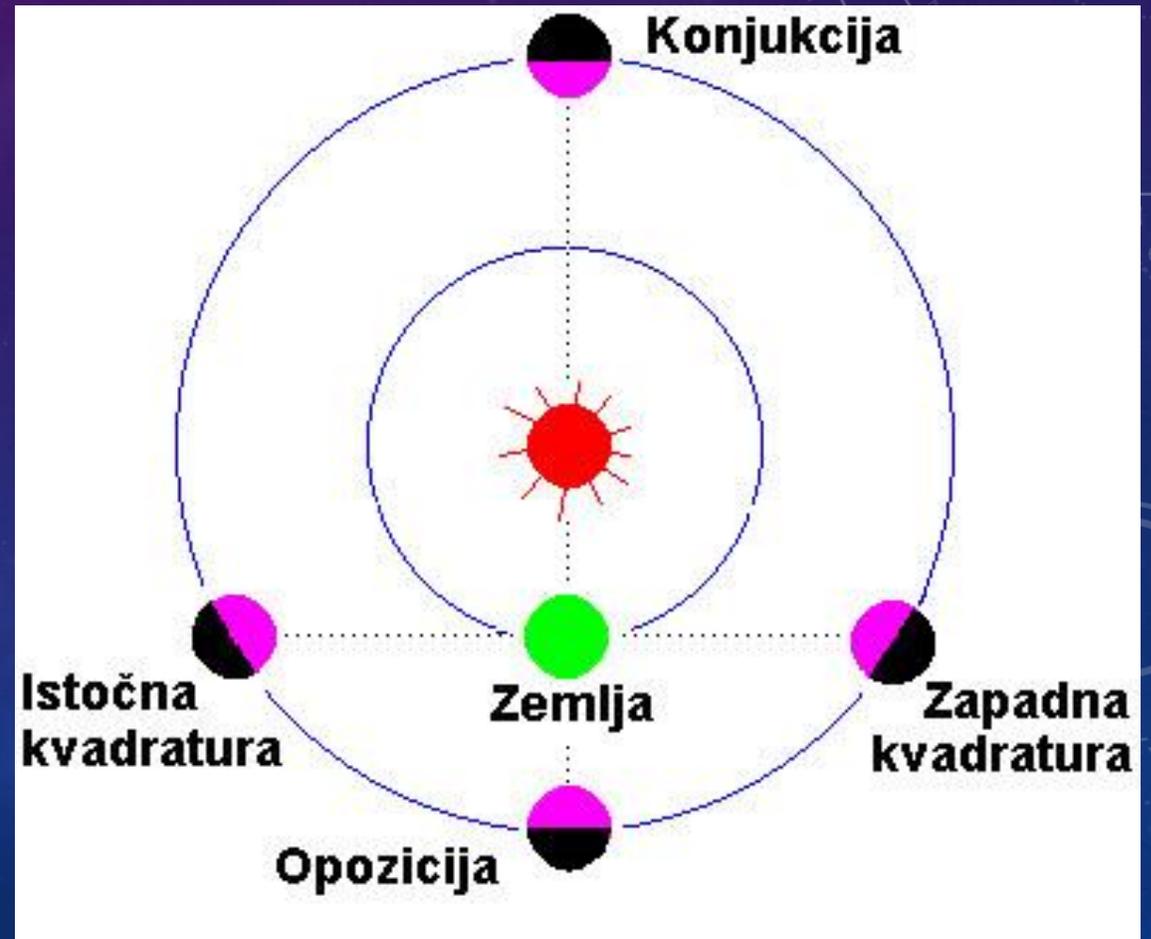
KARAKTERISTIČNI POLOŽAJI PLANETA

- Spoljašnje planete **najbolje se vide** u položaju kada su planeta, Zemlja i Sunce na jednoj pravoj i kada je spoljašnja planeta nasuprot Sunca, najbliže Zemlji - **opozicija**
- Kulminira u ponoć i vidi se cele noći.

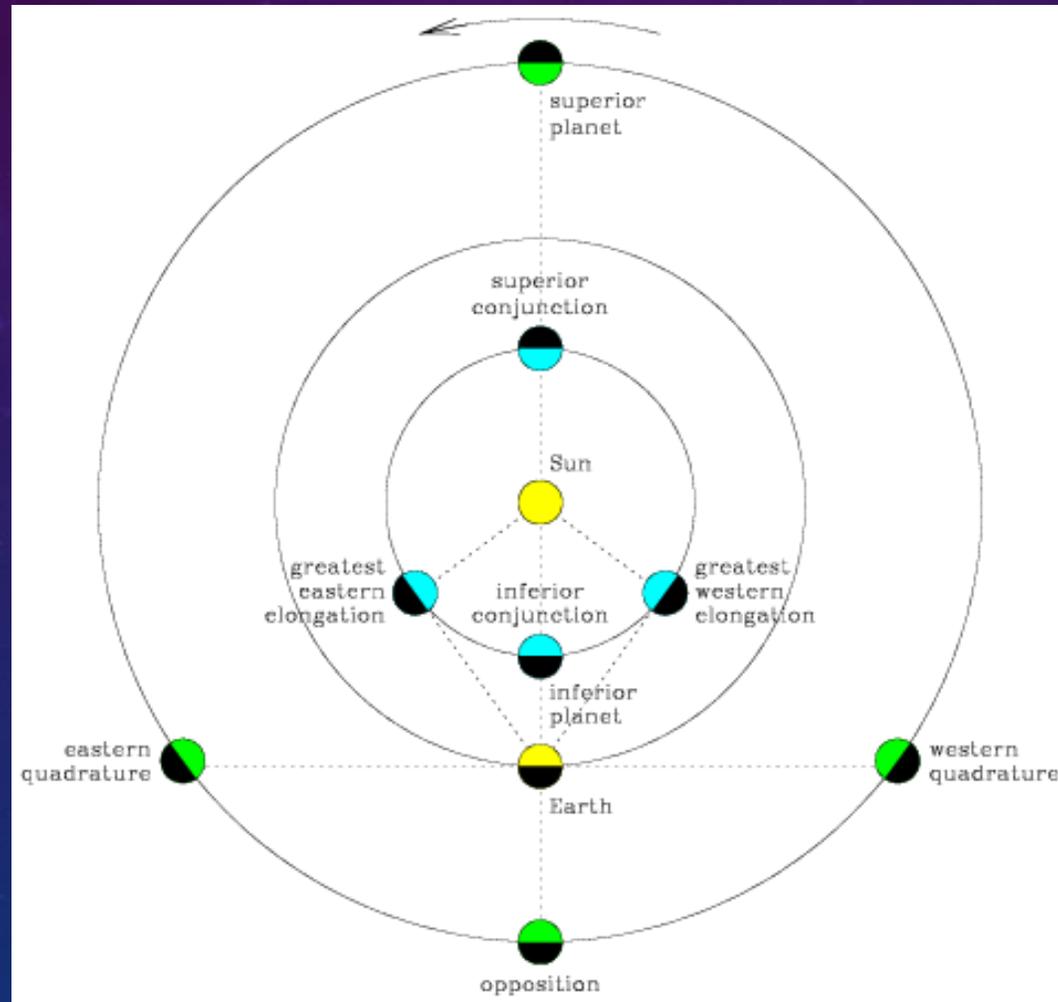


KARAKTERISTIČNI POLOŽAJI PLANETA

- Sunce - između planete i Zemlje – konjunkcija
- Karakteristični položaji su i istočna i zapadna kvadratura.
- Ugao koji zaklapaju pravci vizura planeta-Zemlja i Zemlja-Sunce je prav.



KARAKTERISTIČNI POLOŽAJI PLANETA

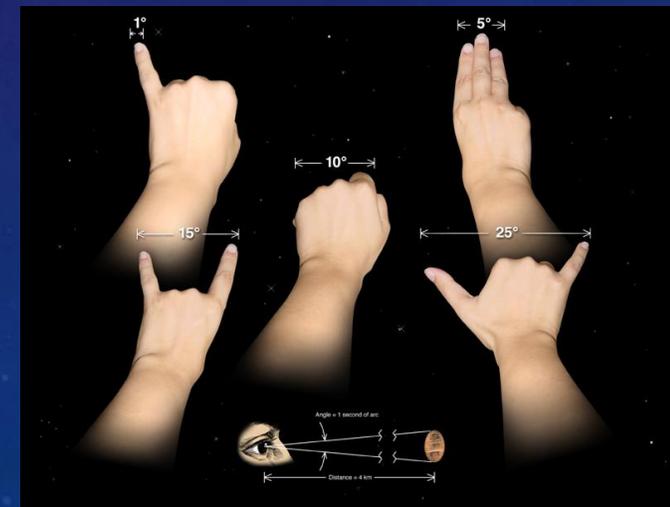
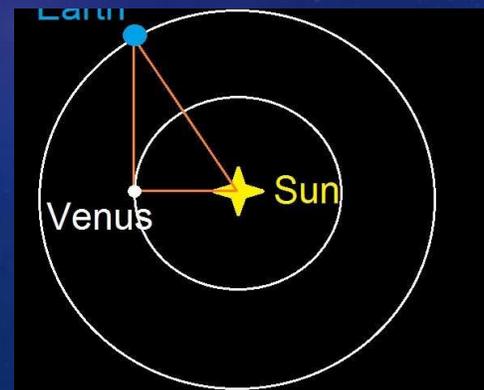
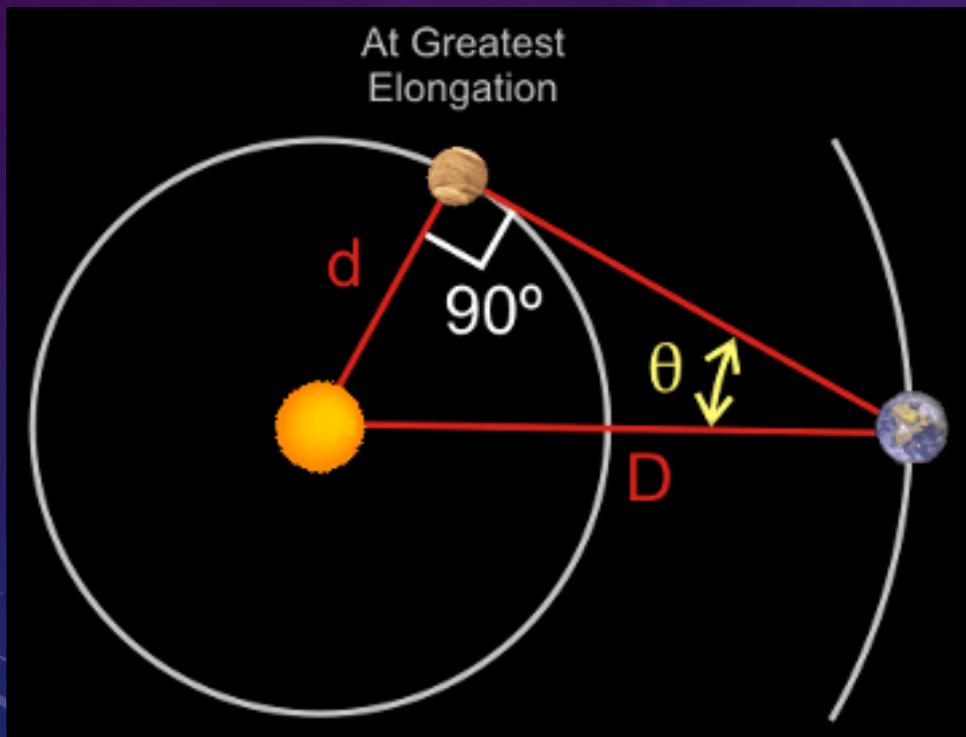


UNUTRAŠNJE PLANETE

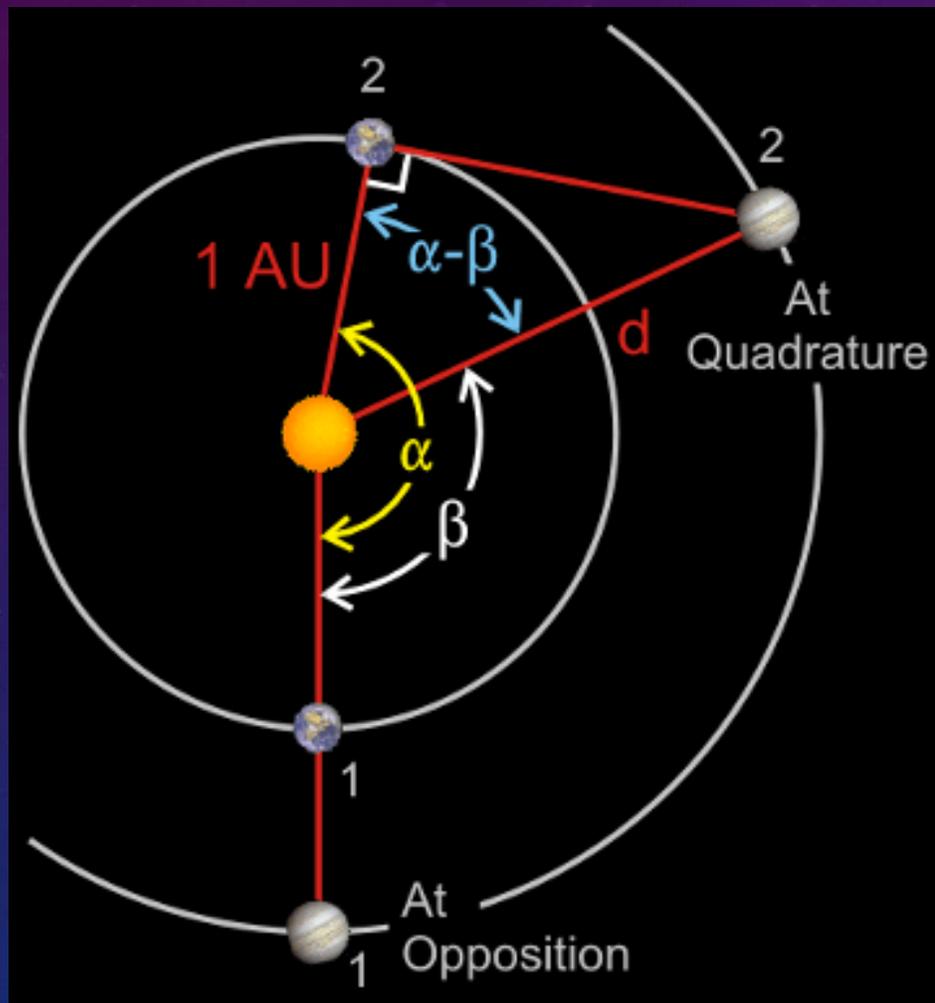
$$d = D \sin \theta$$

$D = 1$ astronomska jedinica

$$d = \sin \theta$$



SPOLJAŠNJE PLANETE



$$\alpha = T \frac{360^\circ}{E}$$

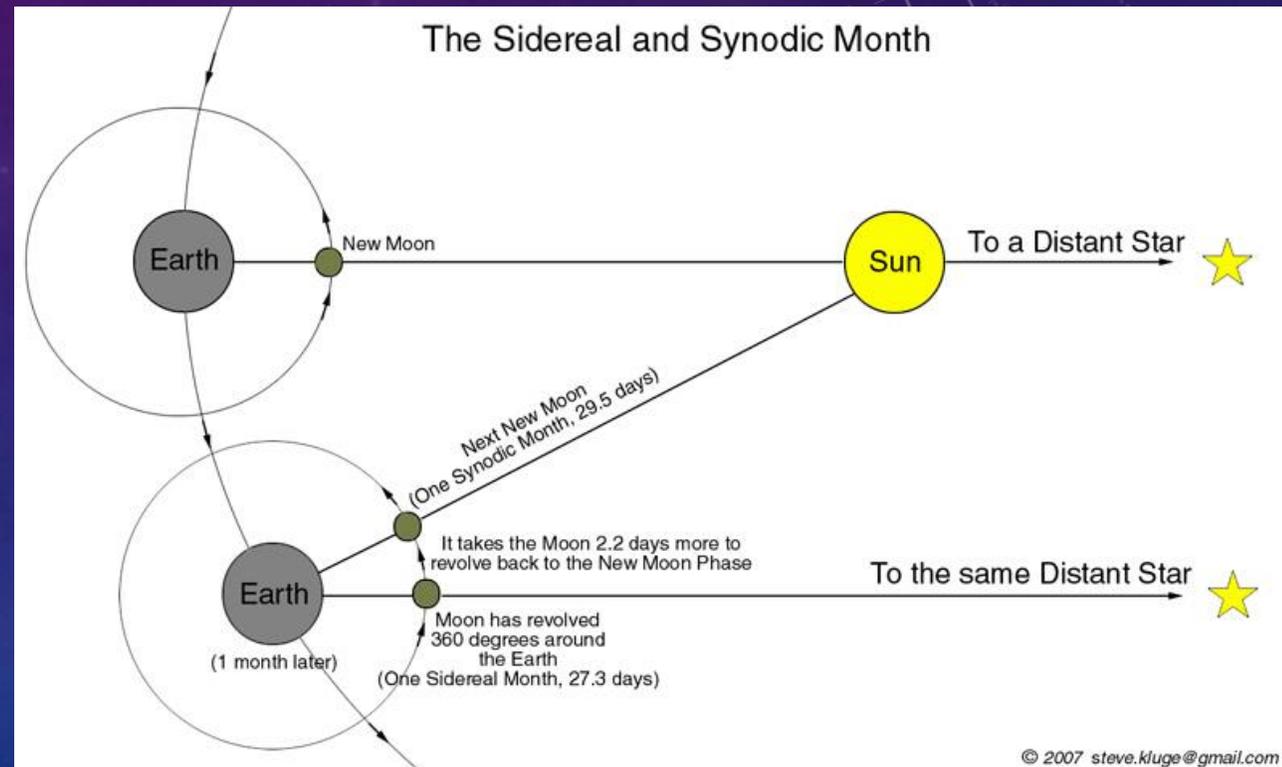
$$\beta = T \frac{360^\circ}{P}$$

$$d = \frac{1}{\cos(\alpha - \beta)}$$

E – siderički period Zemlje
 P – Siderički period planete

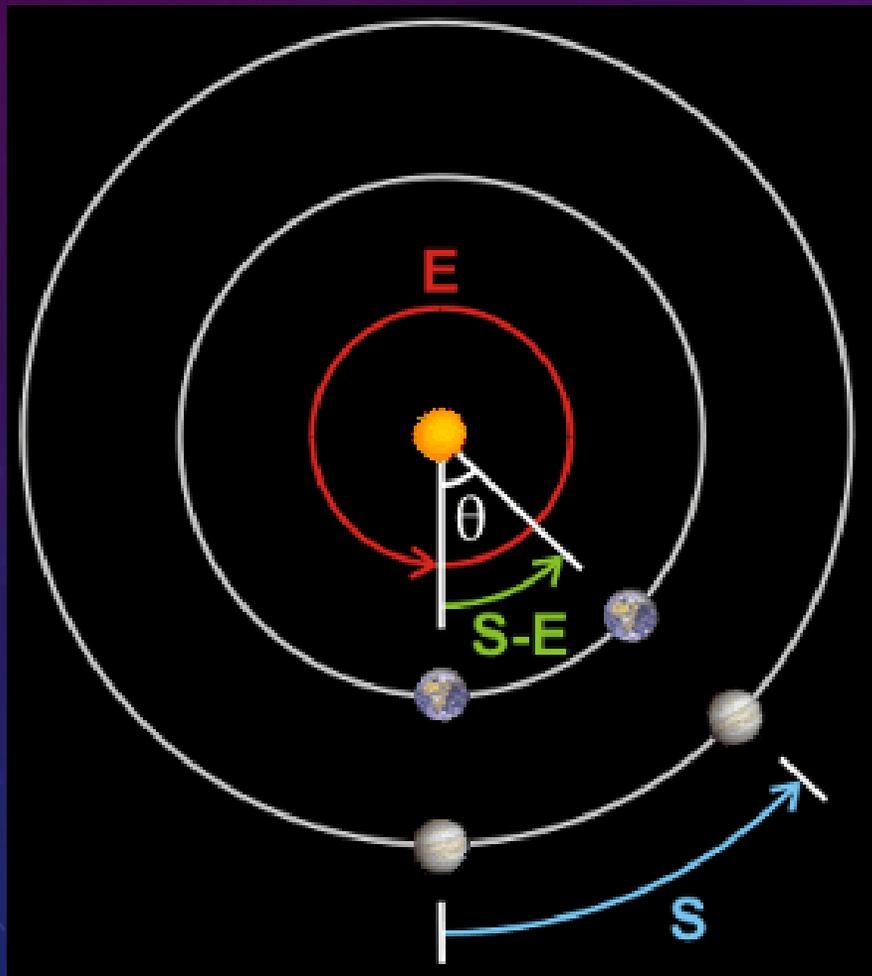
SIDERIČKI I SINODIČKI PERIOD

- Naći vezu između sinodičkog i sideričkog perioda evolucije.
 - **Siderički** – u odnosu na zvezde
 - **Sinodički** – ono što vidimo (od grčke reči *sastanak*) – vreme između dve identične konfiguracije



SIDERIČKI I SINODIČKI PERIOD

Izračunao Nikola Kopernik



$$\theta = (S - E) \frac{360^\circ}{E} = S \frac{360^\circ}{P}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{E} - \frac{1}{P} \text{ - spoljašnje planete}$$
$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{E} \text{ - unutrašnje planete}$$

E – siderički period Zemlje

P – siderički period planete

S – sinodički period planete;

vreme za koje planeta pređe ugao θ

Za vreme S planeta pređe ugao θ a Zemlja $360^\circ + \theta$

GALILEJEVI SATELITI

MERENJE BRZINE SVETLOSTI. 3. KELEROV ZAKON.

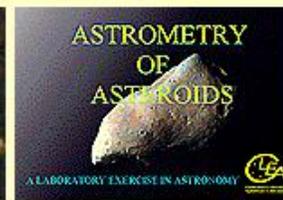


PROJEKAT CLEA

- “Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy”
- Podrška:
 - NASA
 - Gettysburg college
- Svaka vežba:
 - Program
 - Uputstvo
 - Tehničko uputstvo
- Posle 22 godine nema novih verzija ☹️



Radio Astronomy of Pulsars



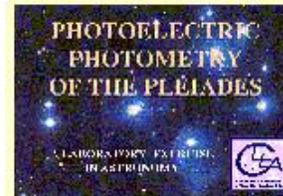
Astrometry of Asteroids



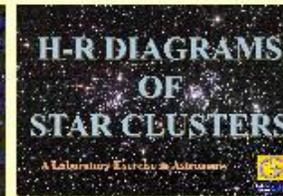
The Revolution of the Moons of Jupiter



The Rotation of Mercury by The Doppler Effect



Photoelectric Photometry of the Pleiades



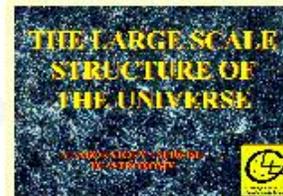
HR Diagrams of Clusters



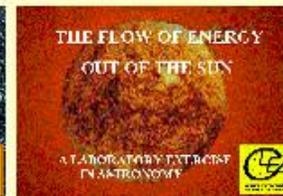
Spectral Classification of Stars



The Hubble Relation



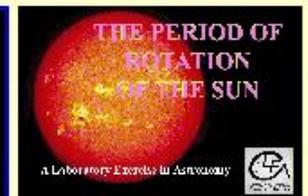
The Large Scale Structure of the Universe



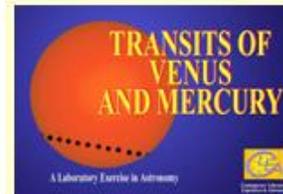
Flow of Energy Out of the Sun



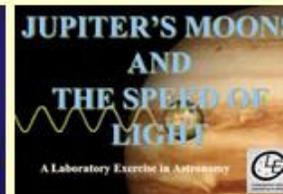
The Quest for Object X



Solar Rotation Using Images from the GONG Project



Transits of Venus and Mercury Using Images from the GONG project



Jupiter's Moons and the Speed of Light: The Classic Roemer Experiment



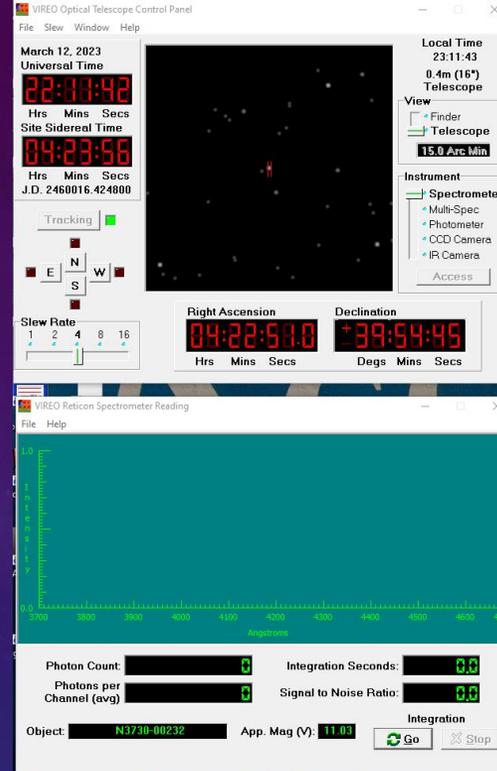
Dying Stars and the Birth of the Elements



The Height of Lunar Mountains (From an associated NON CLEA DEVELOPER)

VIREO

- The Virtual Educational Observatory
- Najnoviji program, objedinjuje mnogo prethodnih vežbi
 - simulira realno nebo
 - nekoliko miliona objekata
 - Vizuelni, radio i IC teleskop
 - Različita oprema (fotografija, fotometrija, spektrografija...)
 - Alati za analizu podataka
- Staro, „prevaziđeno“ ali radi 😊



PRVO MERENJE BRZINE SVETLOSTI

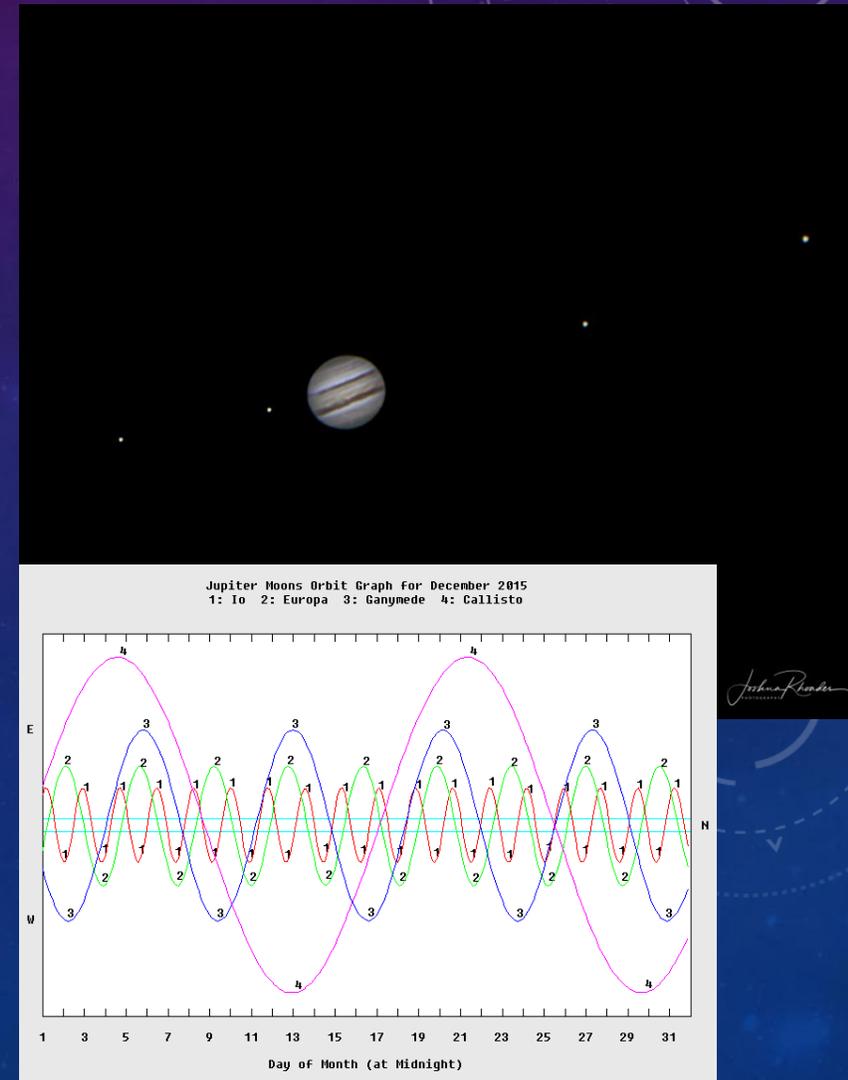
- Ole Remer, 1676. godine
 - Merenje vremena pomračenja Jupiterovih satelita
- Dobijena vrednost $c = 2,14 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- Tačna vrednost $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- Značaj merenja – brzina svetlosti je konačna!

- Pre 300 godina, bez savremene tehnologije
 - Samo 60 godina nakon Galilejevog teleskopa (i otkrića Jupiterovih satelita)



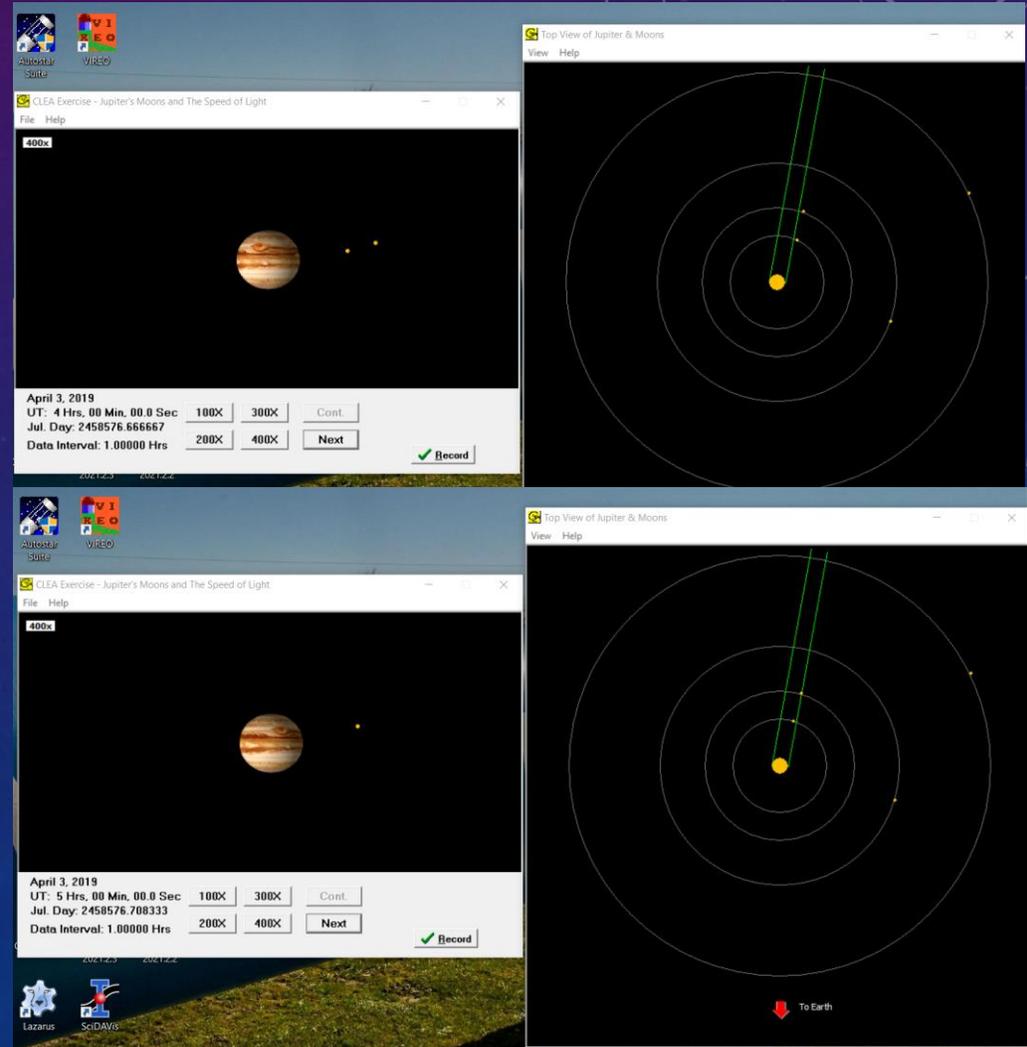
REMEROVO MERENJE BRZINE SVETLOSTI

- Nije nameravao da izmeri brzinu svetlosti!
- **Cilj:**
 - da li Jupiterovi sateliti mogu da se iskoriste za određivanje geografske dužine (za navigaciju brodova)
- Jupiter kao sat
 - Četiri satelita otkrivena 1610. godine
 - Periodi: Io (1,8 dana), Evropa (3,5 dana), Ganimed (7 dana), Kalisto (16,7 dana)
 - Ako je period pravilan:
 - položaj satelita može da se predvidi za bilo koji trenutak u budućnosti
 - Efemeride



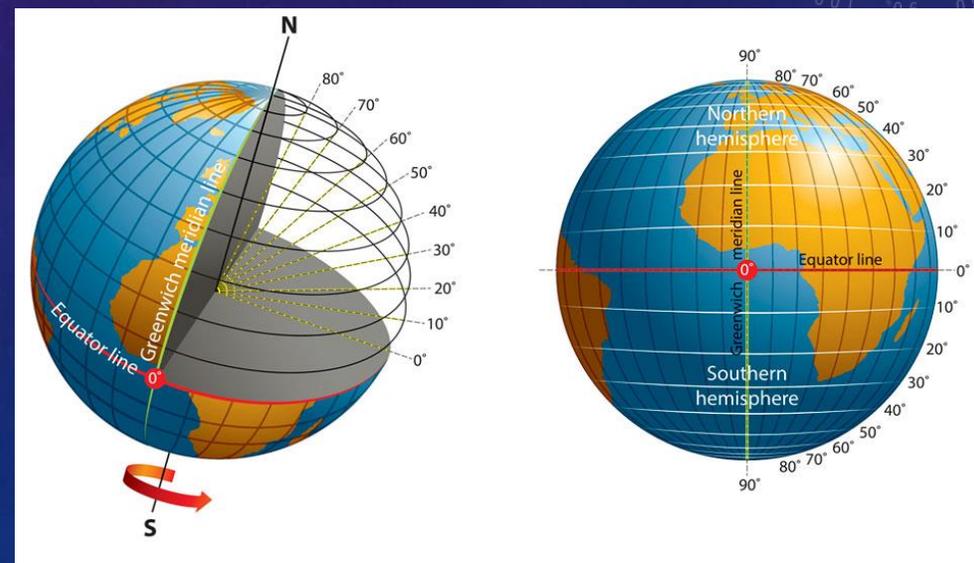
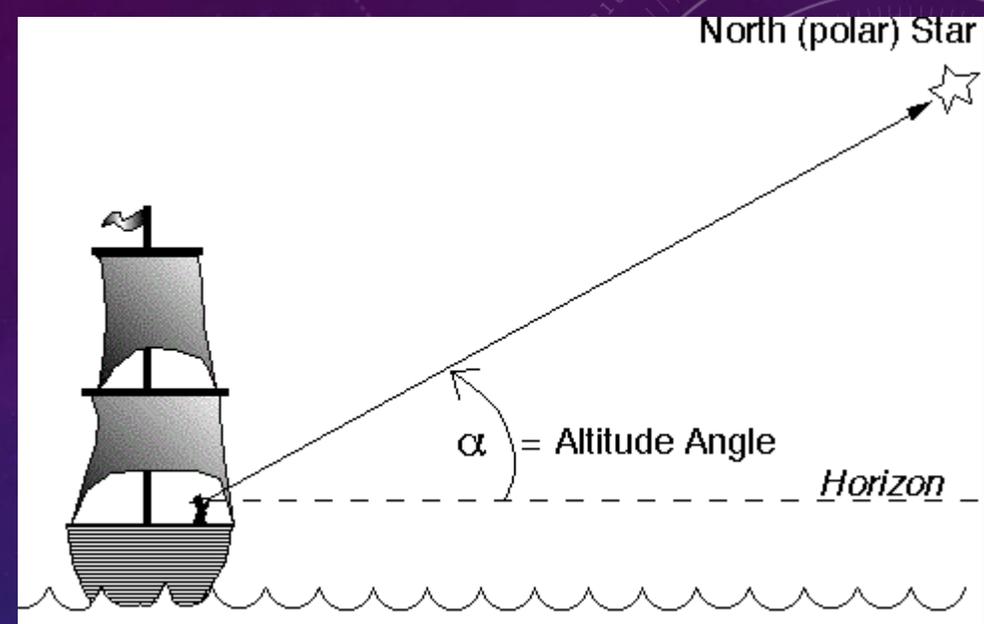
REMEROVO MERENJE BRZINE SVETLOSTI

- Najlakše – posmatranje nestajanja i pojavljivanja satelita iza Jupitera
 - Satelit nestaje pre nego što stvarno „zađe“ iza Jupitera!
 - Pojavljivanje satelita kasni u odnosu na očekivano!
 - Jupiterova senka
- Astronomi su morali da uključe senku (položaj Sunca, Jupitera i Zemlje) u proračun efemerida
 - Sateliti – kazaljke časovnika



GEOGRAFSKA ŠIRINA I DUŽINA

- U 17 veku nisu postojali tačni časovnici
 - Jupiterovi sateliti značajni za određivanje tačnog vremena
- Geografska širina – lako (zvezda Severnjača)
- Geografska dužina...? ☹
 - Britanska kraljevska opservatorija, Grinič (od 1884. god)
 - Mnogo moćna Britanska mornarica 😊
- Ne postoji mogućnost direktnog merenja
 - Greška od par minuta → nekoliko kilometara razlike
 - Prvi tačan časovnik za brodove, 1764 (Džon Harison)

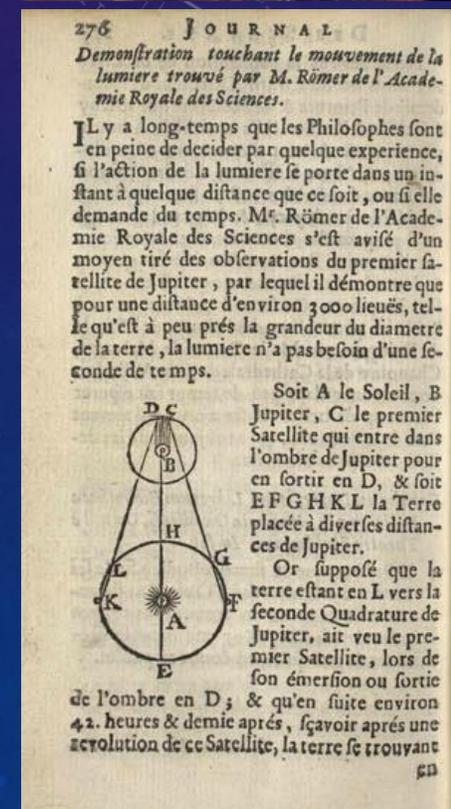


GEOGRAFSKA DUŽINA

- Ako znamo razliku u vremenu između lokalnog vremena i „Griniča“
 - Za 24 h Zemlja napravi pun krug (360 stepeni), 15 stepeni/sat
 - Za 1 stepen potrebna su 4 minuta
- Brod krene iz Londona ka Atlantskom okeanu
 - Posle nekoliko nedelja posada vidi samo okean, nema kopna
 - Pred jutro, na osnovu Severnjače lako se odredi geografska širina (npr. 47°)
 - Npr. Sunce izlazi u 8:00 h (prema tačnom časovniku na ruci, koji pokazuje vreme u Londonu)
 - Kako je 22. mart dan prolećne ravnodnevice Sunce treba da izađe u 6:00 h !!!
 - Dva sata razlike → 30 stepeni geografske dužine
 - Ako je tačnost časovnika jedna sekunda – tačna pozicija sa greškom oko 2 km.

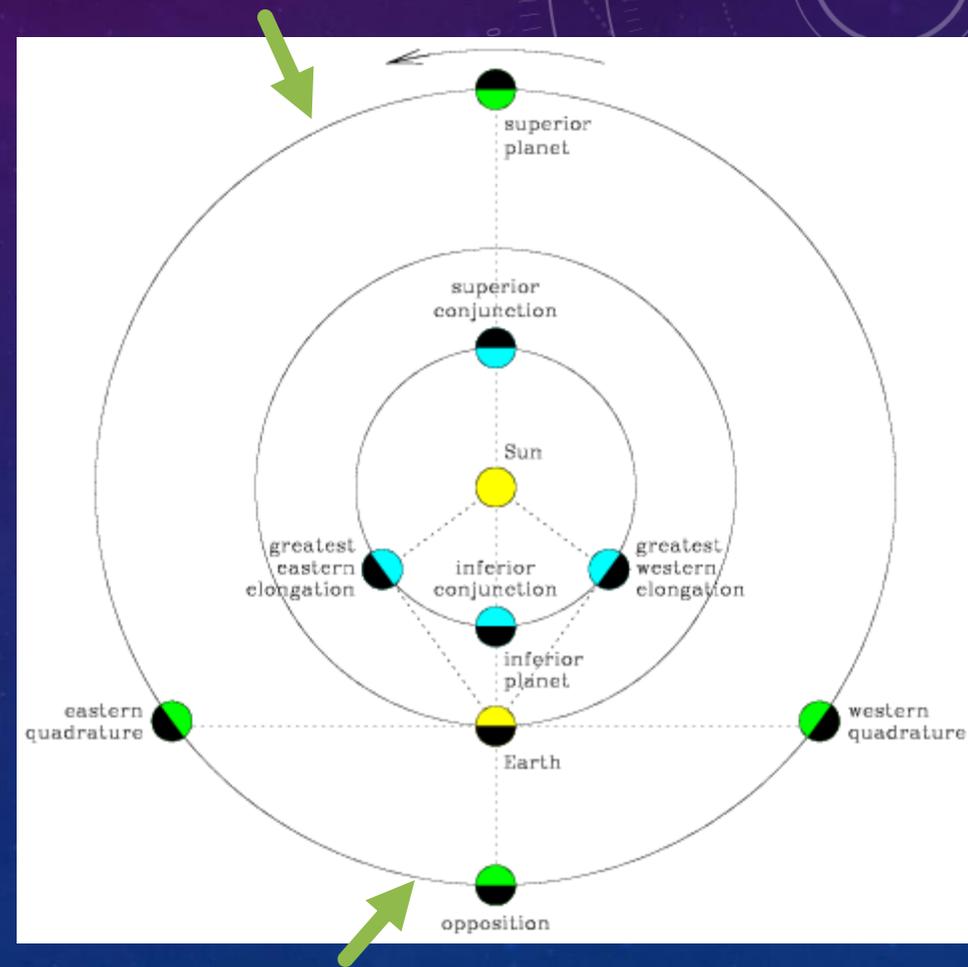
PROBLEM?

- Galilej – otkrio satelite i konstruisao specijalan teleskop za njihovo precizno posmatranje na moru
 - Oko 150 godina pre Harisonovog preciznog časovnika za brodove
- Nažalost još nisu postojale precizne efemeride
- Francuski astronom – Đovani Kasini
 - Precizno merio rotaciju Jupitera (otkrio i pojaseve na Jupiteru)
- Remer posmatrao samostalno Jupiter, 1672. otišao u Paris kod Kasinija
- Kasini – merio vreme zalaska Io (beležio kad satelit izađe iz senke)
- Podaci pokazali – kad su Jupiter i Zemlja blizu efemeride su tačne
 - Kad su Jupiter i Zemlja daleko – pomračenje kasni 10 – 12 minuta u odnosu na predviđeno
 - Potrebno vreme da svetlost pređe razliku u rastojanju! (Kasini promenio mišljenje, smatrao da je brzina svetlosti beskonačna, problem je negde drugo...)
 - Remer – podržao prvo Kasinijevo tumačenje i izmerio brzinu svetlosti (70% tačne vrednosti)



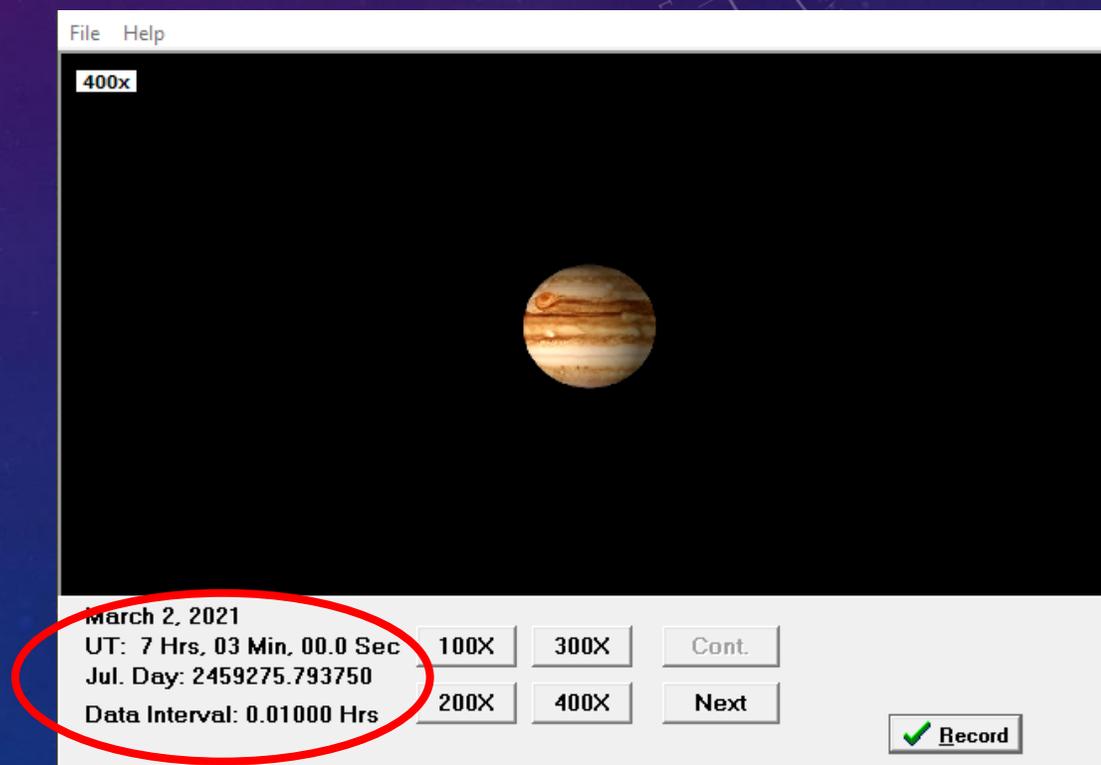
IZBOR DATUMA

- Preporuka:
 - 2-3 meseca posle konjunkcije (1)
 - 1-2 meseca pre opozicije (2)
- Na primer:
 - konjunkcija - 29. januar 2021. godine
 - opozicija – 20. avgust 2021. godine



PRVO POSMATRANJE

- **2. mart 2021. godine**
- Početak pomračenja Io
 - Vreme: 07:03:00,0
 - JD: 2459275,793750
- Procena za drugo posmatranje
 - npr. 15. jul 2021
 - Broj dana: 135
 - Period Io: 1,769861 dana
 - Broj orbita: $\frac{135}{1,769861} = 76,28 \approx 76$
 - uvek izabrati manji broj, tj. početi posmatranje ranije

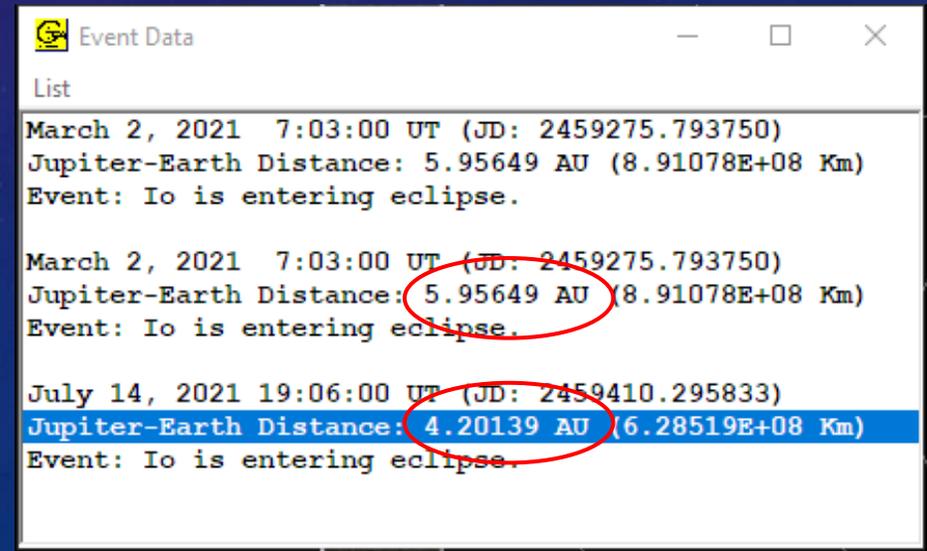
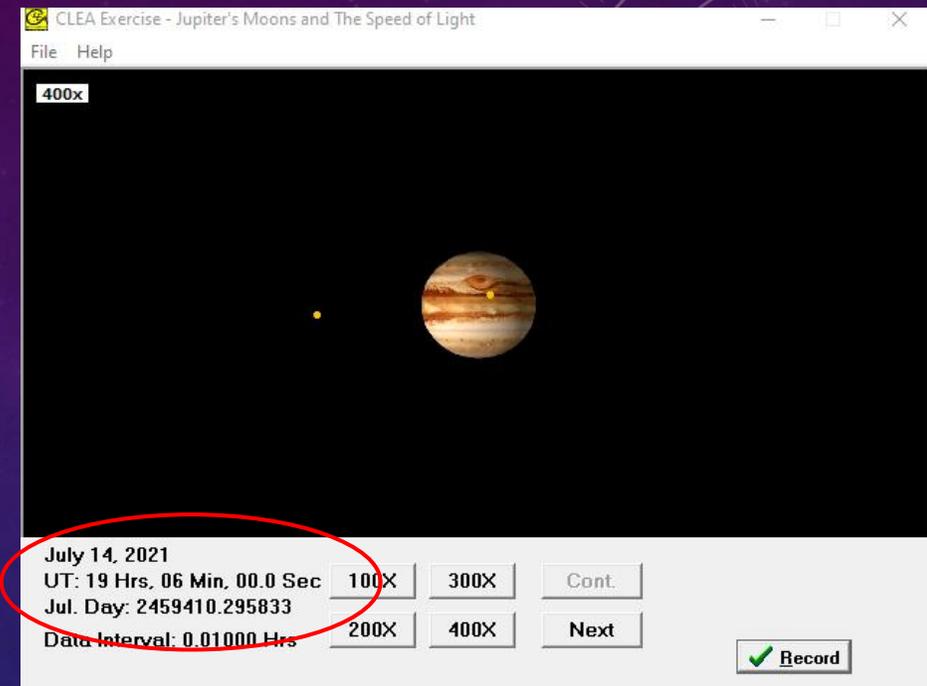


DRUGO POSMATRANJE

- Očekivano vreme pomračenja(JD)
 - $\text{JD prvog posmatranja} + \text{broj orbita} * \text{period } I_0$
 - $\text{JD (2)} = 2459275,793750 + 76 * 1,769861$
 - $\text{JD (2)} = 2459410,303186$
- Uneti približno vreme **pre** očekivanog pomračenja!

DRUGO POSMATRANJE - REZULTATI

- **14. jul 2021**
 - Vreme: 19:06:00,0
 - JD 2459410,295833
- Izračunati razliku u vremenu predviđenog i posmatranog vremena
 - 2459410,303186 – 2459410,295833
 - $\Delta JD = 0,007353$ dana = 635,2992 sekundi
- Razlika u rastojanju
 - $D = 5,95649 \text{ AU} - 4,20139 \text{ AU}$
 - $D = 1,7551 \text{ AU}$



BRZINA SVETLOSTI

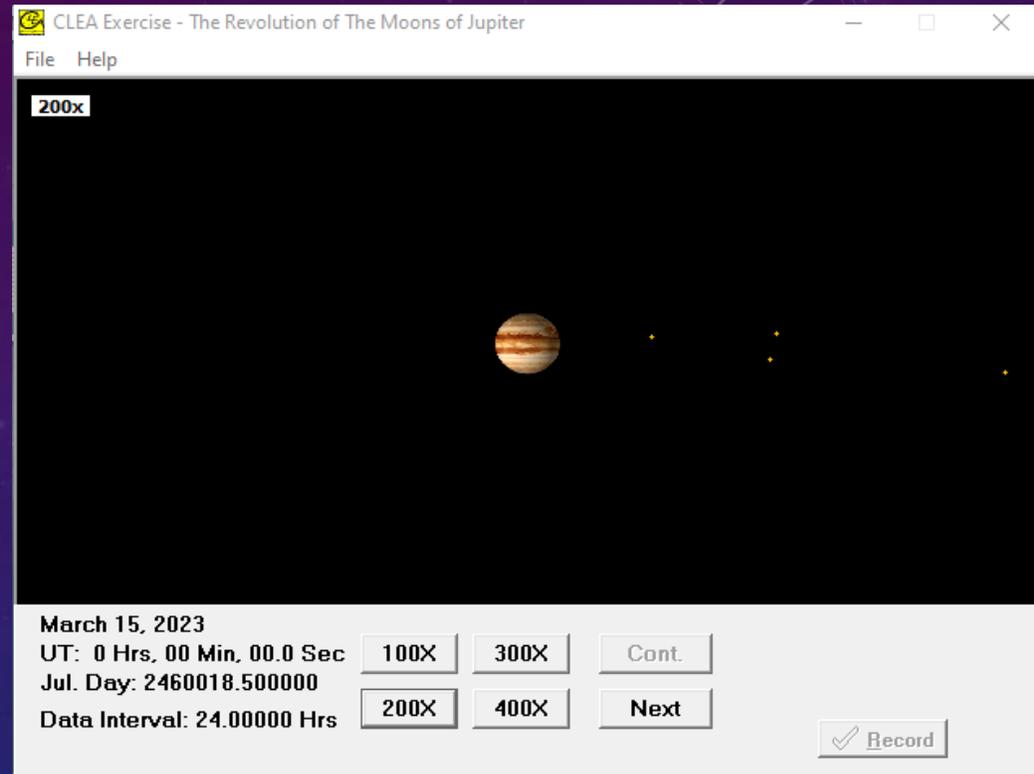
- $\Delta T = 635,2992$ sekundi
- $D = 1,7551 \text{ AU} = 262559223,4 \text{ km}$
- Brzina svetlosti $c = D / \Delta T$
- $c = 413.284,4 \text{ km/s}$
- Oko 35% veća vrednost od tačne

TREĆI KEPLEROV ZAKON

- Posmatranje Galilejevih satelita

$$M = \frac{a^3}{T^2}$$

- M – masa tela (u solarnim masama), a – poluosa (u astronomskim jedinicama), T – period (u godinama)



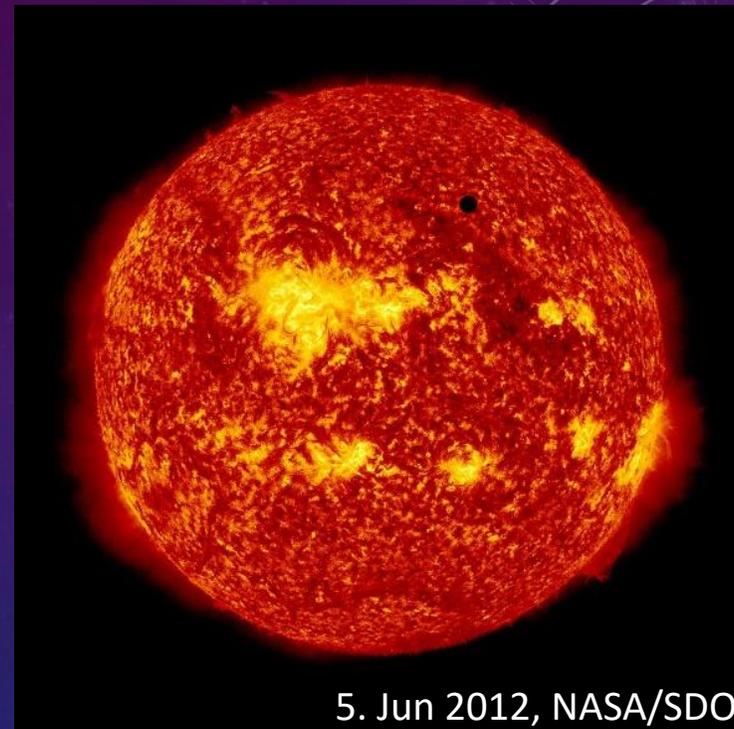
TRANZIT MERKURA I VENERE

ODREĐIVANJE ASTRONOMSKE JEDINICE



TRANZITI MERKURA I VENERE

- Merkur – 1-2 puta u deceniji
- Venera – manje od dva puta po veku
 - Period 243 godine
 - Približno 105,8 – 8 – 121,5 – 8 godina
- Prvi zabeleženi tranzit Venere
 - 1639. godine, od tada 5
 - Poslednja dva 2004 i 2012
 - Sledeći 2117. odine ☹
- Merkur:
 - 2003, 2006, 2016 i 11. novembar 2019
 - Sledeći 2032. godine :/
- **3. jun 2014**
 - Rover Curiosity posmatrao tranzit sa Marsa
 - Prvi tranzit sa druge planete



5. Jun 2012, NASA/SDO



9. maj 2016

The apparent size of Mercury as will be seen during the 9 May 2016 transit, compared to the size of the large sunspot (AR12529) currently just visible to the naked eye through a certified solar safety filter (e.g. eclipse glasses). Never look at the Sun without an appropriate and correctly fitted filter!

TRANZIT VENERE, 2012. GODINA

Transit of Venus of 2012 June 05/06

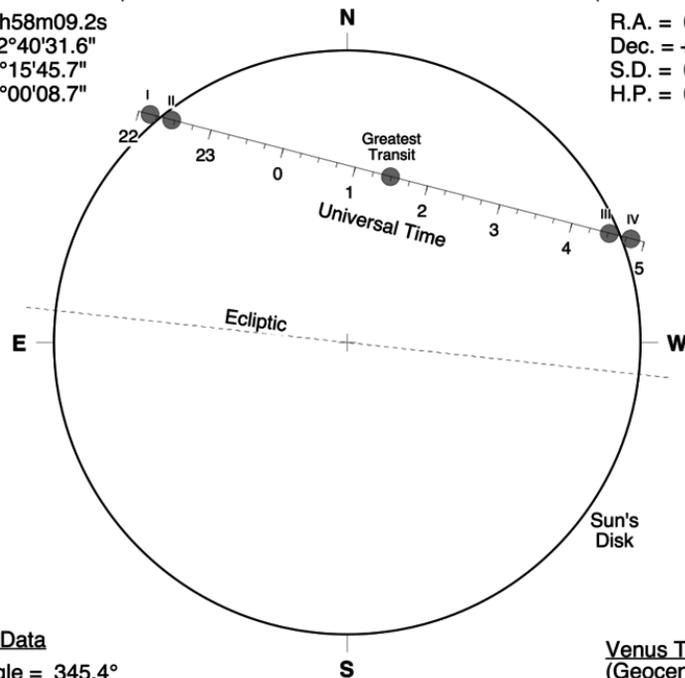
Greatest Transit = 01:29:36.3 UT J.D. = 2456084.562225

Sun at Greatest Transit (Geocentric Coordinates)

R.A. = 04h58m09.2s
Dec. = +22°40'31.6"
S.D. = 00°15'45.7"
H.P. = 00°00'08.7"

Venus at Greatest Transit (Geocentric Coordinates)

R.A. = 04h57m58.8s
Dec. = +22°49'25.9"
S.D. = 00°00'28.9"
H.P. = 00°00'30.5"



Geocentric Data

Position Angle = 345.4°
Separation = 554.4"
Duration = 06h40m

Ephemeris Data

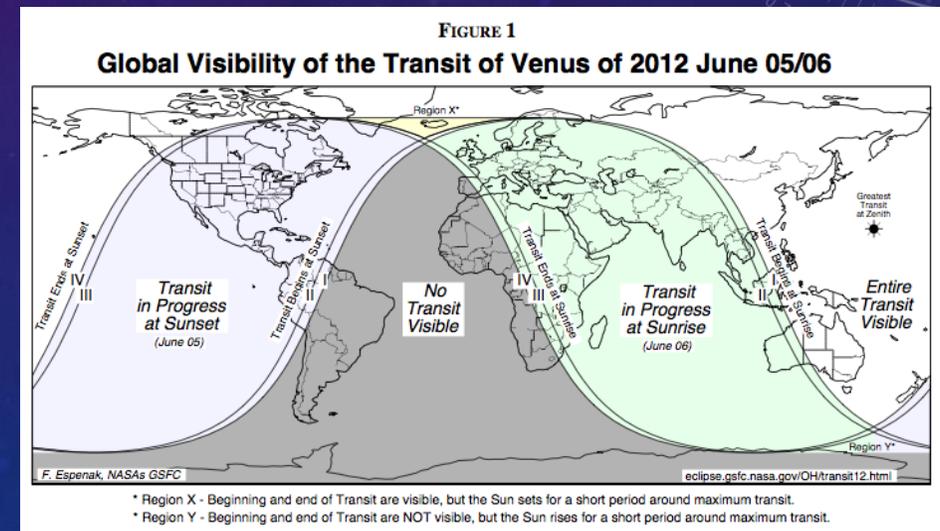
Eph. = VSOP87
 $\Delta T = 66.7$ s

Venus Transit Contacts (Geocentric Coordinates)

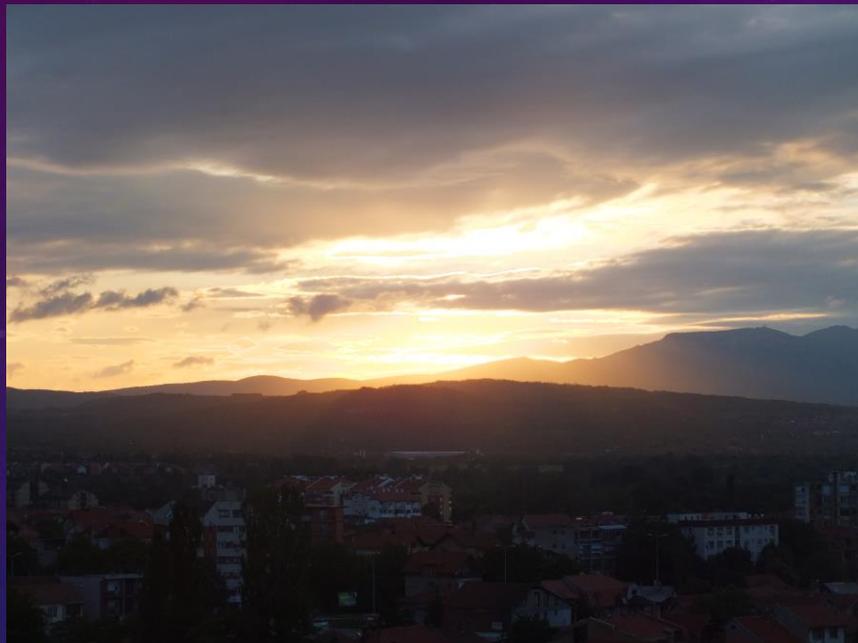
I = 22:09:38 UT
II = 22:27:34 UT
Greatest = 01:29:36 UT
III = 04:31:39 UT
IV = 04:49:35 UT



F. Espenak, NASA's GSFC - 2011 Jun
eclipse.gsfc.nasa.gov/OH/transit12.html

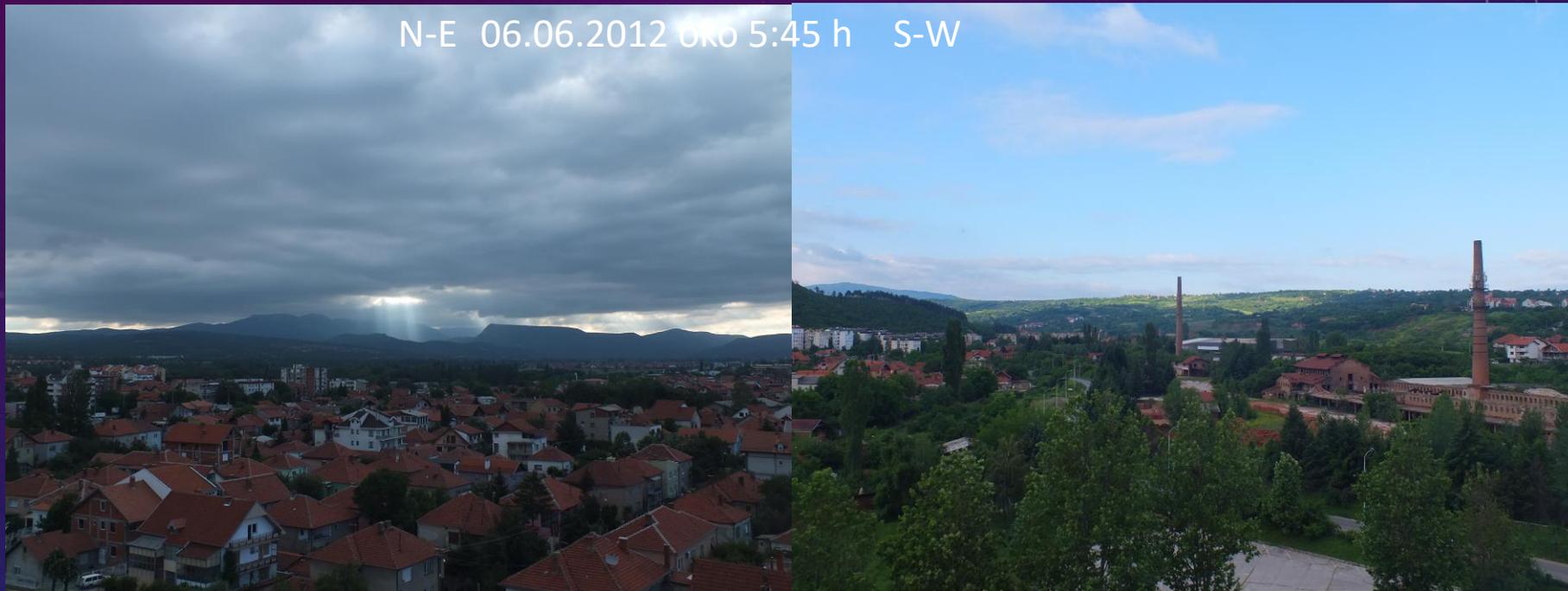


TRANZIT U NIŠU



TRANZIT U NIŠU

N-E 06.06.2012 oko 5:45 h S-W



TRANZITI VENERE I AU

- Retki ali igrali važnu ulogu u istoriji astronomije
- 1761, 1769, 1874 i 1882. godina
- Velike ekspedicije u udaljene delove sveta
- Glavni razlog – merenje astronomske jedinice (AU)
- 1600 godina – radovi T. Brahe, J. Kepler relativna rastojanja
 - Merkur (0,39), Venera (0,72), Zemlja (1,00), Mars (1,52), Jupiter (5,20), Saturn (9,54)

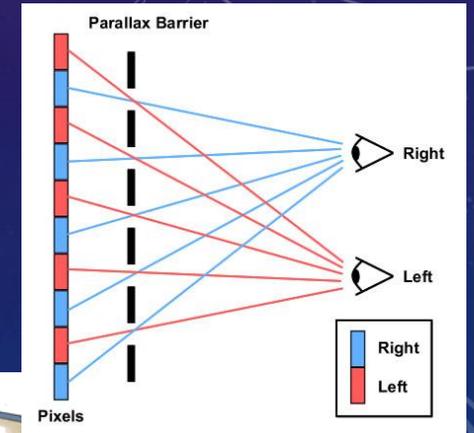
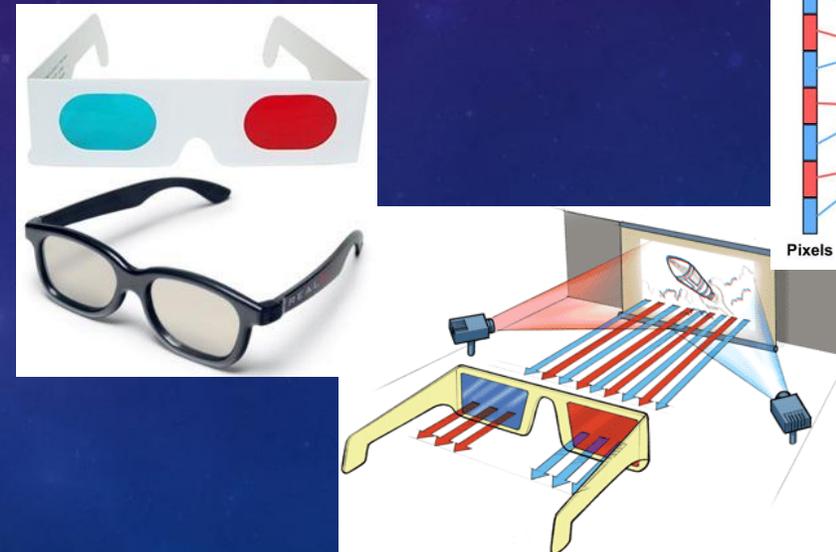
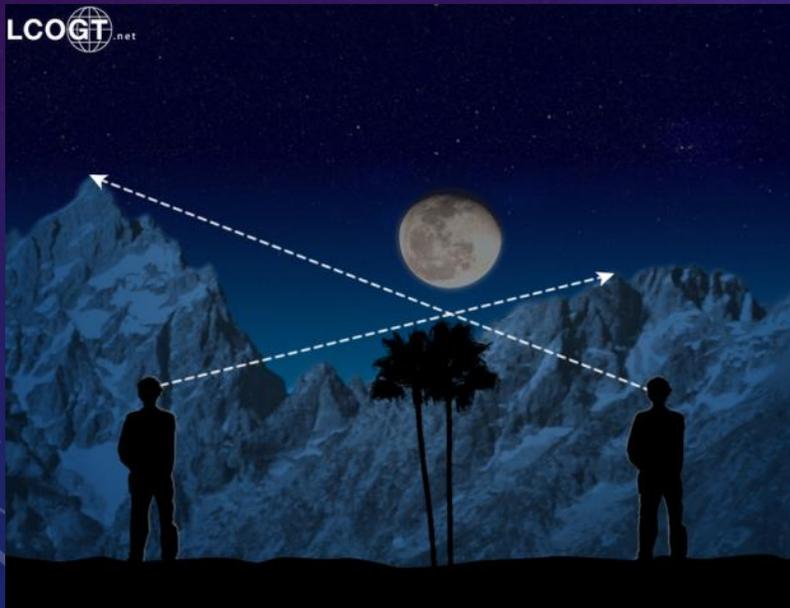
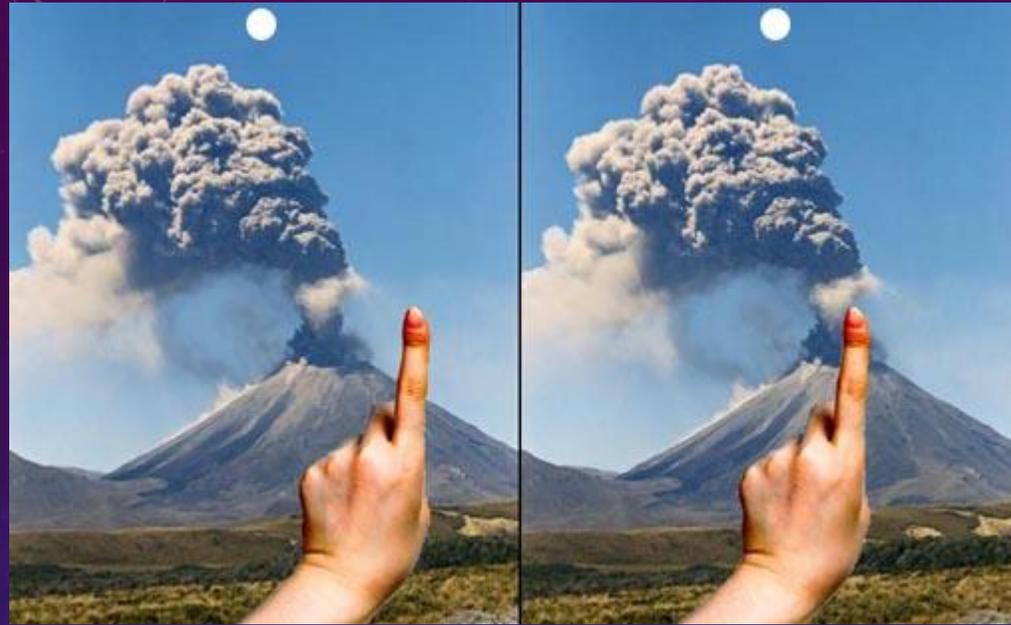
TRANZITI VENERE I AU

- Edmund Halej (1715)
 - Predložio metod za merenje AU
- Posmatranje tranzita Venere
- Dva posmatrača na dve različite lokacije
 - Istovremeno posmatraju
 - Vide „pomeraj“ (paralaksu) na površini Sunca
 - Meri se paralaksa, poznato rastojanje posmatrača
 - Trigonometrija → rastojanje do Venere



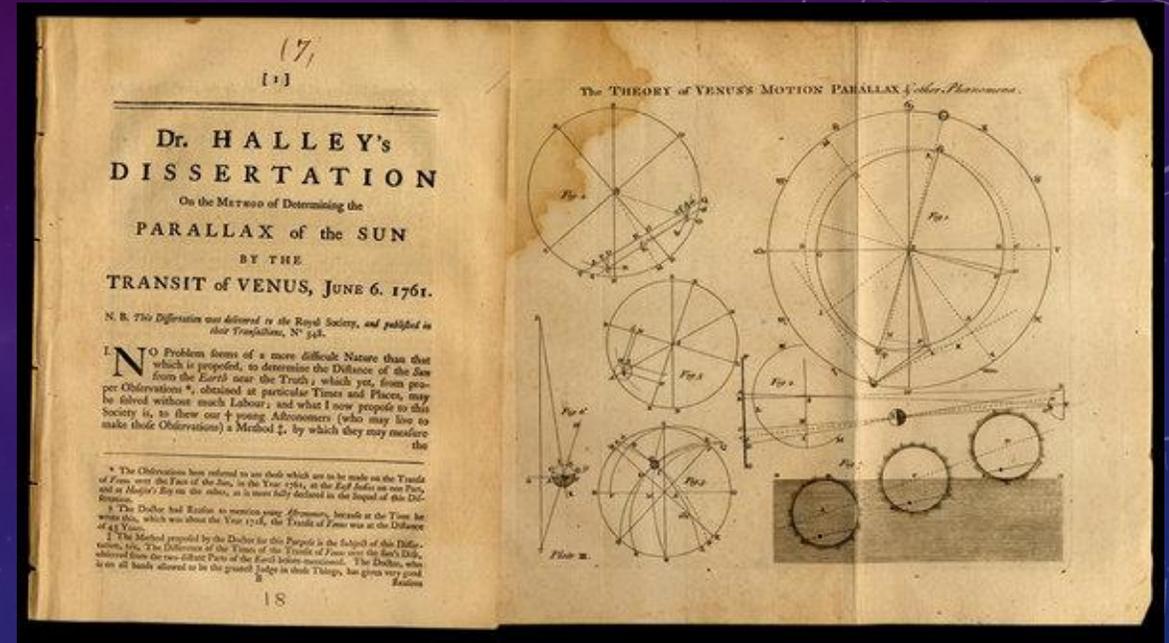
PARALAKSA

- Na Zemlji, svakog dana



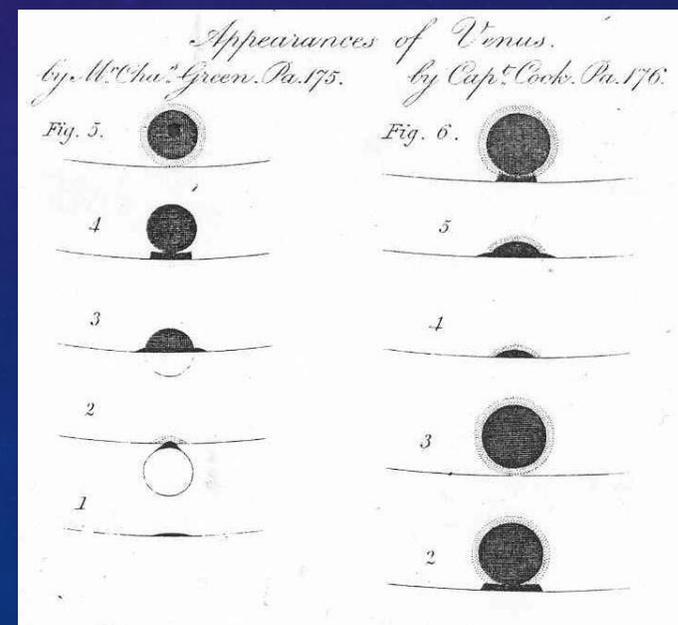
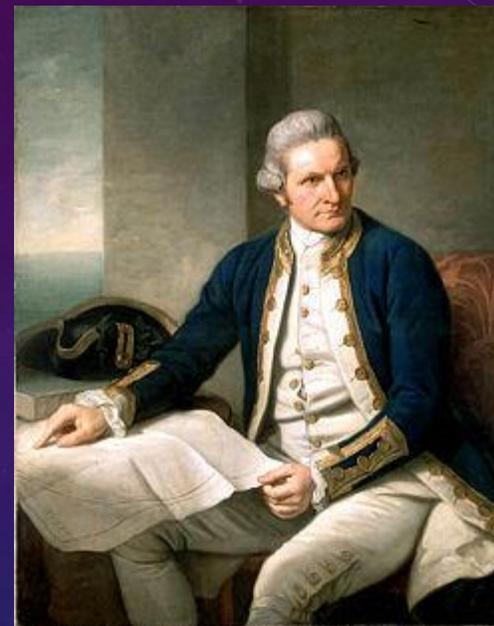
TRANZITI VENERE I AU

- Samo princip
 - Halej je znao da je proces kompleksniji
 - Za primenu paralakse – neophodno da posmatranje bude istovremeno
 - Problem: sinhronizacija časovnika na dugim putovanjima
- Halej zaključio da od pozicije posmatrača ne zavisi samo putanja Venere već i trajanje tranzita (1. i 4. kontakt

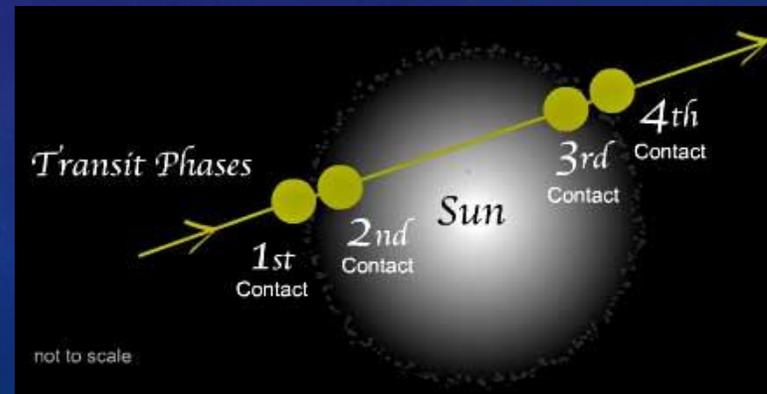
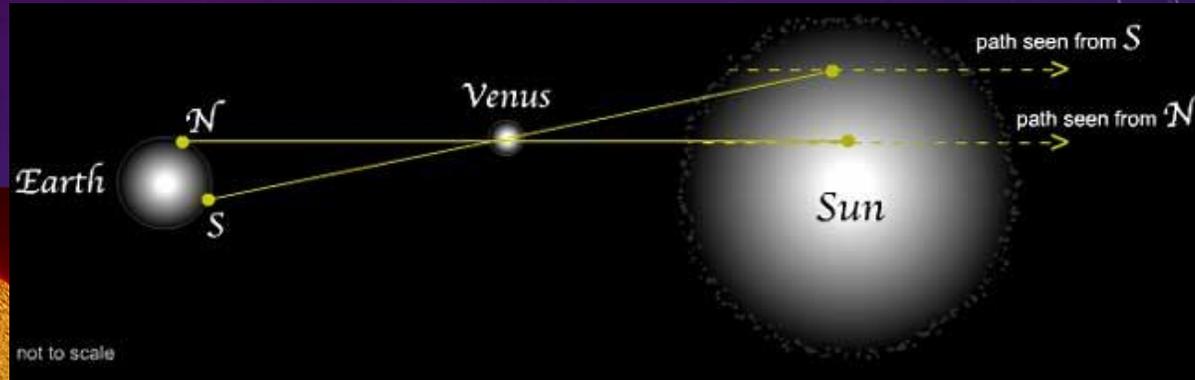
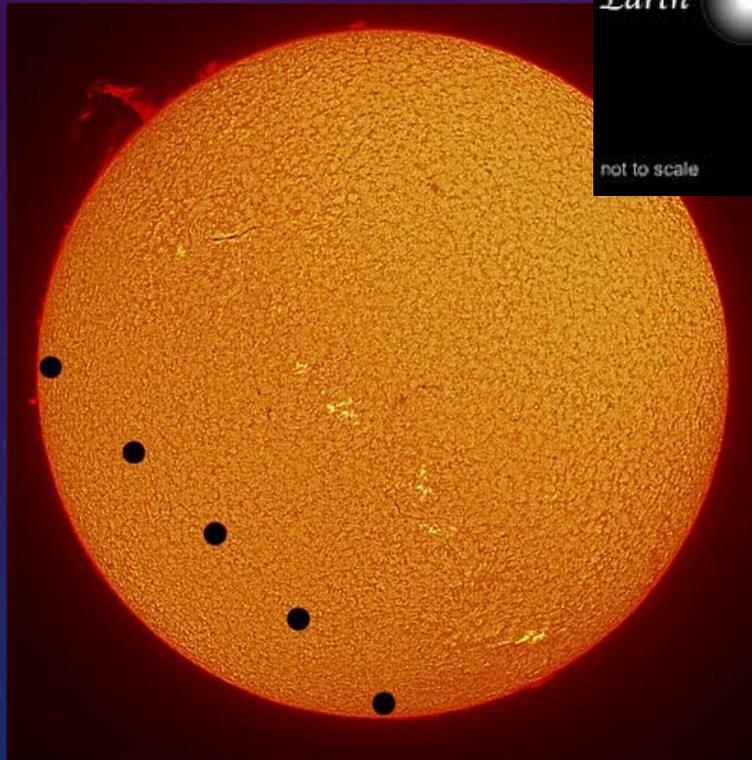


TRANZITI VENERE I AU

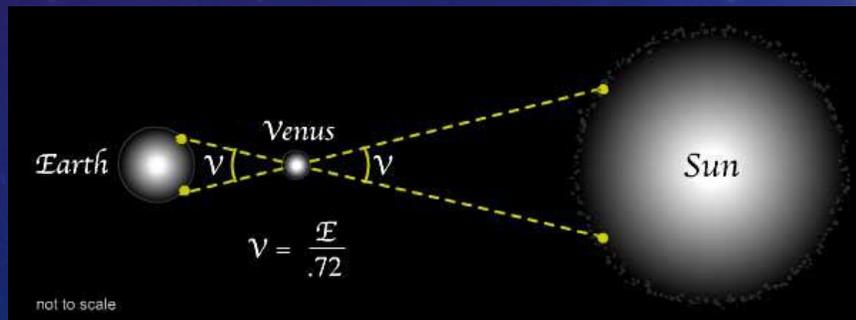
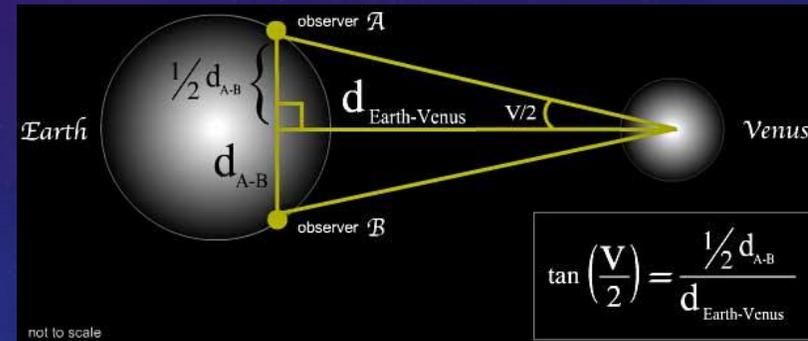
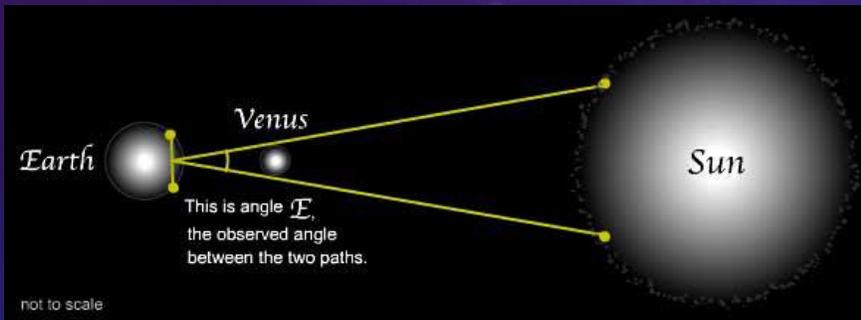
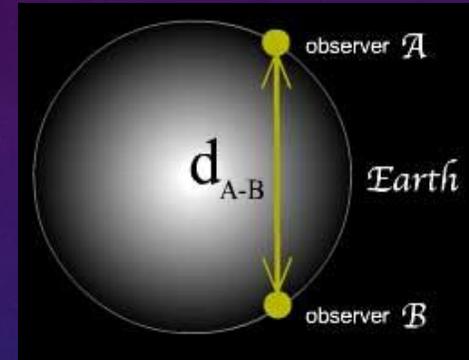
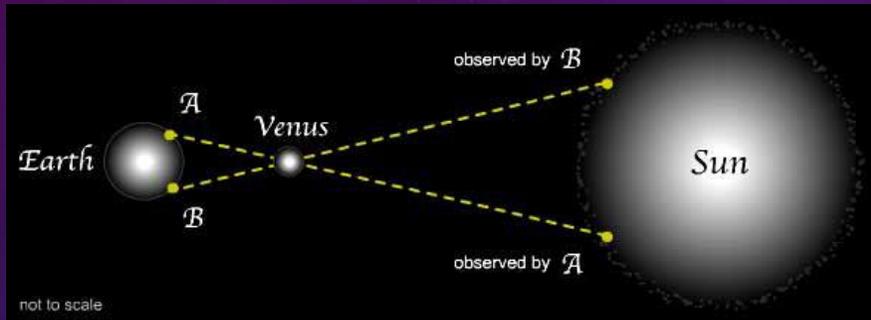
- Britanija i Francuska – velike ekspedicije
 - Kapetan Kuk – prvo putovanje u Južni Pacifik zbog tranzita 1769 (Tahiti)
- Većina imala dobre vremenske uslove
 - Rezultati razočarali ☹️
 - Najveći problem određivanje vremena (1. kontakt)
- Sledeći tranziti 1874 i 1882
 - Napredovala tehnologija, ali loši rezultati
- Sledeći tranzit XX vek
 - 2004. godina (CLEA vežba)



RASTOJANJE ZEMLJA - SUNCE



ASTRONOMSKA JEDINICA



$$d_{EV} = \frac{\frac{1}{2} d_{AB}}{\tan(\frac{v}{2})} \Rightarrow d_{EV} = \frac{d_{AB}}{\tan(v)}$$

$$d_{ES} = d_{EV} + d_{VS}$$

$$d_{EV} = 0.28 d_{ES}$$

Rastojanje Sunce-Venera (0.72 AU)

KAKO?

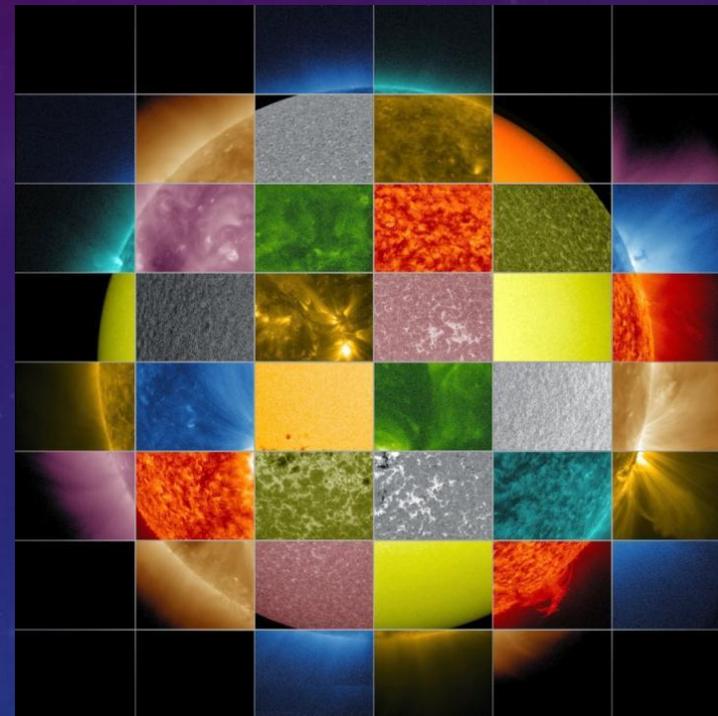
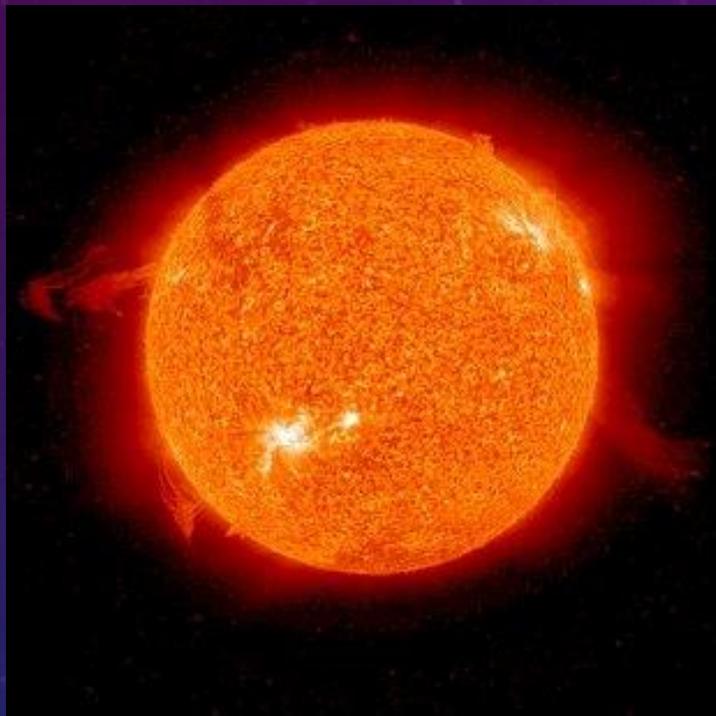
- Merimo paralaksu π_m [lučne sekunde]
- B – rastojanje između dve lokacije [km]
 - Meri se u odnosu na pravac normalan na pravu centar Zemlje – Sunca
- D_{ev} - rastojanje Zemlja – Venera [AU]
- D_{es} - rastojanje Zemlja – Sunce [AU]
- Računamo A [km]

$$A = \frac{B \cdot (D_{es} - D_{ev}) \cdot 206265}{\pi_m \cdot D_{ev} \cdot D_{es}}$$

ROTACIJA SUNCA I DINAMO EFEKAT



SUNCE U SVIM „BOJAMA“



- Golim okom vidimo samo sjajni žuti disk, kroz specijalni teleskop (npr. *Lunt*) vidimo nešto nalik slici levo.
- Astronomi, različitim instrumentima, vide Sunce kao na slici desno (u različitim delovima spektra)

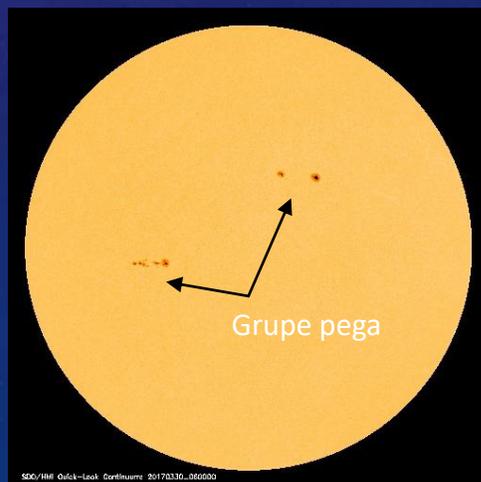
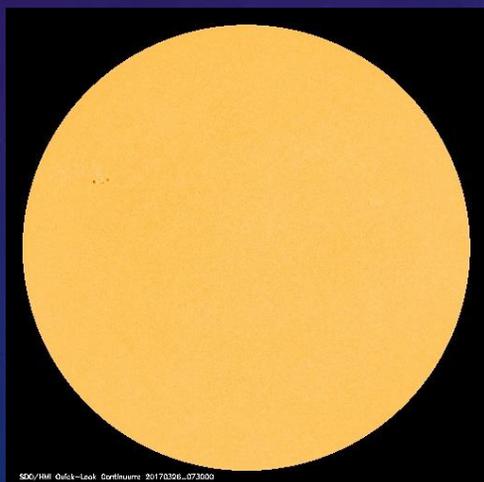
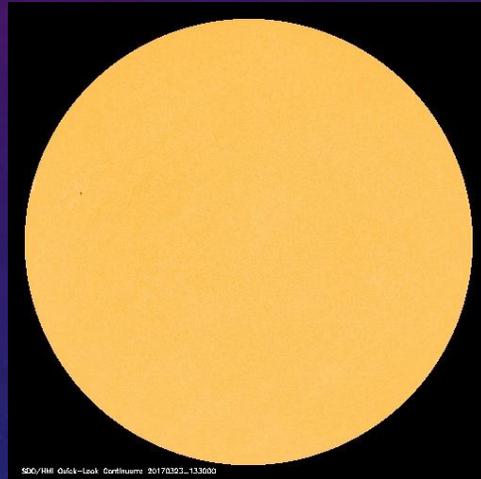
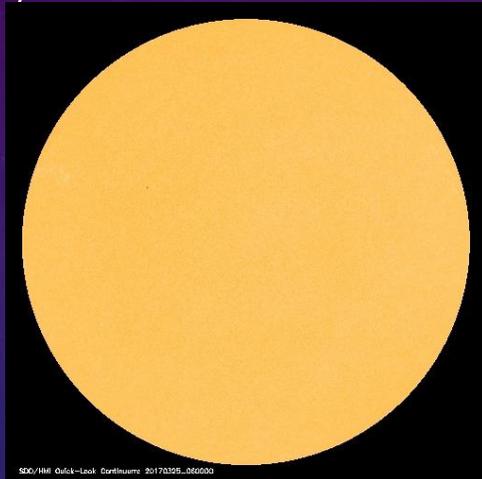
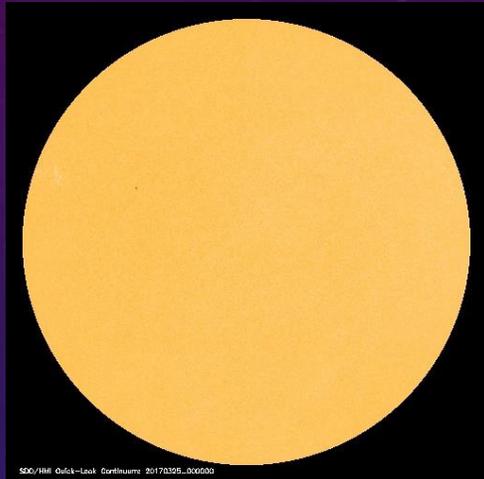
KAKO BEZBEDNO POSMATRATI SUNCE?



- **Solarni teleskop *Lunt*** sa specijalnim filterima (H-alfa) koji omogućavaju bezbedno posmatranje Sunca i izdvajanje pojedinačnih detalja na površini i u atmosferi naše zvezde (*levo*)
- **Indirektna metoda** – projektovanjem lika Sunca kroz bilo koji teleskopom i posmatranje pega na papiru – zaklonu (*desno*)

SUNCE, DANAS, JUČE...

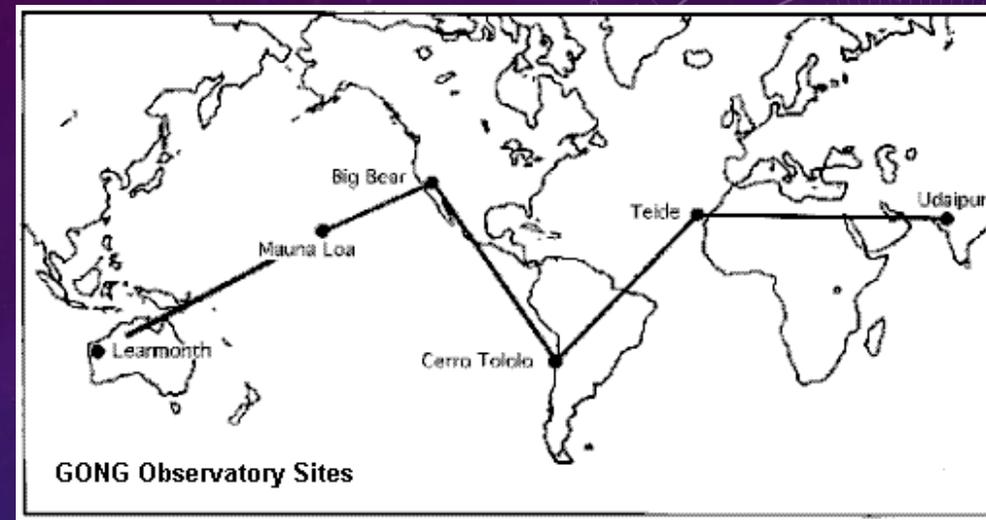
(ŠTA MOŽETE DA VIDITE KROZ TELESKOP)



TELESKOPI ŠIROM SVETA

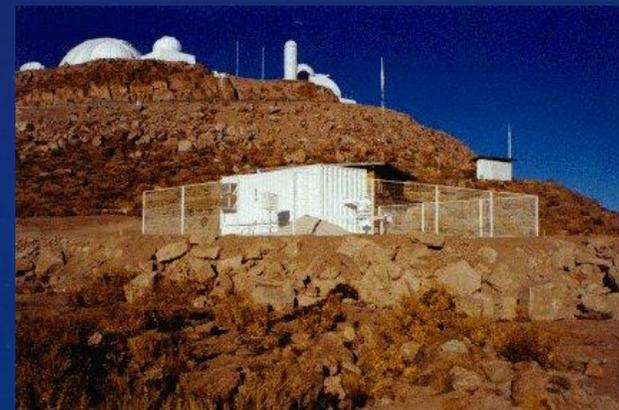
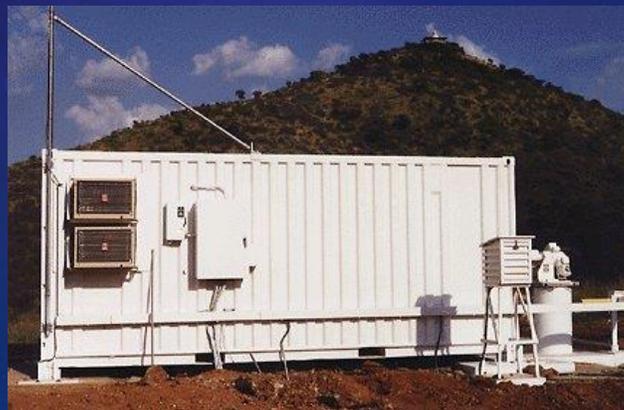
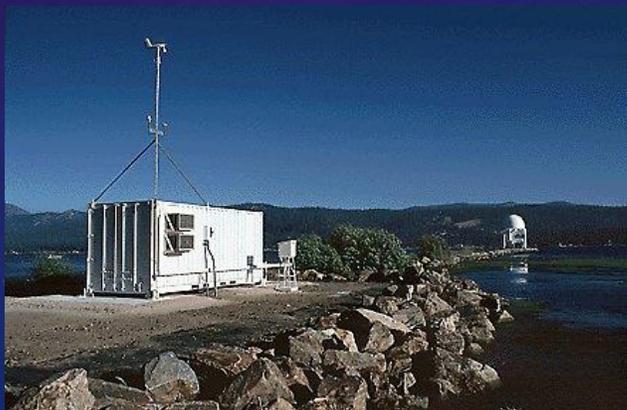
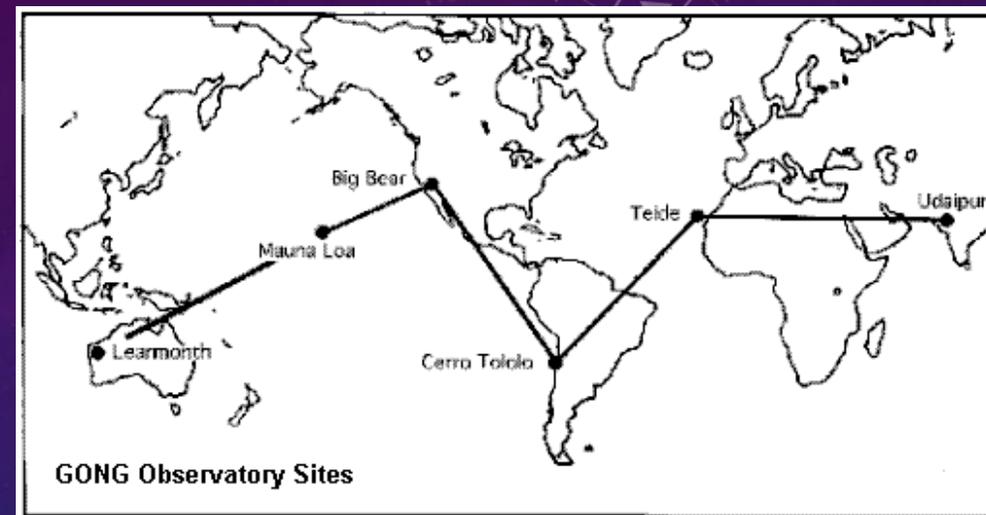
- 1995, National Solar Observatory – mreža teleskopa
 - Upravlja Global Oscillation Network Group (GONG), Tucson, **Arizona**
 - Kad Sunce zađe na jednom teleskopu, na drugom je visoko iznad horizonta
 - Big Bear, **California**; MauLoa, **Hawaii**; Learmonth, **Australia**; Udiapur, **India**; El Teide, **Tenerife** (The Canary Islands, Atlantic Ocean) i Cerro Tololo, **Chile**.

<https://gong.nso.edu/>



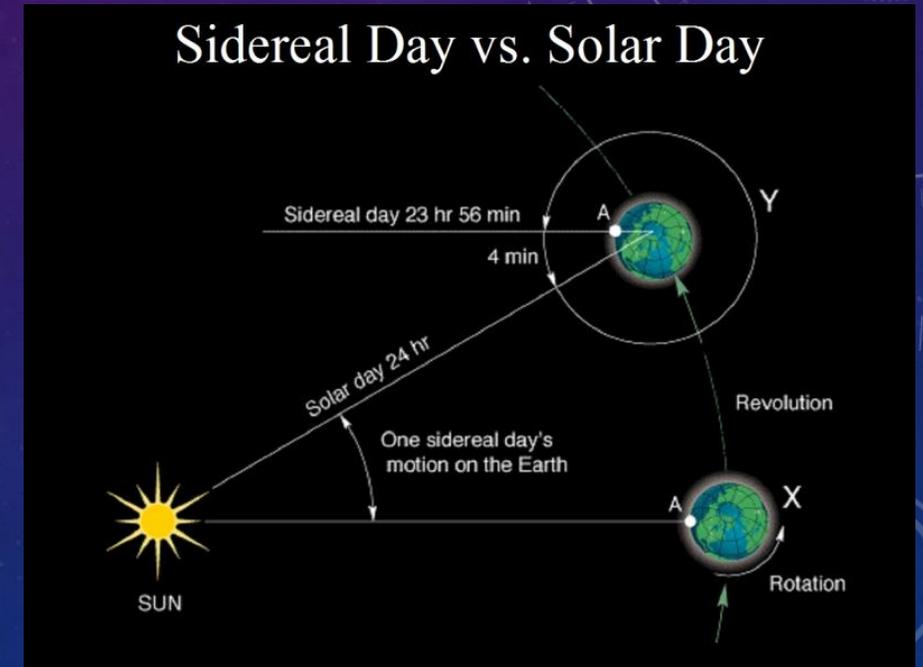
GONG

- Robotizovani teleskopi, snimaju Sunce svakog minuta
- CLEA – 368 fotografija, od 1. januara 2002 do 30. aprila 2002
- Ukupno 3600 fotografija dnevno, vežba 3 dnevno
- Digitalno obrađene fotografije; 860x860px, sever – gore
- Disk Sunca – 720px, 1px - 2,5 lučnih sekundi, 1800 km (centar)
 - Na 95% rastojanja do ivice 1px – 6000 km



MERENJE PERIODA ROTACIJE

- Najlakši način – čekamo da se pega ponovo pojavi, ali...
 - Da li žive dovoljno dugo? Kako da je prepoznamo?
 - Možda ne „pogodimo“ da je slikamo? Itd ...
- Siderički i sinodički period
 - **Sinodički period** – vidimo sa Zemlje
 - Nije pravi period, rotira i Zemlja
 - Pravi period – **siderički** (period u odnosu na odeljene zvezde)
 - **Sinodički > sideričkog** (Sunce mora da rotira duže da „stigne“ Zemlju)

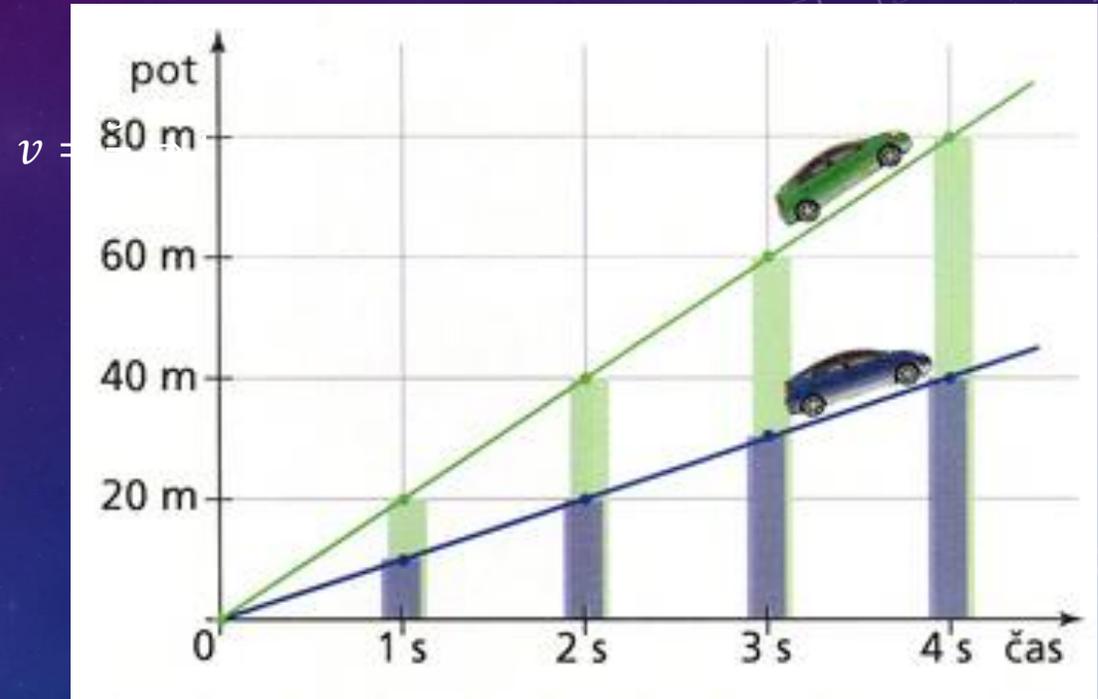


SINODIČKI I SIDERIČKI PERIOD

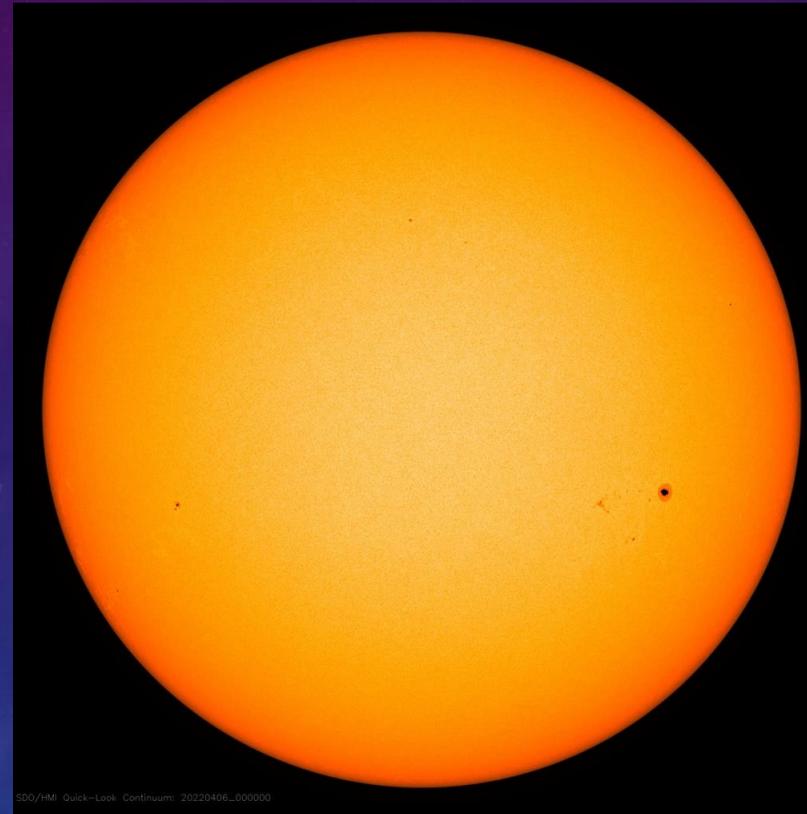
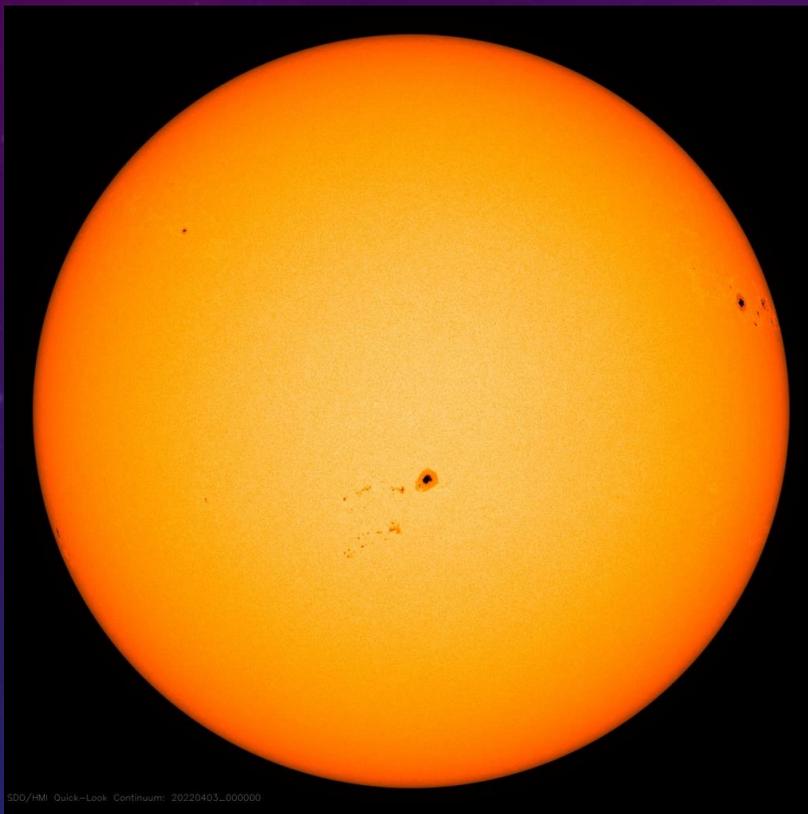
$$P = \frac{365.25 * S}{S + 365.25}$$

P – siderički period
 S – sinodički period

$$S_{dani} = \frac{360^\circ}{nagib_{(stepen/danu)}}$$

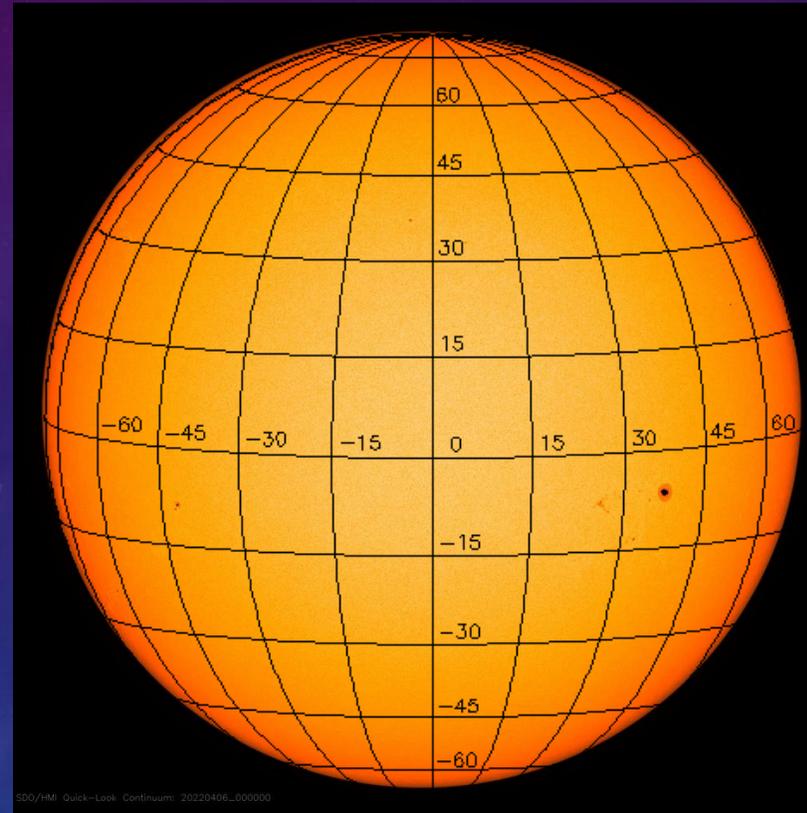
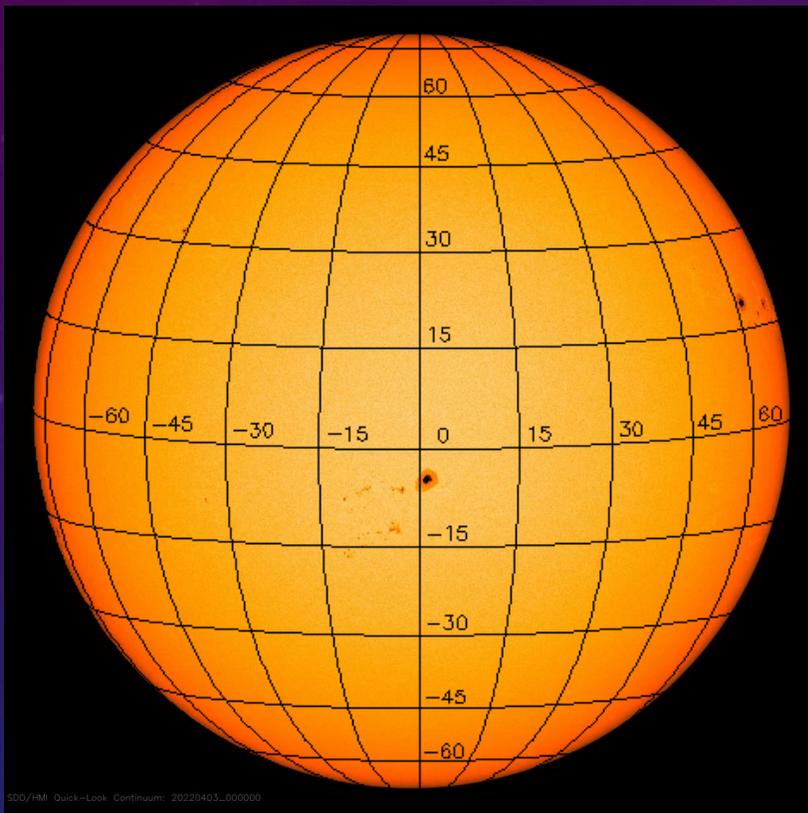


ROTACIJA SUNCA



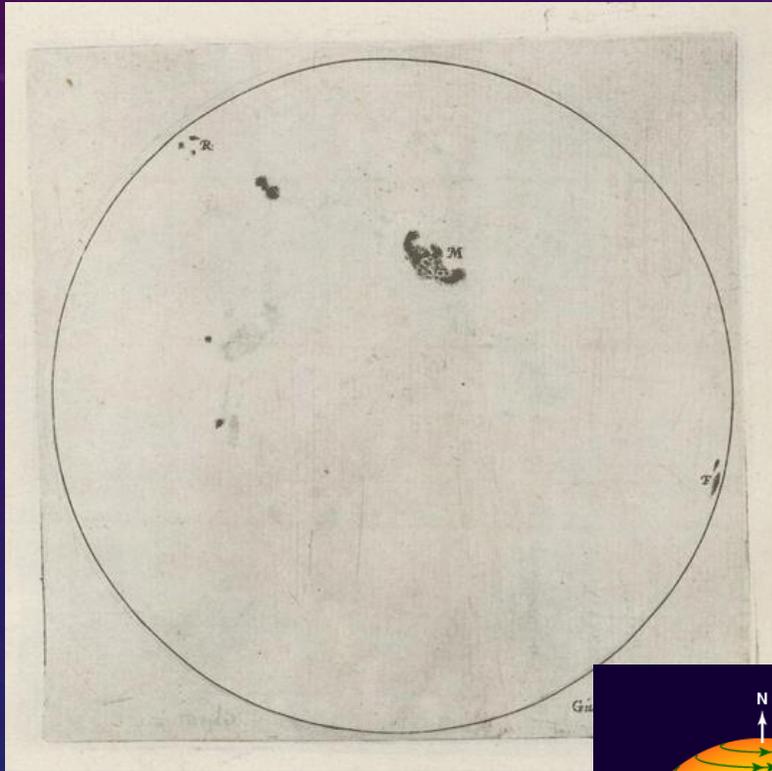
- Praćenjem pega i određivanjem njihove brzine, na osnovu upoređivanja njihovog položaja na fotografijama izračunava se period rotacije Sunca oko ose.
- Oblasti oko ekvatora rotiraju brže od oblasti blizu polova:
 - **Diferencijalna rotacija => Sunce nije čvrsto telo!!!**

ROTACIJA SUNCA



- Praćenjem pega i određivanjem njihove brzine, na osnovu upoređivanja njihovog položaja na fotografijama izračunava se period rotacije Sunca oko ose.
- Oblasti oko ekvatora rotiraju brže od oblasti blizu polova:
 - **Diferencijalna rotacija => Sunce nije čvrsto telo!!!**

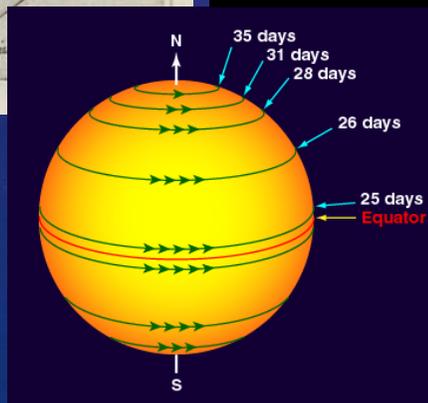
ROTACIJA SUNCA



Pege na Suncu koje je posmatrao i nacrtao Galileo Galilej



SDO/HMI Quik-Look Continuum 20220301_000000



Pege tokom prethodnih par dana, kako ih je snimio satelit SOHO
<https://soho.nascom.nasa.gov/>

AD „ALFA“ APLIKACIJA

U procesu kalibracije neophodno je klikom označiti maksimalnu severnu, južnu, istočnu i zapadnu tačku Sunca (tj. minimum i maksimum x i y ose). Kalibracija nije neophodna za fotografije novijeg datuma ali je potrebna za fotografije gde je crni okvir značajno veći nego na npr. današnjoj fotografiji.

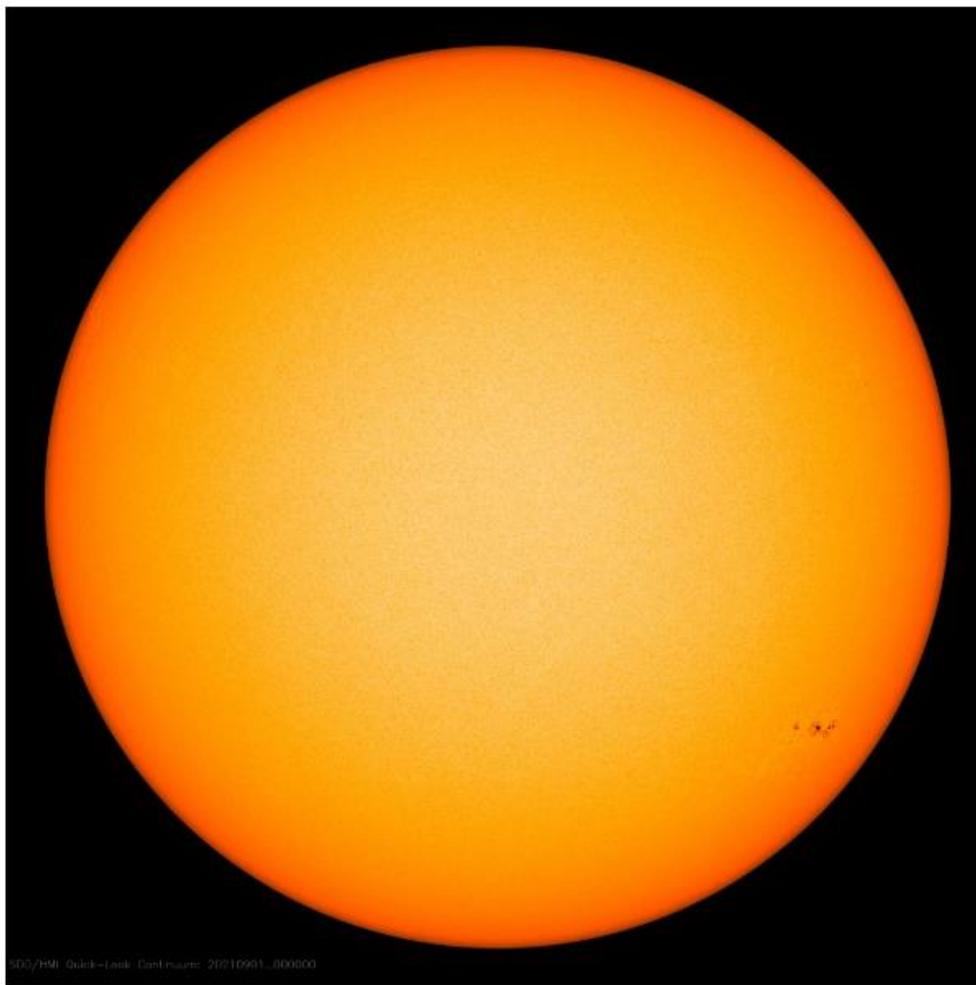
Prikažite fotografiju za željeni datum.

Kliknite ovde za izbor datum:

Za izabrani datum prikazaće se fotografija Sunca. Kliknite dva puta na željenu pegu da bi sačuvali njene koordinate. Nakon toga pređite na sledeći dan, ponovo označite istu pegu itd. Postupak nastavite dok je pega vidljiva.

Snimi i pređi na sledeću

Pripremili: Milan Milošević, Irina Cvetković, Petra Nešić i Jovana Stanimirović u okviru projekta *Malim koracima ka astronomiji* koji realizuje AD "Alfa" uz podršku Centra za promociju nauke



Sačuvane koordinate

Fotografije: [NASA/SDO](#) i [AIA](#), [EVE](#), i [HMI](#) naučni timovi

<https://alfa.org.rs/sunspots/>

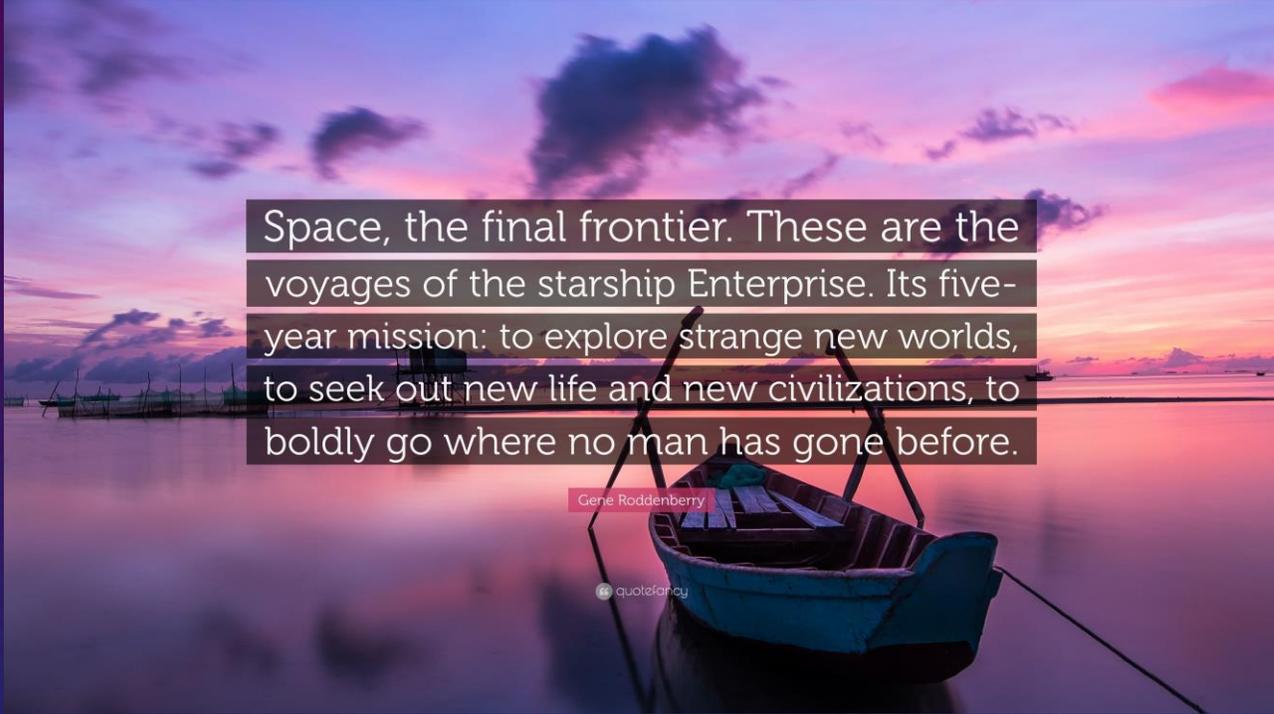
SAVREMENA ASTRONOMIJA

The background is a dark blue gradient with a field of small white stars. On the right side, there are several technical diagrams. One is a large circular scale with degree markings from 80 to 210 and a central circle with an arrow. Another is a smaller circular diagram with concentric circles and an arrow. A third is a dashed circular arrow in the bottom left. The overall aesthetic is scientific and futuristic.

KORISNI LINKOVI

- SDSS, <https://voyages.sdss.org/>
- openFITS - Create Images from Raw Data, <https://chandra.harvard.edu/photo/openFITS/>
- MicroObservatory Robotic Telescope Network
 - <https://mo-www.cfa.harvard.edu/MicroObservatory/>
 - Observe With NASA, <https://mo-www.cfa.harvard.edu/OWN/>
 - Search for other planets, <https://waps.cfa.harvard.edu/microobservatory/diy/index.php>

NA KRAJU?

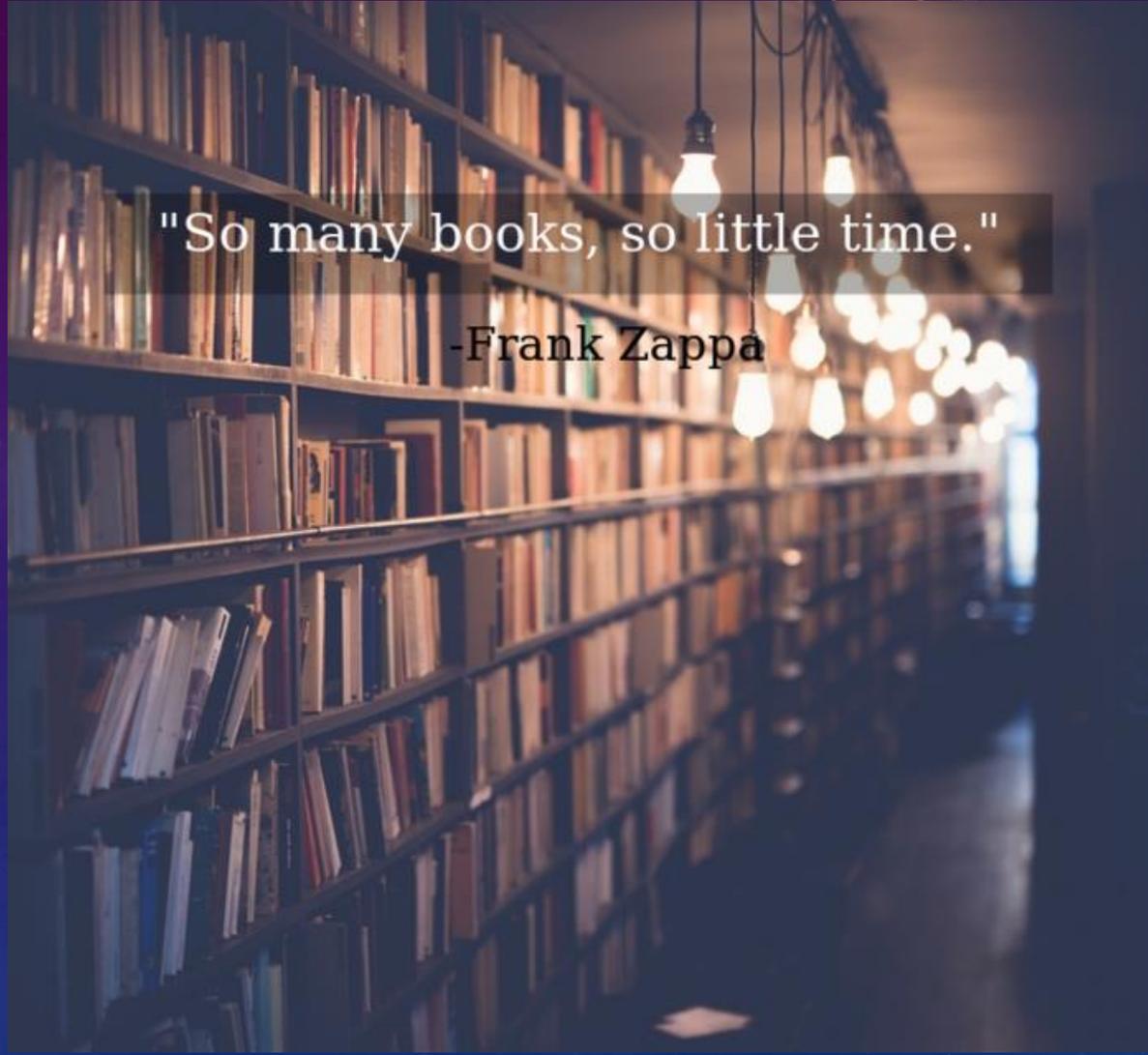


Space, the final frontier. These are the voyages of the starship Enterprise. Its five-year mission: to explore strange new worlds, to seek out new life and new civilizations, to boldly go where no man has gone before.

Gene Roddenberry

quote fancy

- dr Milan Milošević, docent
Departman za fiziku PMF-a u Nišu
- mmilan@svetnauke.org



"So many books, so little time."

-Frank Zappa

- www.mmilan.com
- www.svetnauke.org