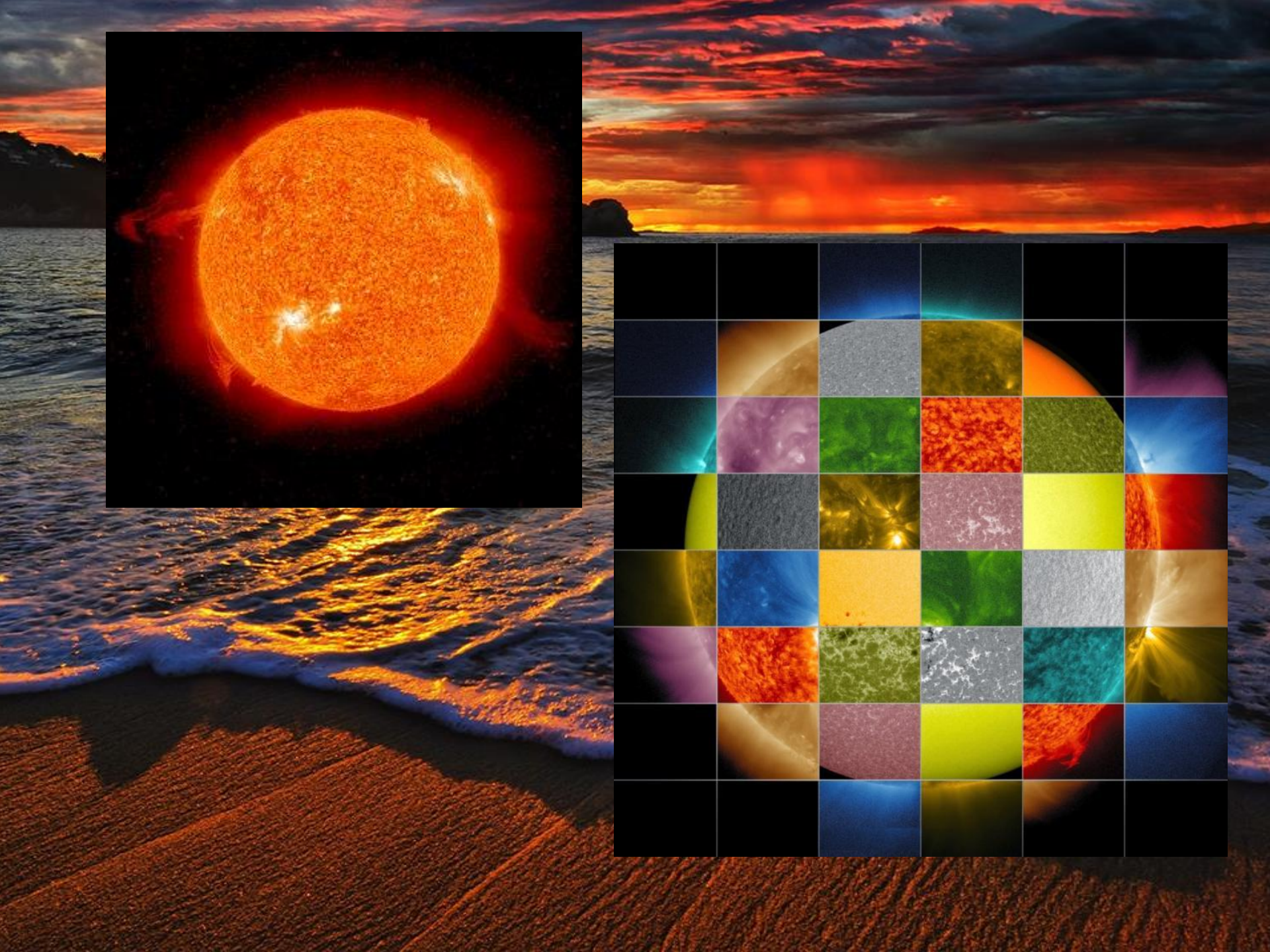




*astro*

# FIZIKA SUNCA







# “Kad je Sunce bilo Bog”



[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_solar\\_deities](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solar_deities)

<http://ancienthistory.about.com/od/sungodsgoddesses/a/070809sungods.htm>



# Gde je Sunce?

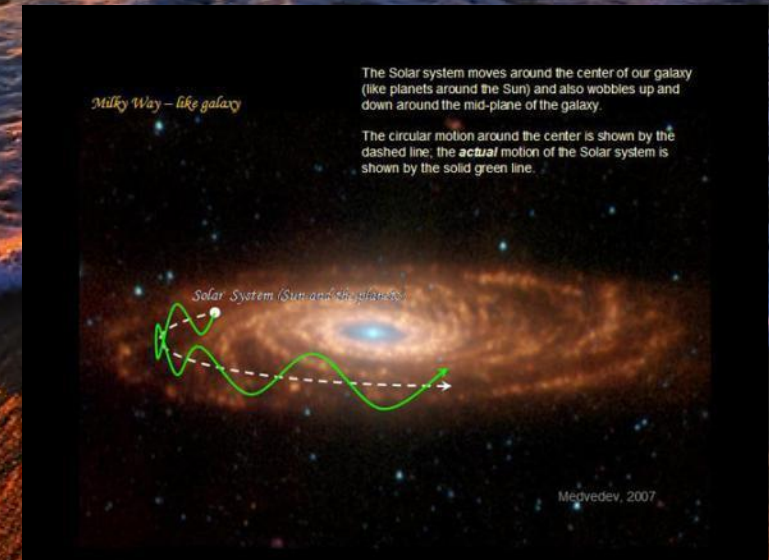
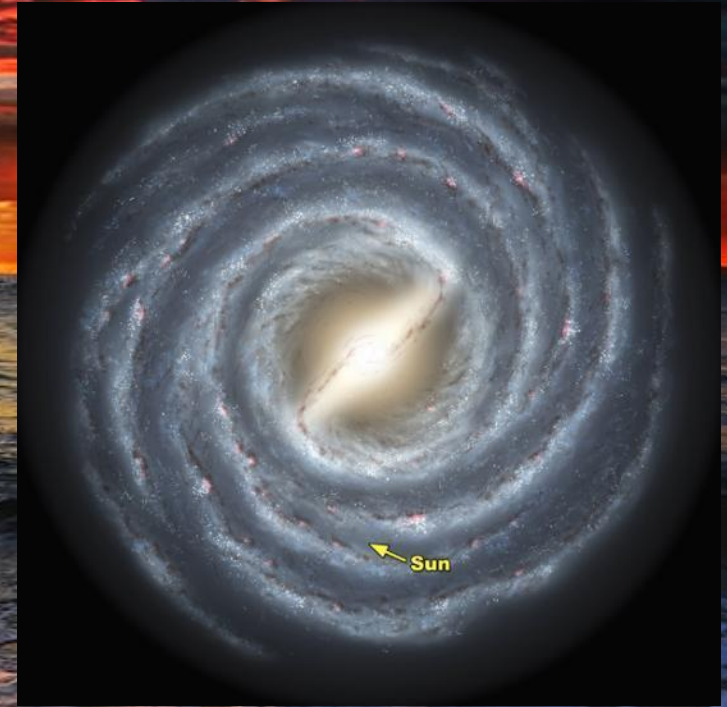


*Hubble Ultra Deep Field*



# Mlečni put

- Galaktička ravan
- Orionov krak
- 8-10 kpc od centra (28.000 sg)
- 230 miliona godina oko galaksije
- Galaksija – 100.000 sg
- Na pravom mestu 😊





# Sunce – naša zvezda



- poluprečnik 696.000 km
  - 109 puta veći od Zemlje
- zapremina 1,3 miliona puta veća od Zemljine
- masa  $1,99 \cdot 10^{30}$  kg
  - 333.000 puta više nego masa Zemlje
- sve planete zajedno – 750 deo mase Sunca
- 99,87% ukupne mase Sunčevog sistema
- masa se godišnje smanji za  $1,5 \cdot 10^{17}$  kg



# A koliko je to...?



Poslala: Nastasija Avramović 😊



sixpenceee

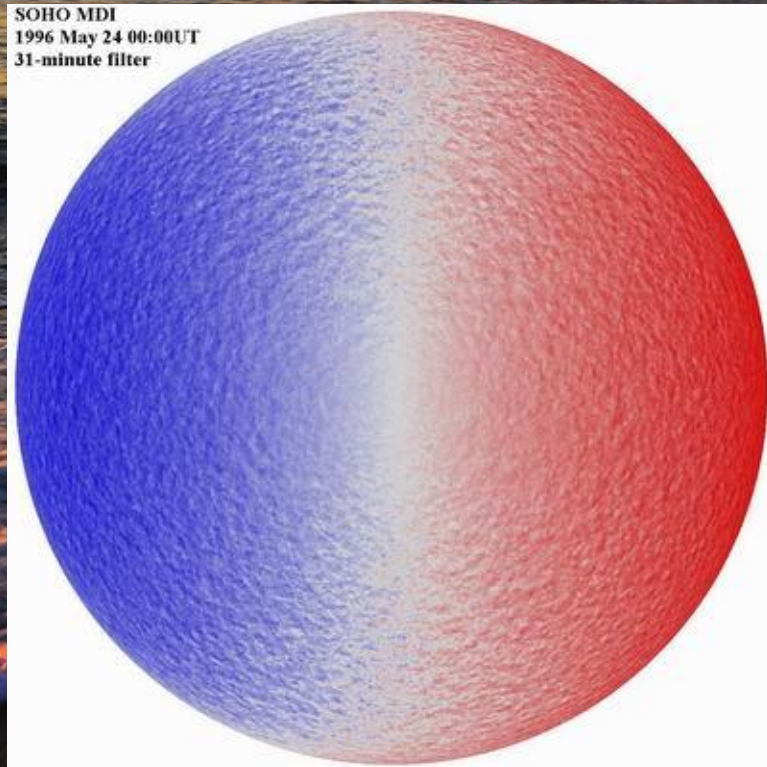
This is a model of how many Earth's can fit inside the sun.



# Još malo podataka ☺

- period 27 dana – zvezda koja sporo rotira
- osa nagnuta za  $7,2^\circ$  u odnosu na normalu na ravan ekliptike
- 25 dana ekvator - 2 km/s; polovi 29 dana - 0,9 km/s
- diferencijalna (zonska) rotacija
- dokaz da nije kruto telo

SOHO MDI  
1996 May 24 00:00UT  
31-minute filter





I još.... ☹️☹️

- Usijano telo, zrači sopstevnu energiju
- svake sekunde  $3,86 \cdot 10^{26}$  J
- samo dvomilijarditi deo stiže na Zemlju
- elektromagnetno zračenje – najviše vidljiva svetlost (400 do 800 nm)



I još.... ☹️☹️☹️

- zračenje dolazi sa površinskog sloja
  - dublji slojevi neprozračni
- unutrašnjost – teorijski modeli
  - Standardni model – R. Sears (1964)
  - za zvezde starosti oko  $4,7 \cdot 10^9$  god
  - temperatura  $15 \cdot 10^6$  K, pritisak  $3,4 \cdot 10^{16}$  N/m<sup>2</sup> – u jezgru



# Standardni model

- Sferno-simetrično, zanemaruju rotacija i magnetno polje
- U stanju toplotne ravnoteže
- Promene hemijskog sastava – nuklearne reakcije
- Mešanje supstanci – samo konvektivna zona
- Pra-sunce – homogenog hemijskog sastava, evoluiralo bez promene mase tokom 4,7 milijardi godina



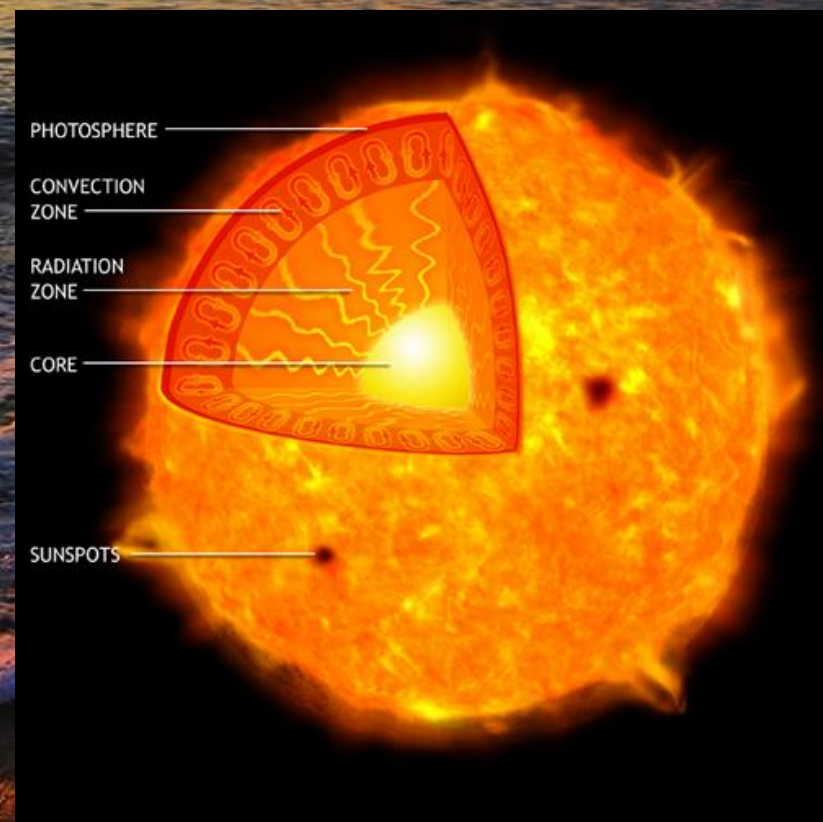
A dramatic sunset over the ocean. The sun is low on the horizon, casting a bright orange and yellow glow across the sky and reflecting on the water. A large, dark, rocky island is silhouetted against the sunset in the middle ground. The foreground shows waves crashing onto a sandy beach, with the sand appearing wet and dark. The overall mood is serene and majestic.

# UNUTRAŠNOST SUNCA



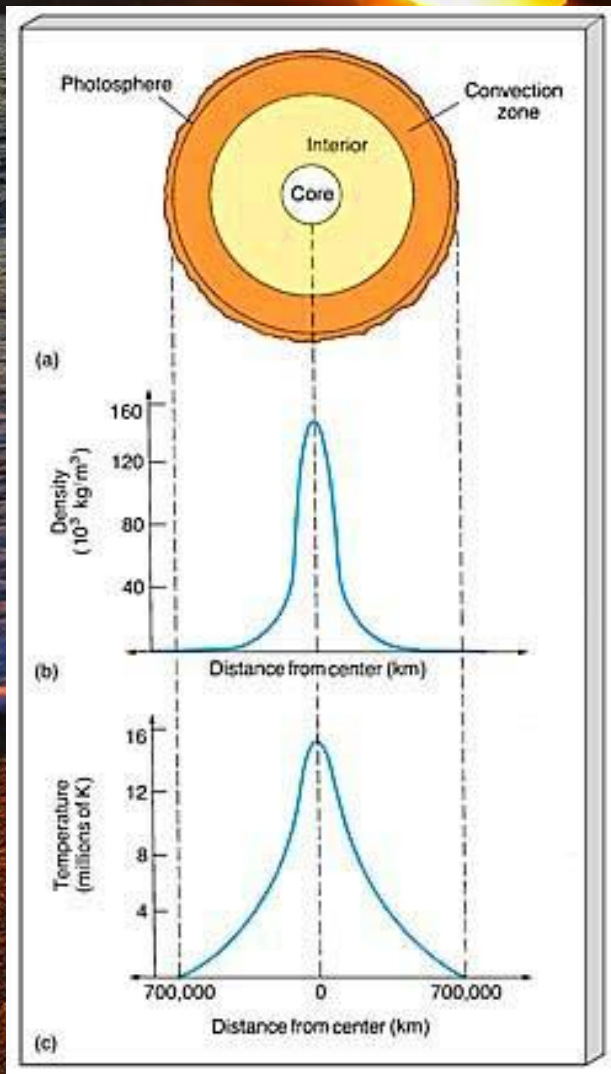
# Unutrašnjost Sunca

- Jezgro (25%)
- Radijaciona zona (45%)
- Konvektivna zona (30%)





# Gustina i temperatura



- prosečna gustina  $1408 \text{ kg/m}^3$ 
  - 4 puta manje od gustine Zemlje
  - 1,4 puta veće od vode
- sastav – usijan gas
  - vodonik 73,4% (92% broja atoma)
  - helijum 25% (7,8% broja atoma)
  - ostali (O, C, Fe, N, Ne) 1%
- na slici – zavisnost temperature i gustine od dubine
  - *temperatura* – u početku naglo opada , kasnije sve sporije
  - *gustina*
    - $1,5 \cdot 10^5 \text{ kg/m}^3$  u jezgru
    - $1.000 \text{ kg/m}^3$  na 350.000 km
    - $2 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}^3$  fotosfera (10.000X manje od gustine vazduha)
    - $10^{-23} \text{ kg/m}^3$  korona (gustina najboljeg vakuuma)



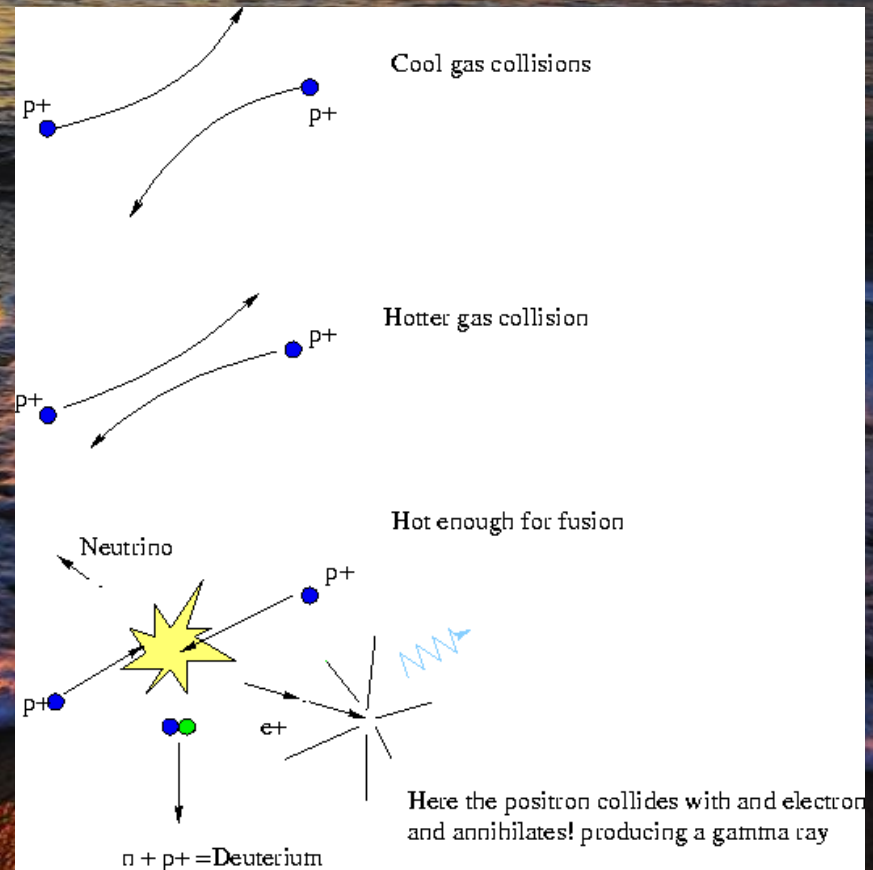
# Jezgro Sunca

- 1,6% zapremine Sunca, 0,25 poluprečnika
- Centar - 15 milijardi stepeni
- Gustina 150000 kg/m<sup>3</sup> (20 veća od gvožđa)
- Pritisak 35000 Mbar
  - Ogroman pritisak, ali...
- Potpuno jonizovana gasna plazma
- Donja granica konvektivne zone
  - 1000 puta manja gustina



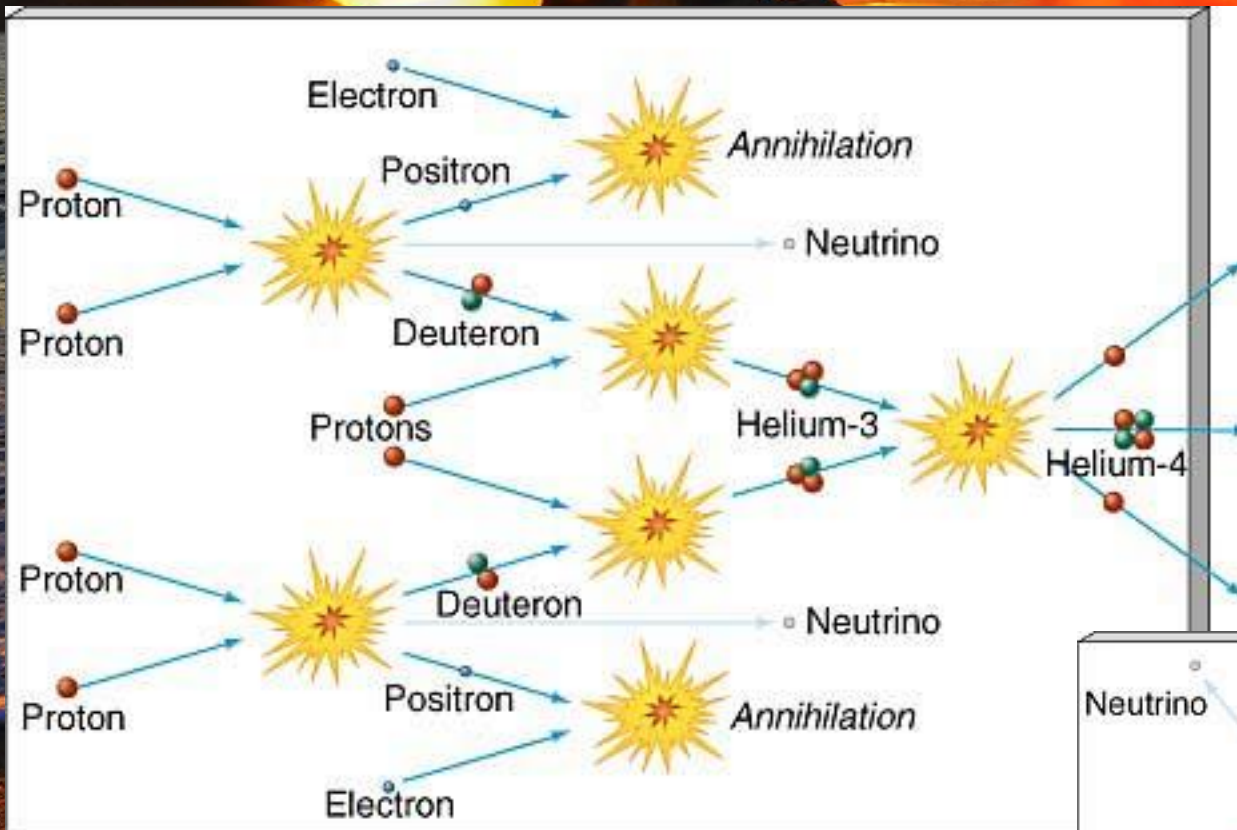
# Nuclear Fusion!

- Hight speed
- Strong nuclear force
- Distance:  $10^{-15}$  m
- Speed: few 100 km/s
- Temperature:  $10^7$  K

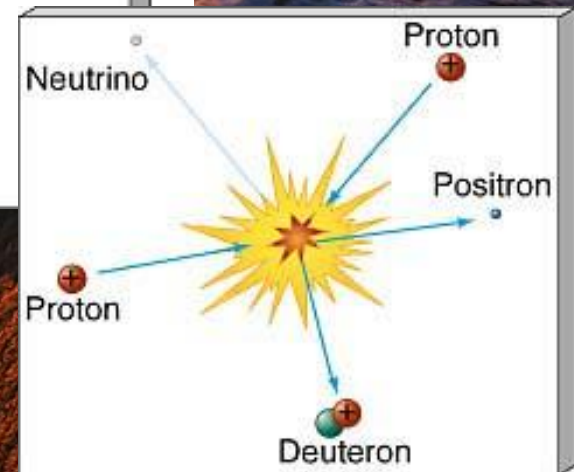




# Energija!

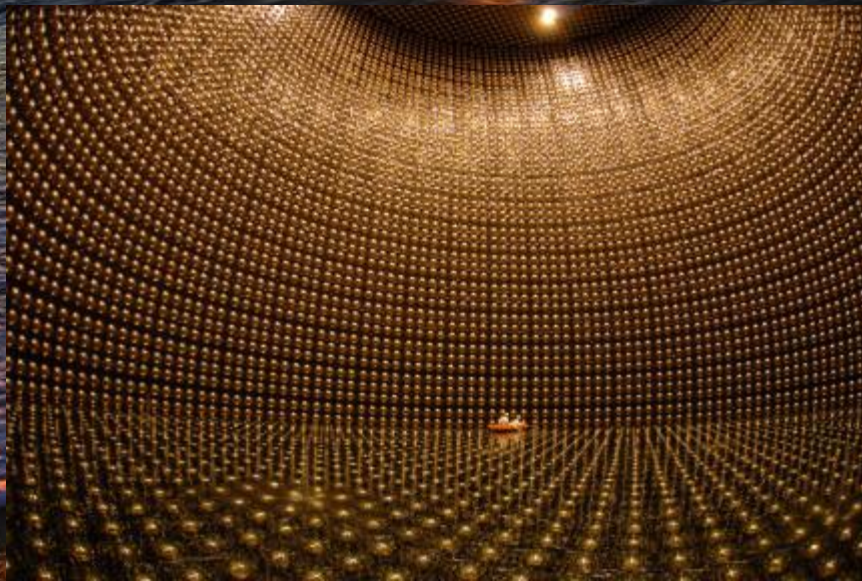


Proton-protonski ciklus (p-p)





# Solar Neutrinos



Super-Kamioka Neutrino Detection Experiment

- Detectors: large quantities of chlorine or gallium; new nuclei – radioactive
- Other detector – collision with electron in water
- Probability – 1 in  $10^{15}$  neutrinos passing
- Solar neutrino problem
  - 50-70% are missing!
- Neutrino oscillations!
  - Super Kamiokande (1998)
    - Other (radioactive) sources
  - Sudbury Neutrino Observatory (SNO) – 2001 !!!

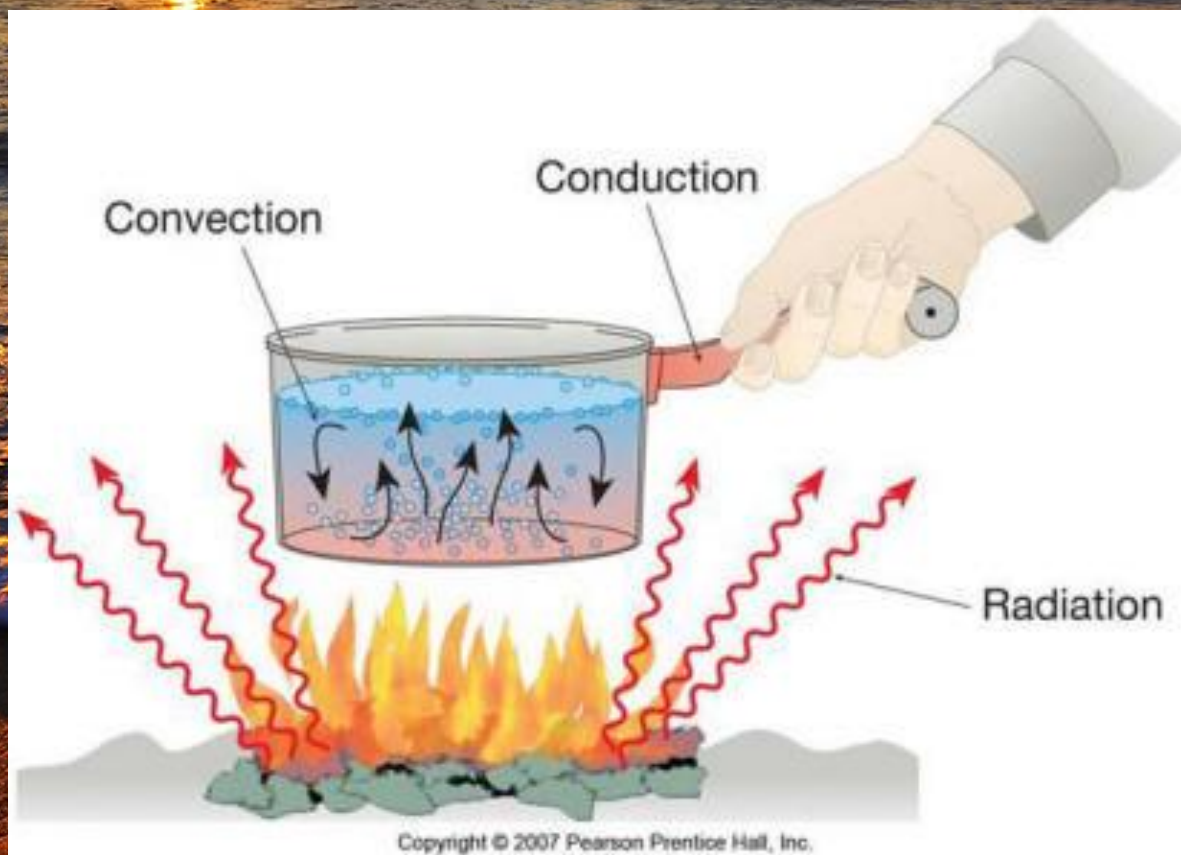


# Koliko energije?

- Precizni eksperimenti na Zemlji - određene mase svih čestica u p-p ciklusu
- 4 protona -  $6,6943 \cdot 10^{-27} \text{kg}$
- jezgro helijuma -  $6,6466 \cdot 10^{-27} \text{kg}$
- defekt mase -  $0,048 \cdot 10^{-27} \text{kg} \Rightarrow 4,3 \cdot 10^{-12} \text{J}$  (26,7 MeV)
- 1 kg vodonika  $\Rightarrow 6,4 \cdot 10^{13} \text{J}$  (više nego dovoljno)
- svake sekunde 700 miliona tona vodonika fuzijom prelazi u 695 miliona tona helijuma, a od 5 miliona tona nastaje energija
- ***1 sekunda = 500000 godina potrošnje na Zemlji!***



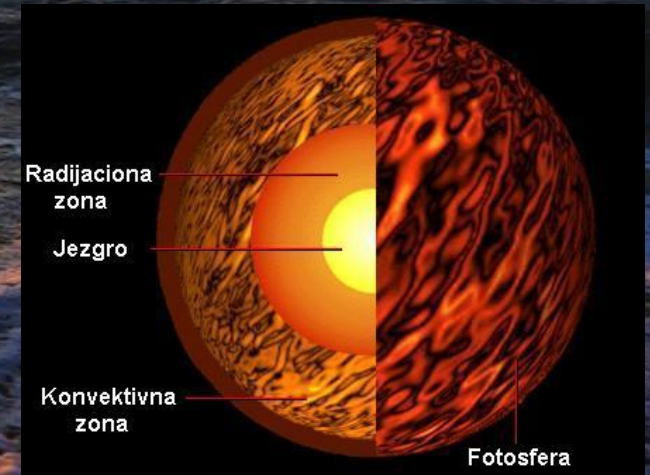
# Prenos energije





# Radijaciona zona

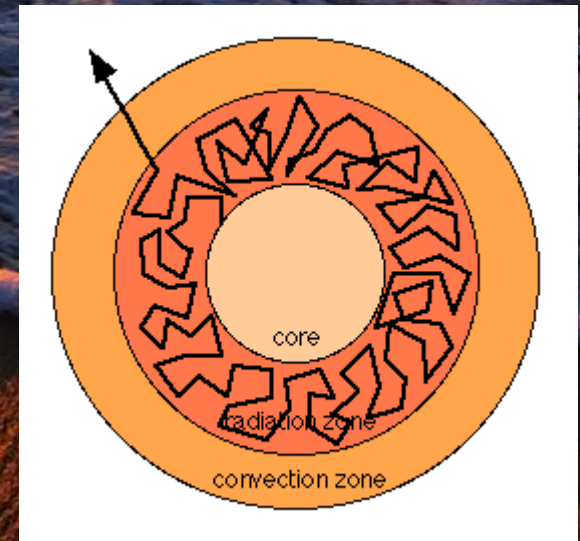
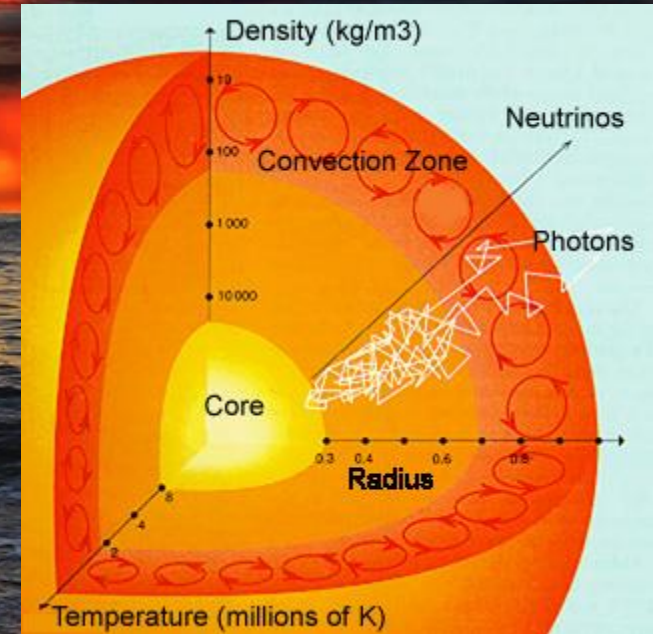
- prenos energije – zračenjem
- 0,25 – 0,85 radijusa Sunca
- temperatura postepeno opada
- Početak – 7 miliona stepeni
- $15000 \text{ kg/m}^3$  (2 puta *Fe*)
- 350000km – gustina vode
- Nema fuzionih reakcija!





# Radijaciona zona

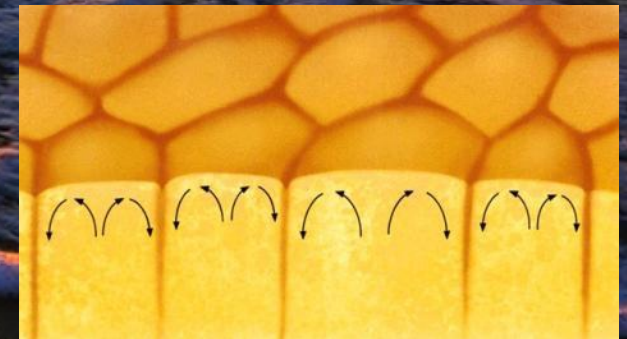
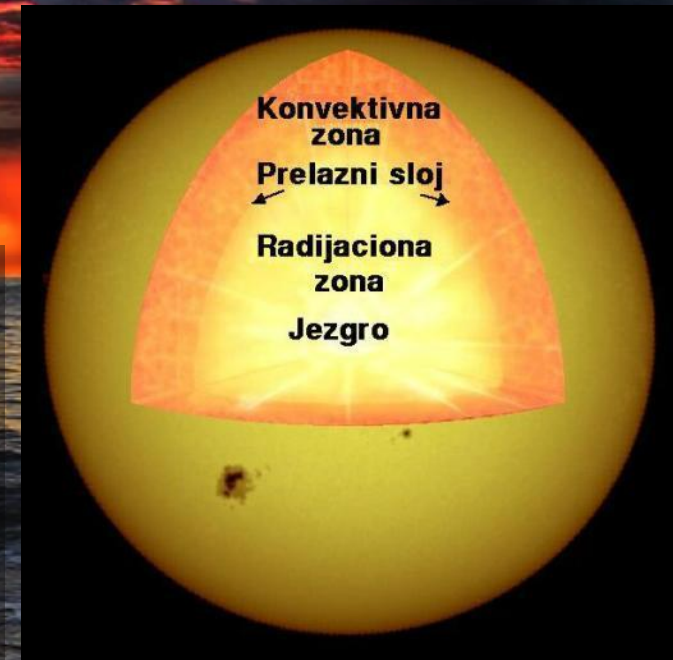
- Fotoni – višestruko rasejavanje
- Talasna dužina - od gama i X zračenja ka vidljivom
- Primarni fotoni – milion godina!
- gornja granica – temperatura je dovoljno niska pa se javljaju neutralni atomi (He, H)
- *Neproзраčna !!!*





# Konvektivna zona

- Debljina – 150-200  $10^3$  km
- Početak, 500000 km od centra:
  - 2 miliona stepeni
  - $150 \text{ kg/m}^3$  (6 puta ređe od vode)
- kretanje velikih masa supstance
  - *toplije* (lakše) - podižu ka površini
  - *hladnije* (teže) – spuštaju u dubinu
- posledica Arhimedovog zakona
  - Zagreva i širi – ide gore
  - Hladi, postaje gušći – ide dole
- Promena temperature:
  - Spora – izjednačavanje, kraj
  - Brza – ostaje topliji, gubi energiju zračenjem
- Brzina:
  - 2-3 km/s na površini, 20 m/s u unutrašnjosti





A vibrant sunset scene over the ocean. The sun is low on the horizon, casting a bright, shimmering path of light across the water's surface. The sky is filled with dramatic, colorful clouds in shades of orange, red, and purple. In the distance, a large, dark, rocky island stands prominently. The foreground shows gentle waves with white foam washing onto a sandy beach, which is illuminated by the warm, golden light of the setting sun.

**POVRŠINA SUNCA**



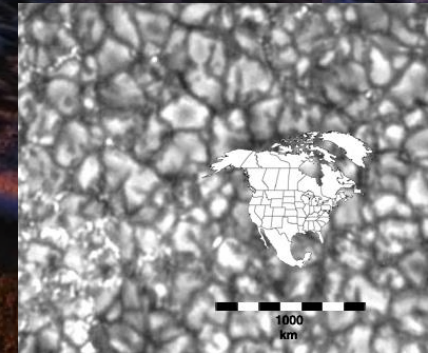
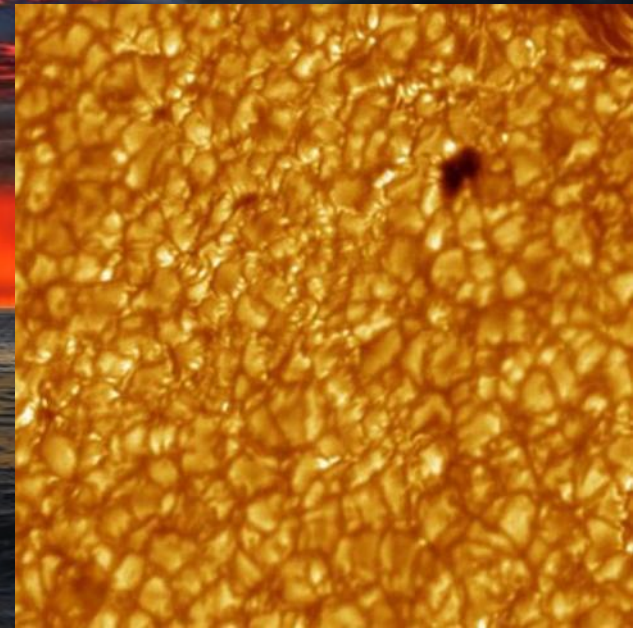
# Fotosfera

- Sjajan disk koji vidimo sa Zemlje
- 350 – 400 km iznad konvektivne zone
- Gustina – prepolovi na svakih 130 km
  - Srednja:  $(1 - 3) 10^{-4} \text{ kg/m}^3$
  - najgušći omotač, mnogo ređa od atmosfere Zemlje ( $\sim$  gustini na 60 km)
- Temperatura: 9000 – 4500 K
  - Jednostavni molekuli (CO, H<sub>2</sub>, CH, CN,...)
- Nije glatka i homogena – Dž. Šort (1784. godine)
  - “kao tanjir pirinčane supe”



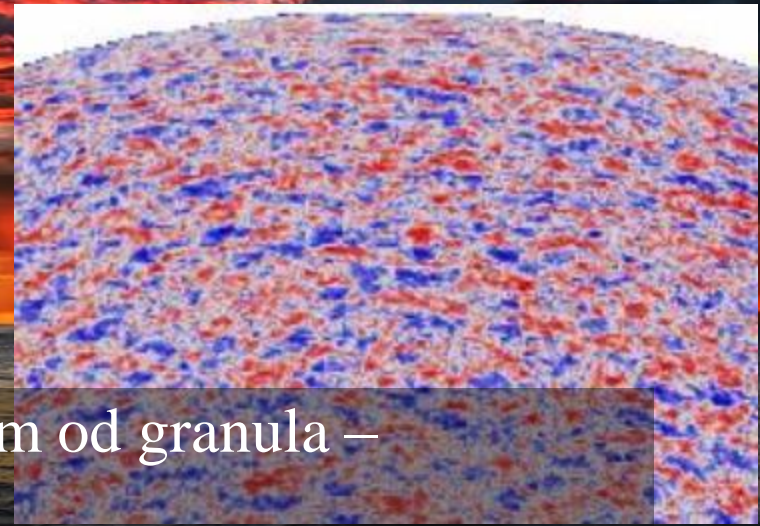
# Fotosfera - Granule

- Mlazevi gasa
- 100 – 130 K viša temperatura
- 10 – 30% veći sjaj
- Tamna područija
  - 35-40% manjeg sjaja, 350-400 K hladnije
- Dimenzije
  - 200 – 1500 km, tamna područija 1000 km
- Oko 2 miliona u svakom trenutku
- 5 – 15 minuta, brzina (0,3 – 1) km/s





# Supergranule



- konvekcija i u oblastima mnogo većim od granula – *supergranule*
- oblik poligonalnih ćelija
- prečnik oko 30.000 km, traju po nekoliko desetina sati
- Većih dimenzija, intenzivnija konvekcija
- Gas iz centra teče ka periferiji
- prekrivaju celu površinu Sunca, u svakom trenutku oko 2.000
- Pomeraju magnetno polje
  - Magnetne linije sabijaju na periferiji, pojačanje polja
  - Materija kreće po magnetnim linijama
  - Razdvaja supergranule i sprečava mešanje materije

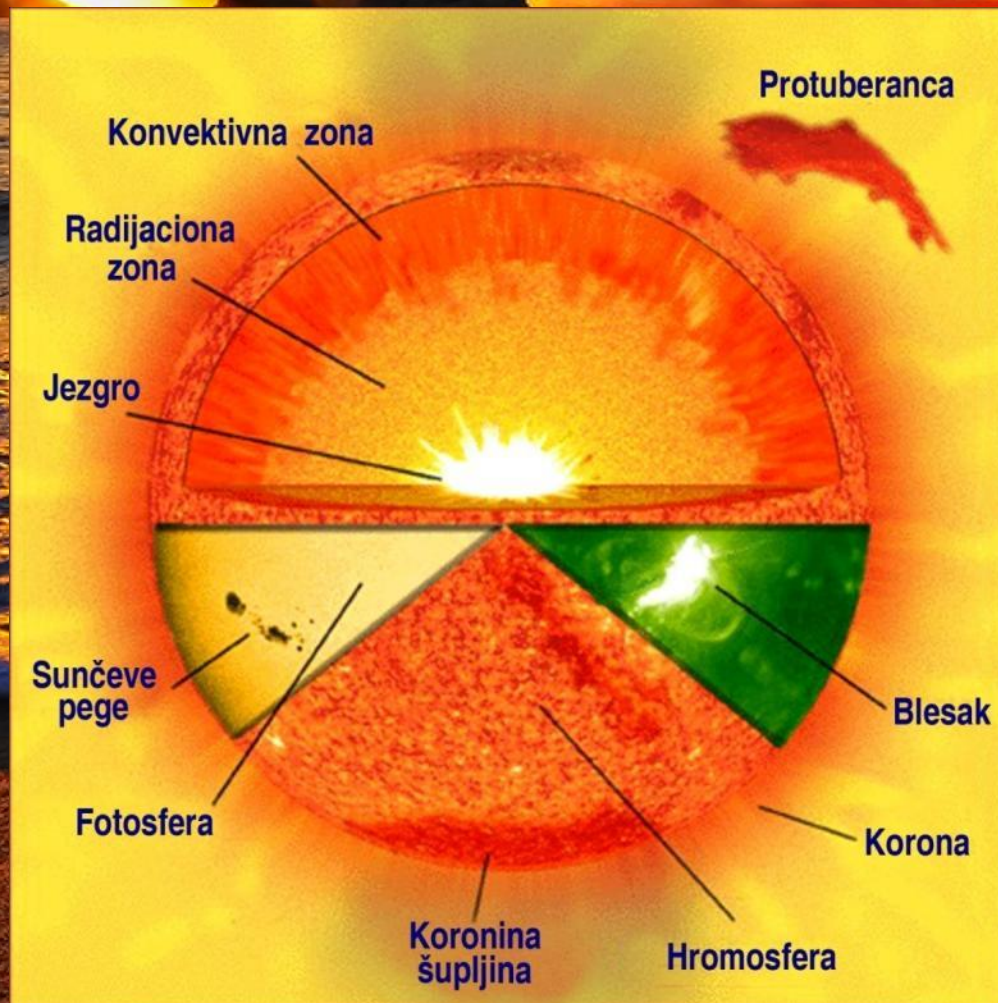


A vibrant sunset over the ocean. The sun is low on the horizon, casting a golden glow across the sky and reflecting on the water. A large, dark rock formation is visible in the distance. Waves are breaking on a sandy beach in the foreground. The overall atmosphere is serene and beautiful.

**ATMOSFERA SUNCA**

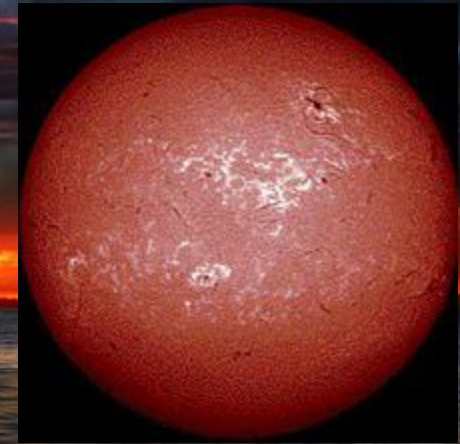


# Sunce





# Hromosfera



- Iznad fotosfere
- Crvene boje, emisija vodonikove  $H_{\alpha}$  linije
- Naziv – zbog intenzivne boje
- Dž. Lojker (1869. godine)
- Nehomogena
  - Niža (do 1500 km)
  - Srednja (1500 – 4000 km)
  - Gornja (4000 – 10000 km)
- Najniža temp. u nižoj hromosferi, 4200K
  - Počinje da raste, do 10000 K



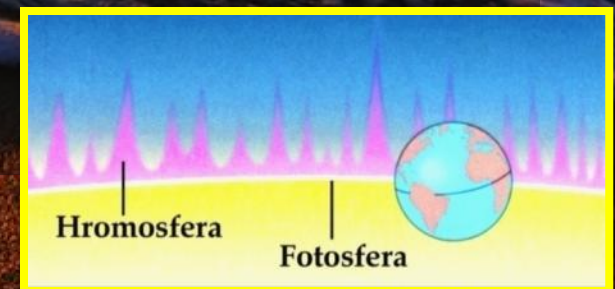
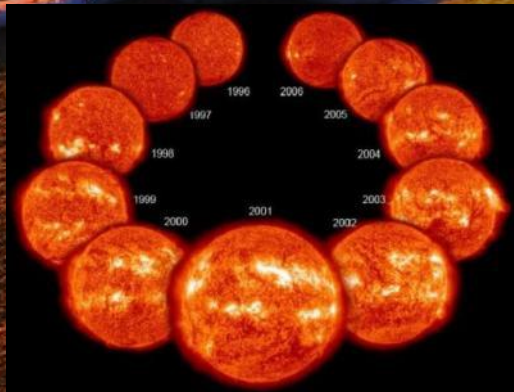
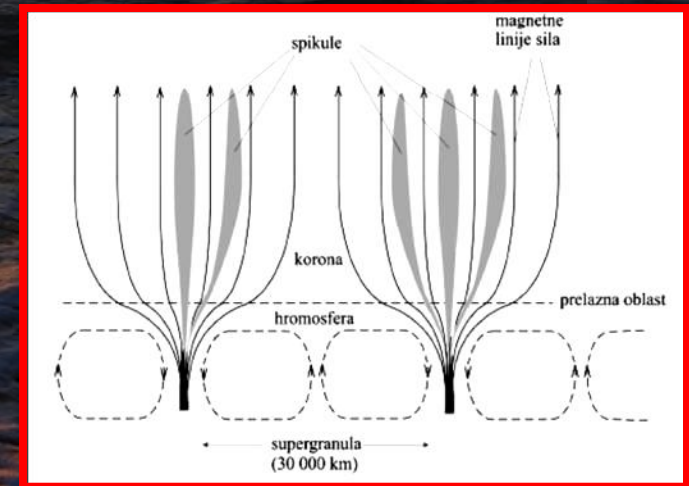
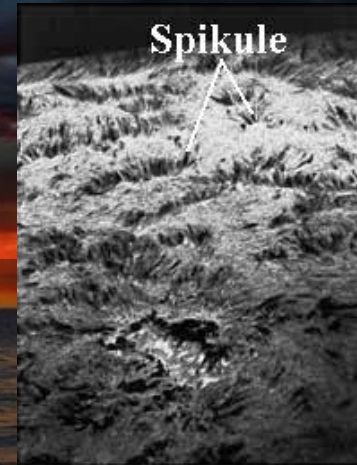
# Hromosfera

- Menja se spektar, javljaju se apsorpcione linije
- Opada koncentracija čestica
  - Na 1000 km –  $10^{-19} \text{ m}^{-3}$  vodonikovih atoma
  - Na 10000 km –  $10^{-15} \text{ m}^{-3}$
- Jonizacija
  - 2000 – 3000 km – uglavnom neutralan
  - Iznad 6000 km – jonizovan
  - Gornja hromosfera – jako jonizovana (25000 – 300000 K)
- Intenzivna, turbulentna kretanja
  - Na 500 km – 5 km/s, 5000 km – 20 km/s



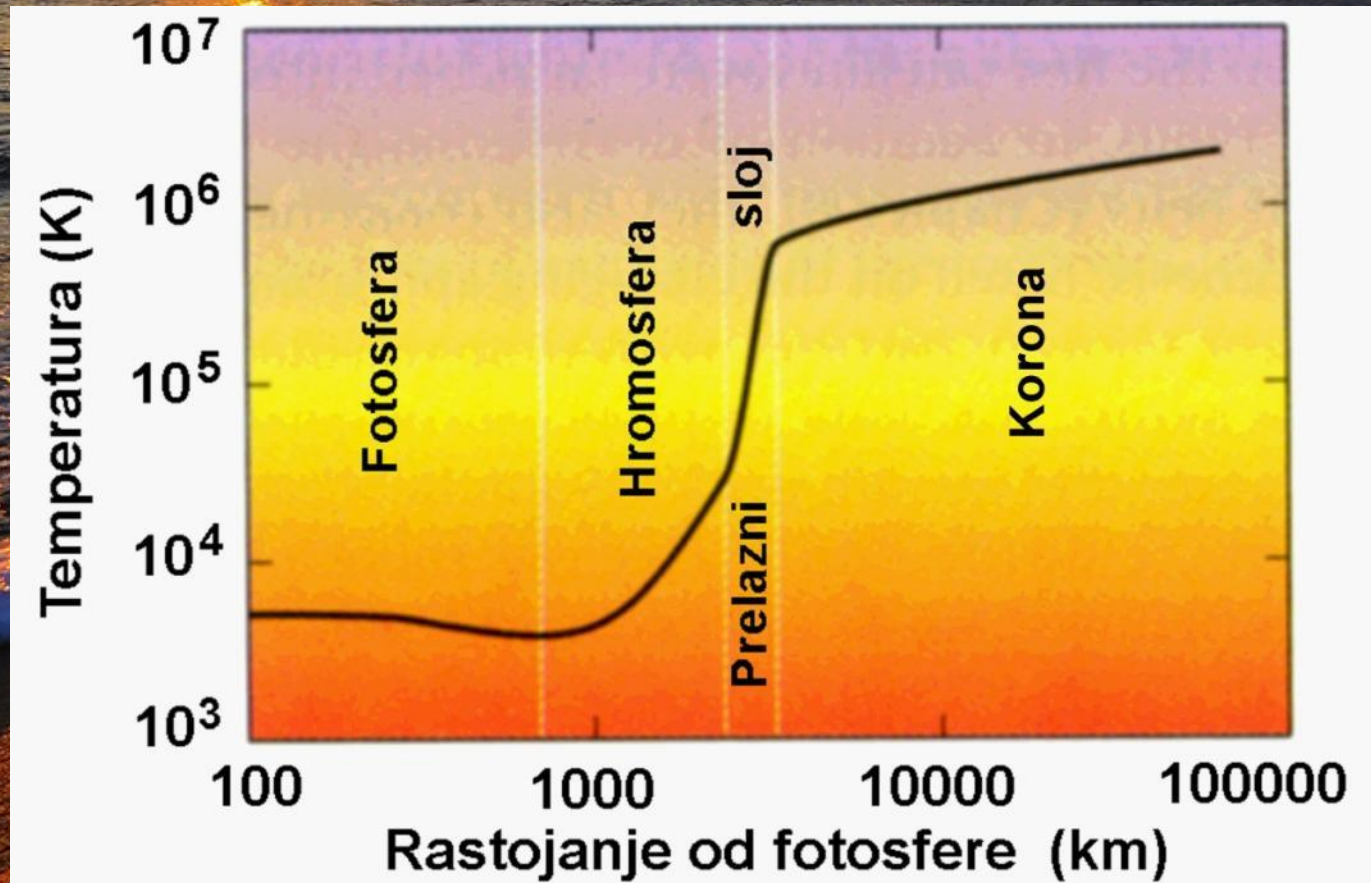
# Hromosfera

- Supergranule “ograđene” gustim linijama magnetnog polja
- Obod supergranula – **spikule**
  - Male erupcije, oko 15000 K
  - Na visinama 3000 – 4000 km, do 7000 – 12000 km
- Hromosferske baklje (fakule)
  - Sjajne površine, 200 – 300 dana





# Prelazni sloj





# Korona

- Najtopliji i najređi sloj
- Najprostraniji, bleđa od hromosfere
- Veličina i oblik zavise od aktivnosti
  - Minimum – sabijena iznad polova
- Nekoliko radijusa Sunca
  - Prelazi u međuplanetarni prostor
- Stanje gasa - visoke temperature (i do nekoliko miliona stepeni) i jako male gustine
- Čudan spektar – *koronijum?*
  - $\text{Fe}^{13+}$  - zelena linija
  - 9, 10 i 13 puta jonizovano Fe, 11 i 12 puta Ca, 11-15 puta Ni
- Različite forme aktivnosti
  - Bleskovi, zraci, lukovi, perjanice, kondenzacije, šupljine, erupcije...







**AKTIVNOST SUNCA**



# Aktivnost Sunca

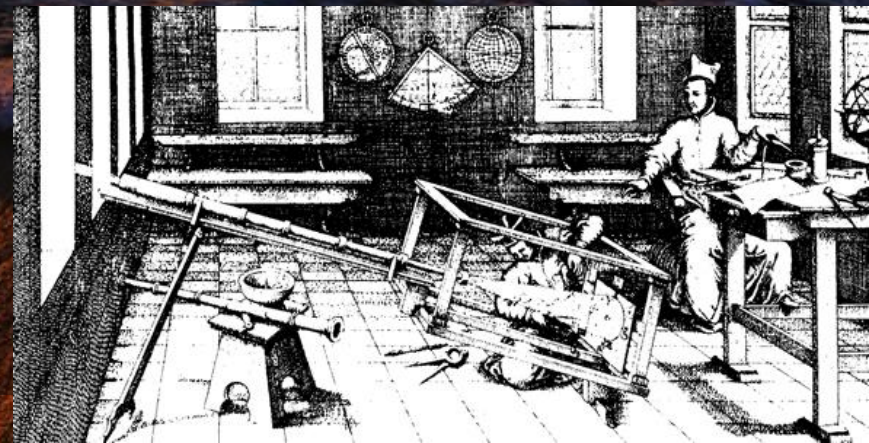
A sunset scene over the ocean. The sun is low on the horizon, casting a bright orange glow across the sky and reflecting on the water. A dark, rocky island is visible in the distance. The sky is filled with colorful clouds in shades of orange, red, and blue.

- **Mirno Sunce** - potpuno predvidljiva zvezda koja iz dana u dan sija na isti način.
- **Aktivno Sunce** - sporadično, nepredvidljivo zračenje. Aktivnosti imaju mali doprinos ukupnom sjaju, ali i te relativno male promene imaju direktan uticaj na Zemlju



# Sunčeve pege

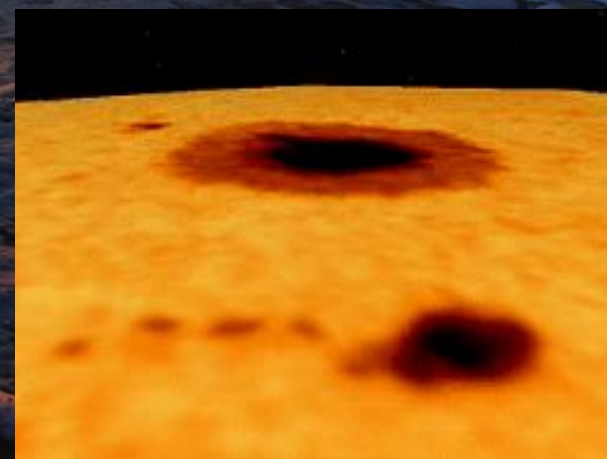
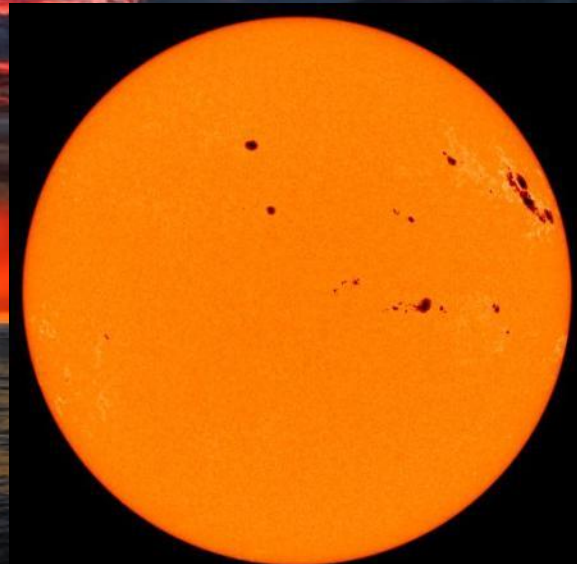
- Jedan od najznačajnijih oblika aktivnosti
- Tamna područja na disku
- Nekad golim okom (40000+ km)
- Prvi podaci – 320 g.p.n.e, Teofrast
- Prva posmatranja:
  - 1607-1611: Fabricijus, Kepler, Galilej





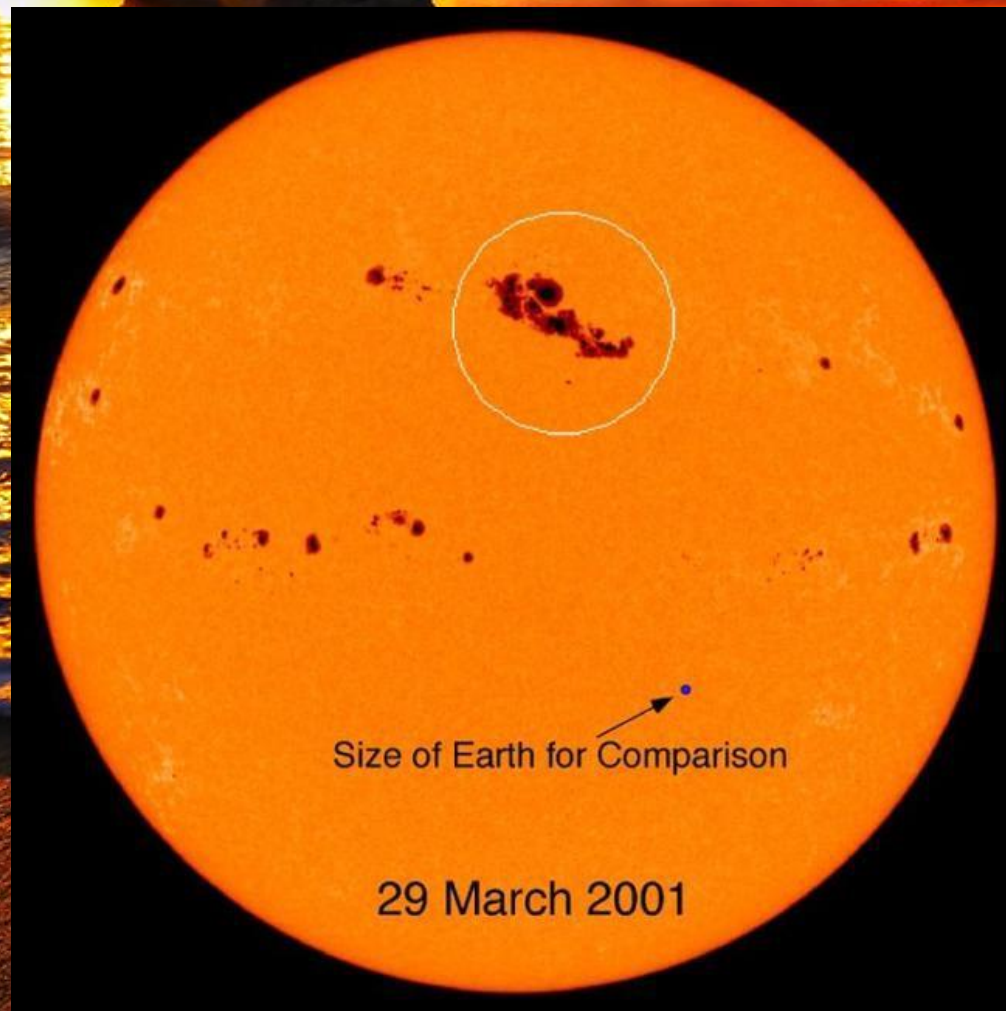
# Sunčeve pege

- Tamna pora koja se kasnije razvija
- Na 5 - 52 stepena širine, najčešće 8 – 30
- Prečnik 1000 – 100000 km (grupe pega)
- Manje pege 1-2 dana, razvijene 10-20 dana
- Senka (umbra) i polusenka (penumbra)
- Prosek:
  - 17500 km – senka, 37000 km polusenka
- Sjaj:
  - Senka 20-30%, polusenka 75-80%
  - 5000 puta veći od sjaja Meseca!
- Temperatura
  - 25-30% niža, 4200K
- Oko pege – *fotosferske fakule (buktinje)*, 10% veći sjaj od proseka
  - Grupe granula, 4000-6000km, lanci 5-10 hiljada x 50 hiljada km
  - Velike – nekoliko sati ili dana pre i posle pege



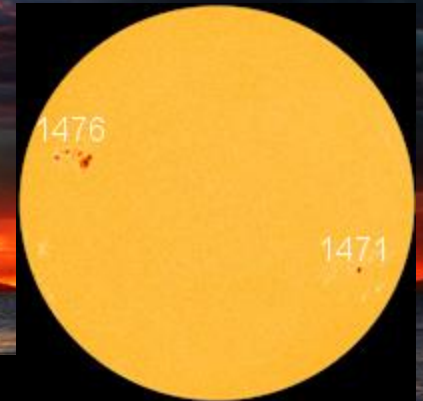
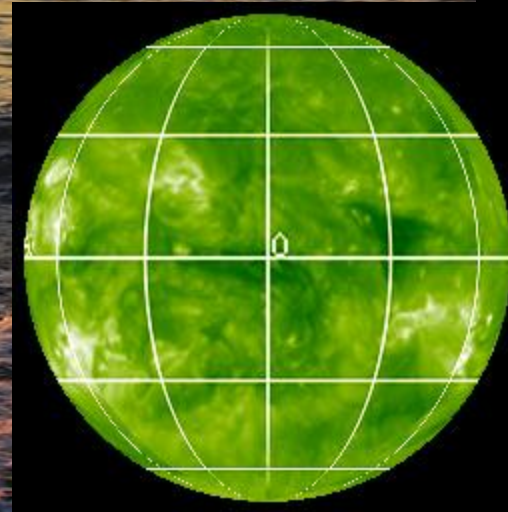
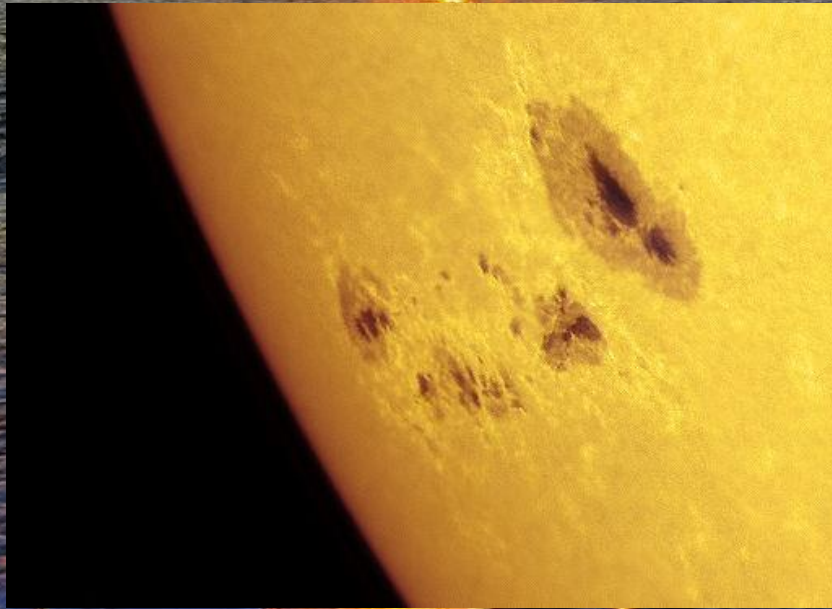


# Sunčeve pege





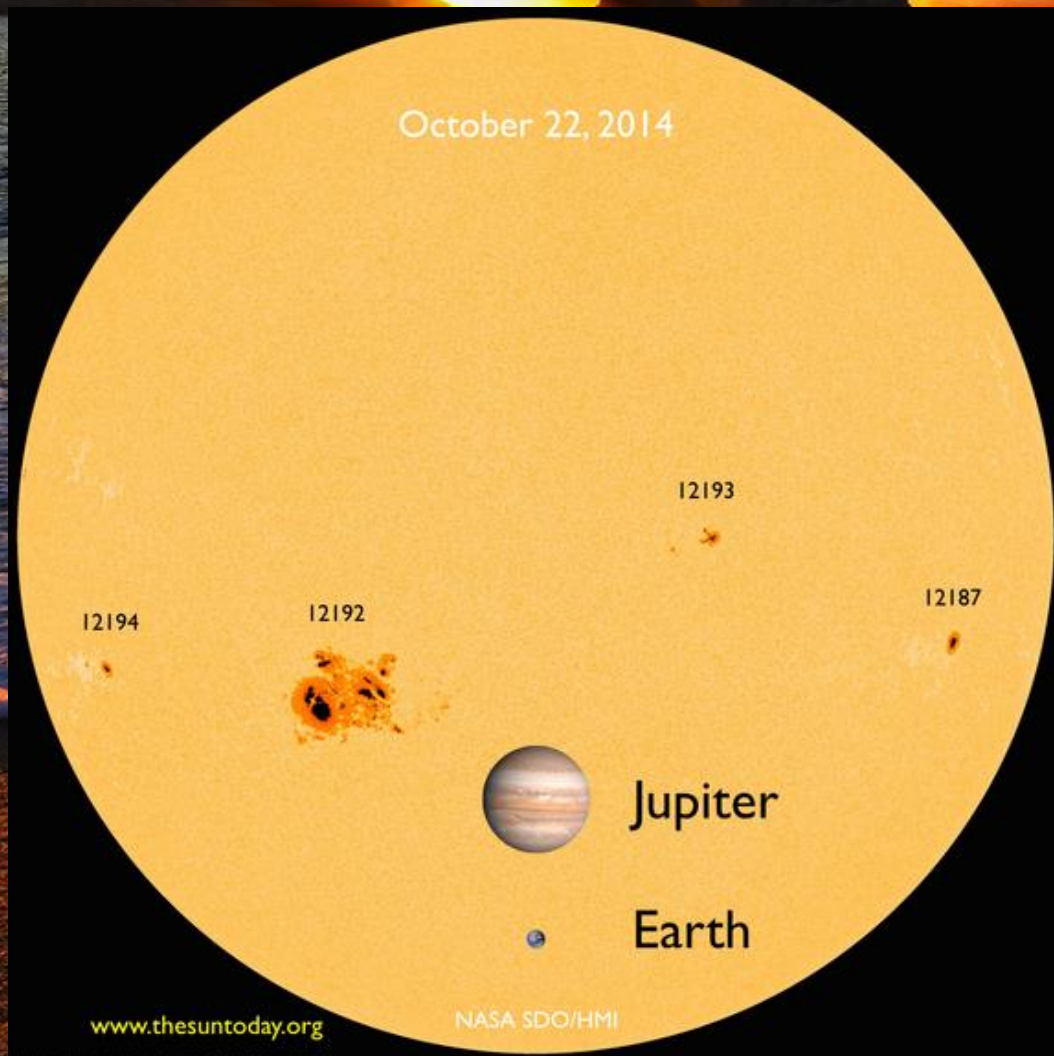
# Sunčeve pege



- Maj 2012. godine
- 100.000 kilometara!



# Sunčeve pege

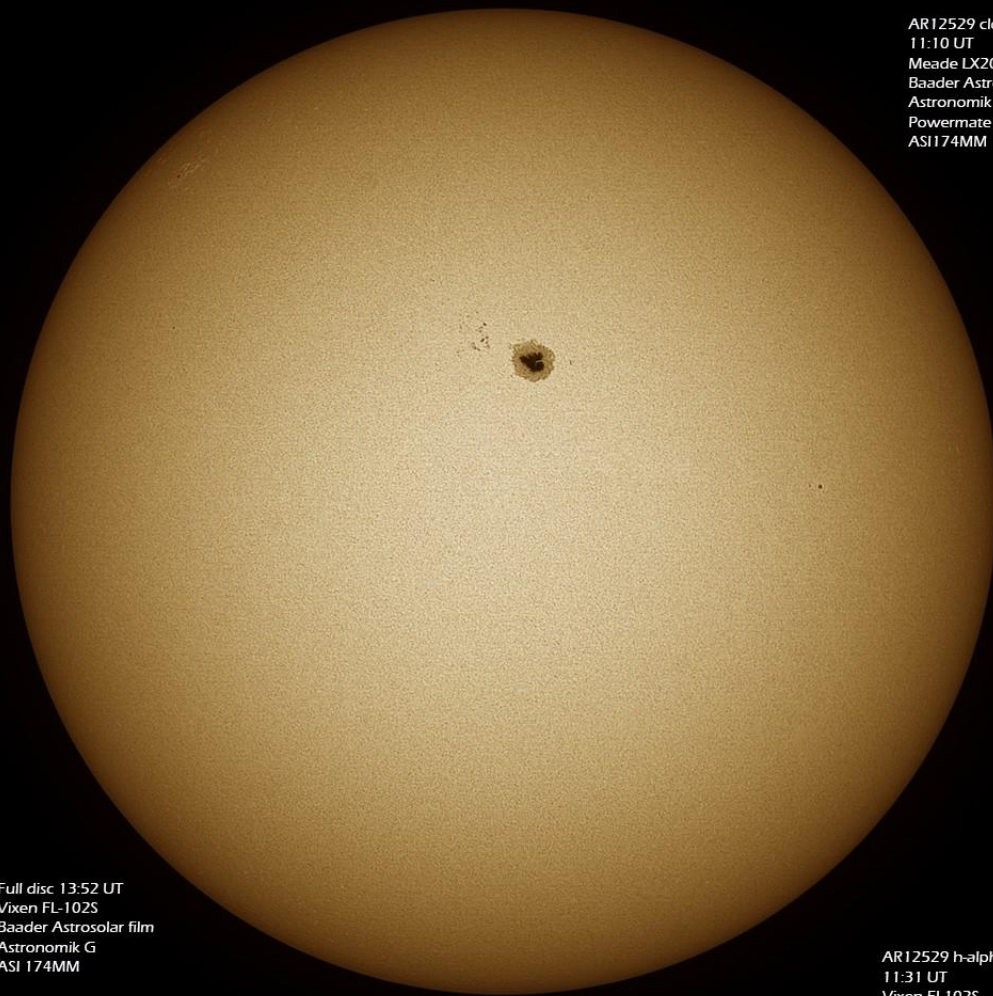


- AR 12192 – najveća aktivna oblast u prethodnih 25 godina
- 33. najveća od 32.908 aktivnih oblasti zabeleženih od 1874. god
- Vidljiva golim okom!



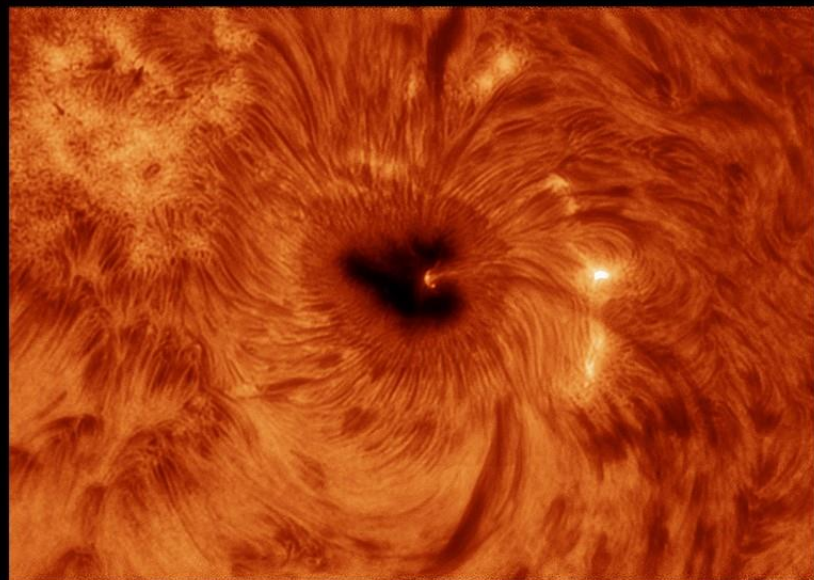
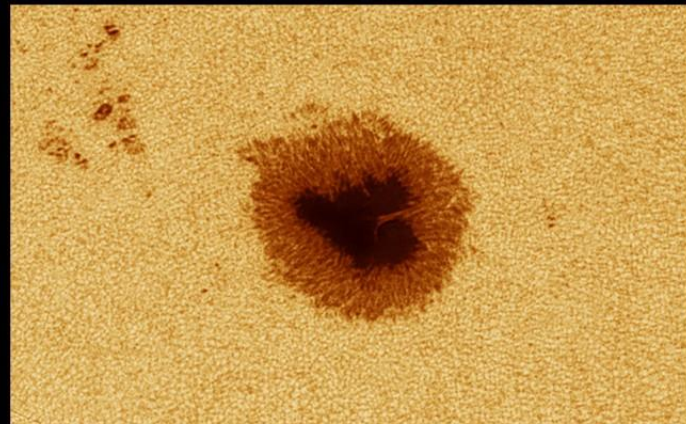
# April 2016

Sun 2016-04-13



Full disc 13:52 UT  
Vixen FL-102S  
Baader Astrosolar film  
Astronomik G  
ASI 174MM

AR12529 close-up  
11:10 UT  
Meade LX200  
Baader Astrosolar film  
Astronomik G  
Powermate 2.5x  
ASI174MM



AR12529 h-alpha  
11:31 UT  
Vixen FL102S  
Daystar Quark (CS)  
ASI174MM



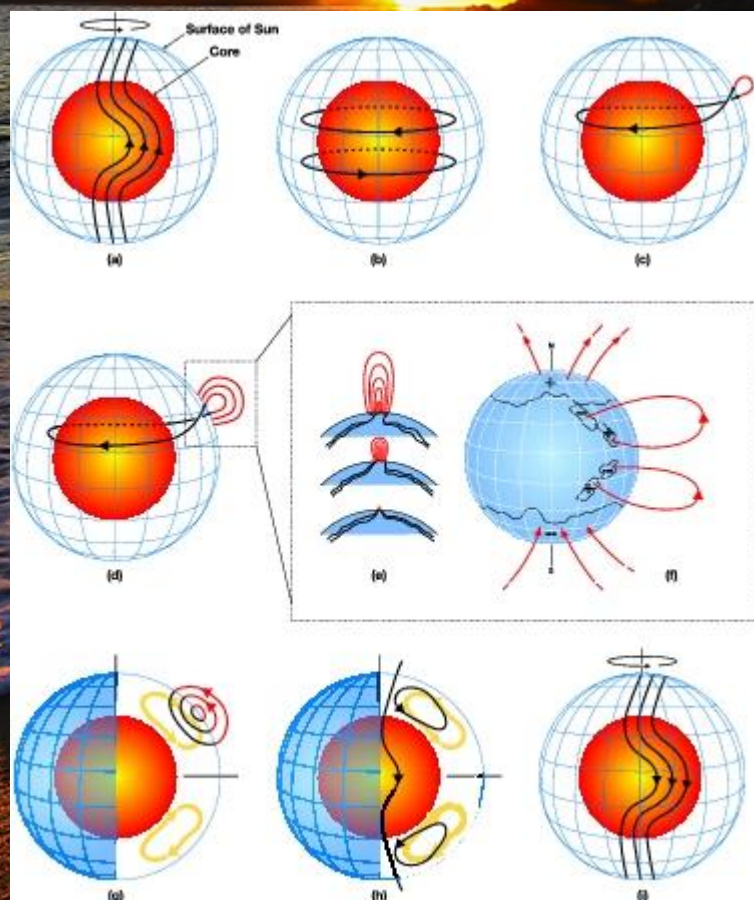
# 9. Maj 2016



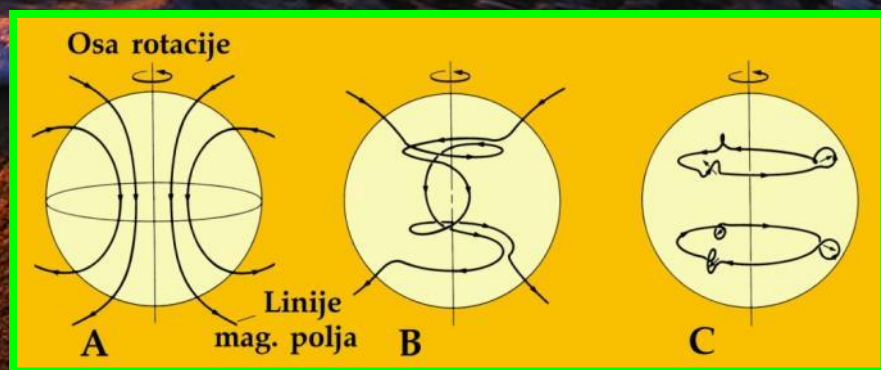
The apparent size of Mercury as will be seen during the 9 May 2016 transit, compared to the size of the large sunspot (AR12529) currently just visible to the naked eye through a certified solar safety filter (e.g. eclipse glasses).  
Never look at the Sun without an appropriate and correctly fitted filter!



# Kako nastaju pege?



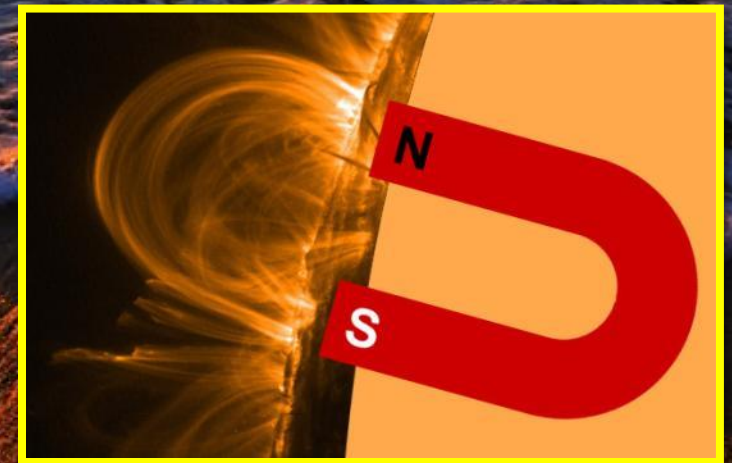
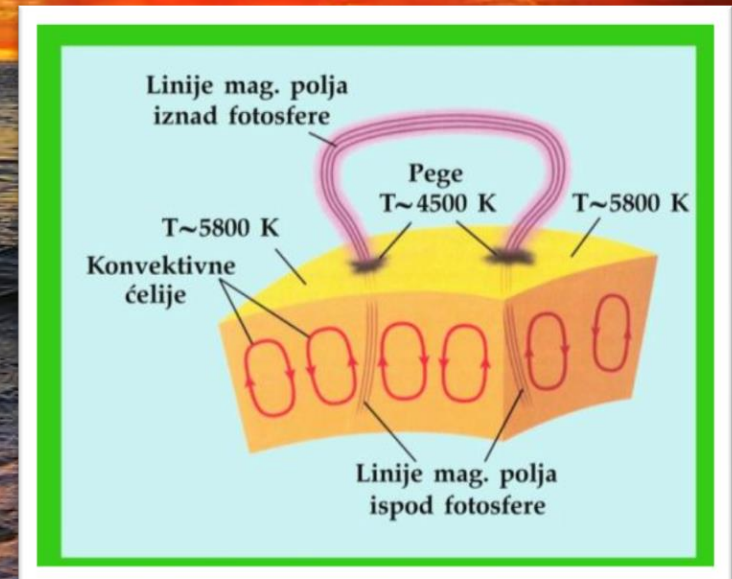
- Linije osnovnog magnetnog polja se, prolazeći kroz slojeve Sunca, deformišu i savijaju
- Razlog - radijalne konvekcije plazme i diferencijalne rotacije
- jedan njihov deo ide ispred drugog (teorija *Bebkoka*).





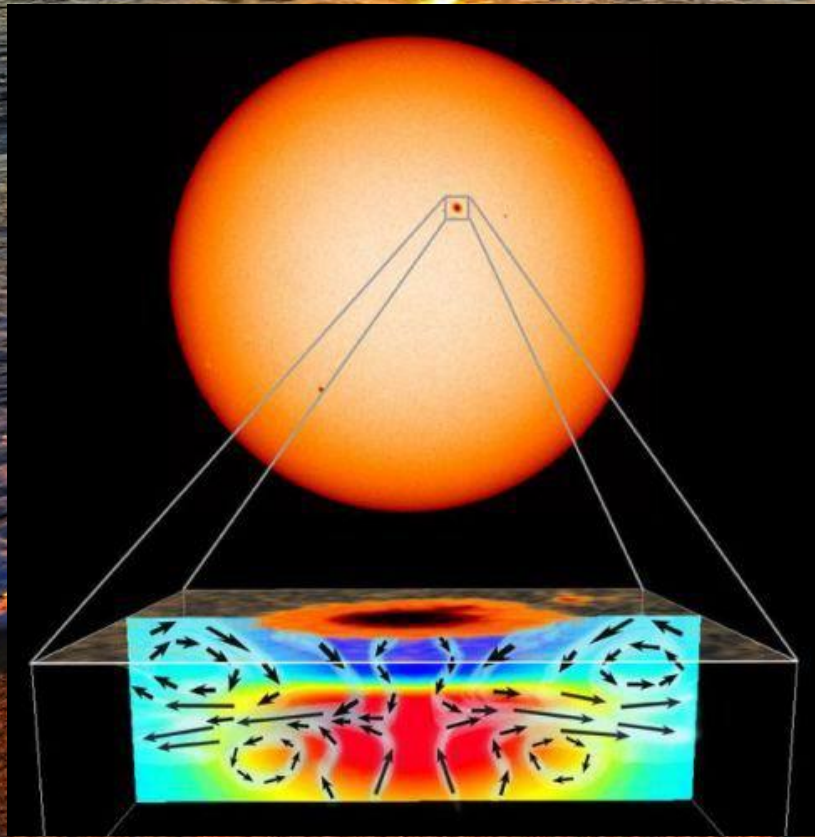
# Nastanak pega

- Linije polja su zatvorene i formiraju prsten.
- Jedan njegov deo je ispod fotosfere, a drugi deo je iznad (u obliku lukova ili petlji).
- U preseku prstena sa površinom fotosfere nastaju pege suprotnog magnetnog polariteta.
- Centri aktivnosti na Suncu javljaju se na mestima gde iskrivljene linije magnetnog polja izvire iz fotosfere.





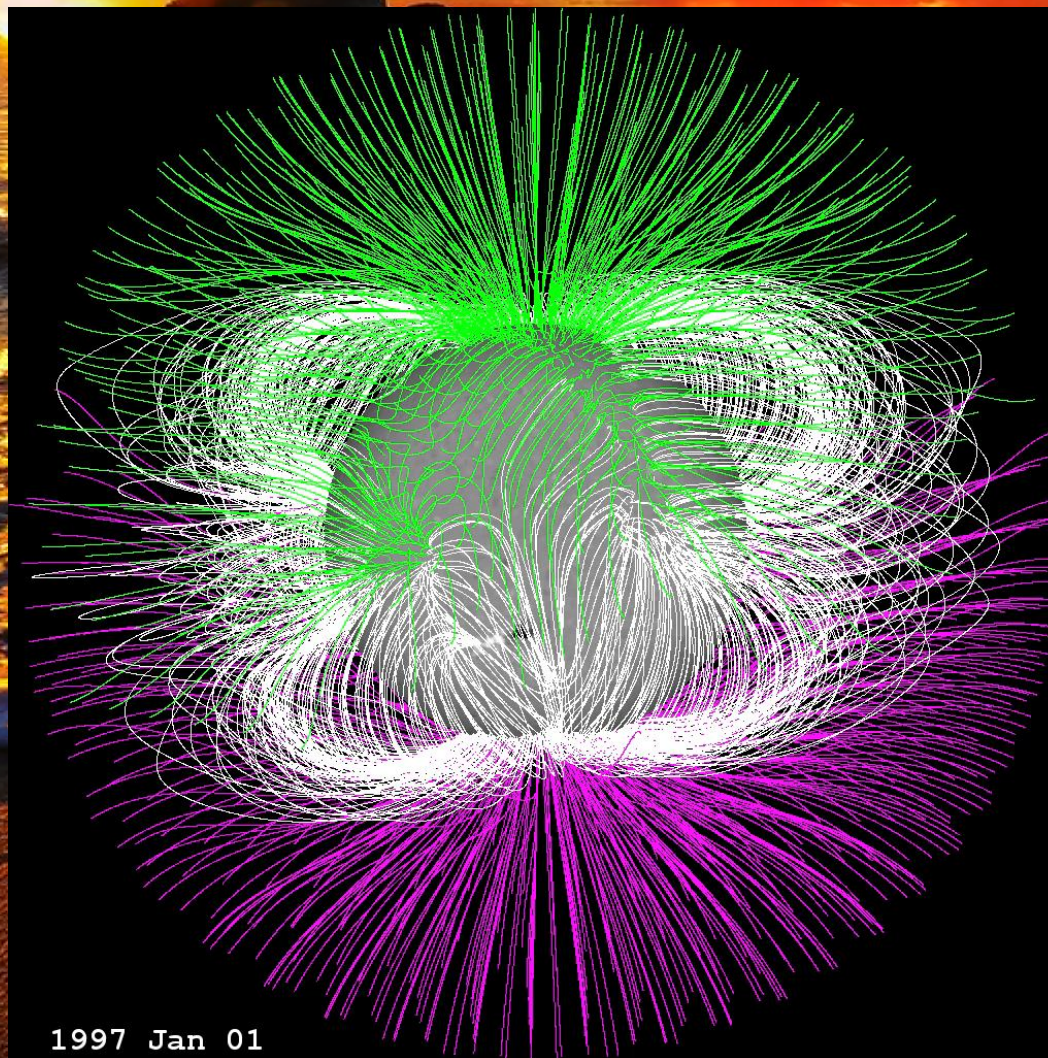
# Nastanak pega



- Pojačano magnetno polje u pegama suprotstavlja se daljem konvektivnom kretanju.
- Slabljenje ili zaustavljanje konvekcije otežava dotok toplote
- Fotosferski gas u pegama se hladi, sjaj postaje manji od okoline.



# Magnetno polje Sunca



Credits: NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio



# “Dinamo” mehanizam

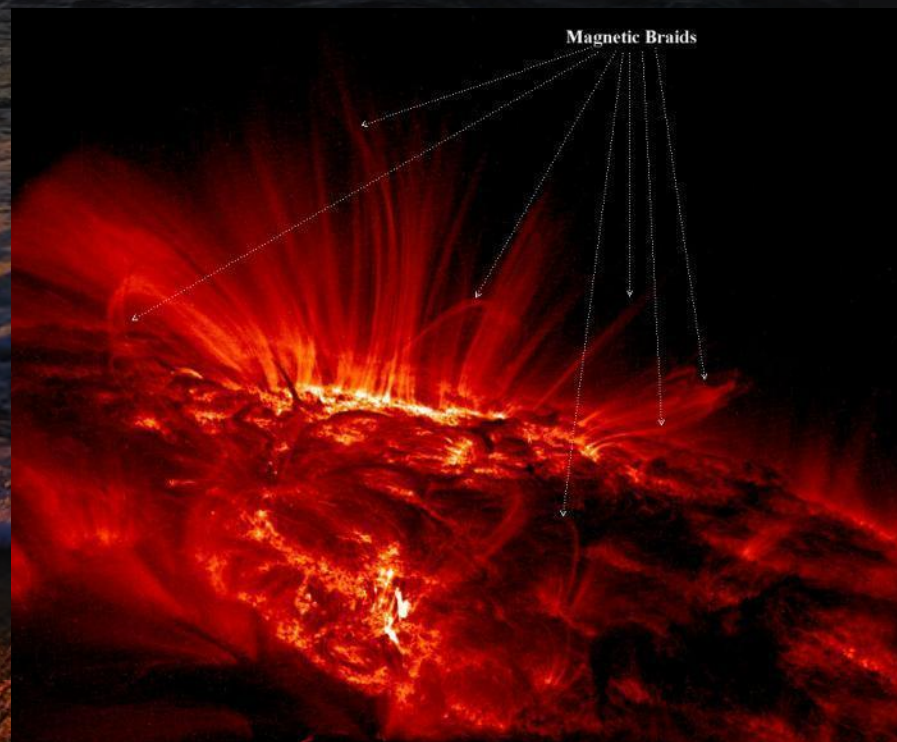
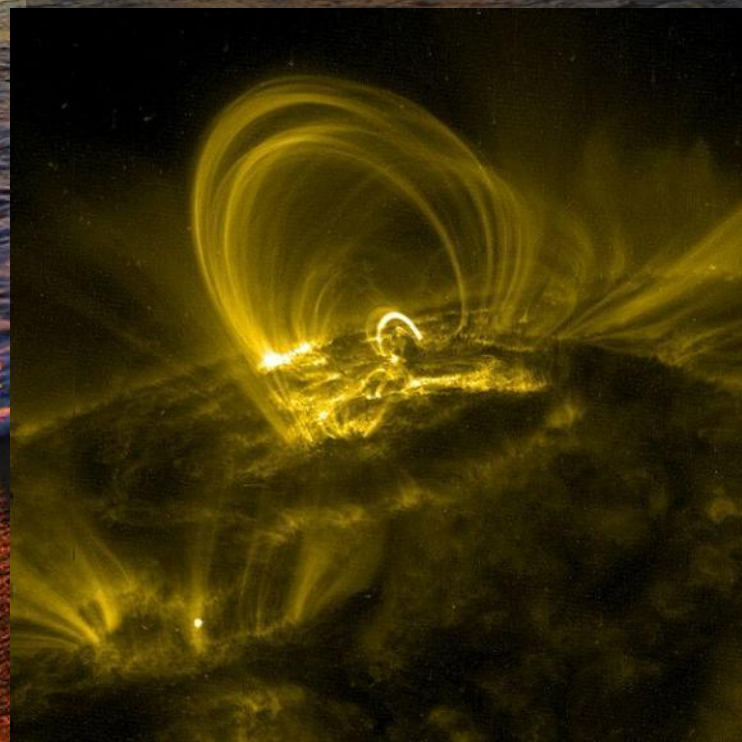


Credits: NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio



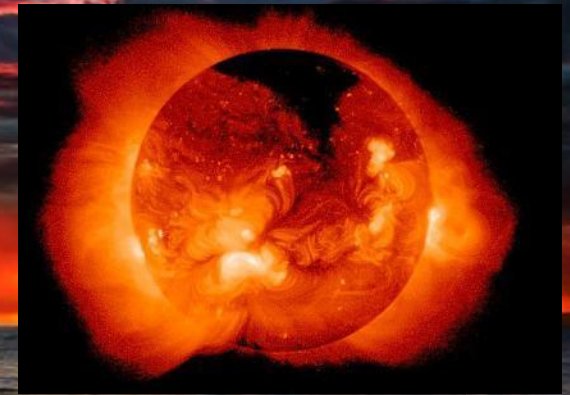
# Koronarni lukovi

- Linije magnetnog polja aktivnih oblasti





# Koronine šupljine

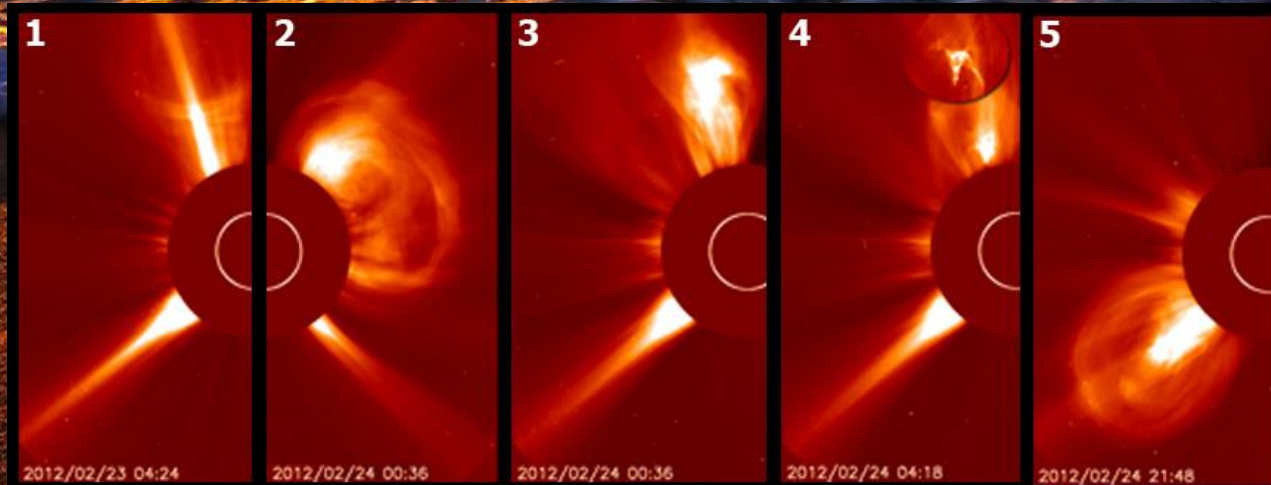


- Gustina oko 10 puta manja
- Linije mag. polja prostiru se od površine ka međuplanetarnom prostoru
- naelektrisane čestice prate linije polja
- u drugim oblastima – linije polja blizu površine Sunca
- dimenzije – najveće nekoliko stotina hiljada km (javljaju se retko), najčešće desetak hiljada kilometara – svakih nekoliko sati
- Kroz njih se emituje sunčev vetar, 600-800 km/s



# Eksplozije u hromosferi i koroni

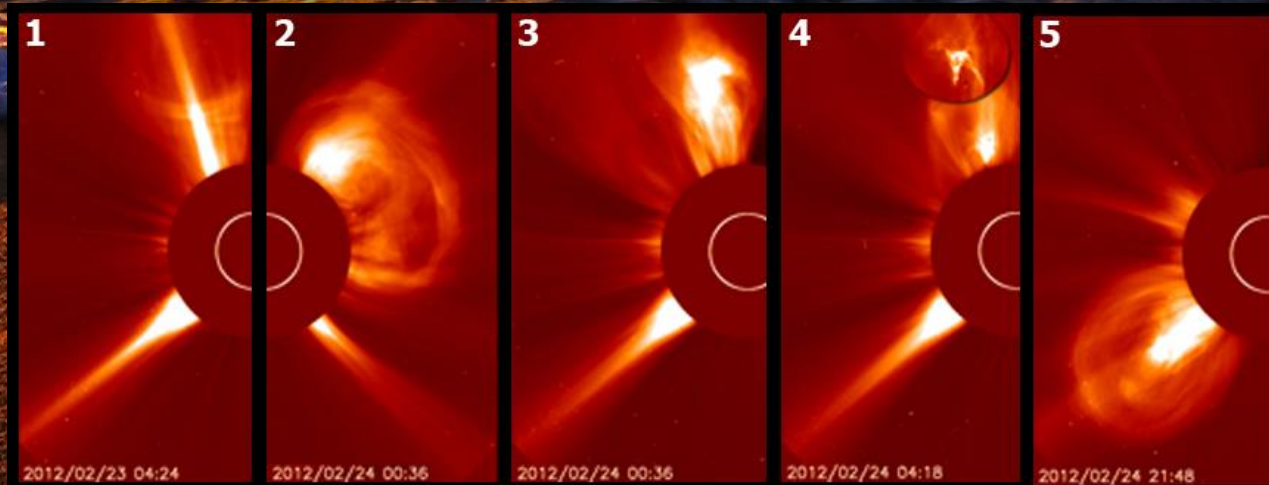
- Jedan od naznačajnijih oblika aktivnosti
- Iznanadni, kratkotrajni procesi u kojima dolazi do velikog pojačanja intenziteta zračenja u ograničenim oblastima fotosfere
- Rezultat naglog osobađanja magnetne energije i njenog prelaska u kinetičku energiju, toplotu i svetlost
- Nastaju iznad “neutralnih” oblasti između dve pege suprotnog polariteta; najčešće se javljaju u multipolarnim grupama





# Eksplozije u hromosferi i koroni

- Pre nastanka eksplozije – pojačanje zračenja jonizovanog gasa korone
- U trajanju od oko 1 min – ubrzavanje elektrona -> X-zračenje
- Za nekoliko minuta se dostiže najveći sjaj, intenzitet se smanjuje više sati
- Složene pojave, odigravaju u celoj dubini atmosfere





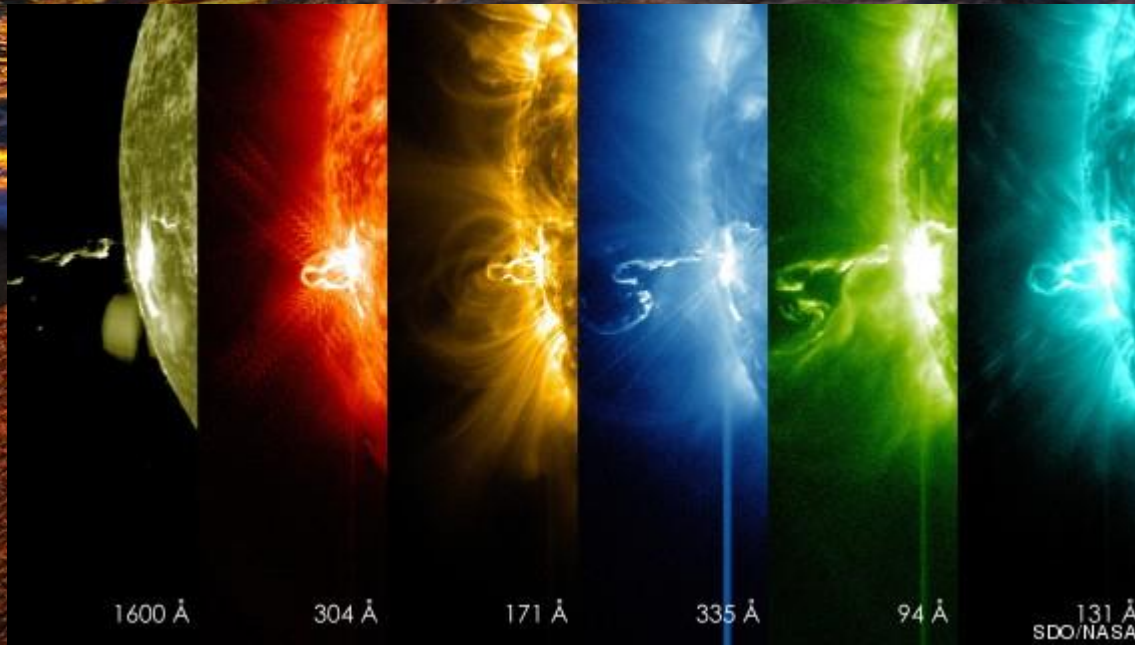
# Eksplozije u hromosferi i koroni

- 20% energije – optički spektar, ostalo UV, X i radio zračenje, zagrevanje i izbacivanje oblaka jonizovanog gasa - plazme
- kreće kroz međuplanetarni prostor brzinom od 1.500 km/s



# Eksplozije u hromosferi i koroni

- Tokom prlaska grupe pega preko diska – 30 – 50, maksimum aktivnosti i 300!
- 100+ dnevno na Suncu; jake – nekoliko puta godišnje

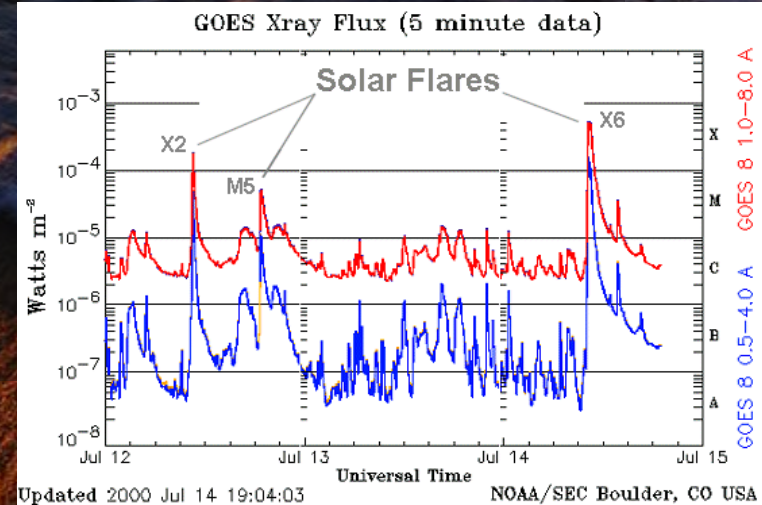


24. feb. 2014  
Klasa X4.9



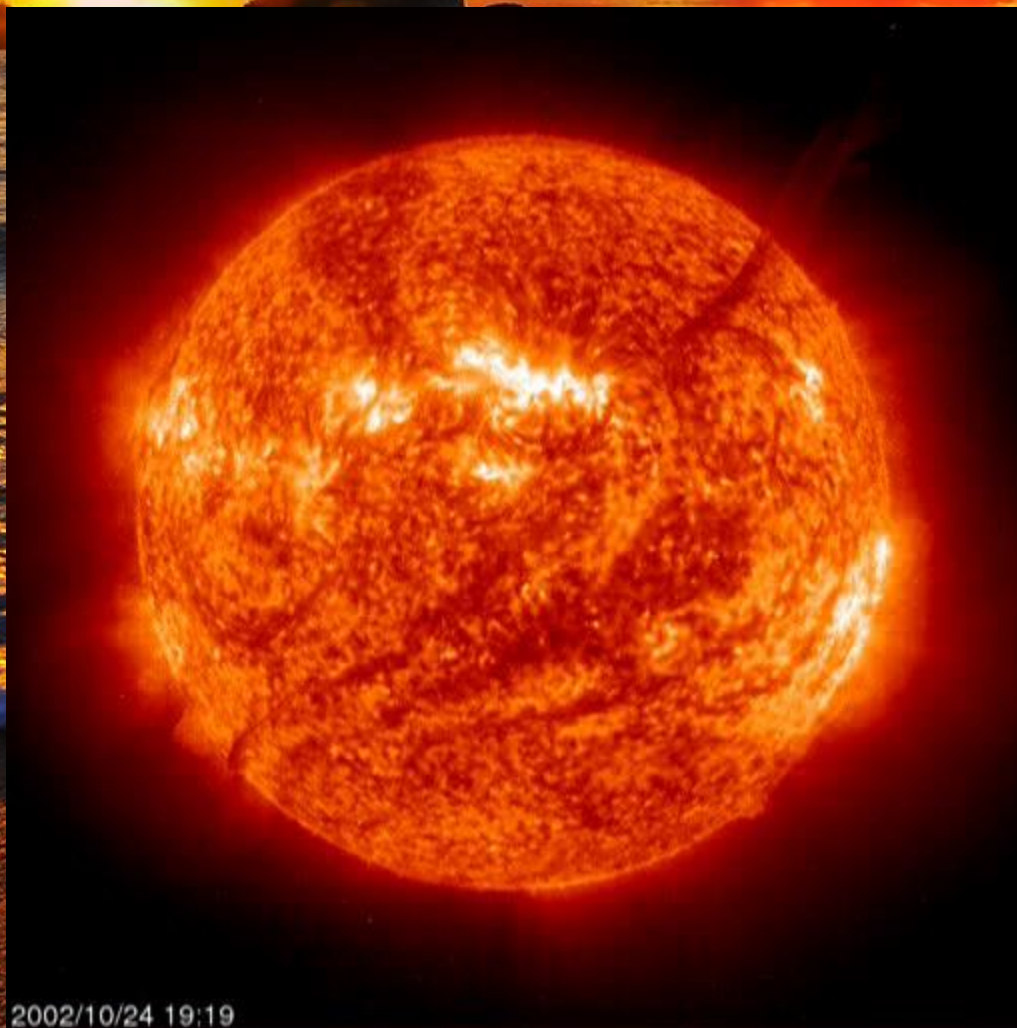
# Rangiranje eksplozija

- Maksimum gustine energije emitovanog X-zračenja u toku od 5 minuta
  - Klasa **B** -  $I < 10^{-6}$
  - Klasa **C** -  $10^{-6} < = I < 10^{-5}$
  - Klasa **M** -  $10^{-5} < = I < 10^{-4}$
  - Klasa **X** -  $I > = 10^{-4}$
- Najčešće X1 i X2





**24 – 27 oktober 2002.**

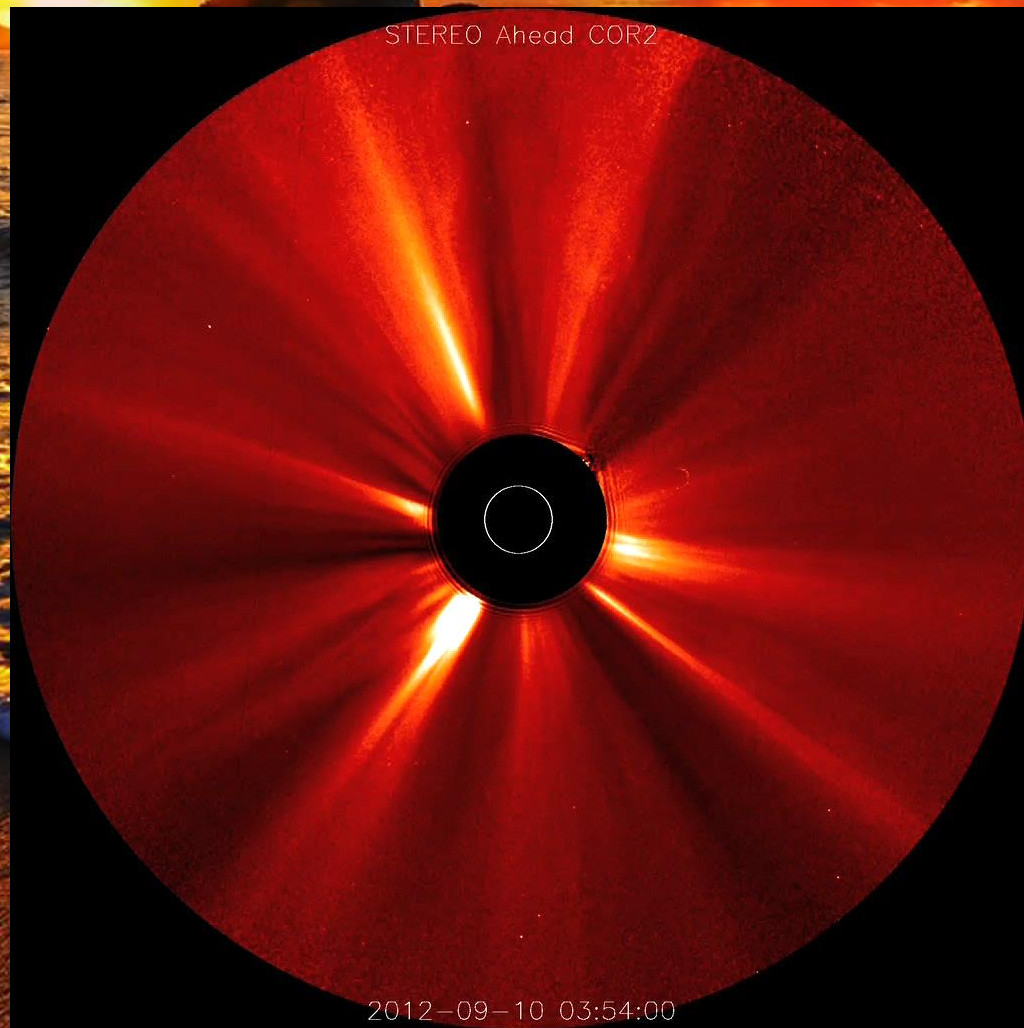


2002/10/24 19:19

<http://soho.nascom.nasa.gov>



# 10 – 11 september 2012

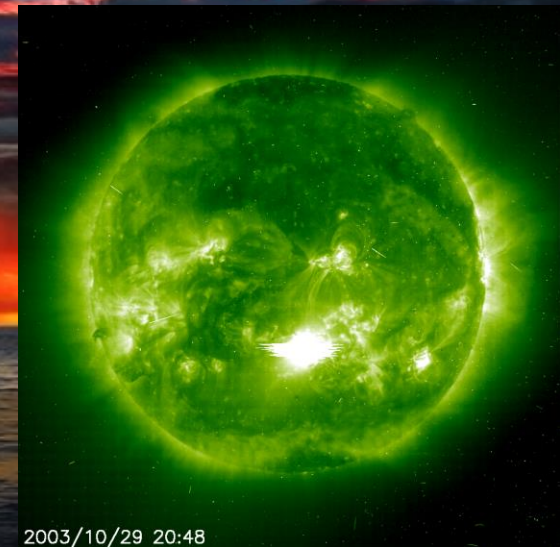


<http://soho.nascom.nasa.gov>



# Grupa 486

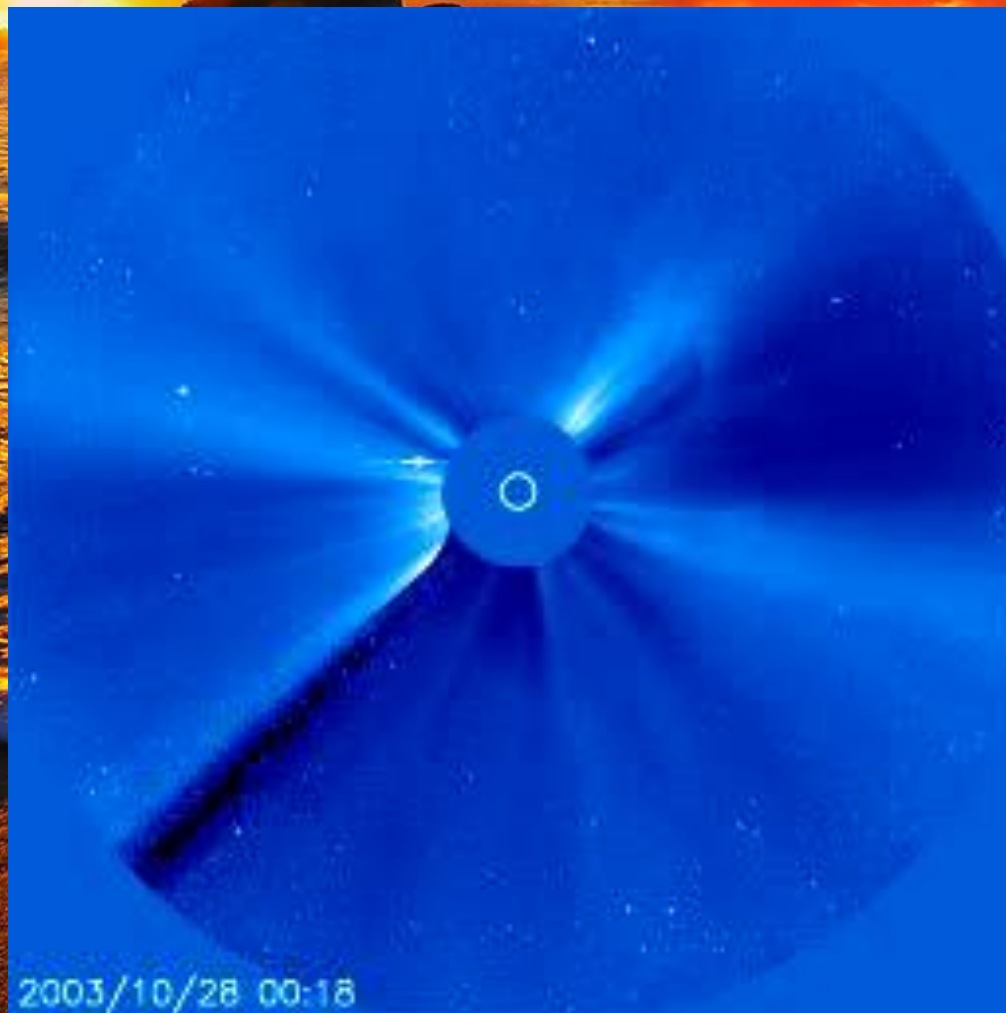
- Maksimum bio 2001. godine
- Ali - kraj oktobra 2003. godine!
- Tri velike grupe – svaka veća od Jupitera (143000 km)
- Jedna – najveća u prethodnih 13 godina
- Tri eksplozije – u TOP10 od 1976. godine
  - 4. novembar – rekord X28
  - Na samoj ivici diska 😊



2003/10/29 20:48



# Grupa 486





# Protuberance

- različitih oblika i veličina
- temperatura – niža od okolne hromosfere i iznosi 10.000 K
- gustina veća – sjajnije
- traju oko 3 obrta Sunca, zabeležene – po nekoliko godina
- stabilnost i opstanak u ređoj koroni – jedino ako je pritisak gasa protuberance jednak pritisku gasa korone
- pritisak = gustina x temperatura; gustina 100 puta veća od korone
- kretanje supstance – pod uticajem magnetnog polja
- materijalizacija linija magnetnog polja



# Protuberance

- *Aktivne protuberance*
  - vrlo brz razvoj (od 10 minuta do nekoliko sati)
  - najčešće nastaju kondenzacijom u koroni i spuštanjem naniže u hromosferu
  - aktivnosti, traju po nekoliko sati
  - Brzina materijala – nekoliko stotina km/s
  - temperatura 25.000 K





# Eruptivne protuberance

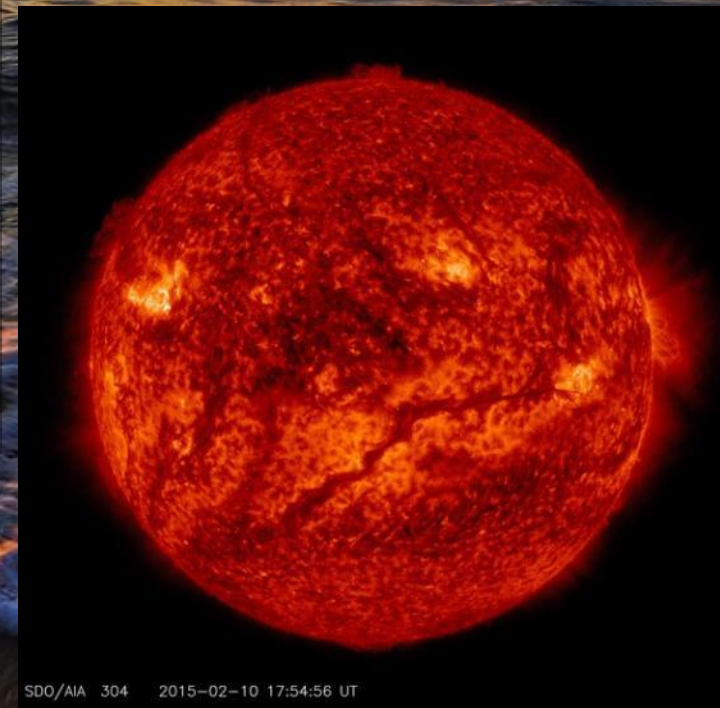
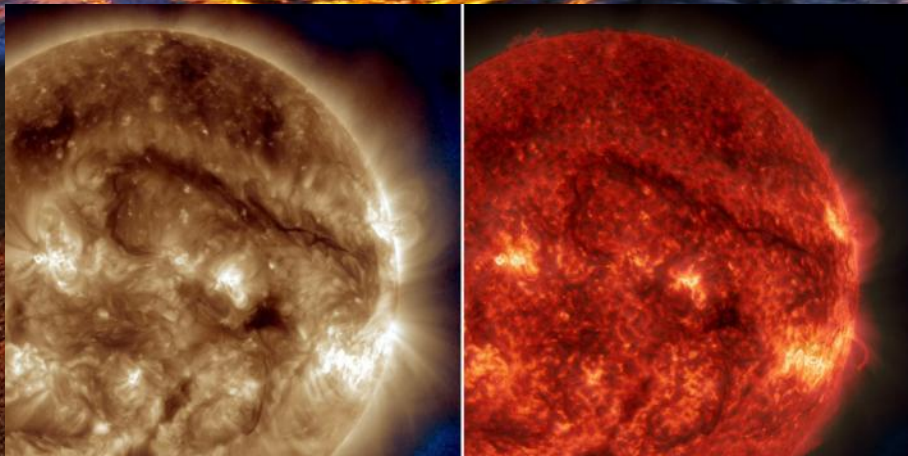
- Dostižu velike visine, preko milion kilometara
- Najčešće u obliku luka, brzo raste, nakon pucanja materijal pada nazad u hromosferu
- *protuberance Sunčevih pega* – uvek vezane za grupe pega; oblik strogo prati linije jakog mag. polja; kada su na rubu Sunca vide se u obliku petlji





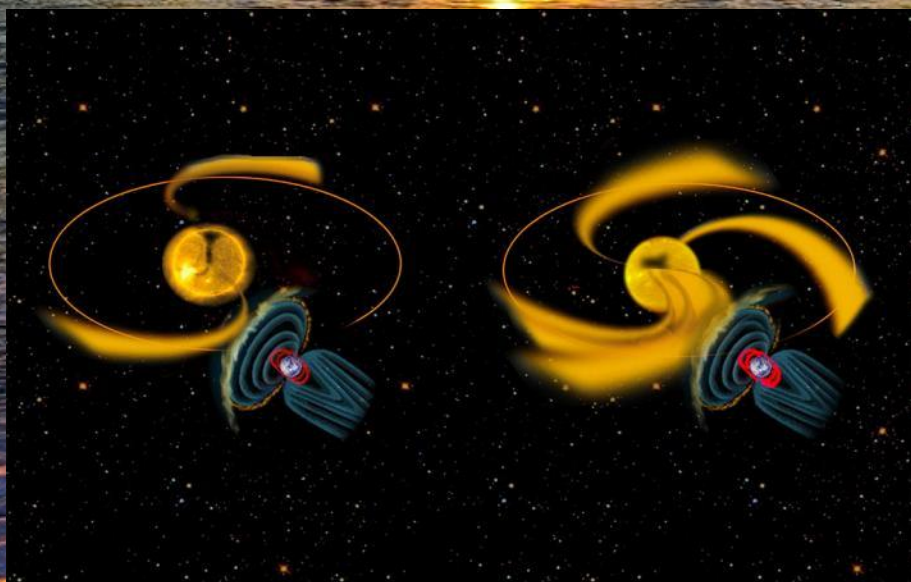
# Protuberance - filamenti

- Protuberance – na ivici diska
- Filamenti – protuberance posmatrane “odozgo”, projekcija protuberanci na površinu
- 10. februar, 858,000 kilometers (67x Zemlja)
- Oktobar 2014, 1 milion km!





# Sunčev vetar



- EM zračenje i čestice stalno napuštaju Sunce.
- **Sunčev vetar** - korpuskularno zračenje (p, e, jezgra He)
- Visoka temperatura korone omogućava nastanak solarnog vetra.
- Prvi put - Mariner 2 (1962. godine)

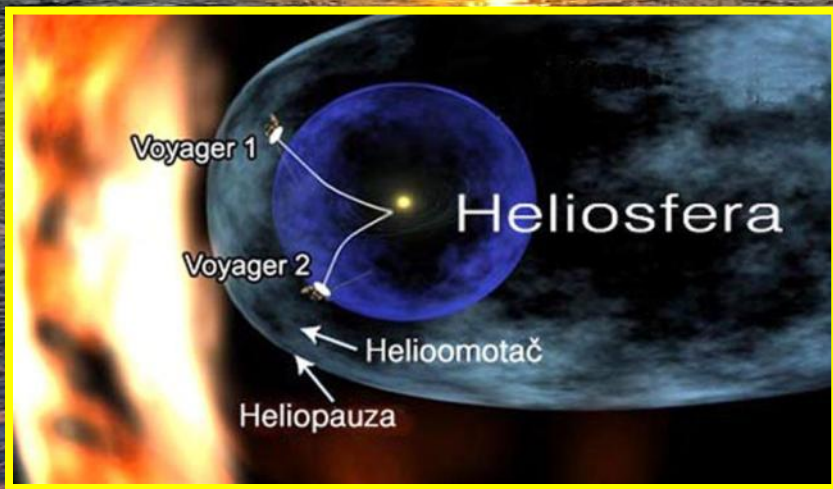


# Sunčev vetar

- 10 miliona km od Sunca – temp. dovoljno visoke -> čestice su dovoljno brze, pa mogu da savladaju gravitaciju Sunca.
- Sunčev vetra:  $10^8$  -  $10^9$  kg svake sekunde
- Izgubljeni materijal - nadoknađuje sa površine (isparila za samo 1-2 dana)
- Vetar je do sada odneo 0,1% ukupne mase Sunca.



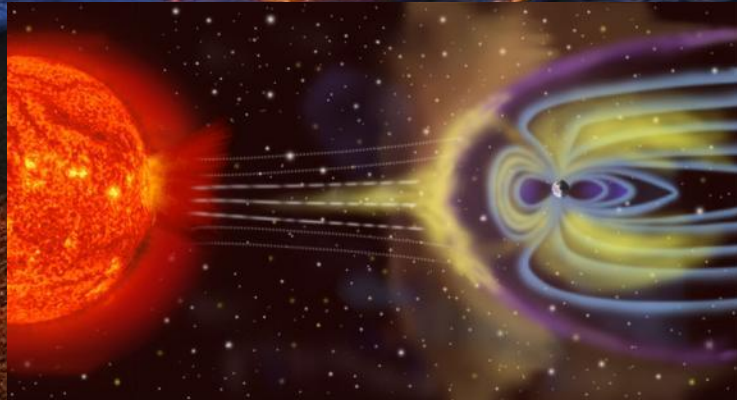
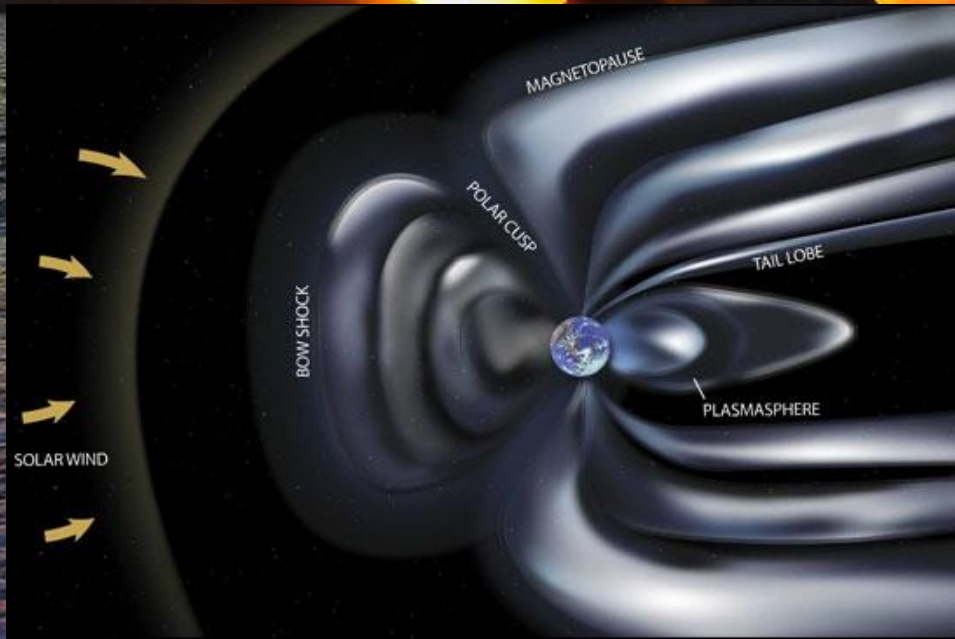
# Sunčev vetar



- Heliosfera – oblast delovanja vetra
- Vojadžer 1 – 120 AJ
- Brzina čestica – raste sa udaljavanjem od Sunca
- Od 50km/s (na udaljenosti od nekoliko radijusa) do nekoliko stotina km/s.
- Kod Zemlje - 300-750 km/s

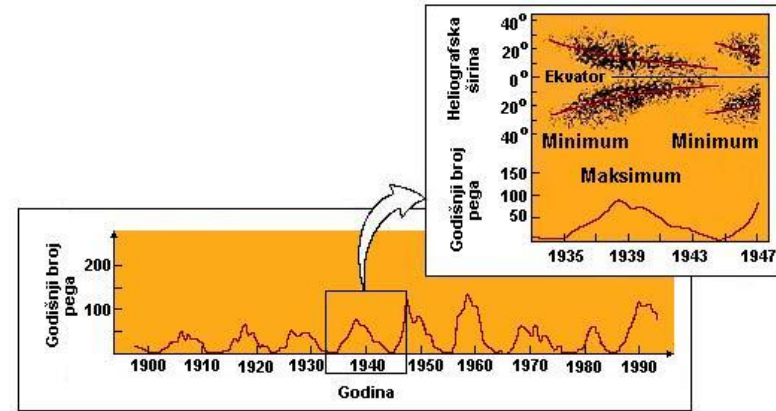


# Sunce i Zemlja



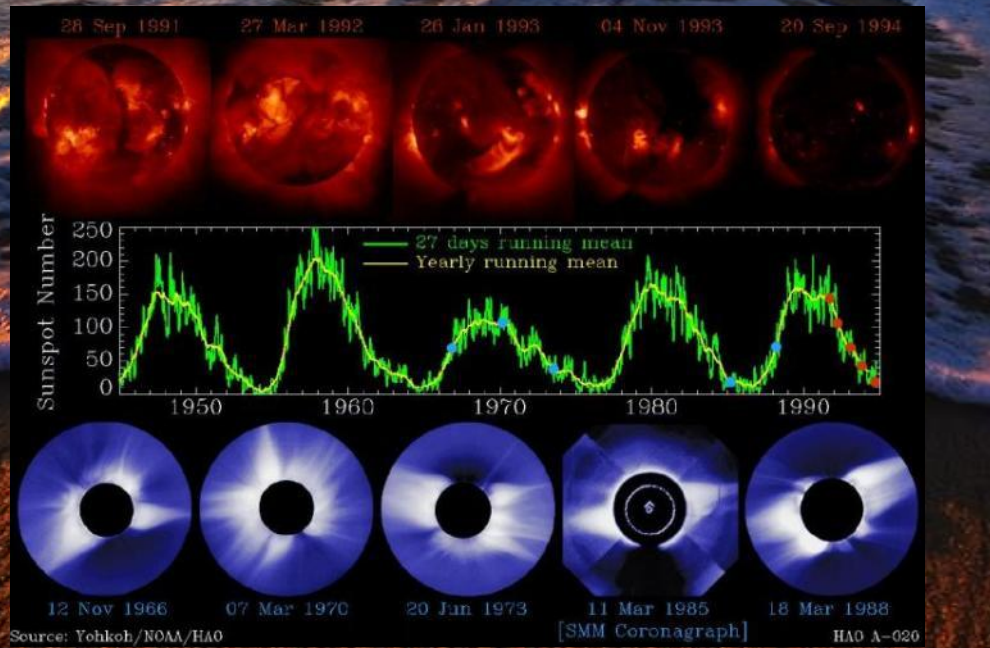
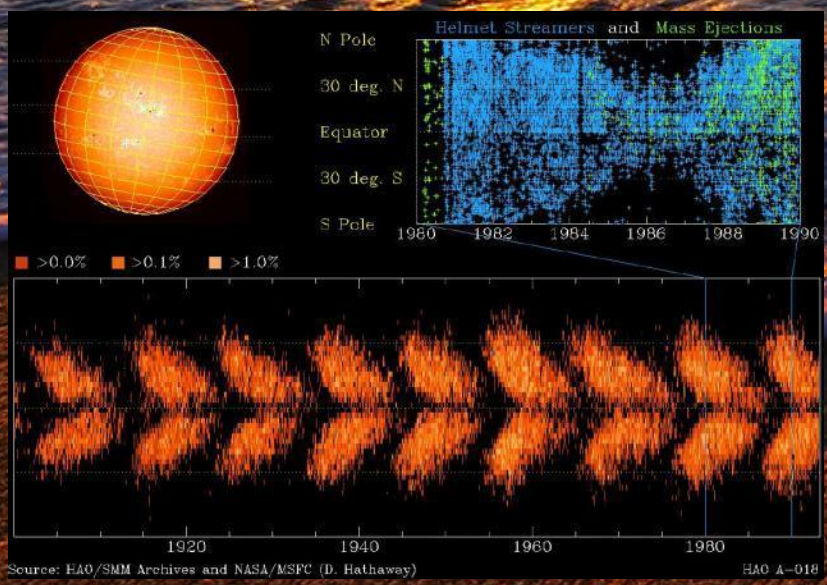
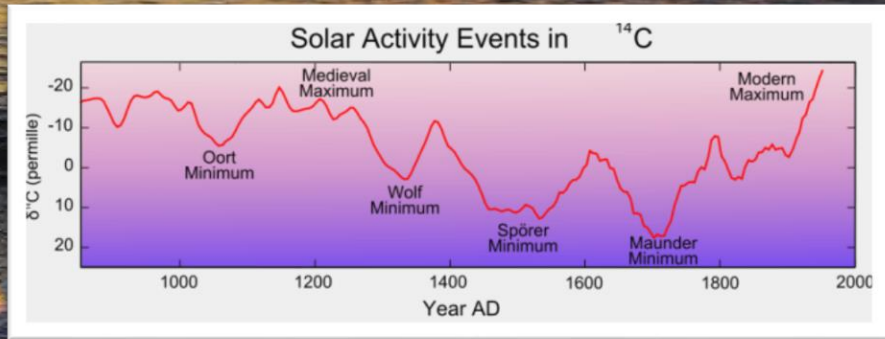
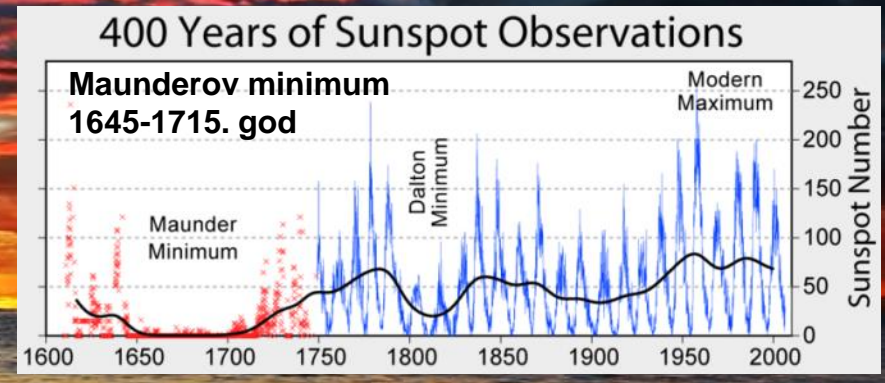
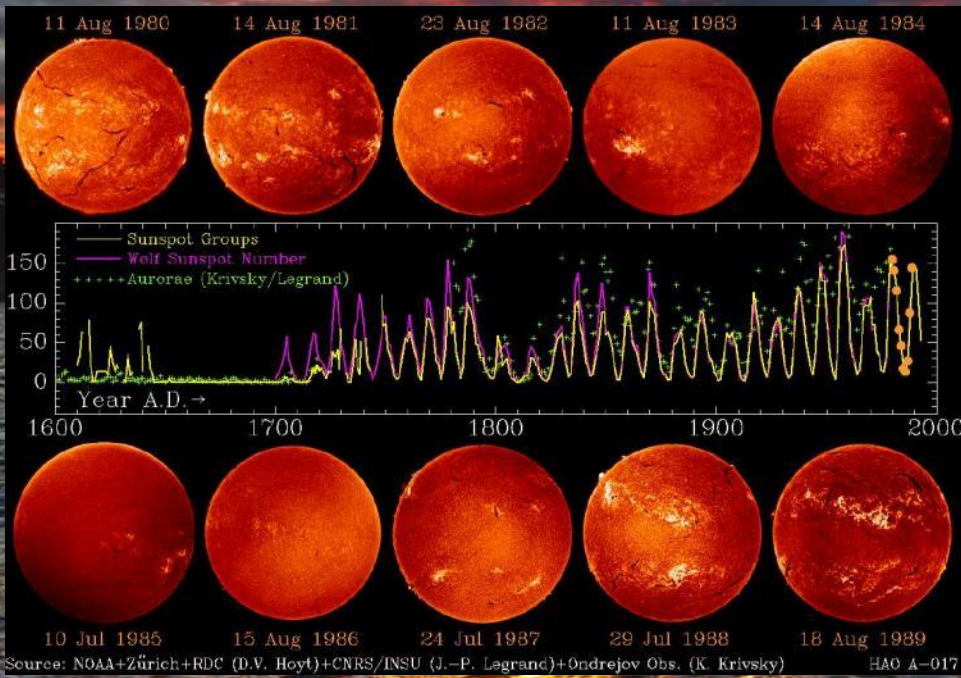


# Ciklus aktivnosti



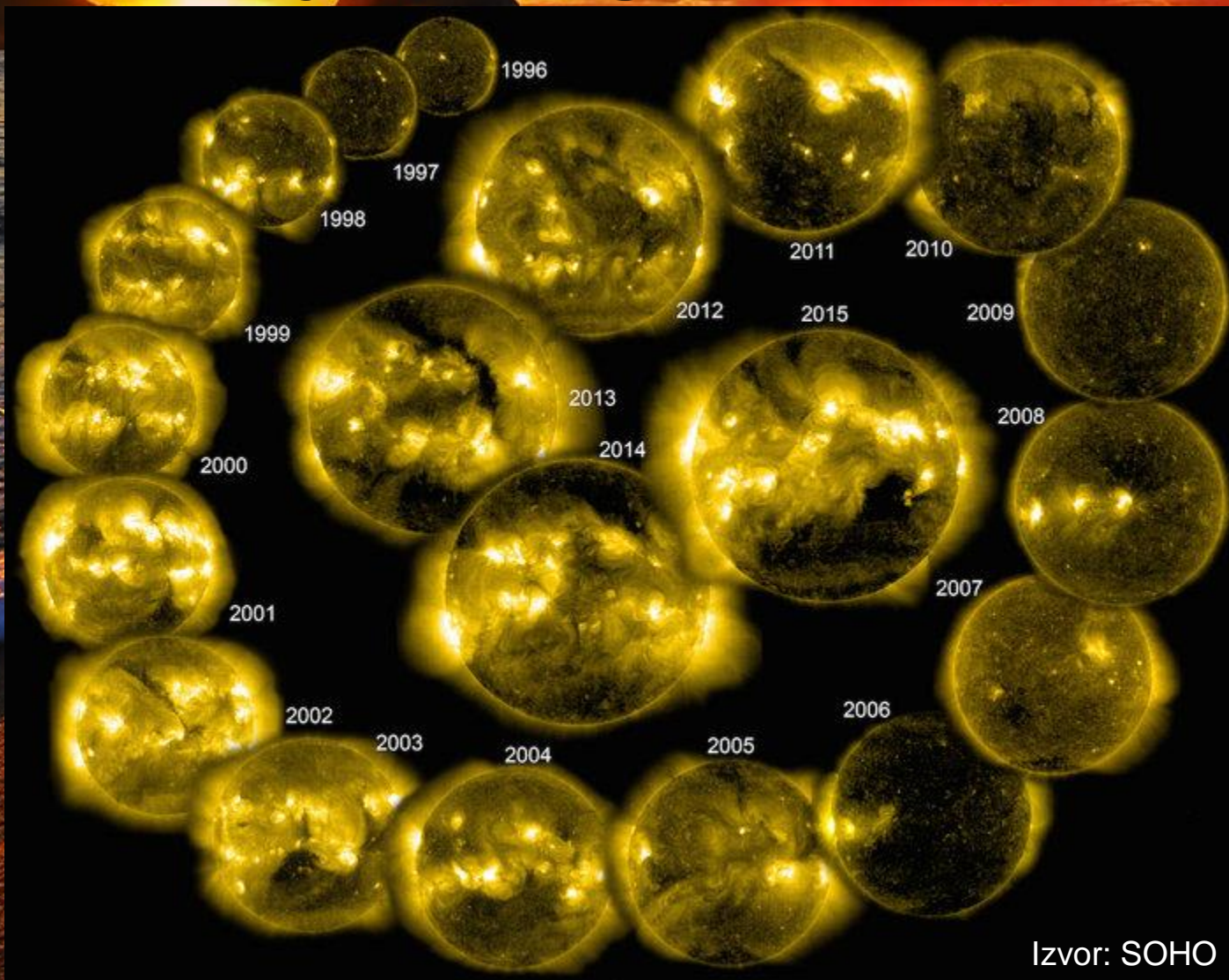
- Ukupan broj pega na Suncu se periodično menja
  - zaključak – na osnovu neoliko vekova posmatranja
  - ciklusi pega
  - maksimum u proseku svakih 11 god, zatim opada
  - period između 7 i 15 god
- Heliografska širina na kojoj se pojavljuju pege
  - minimum – nekoliko pega, dve uske zone, 25 i 30° od ekvatora
  - maksimum – pojas od 15 do 20° severno i južno od ekvatora
  - kraj ciklusa – mali broj pega, pojas do 10° oko ekvatora
  - prva godina novog ciklusa poklapa se sa poslednjom godinom prethodnog







# Poslednjih 20 godina

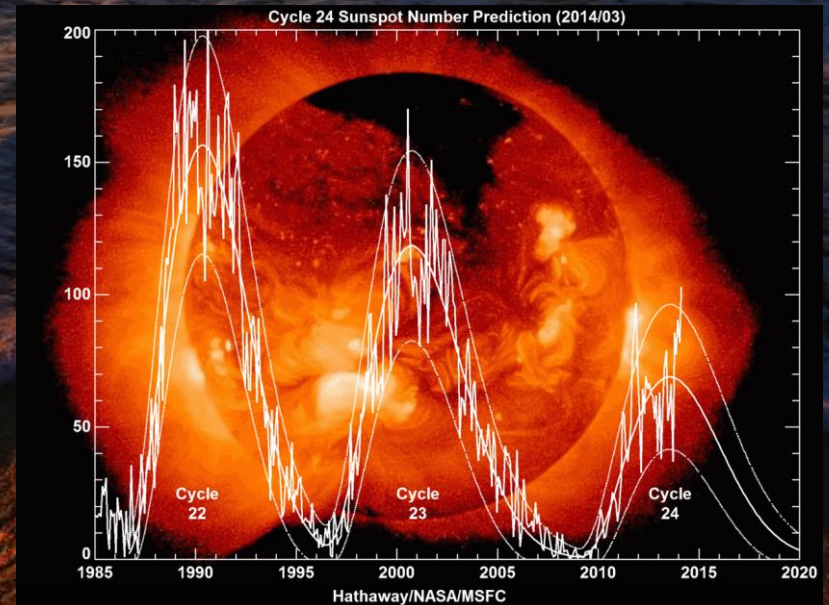
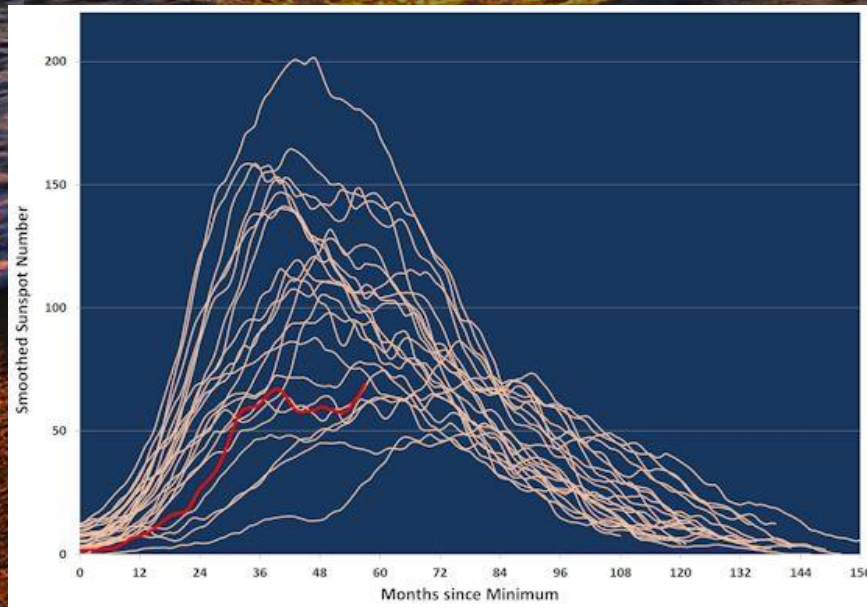


Izvor: SOHO



# Poslednji maksimum

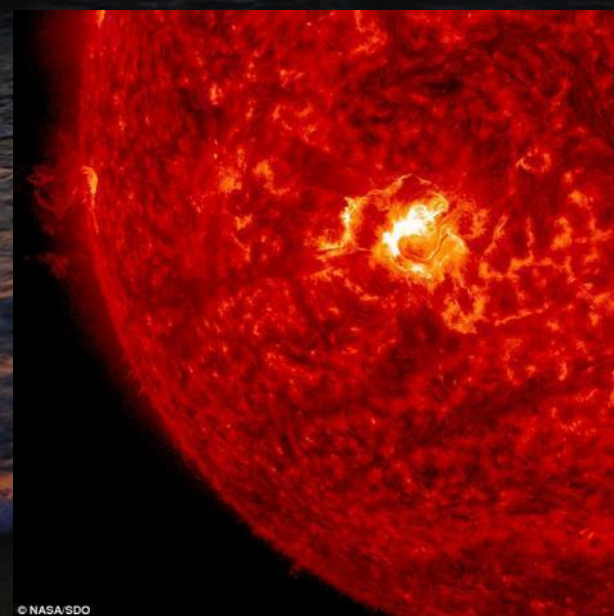
- 24. ciklus pega; očekivan maksimumu 2014. god.
- “mini” maksimum





# 11. mart 2015.

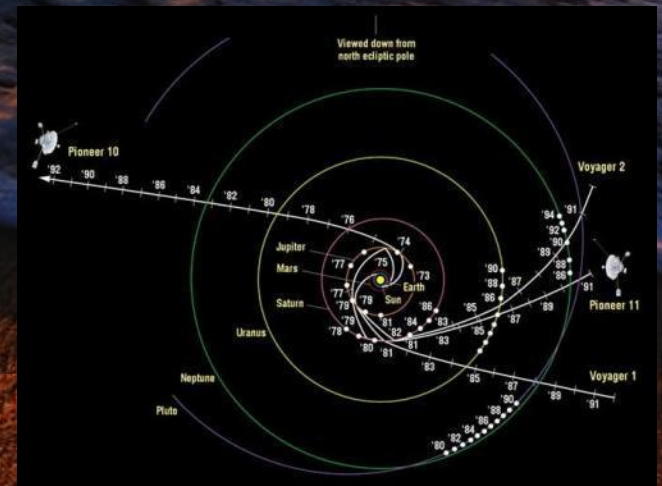
- Najjača oluja ove godine, X2.2





# Geomagnetne oluje

- 1 - 2 septembar 1859
  - Karingtonov “događaj”; najveća zabeležena!
  - Smetnje u telegrafskim linijama, strujni udari, požari
  - Aurora: Havaji, Meksiko, Kuba
- 13 mart 1989
  - Šest miliona ljudi bez struje, 9 sati
  - Kvebek, Kanada
  - Aurora u Teksasu
- 14 jul 2000
  - Klasa X5, pravo ka Zemlji
  - Nije bilo smetnji
  - Detektovali Vojadžer 1 i Vojadžer 2

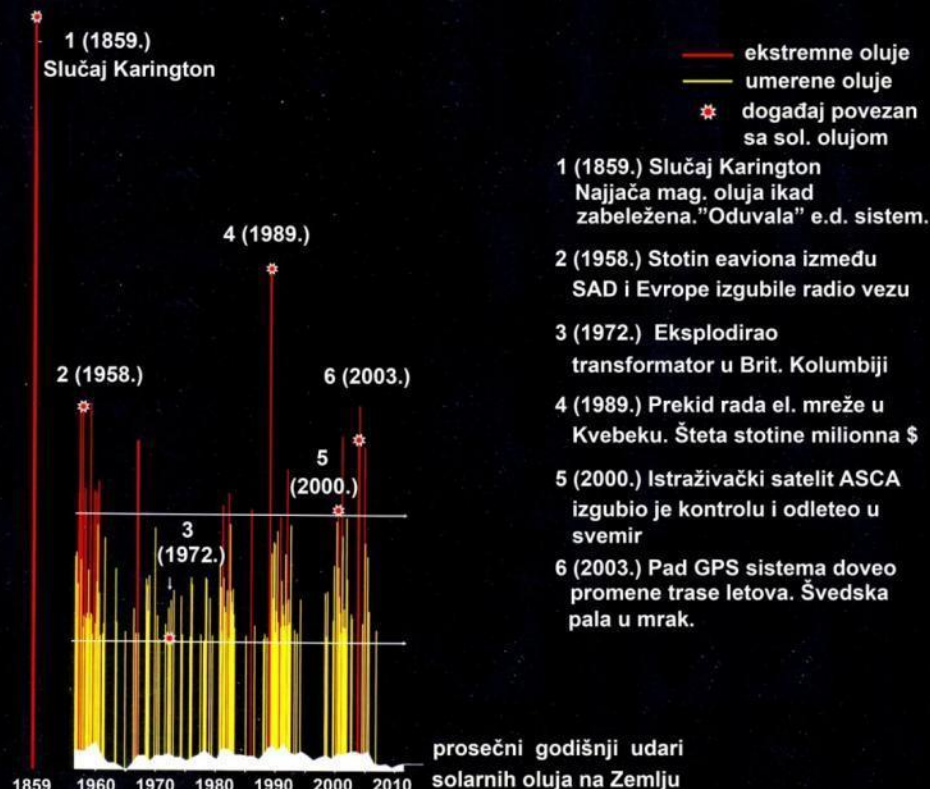




# Geomagnetne oluje

- Nagle perturbacije Zemljinog magnetnog polja, uglavnom pod delovanjem sunčevog vetra.
- Javljaju se 17-21 h nakon eksplozija ili izbacivanja koronine mase. Brze fluktuacije jačine ili smeru mag. polja nastaju na početku bure, a vraćaju se u normalu za 2-3 dana.

## Geomagnetne posledice solarnih oluja



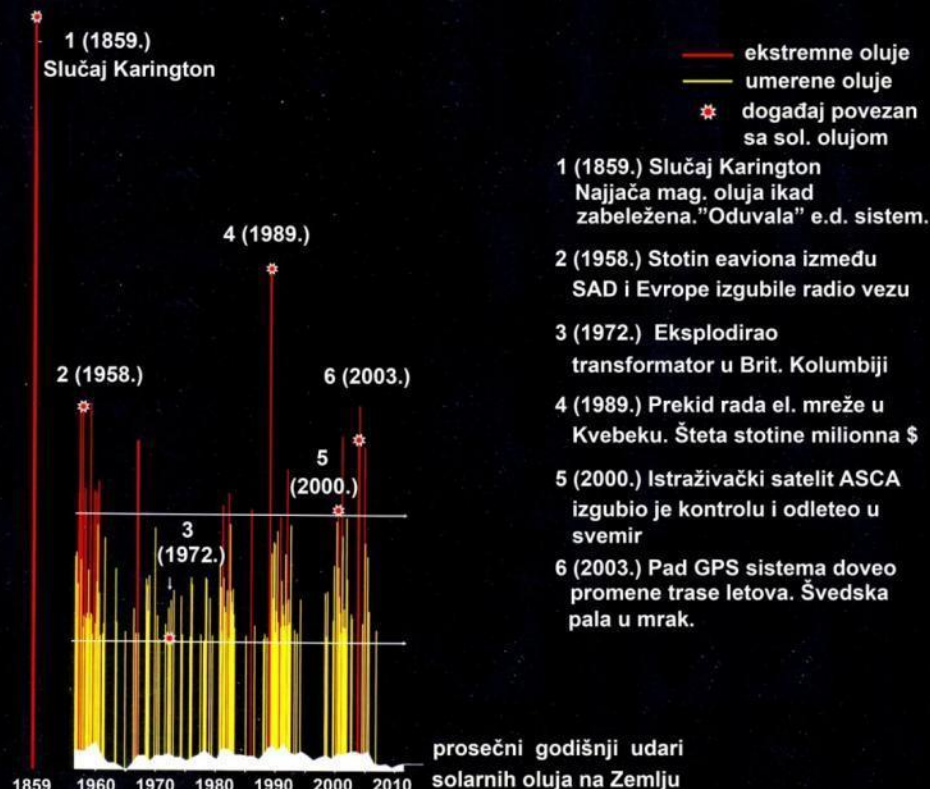
Dst (nT) indeks za merenje poremećaja mag polja Zemlje nastalih solarnom olujom  
Slučaj Karington = - 850 nT, ekstremna oluja = -300 nT, umerena oluja = -150 nT



# Karingtonov “dogadaj”

- Ričard Karington
- Pivar i astronom-amater
- Posmatrao projekciju Sunca
- dve svetle mrlje unutar delike grupe pega
- Nagli skok indukovanih napona u telegrafskim žicama omogućio je da su telegrafi radili sa isključenim baterijama!

## Geomagnetne posledice solarnih oluja

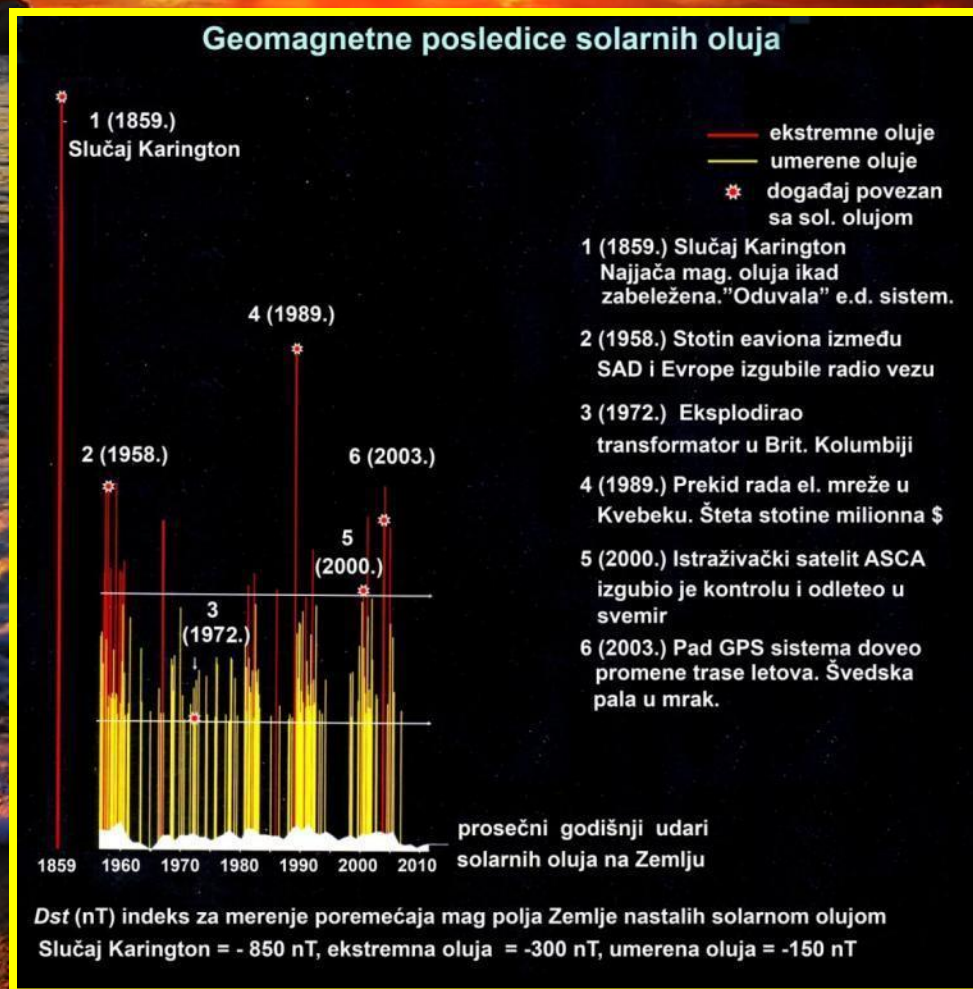


Dst (nT) indeks za merenje poremećaja mag polja Zemlje nastalih solarnom olujom  
Slučaj Karington = - 850 nT, ekstremna oluja = -300 nT, umerena oluja = -150 nT



# Karingtonov “dogadaj”

- Karington je video drugu od, ne tako čestih dvojnih eksplozija, na Suncu.
- Prva je “dospela” do Zemlje za 40-60 h
- prokrčila put za drugu koja je do Zemlje dospela za svega 17 h.
- Spljoštile magnetosferu sa 60000 km na 7000 km i privremeno su uništile Van Alenove.
- Da se desila danas šteta bi iznosila 1-2 triliona \$\$\$.



Dst (Disturbance Storm Indeks) – meri “svemirsko” vreme. Daje informacije o jačini struje koju izazivaju solarni protoni i elektroni u blizini Zemlje



# Sunce juče, danas, sutra...

- SOHO

- Solar and Heliospheric Observatory
- 20 godina rada
- Lansiran 2. decembra 1995

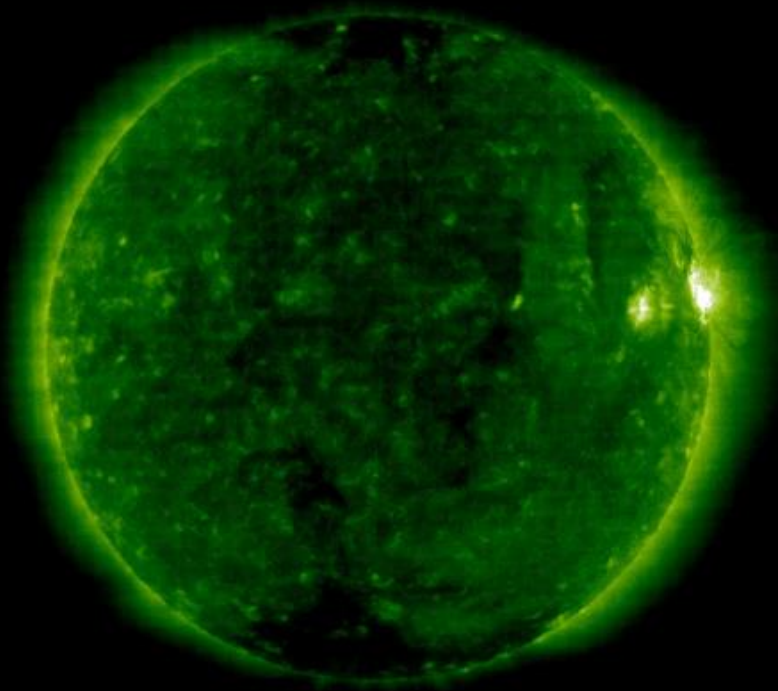
- ESO

- Solar Dynamics Observatory
- Lansiran februara 2010

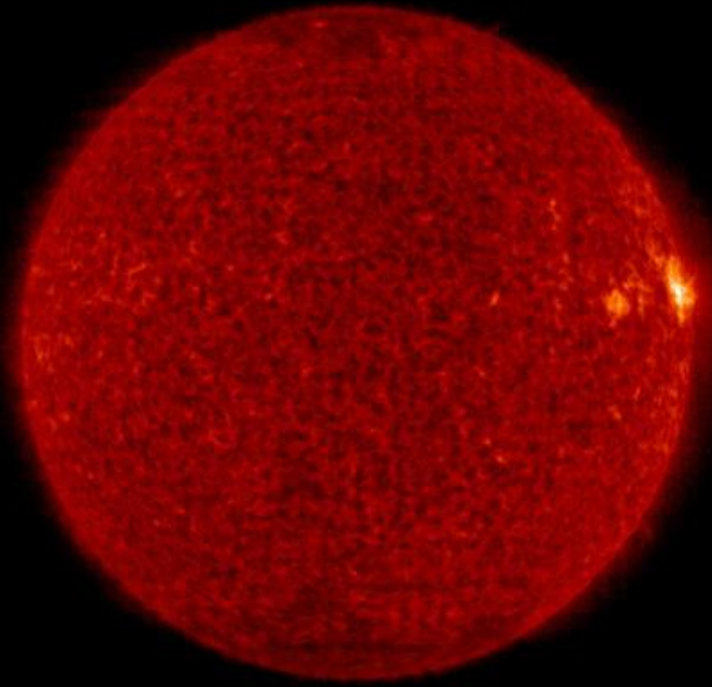




# Sunce ~~danas~~ juče ☺



2019/03/24 01:13

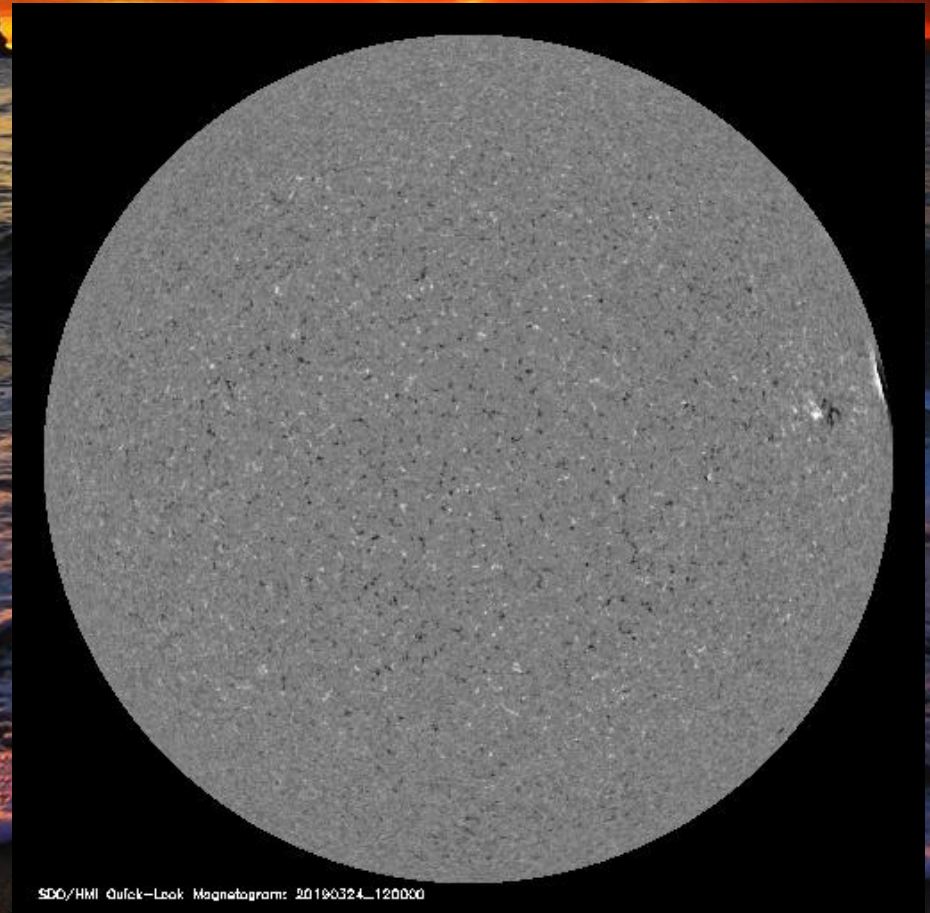
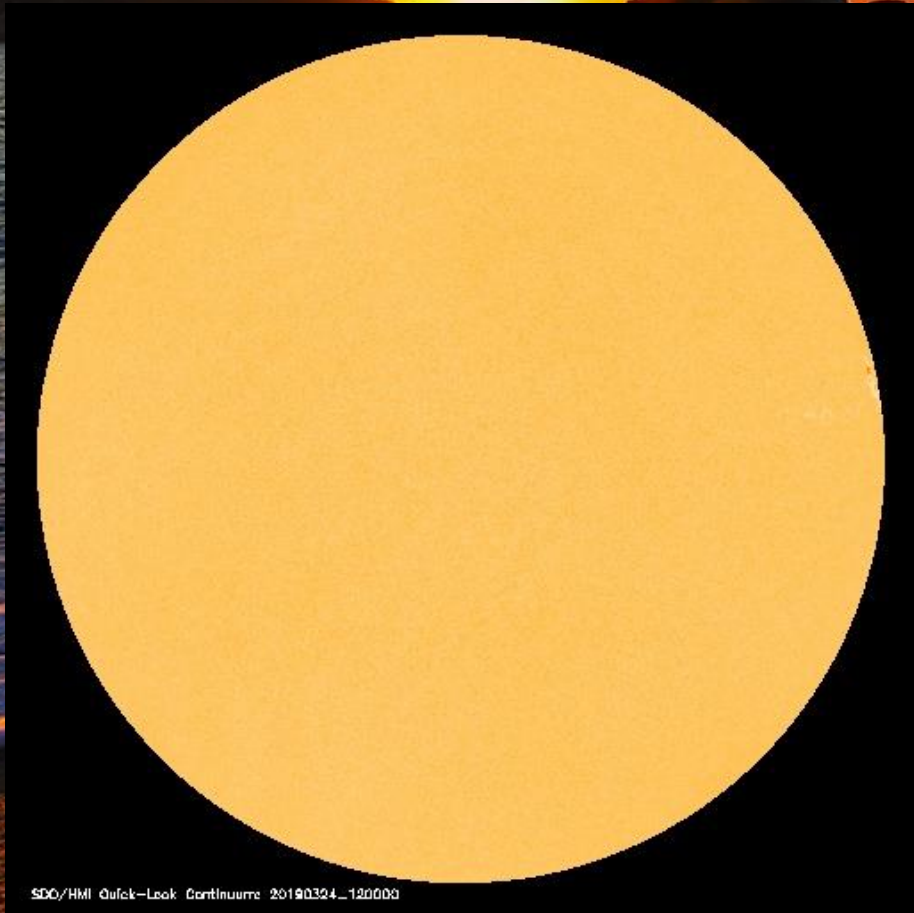


2019/03/24 01:19

**EIT (Extreme ultraviolet Imaging Telescope)**, različite talasne dužine -> različite temperature  
195 Angstrom – 1,5 miliona K („zelena“), 304 Angstrom – 60-80 hiljada K („crvena“)  
viša temperatura => veća visina

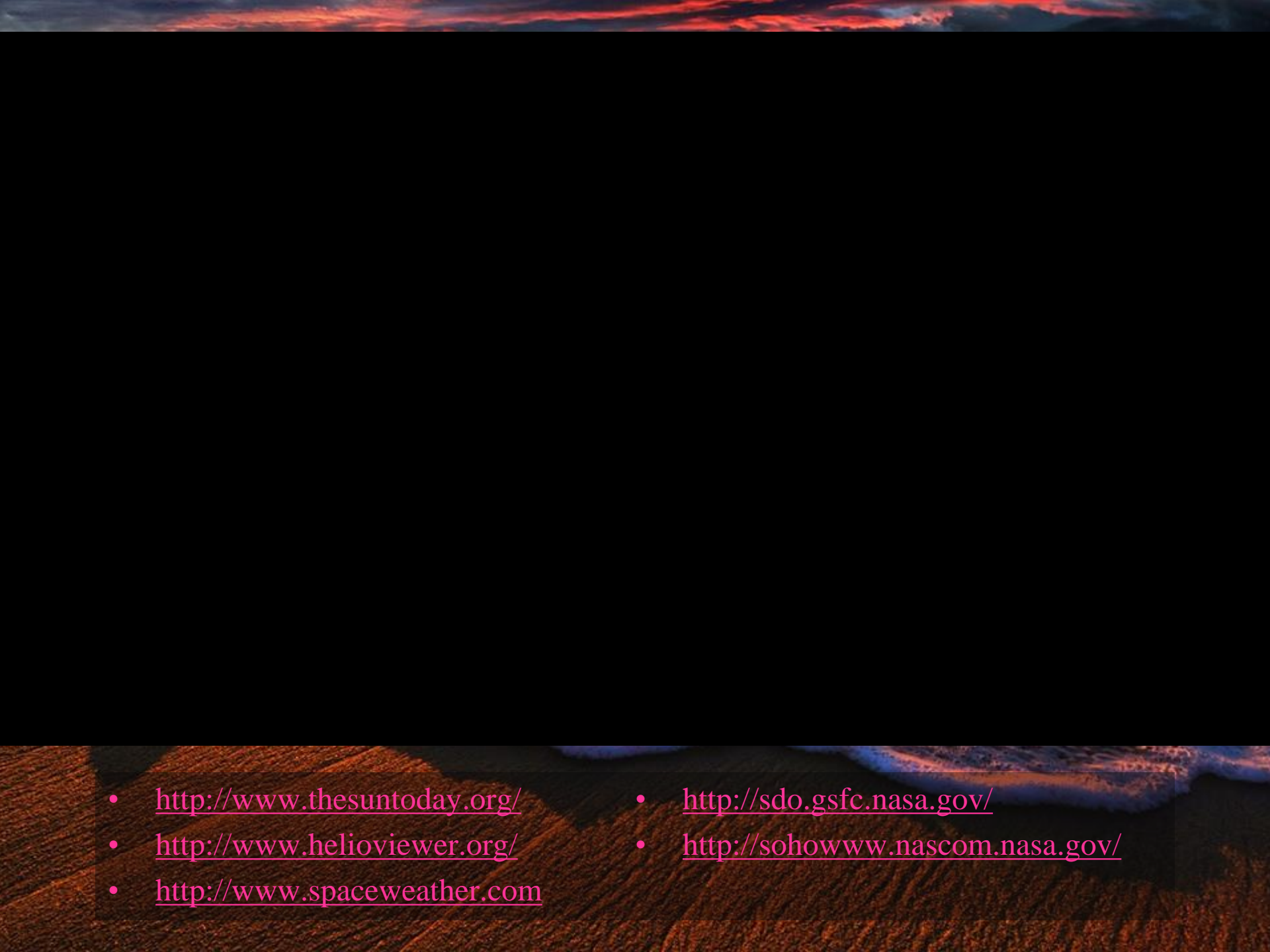


# Sunce ~~danas~~ juče ☺



**MDI (Michelson Doppler Imager)**, kontinuum u blizini 6768 Angstrom linije najbolje se vide pege (kad ih ima), najbliže vidljivom spektru magnetogram – magnetno polje fotosfere, crno/belo različit polaritet



- 
- <http://www.thesuntoday.org/>
  - <http://www.helioviewer.org/>
  - <http://www.spaceweather.com>

- <http://sdo.gsfc.nasa.gov/>
- <http://sohowww.nascom.nasa.gov/>



A vibrant sunset over the ocean. The sun is low on the horizon, casting a golden glow across the sky and reflecting on the water. A large, dark rock formation is visible in the distance. Waves are breaking on a sandy beach in the foreground. The sky is filled with colorful clouds in shades of orange, red, and purple.

**SUNCE I MI**



# Pomračenje Sunca



*All that you touch  
All that you see  
All that you taste  
All that you feel  
All that you love  
All that you hate  
All you distrust  
All that you save  
All that you give  
All that you deal  
All that you buy  
beg, borrow or steal  
All you create  
All you destroy  
All that you do  
All that you say  
All that you eat  
everyone you meet  
All that you slight  
everyone you fight  
All that is now  
All that is gone  
All that's to come  
and everything under the sun is in tune  
but the sun is eclipsed by the moon.*

*(Pink Floyd – Eclipse)*



# Pomračenje kroz vekove

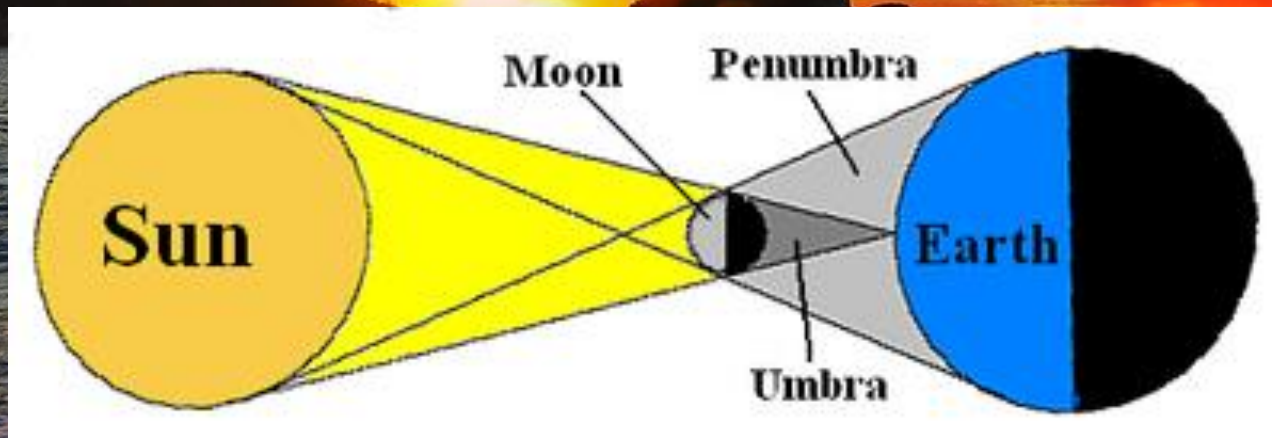


- Egipat – Set (Tifon), neprijatelj Ozirisa, napada Sunce
- Zmija Apop izlazi iz Nila i napada barku u kojoj plovi Ra
- Peru – jaguar proždire Sunce
- Oktobar 2137. pne. – Sji i Ho, kineski astronomi



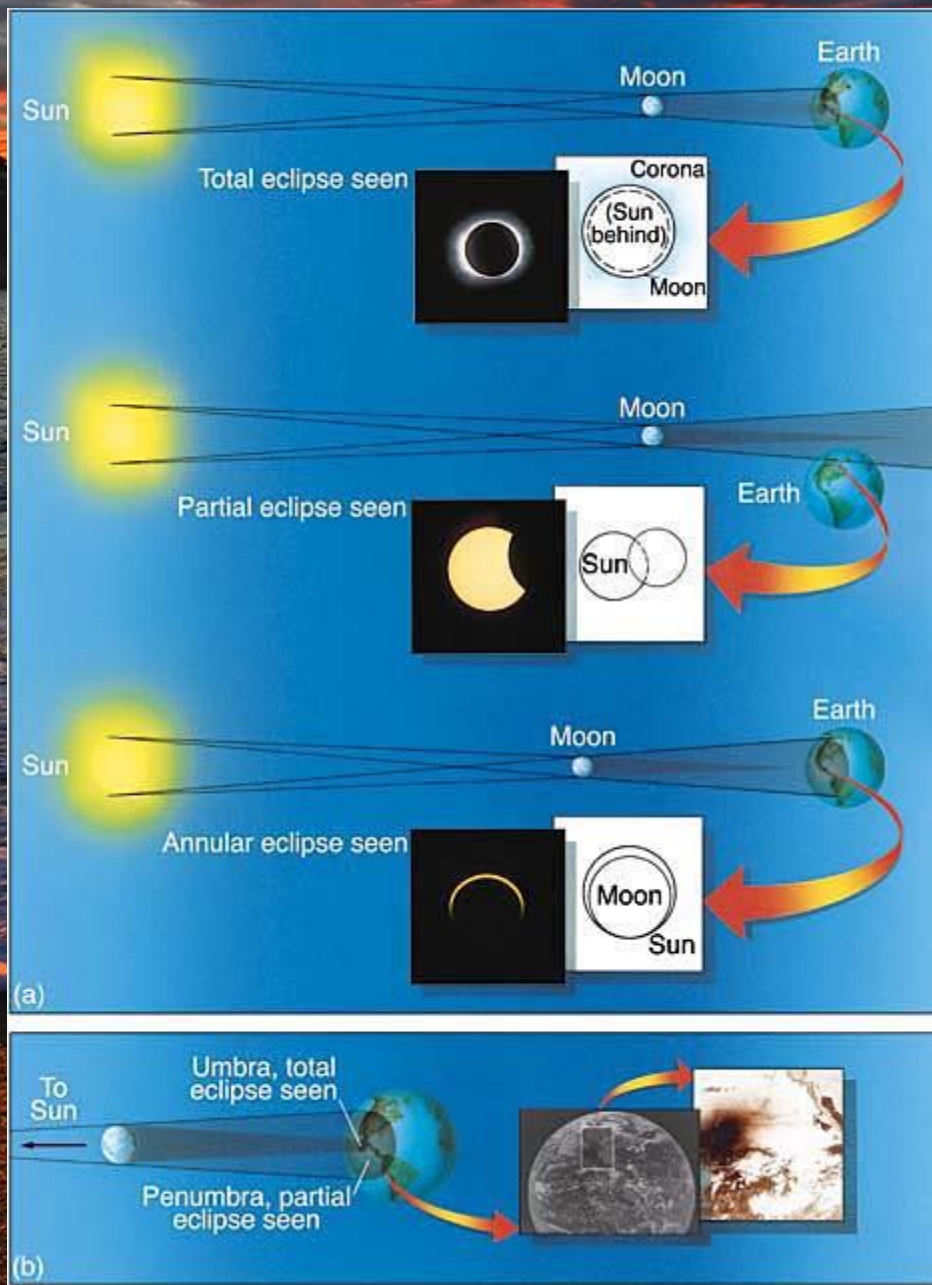


# Kako nastaje pomračenje



- Dužina senke: 367.710 – 379.720 km
- Sunce nije tačkasti izvor, nastaje i polusenka
- Sunce najbliže u januaru (147,1 miliona km), najdalje u julu (152,1 miliona km); Ugaona veličina: 15'59'' – 16'18''
- Mesec – od 356.330 – 406.610 km; 14'44'' – 16'41'



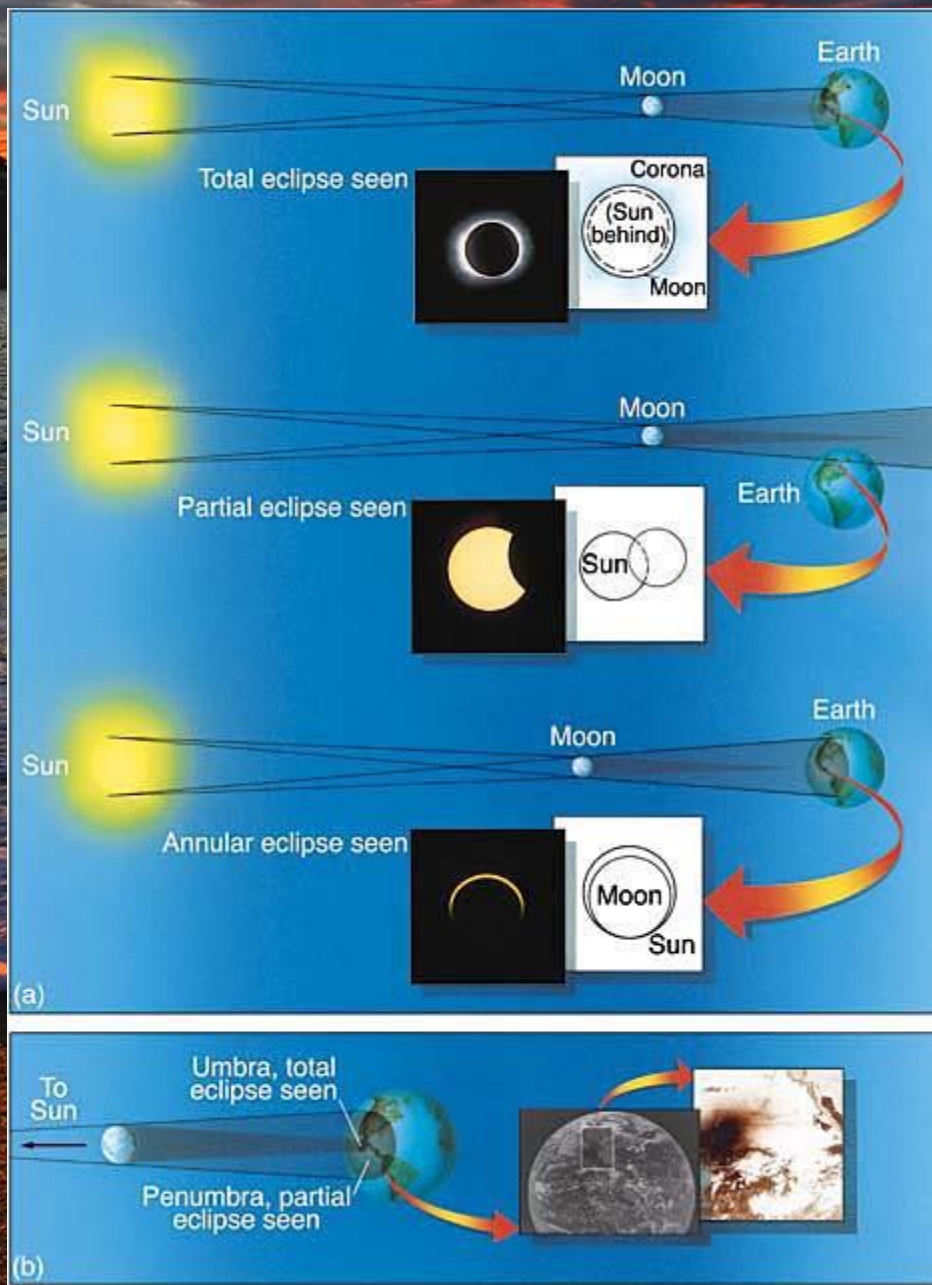


# Tipovi pomračenja:

- Totalno
- Delimično
- Prstenasto

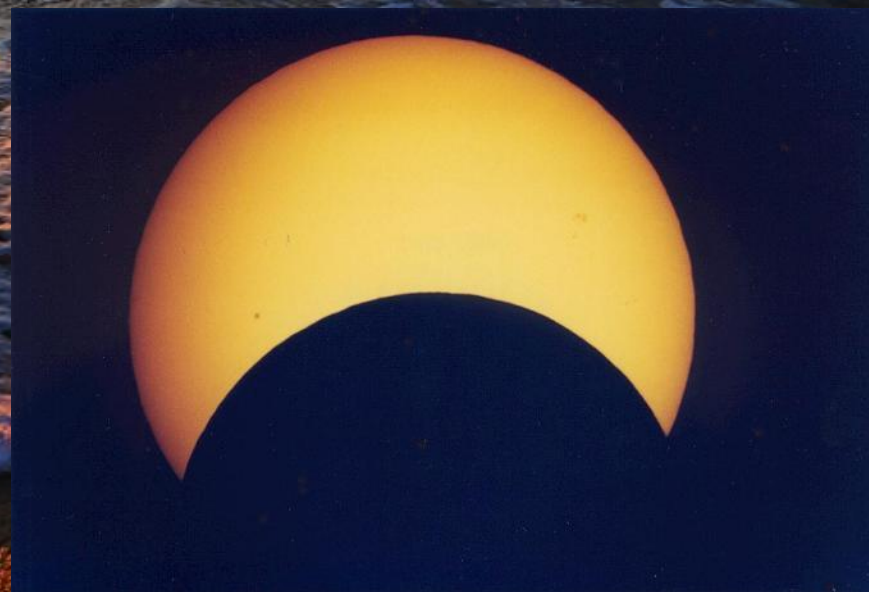






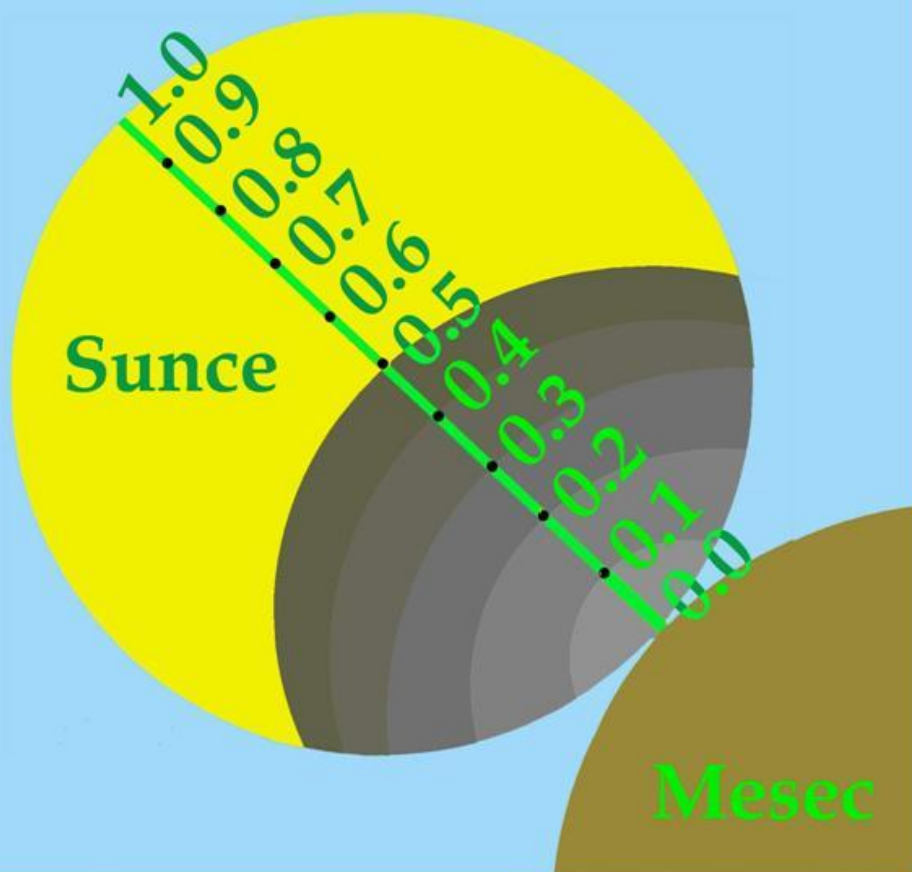
• Tipovi pomračenja:

- Totalno
- Delimično
- Prstenasto



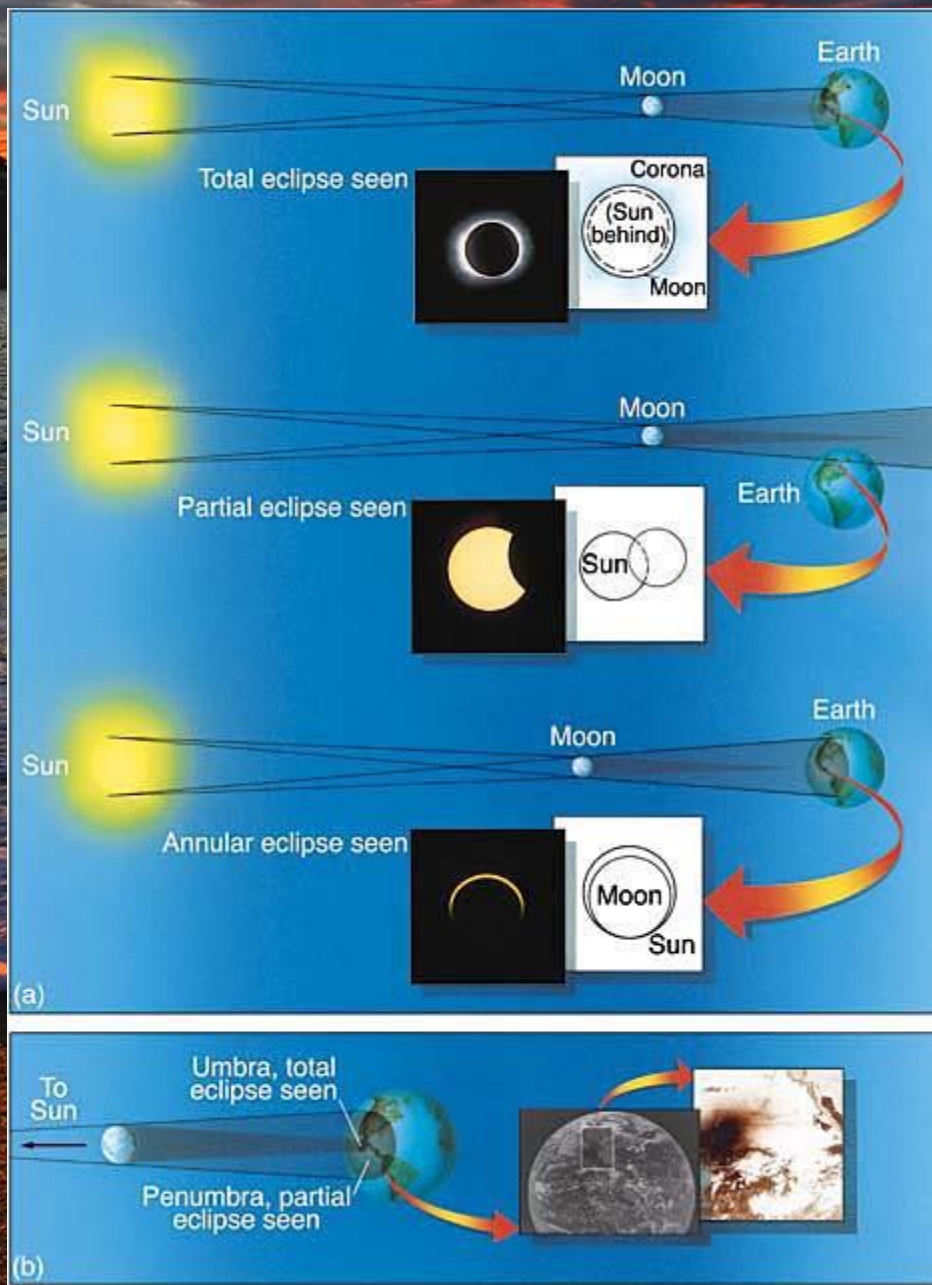


# Delimično pomračenje



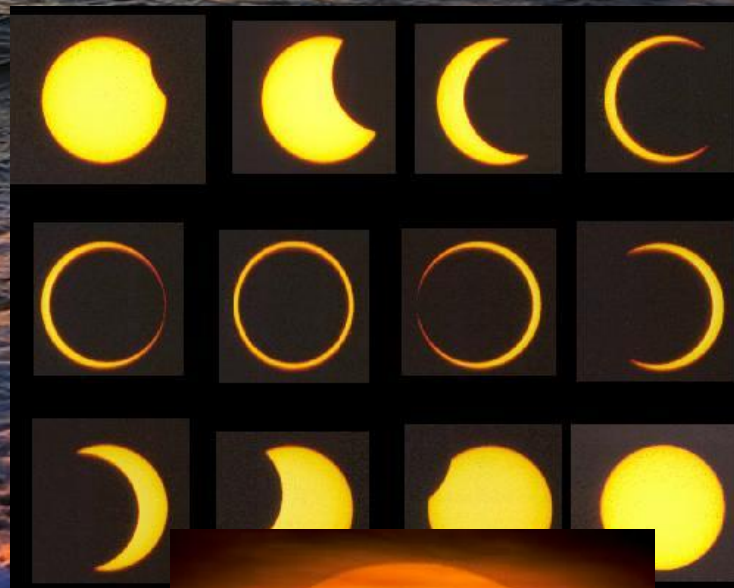
- Veličina pomračenja
- Maksimum pomračenja





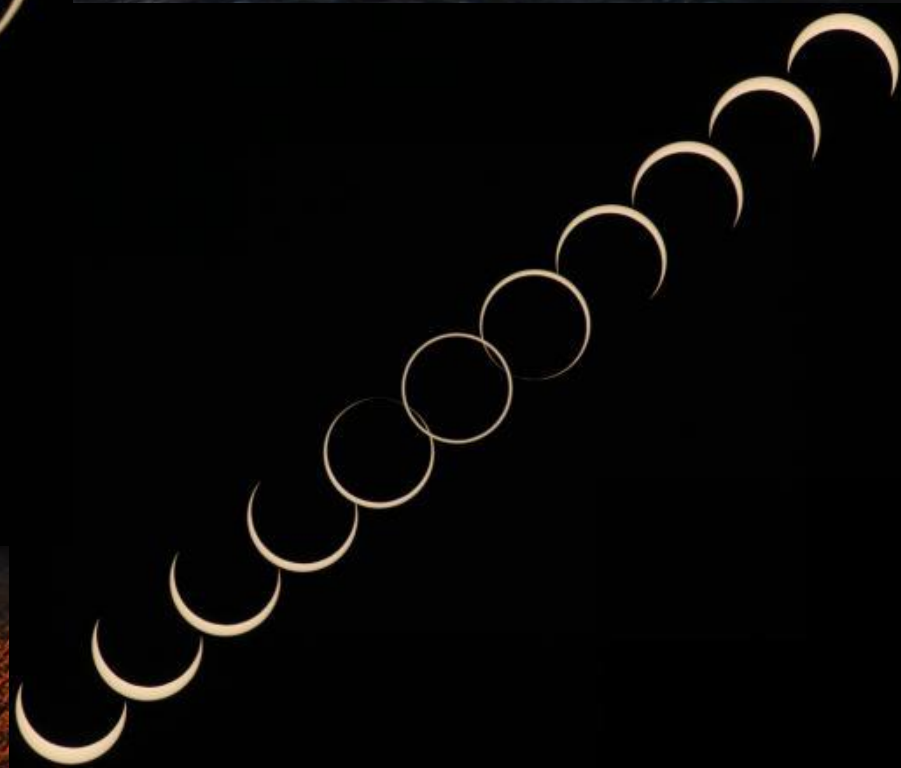
## • Tipovi pomračenja:

- Totalno
- Delimično
- Prstenasto



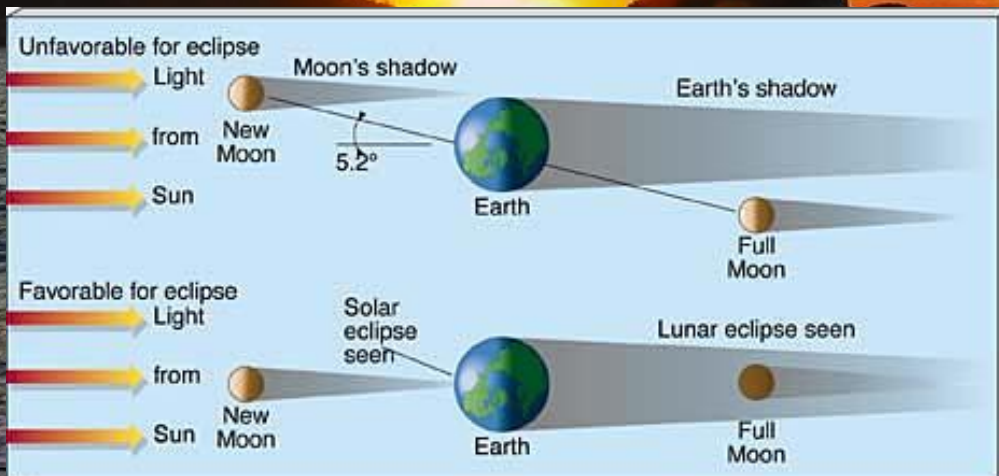


# Prstenasto pomračenje

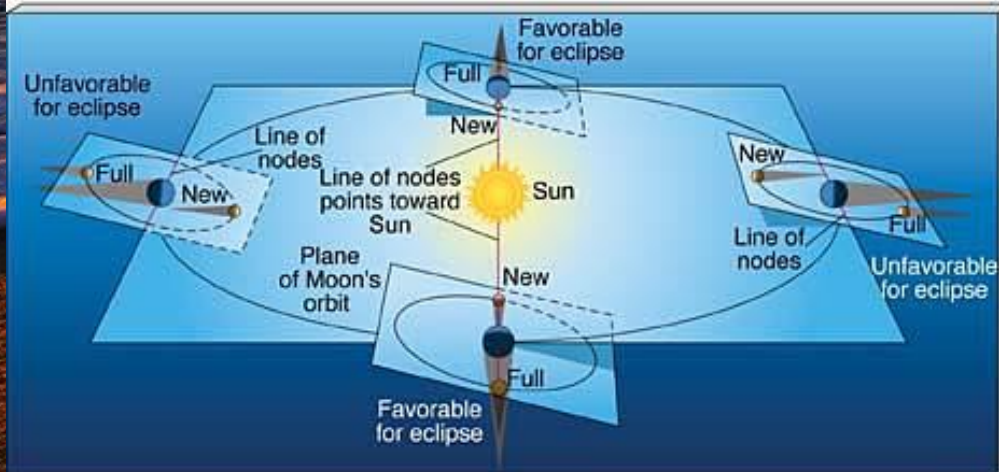




# Kad nastaje pomračenje?



(a)



(b)

- U vreme mladog Meseca
- Godišnje – min dva puta pomračenje Sunca, max pet puta
- Ukupno 2 – 7 pomračenja
- Najčešće – po dva pomračenja
- Često: 3 x Mesec, 4 x Sunce





11. Avgust 1999. godine – jedan od poslednjih snimaka sa stanice MIR



- Pojas totaliteta
- Prosečno 160 km
- Max 272km; 1. jula, u podne, na ekvatoru
- Prstenasto pomračenje – max 370km
- Polusenka – 6000-7000 km
- Pomračenje Meseca – sa cele hemisfere
- Pomračenje Sunca – nema promena na Suncu; pomračenje Meseca – Mesec gubi sjaj
- 15. februara 1961. – centralna linija totaliteta kroz veliki deo Srbije





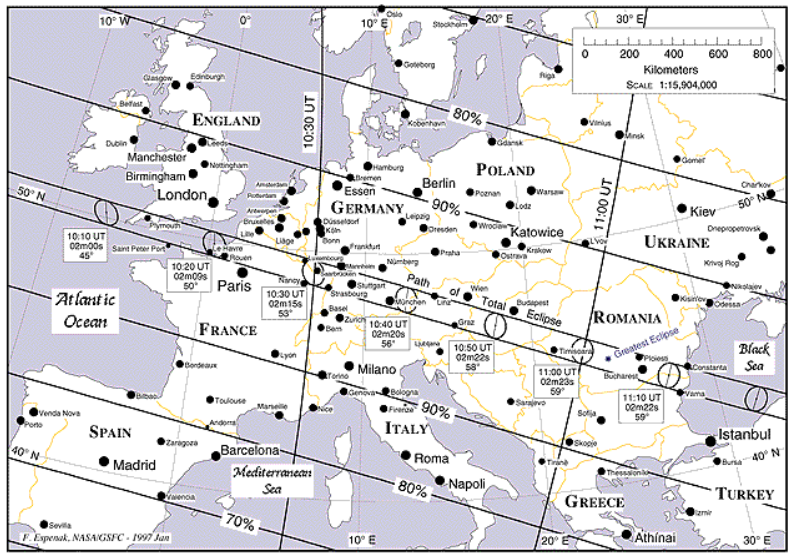
- Senka putuje sa zapada na istok
- Brzina senke:
  - udaljenosti Meseca od Zemlje
  - brzine posmatrača (geografske širine)
- Na ekvatoru oko 480 m/s, na našim širinama oko 620 m/s (kada je Mesec u zenitu)
- Ako je upadni ugao najveći (izlazak ili zalazak Sunca) - brzina i po nekoliko kilometara u sekundi





Total Solar Eclipse of 1999 August 11

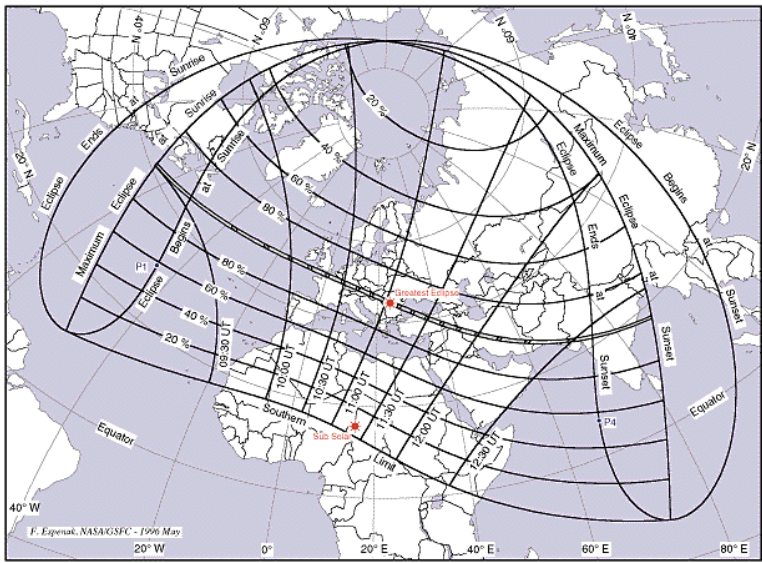
FIGURE 3: THE ECLIPSE PATH THROUGH EUROPE



- Totalno pomračenje najduže u blizini centralne linije pojasa
- Najčešće 2-3 minuta, max 7.7 minuta
- Dužina celog procesa pomračenja – nekoliko sati (u proseku 3h)
- Prstenasto pomračenje – max 12 minuta
- Najduže posmatranje jednog totalnog pomračenja: 72 minuta!
  - 30. juna 1973, tim naučnika je avionom Konkord leteo u Mesečevoj senci i pratio pomračenje.
- U XXI veku – 224 pomračenja Sunca, 144 centralna

Total Solar Eclipse of 1999 August 11

FIGURE 2: STEREOGRAPHIC PROJECTION MAP OF THE ECLIPSE PATH





## Total Solar Eclipse Paths: 1001–2000



***Potpuna ili prstenasta pomračenja – vrlo retko na istom mestu (u proseku svakih 360 godina)***

***Sledeće totalno pomračenje 2135. godine***

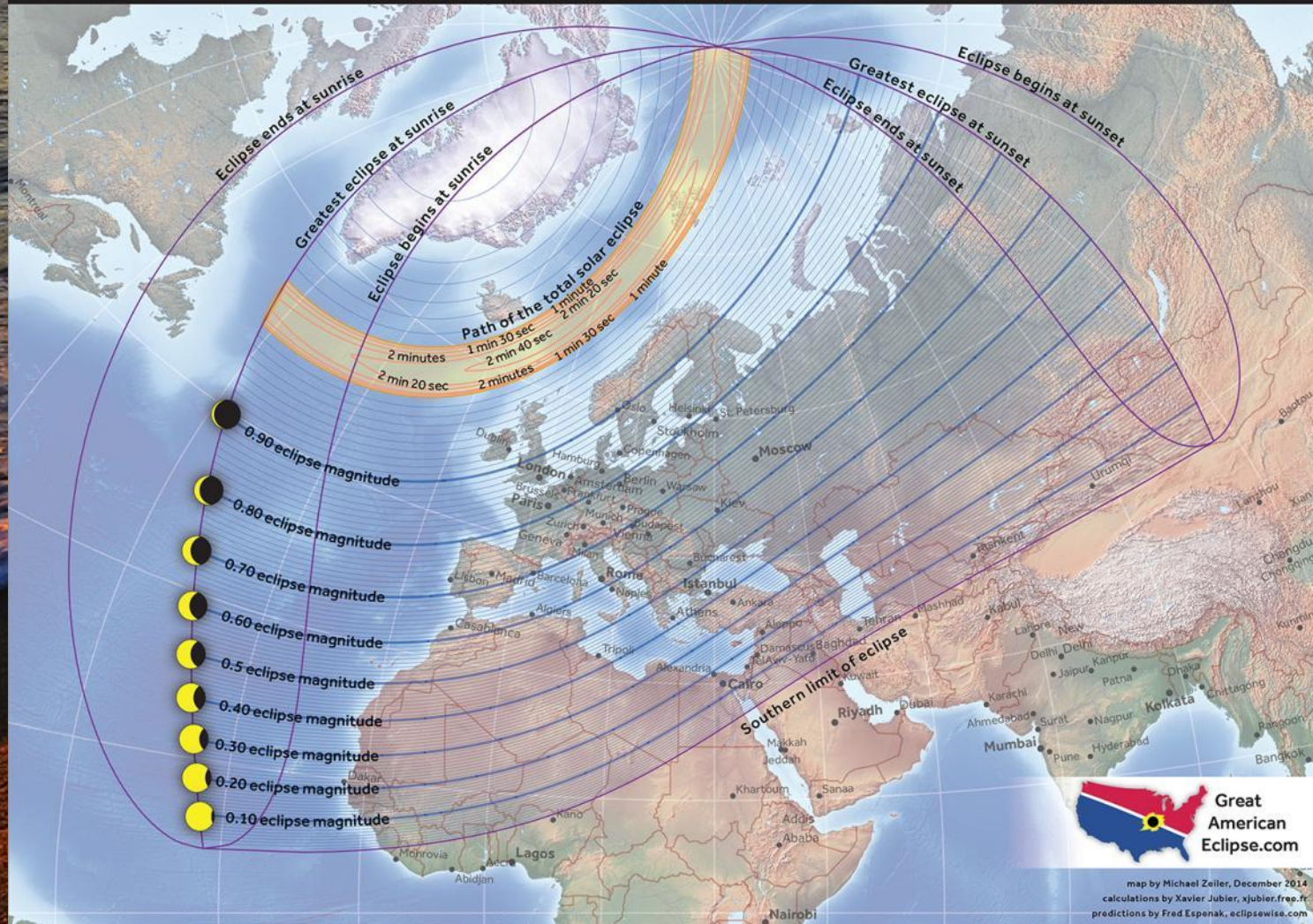
- *Saros* – 18 godina 11.3 dana (ili 10.3 dana) – pomračenja istog datuma
- Posle tri sarosa – na istoj geografskoj dužini, ali druga širina (pomera se ka severu, tj. jugu)



# Pomračenje – 20. mart 2015

Total Eclipse of the Sun on March 20, 2015

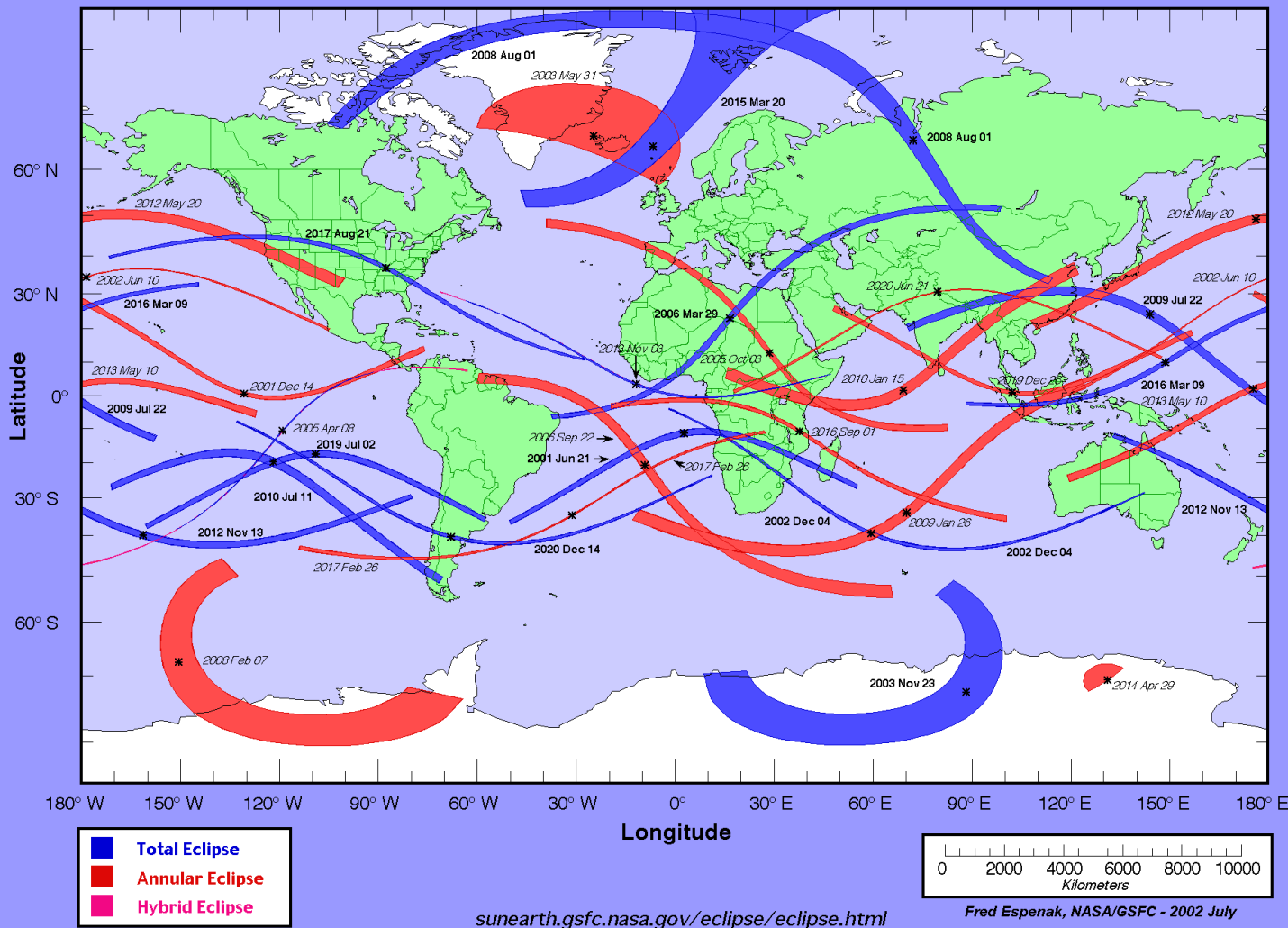
Eclipse magnitude, fraction of Sun's disk occulted





# Buduća pomračenja

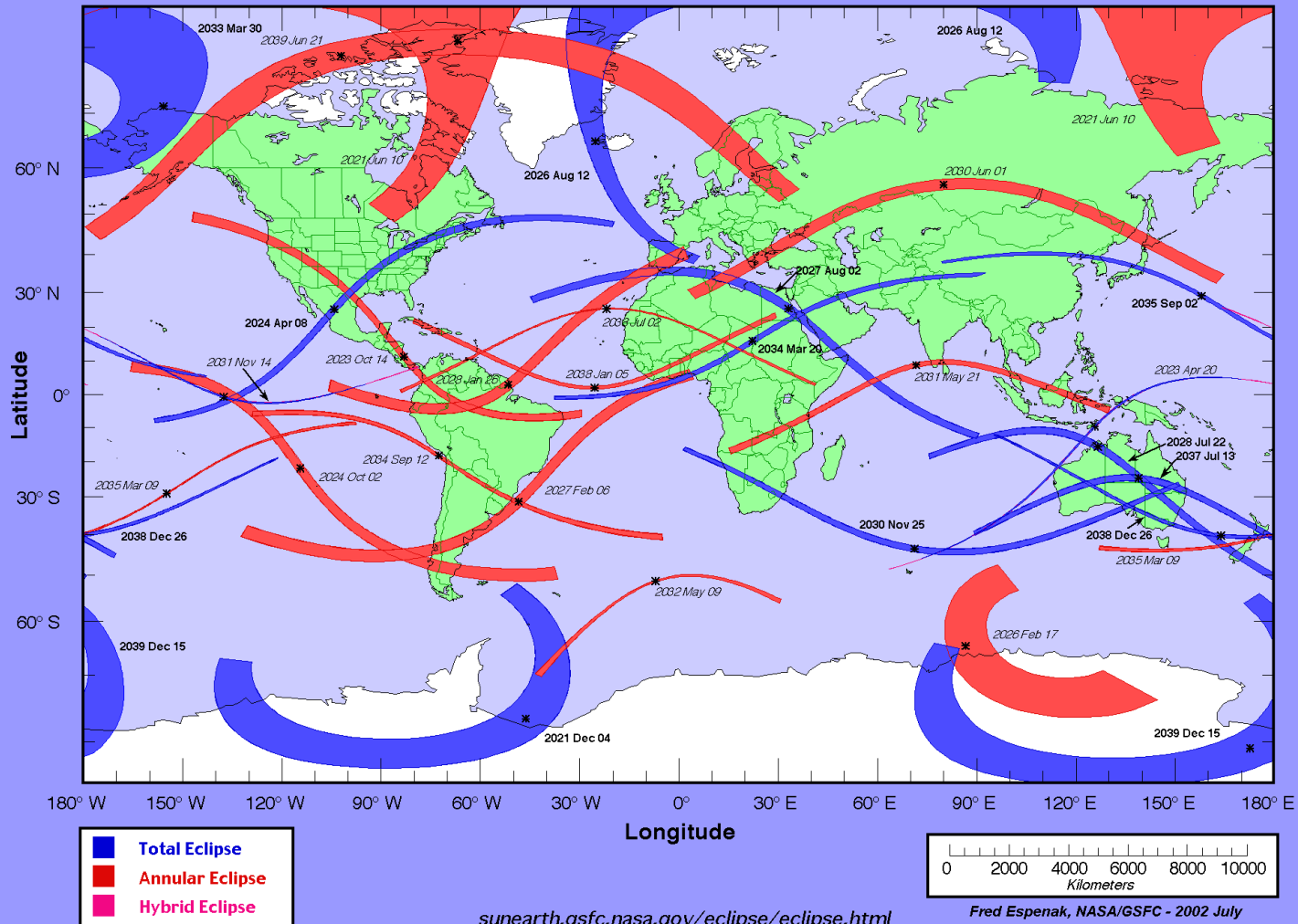
Total and Annular Solar Eclipse Paths: 2001 – 2020





# Buduća pomračenja

Total and Annular Solar Eclipse Paths: 2021 –2040





**Dok čakamo sledeće  
pomračenje...**

