

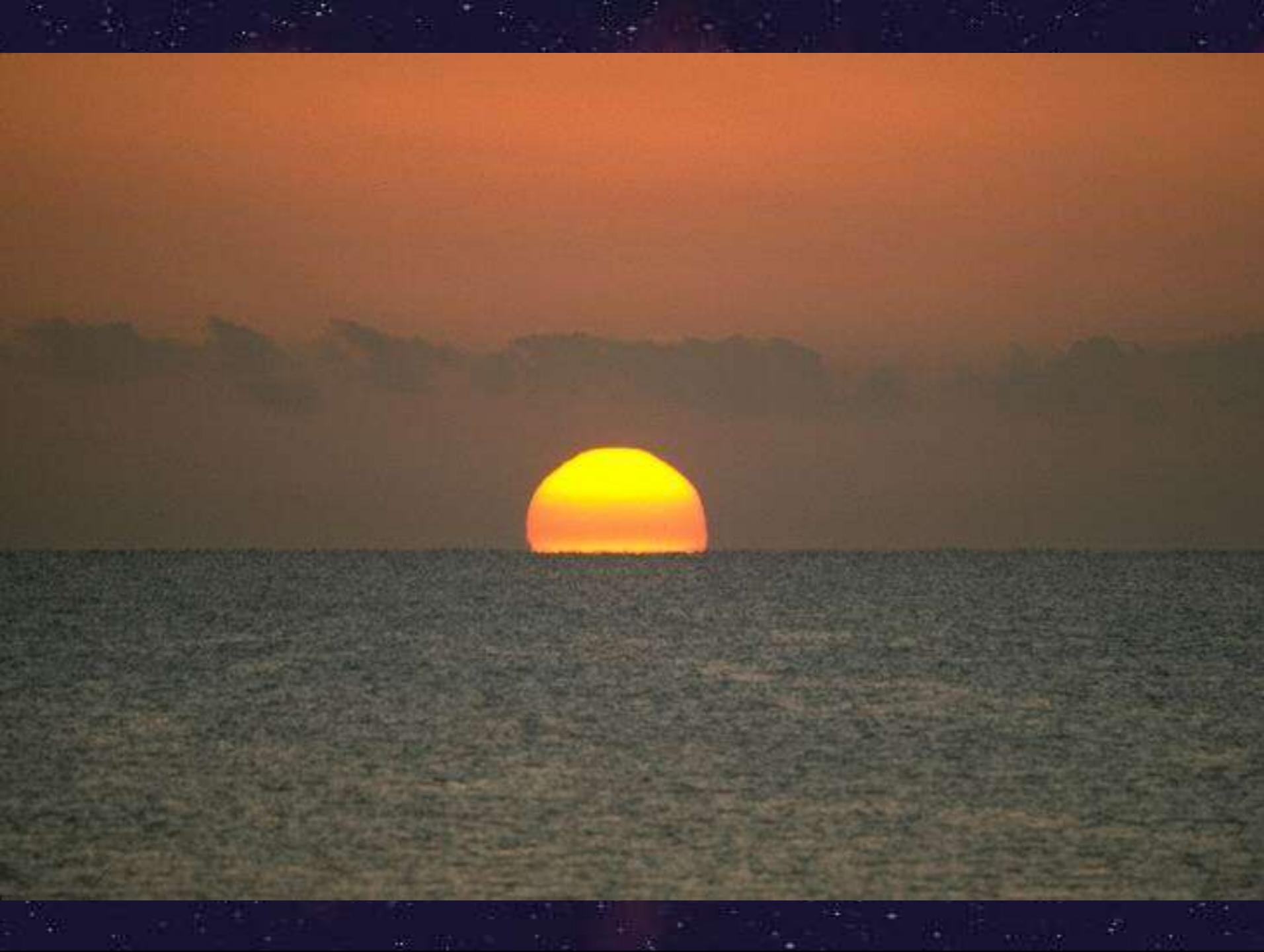
SUNCE

*“...razumno je nadati se kako ćemo, u ne tako dalekoj budućnosti,
biti sposobni da razumemo tako jednostavnu stvar kao što je jedna zvezda.”*

A. S. Edington, 1926.

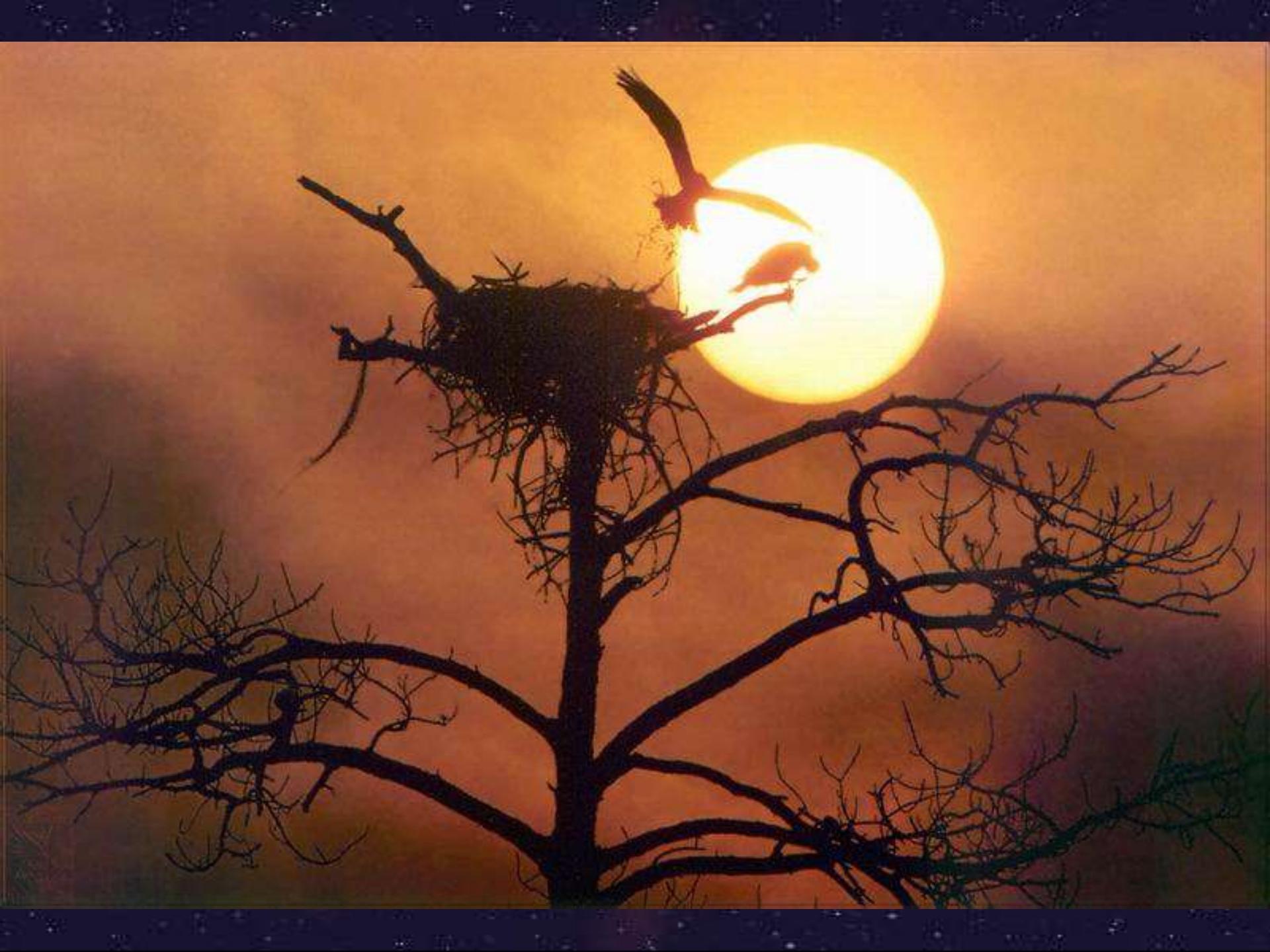












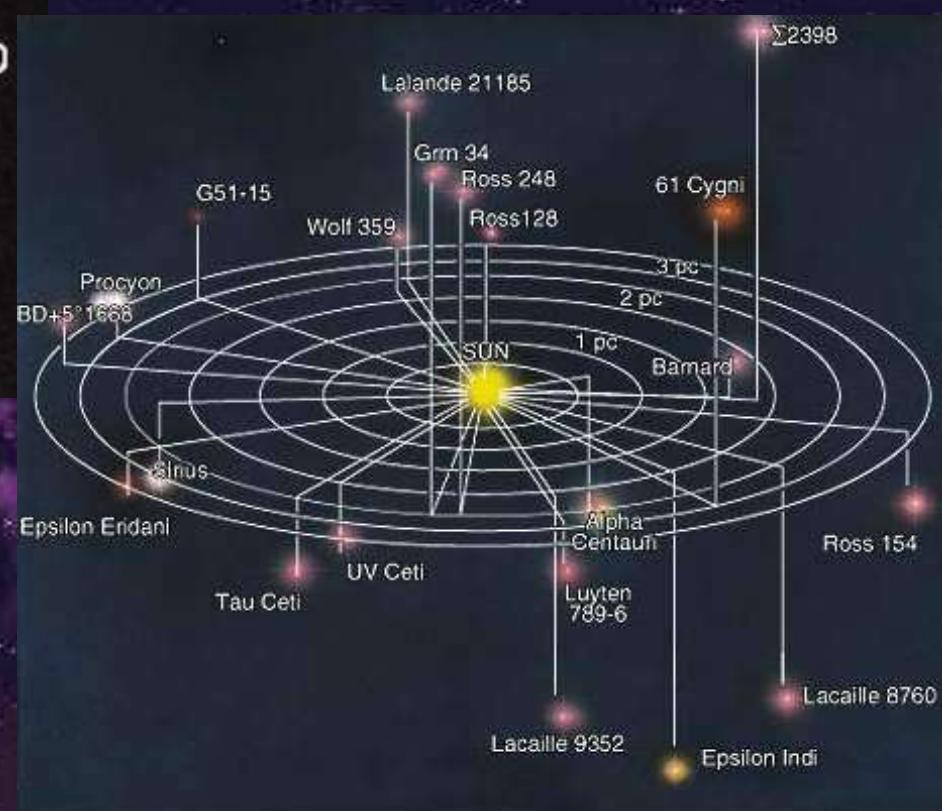
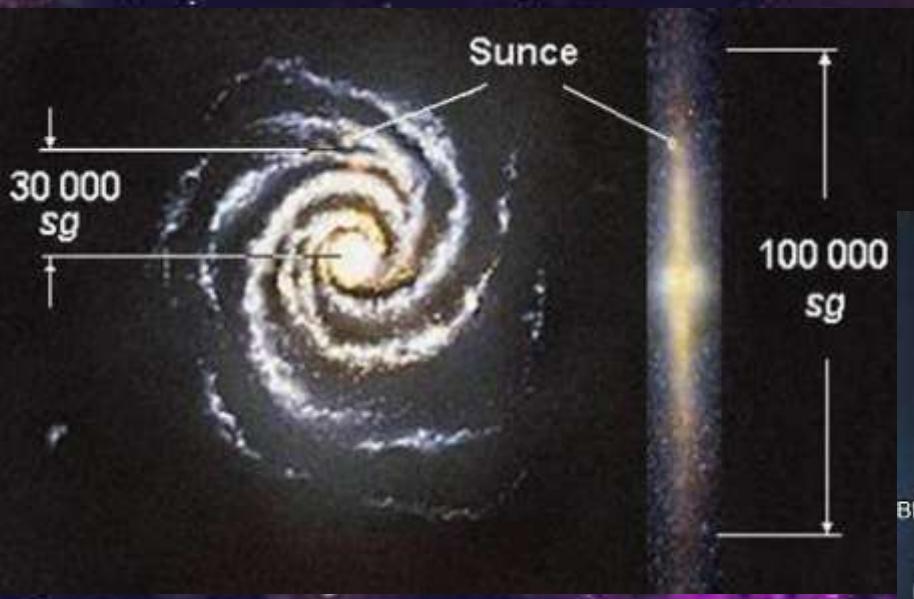








Gde se nalazi Sunce?



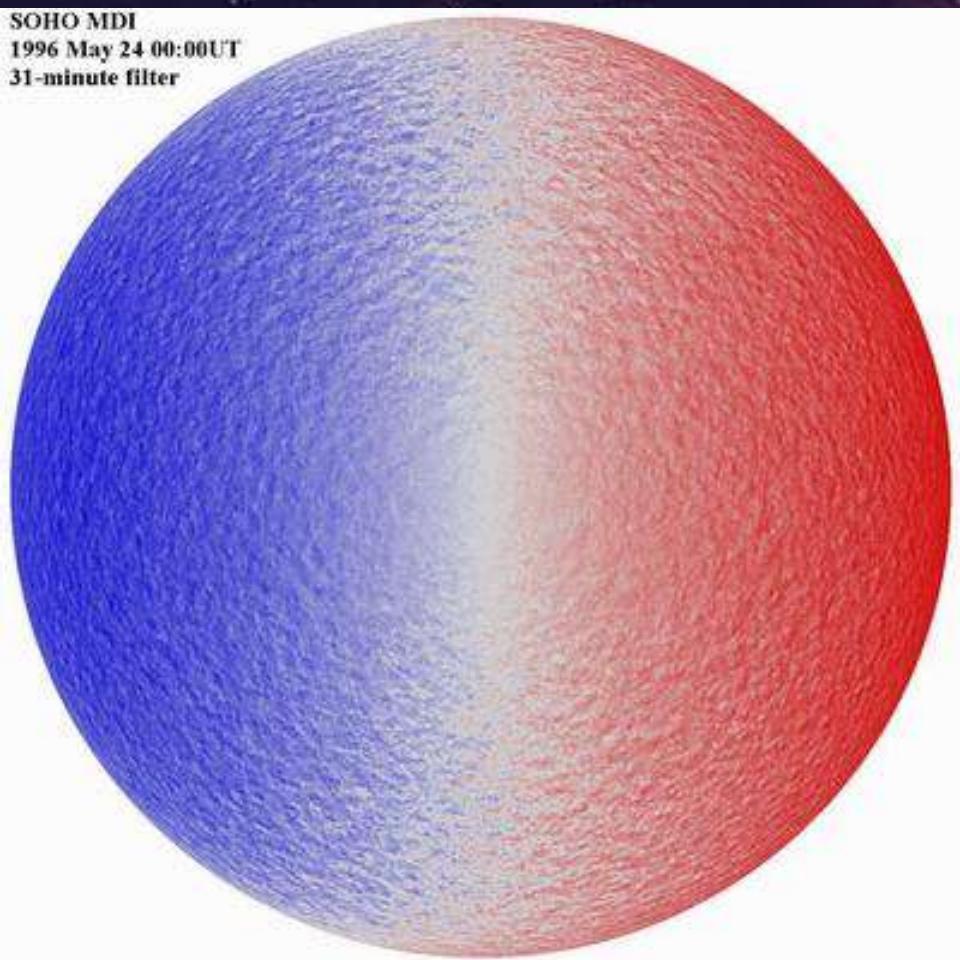
- Orionov krak
- centar galaksije – u sazvežđu Strelac
- brzina 250 km/h
- galaktička godina $220 \cdot 10^6$ god

SUNCE – naša zvezda

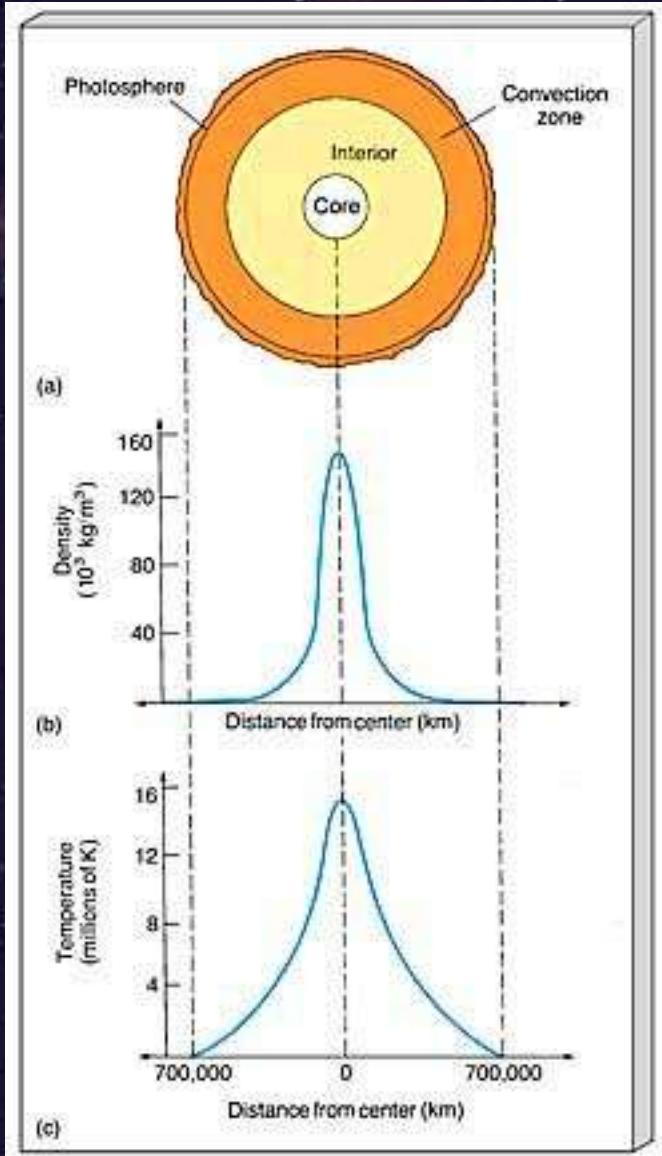


- poluprečnik 696.000 km (109 puta veći od Zemlje)
- zapremina 1,3 miliona puta veća od Zemljine
- masa $1,99 \cdot 10^{30}$ kg, 333.000 puta više nego masa Zemlje
- sve planete zajedno – 750 deo mase Sunca
- 99,87% ukupne mase Sunčevog sistema
- masa se godišnje smanji za $1,5 \cdot 10^{17}$ kg

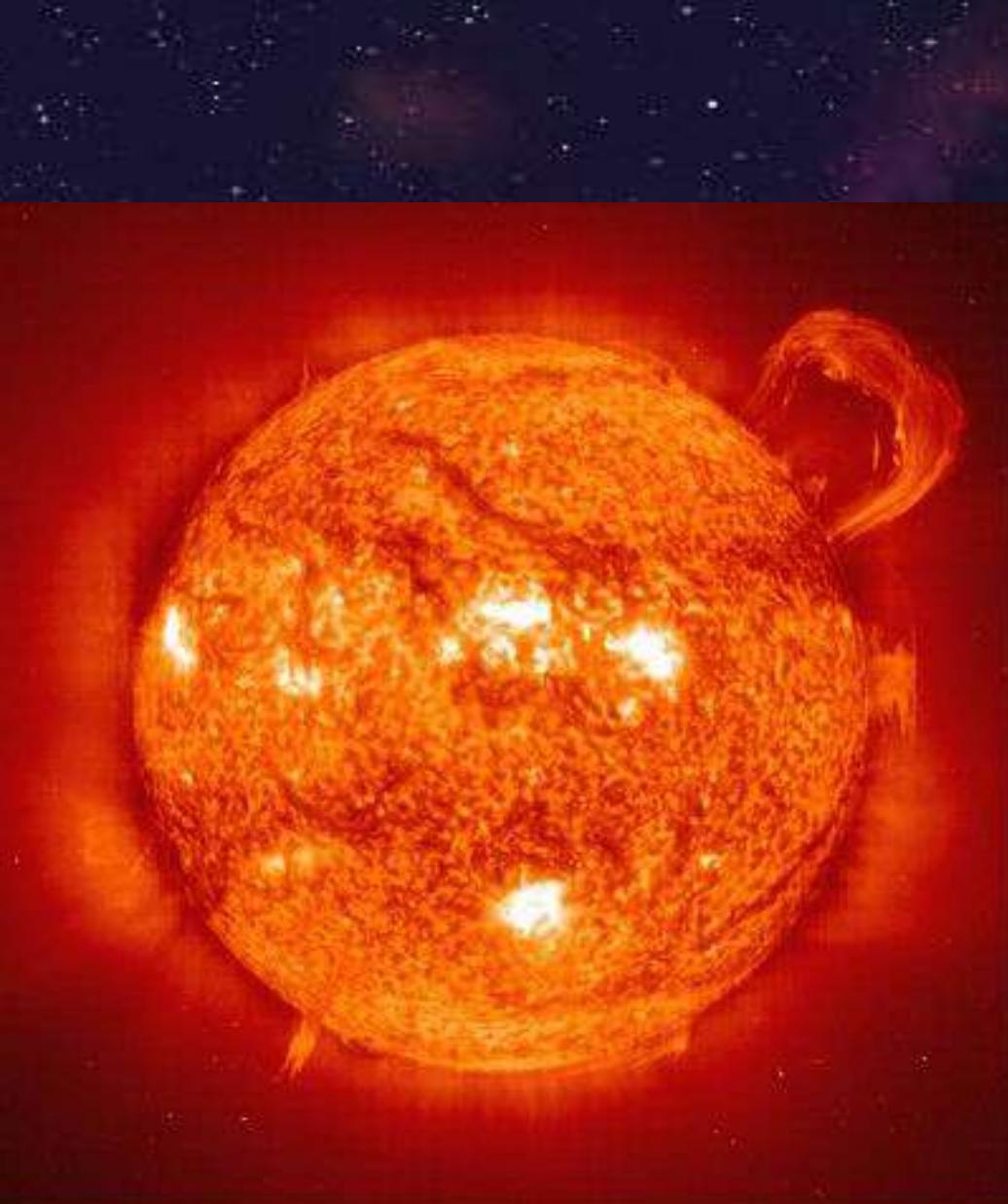
SOHO MDI
1996 May 24 00:00UT
31-minute filter



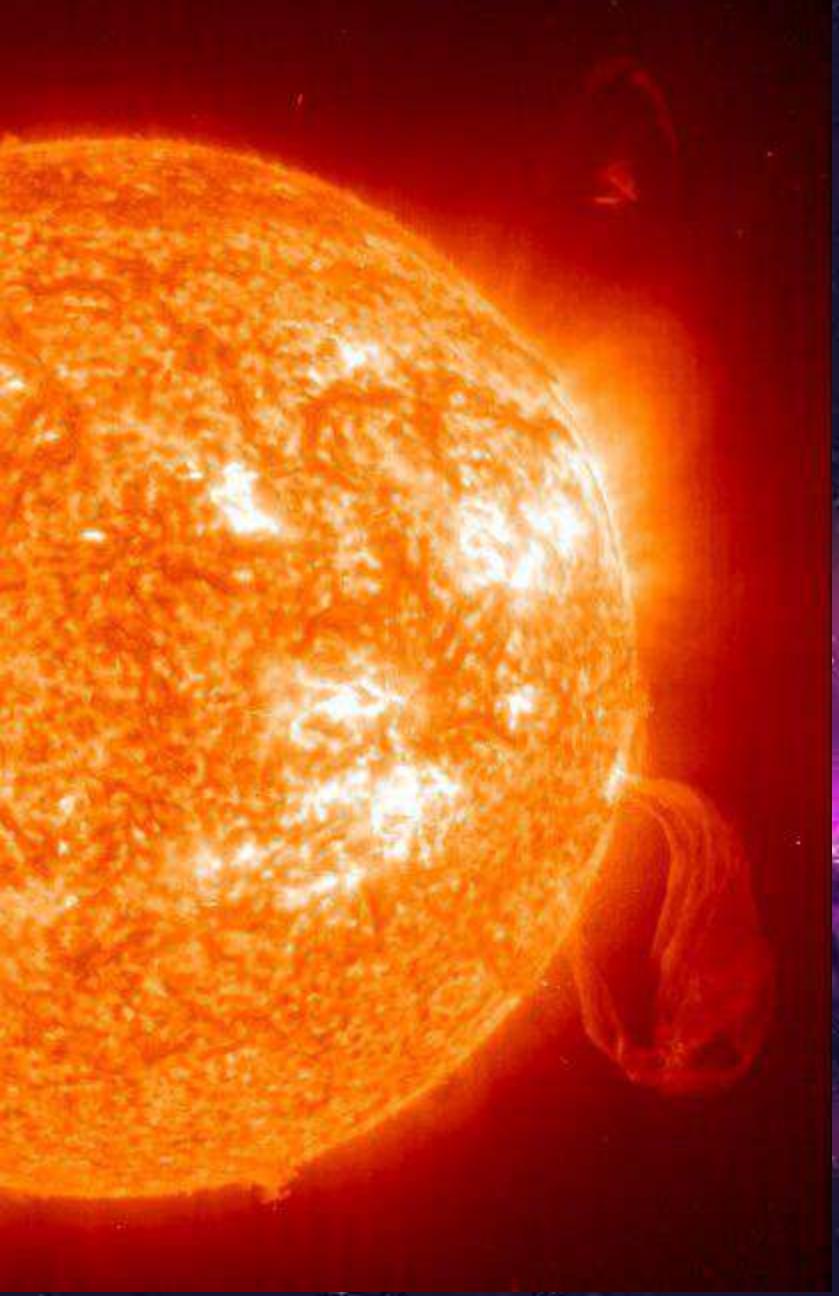
- osa nagnuta za $7,2^\circ$ u odnosu na normalu na ravan ekliptike
- period 27 dana – zvezda koja sporo rotira
- 25 dana ekvator – 2 km/s;
- polovi 29 dana – 0,9 km/s
- diferencijalna (zonska) rotacija
- dokaz da nije kruto telo
- *sinodički period* – 27 dana



- prosečna gustina 1.408 kg/m^3 , 4 puta manje od gustine Zemlje
- sastav – usijan gas
 - vodonik 73,4% (92% br. atoma)
 - helijum 25% (7,8% br. 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 kg/m^3 na 350.000 km
 - $2 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}^3$ fotosfera (10.000X manje od gustine vazduha)
 - 10^{-23} kg/m^3 korona (gustina najboljeg vakuma)



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



- dublji slojevi neprozračni, zračenje dolazi sa površinskog sloja
- unutrašnjost – teorijski modeli
 - Standardni model – R. Sears (1964)
 - za zvezde starosti oko $4,5 \cdot 10^9$ god
 - temperatura $15 \cdot 10^6$ K, pritisak $3,4 \cdot 10^{16}$ N/m² – u jezgru
- gustina 15X veća od olova
- supstanca u jezgru – u stanju plazme

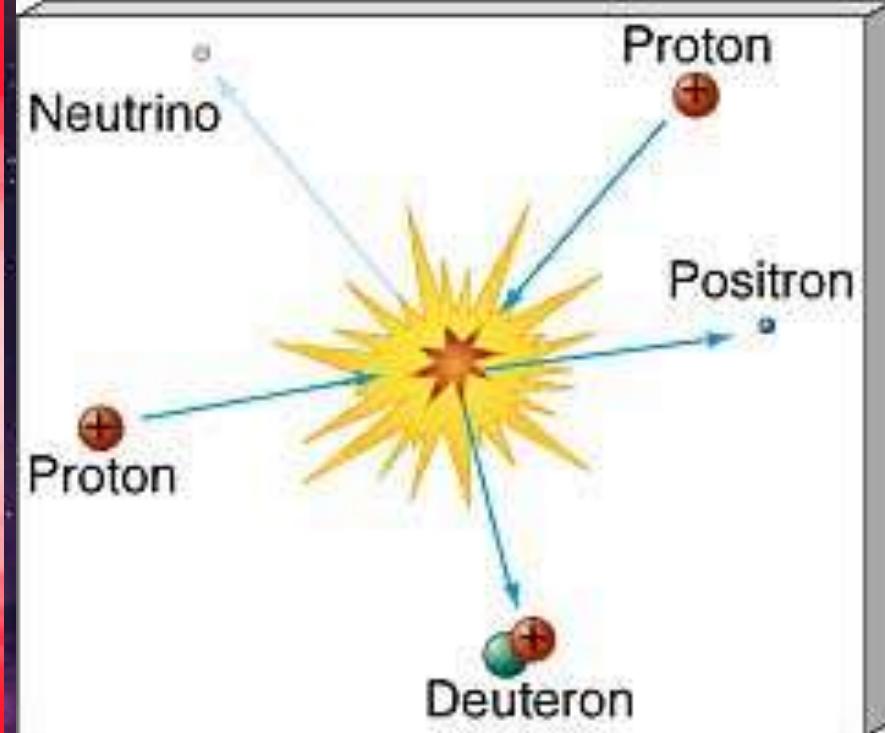
U centru Sunca



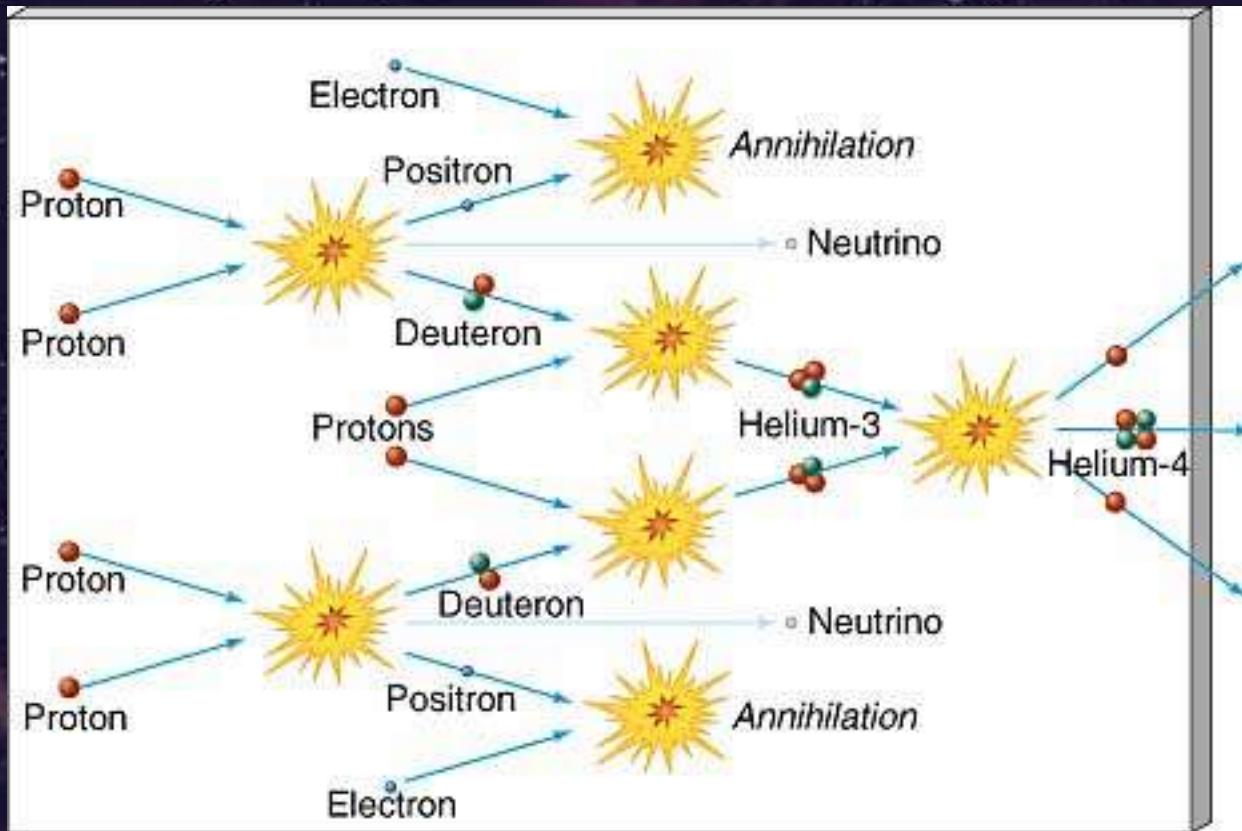
- “efikasnost” $2 \cdot 10^{-4}$ J/kg
- do sada nastalo $3 \cdot 10^{13}$ J/kg
- nuklearna fuzija
- zakon održanja mase i energije, defekt mase

$$E = mc^2$$

- proton–protonski ciklus
- minimum 10^7 K



Proton – protonski ciklus:



Dodatni fuzioni procezi

- male količine elemenata složenijih od vodonika
 1. izotopi helijuma 3He i 4He formiraju berilijum 7Be . Nastali izotop berilijuma zahvata slobodni elektron i pretvara se u litijum 7Li . Nastali litijum reaguje sa jezgrom 1H pri čemu nastaju dva jezgra 4He
 2. jezgro 7Be reaguje sa 1H i pri tome nastaje 8B , koji je radioaktivan i raspada se na 8Be . Nastali izotop berilijuma se takođe raspada i pri tom raspadu nastaju dva jezgra 4He – *važno: nastaje prvi detektovani neutrino*
 3. CNO ciklus – fuzija četiri jezgra vodonika u jezgro helijuma, u prisustvu ugljenika kao katalizatora (10% ukupne energije koja nastaje na Suncu)

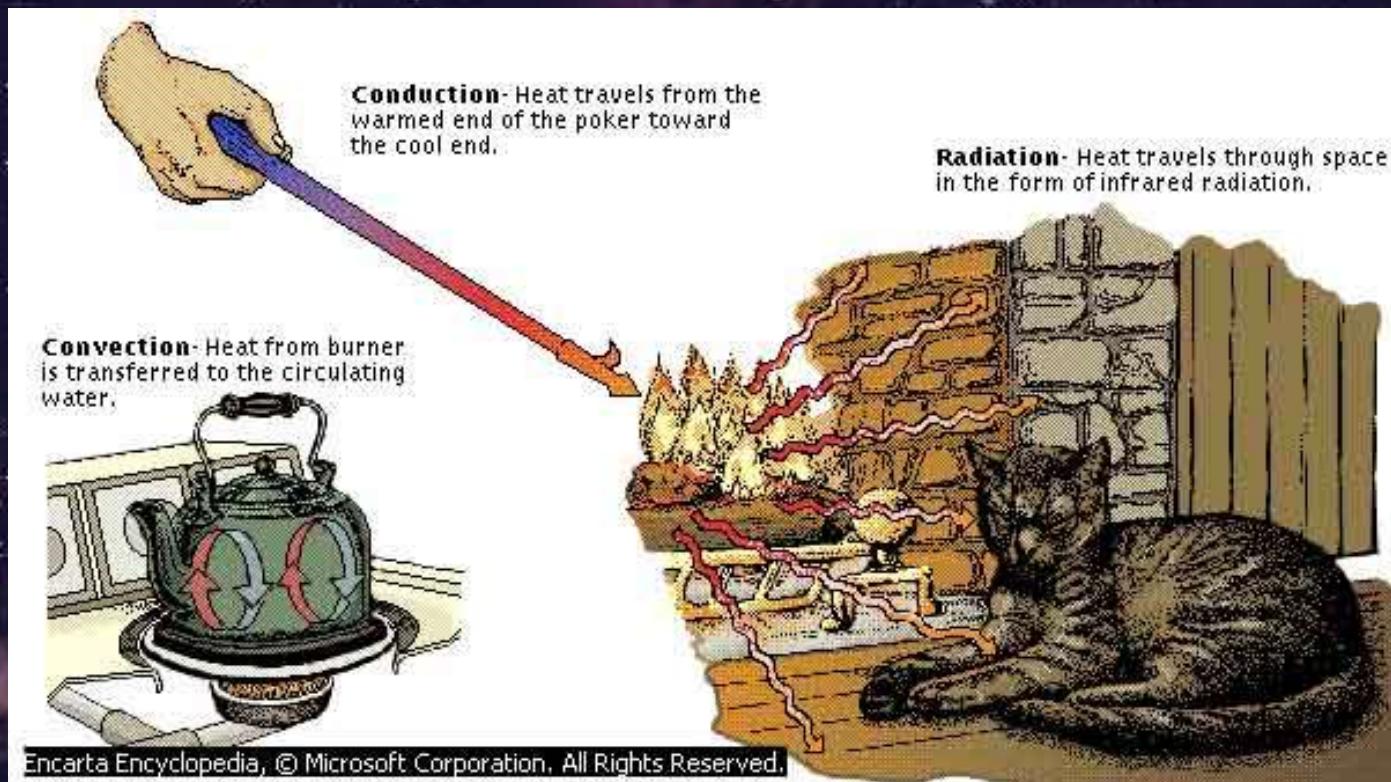
Koliko energije nastaje ?

- precizni lab. eksperimenti na Zemlji → određene mase svih čestica u p–p ciklusu

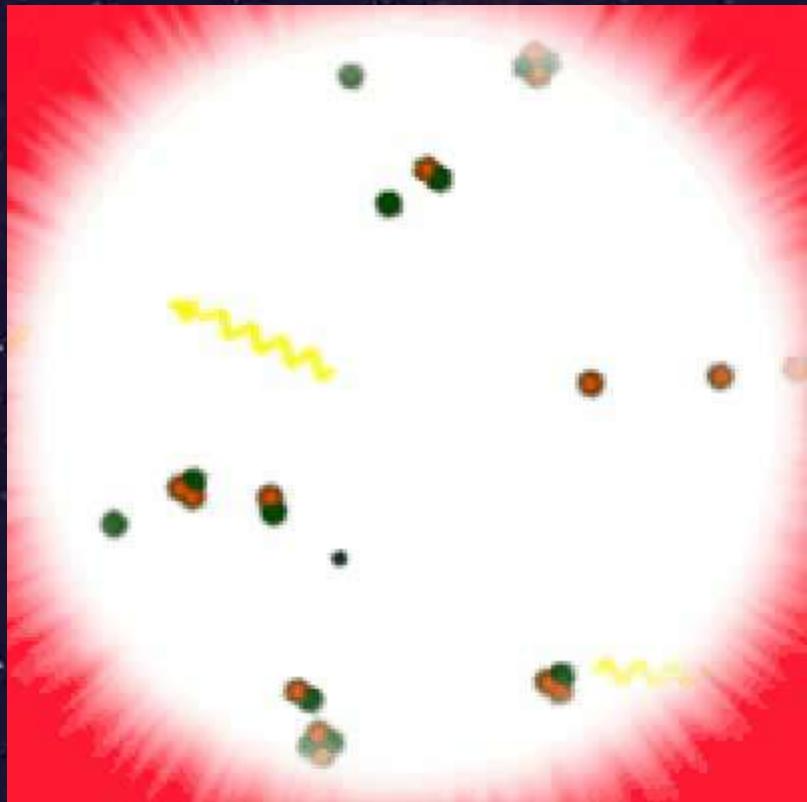


- 4 protona – $6,6943 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- jezgro helijuma – $6,6466 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- defekt mase – $0,048 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \Rightarrow 4,3 \cdot 10^{-12} \text{ J}$ (26,7 MeV)
- 1 kg vodonika $\Rightarrow 6,4 \cdot 10^{13} \text{ J}$ (više nego dovoljno)
- svake sekunde 700 miliona tona vodonika fuzijom prelazi u 695 miliona tona helijuma, a od 5 miliona tona nastaje energija

Unutrašnja struktura

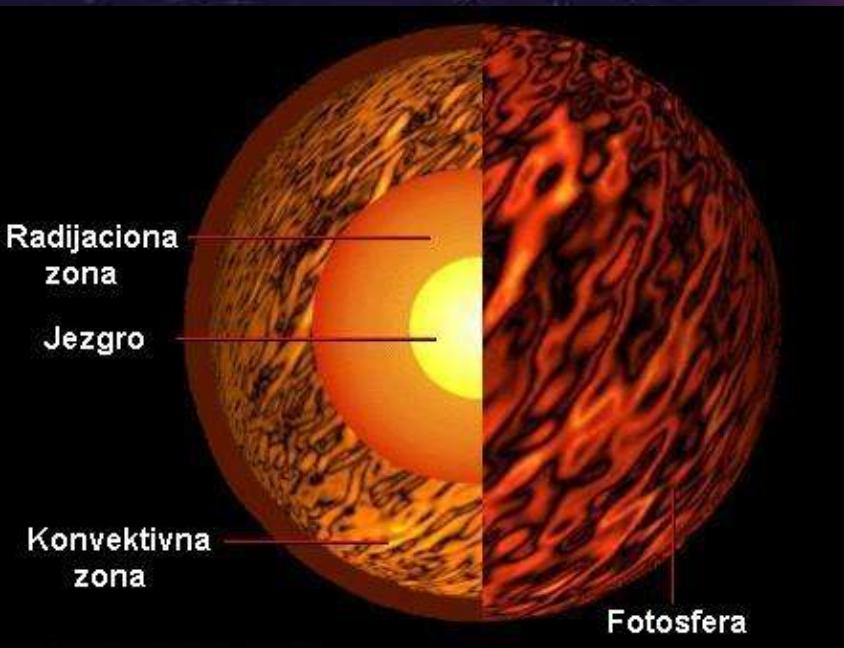


- energija nastaje samo u jezgru, tj. u 1,6% zapremine Sunca
- oko jezgra – radijaciona i konvektivna zona
- prenos topline: konvekcija i radijacija



- u jezgru – zračenje
- velika temperatura –> visok stepen jonizacije –> γ -fotonii neometano kreću (apsorpcija vrlo retka, često rasejavanje)
- γ -fotonii gube deo energije –> smanjuje frekvenca
- zbog rasejavanja – primarni fotonii dolaze do površine tek za milion godina

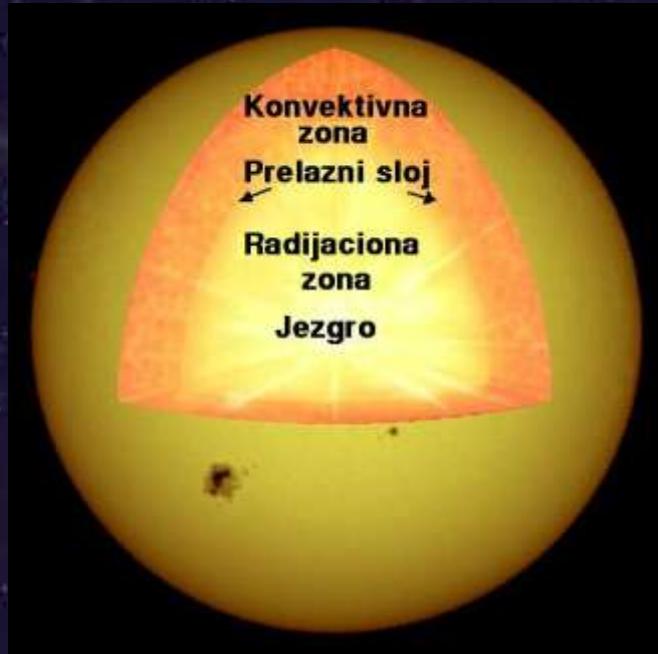
Radijaciona zona



- prenos energije – zračenjem
- 0,25 – 0,85 radijusa Sunca
- temperatura postepeno opada
- gornja granica – temperatura je dovoljno niska pa se javljaju neutralni atomi
- dalje udaljavanje – negativni joni vodonika

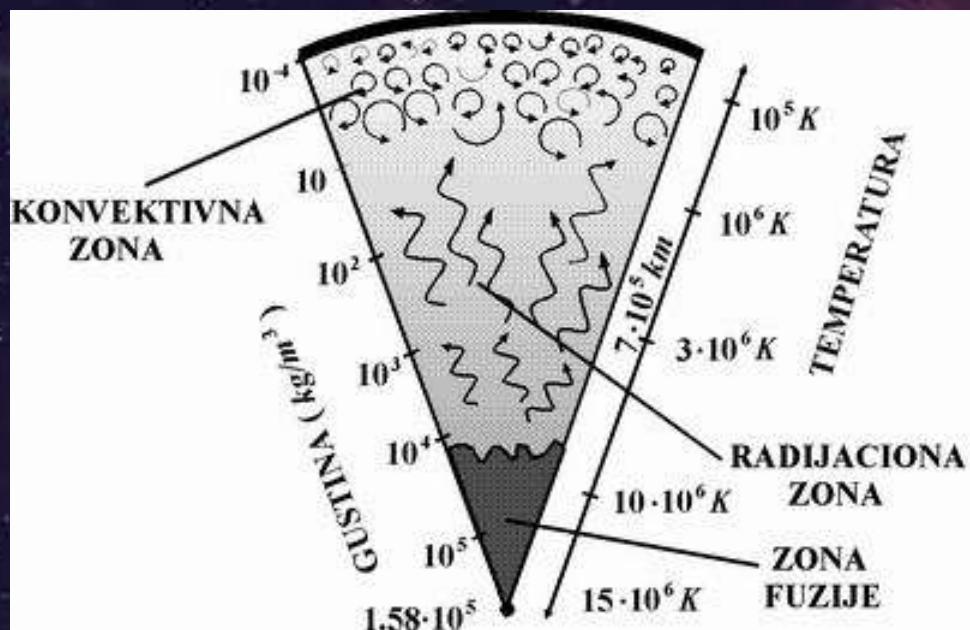
- energija (frekvenca) fotona dovoljno velika => fotojonizacija -> neutralizacija jona
- apsorpcija – vidljivo i IC zračenje => neprozračna zona => temp. naglo opada
- nastanak konvektivne nestabilnosti i turbulentnih kretanja
- prenos zračenjem nemoguć => konvekcija

Konvektivna zona



- postoji zračenje, ali ono nema uticaj na prenos toplote
 - kretanje velikih masa supstance
 - *toplje* (lakše) – podižu ka površini
 - *hladnije* (teže) – spuštaju u dubinu
 - *posledica Arhimedovog zakona*
-
- gas blizu konvektivne zone se zagreva i širi → sila potiska posta je veća i potiskuje ga na više
 - u gornjim slojevima gde je temperatura niža gas nastavlja da se širi i hlađi
 - ponašanje zavisi od brzine promene temperature:
 - spora* → izjednačavanje temperature → kraj prcesa
 - brza* → gas ostaje toplji od okoline → dalje podizanje do površine Sunca → zračenjem gubi energiju → hlađi se, postaje gušći → počinje da tone

Putovanje energije...

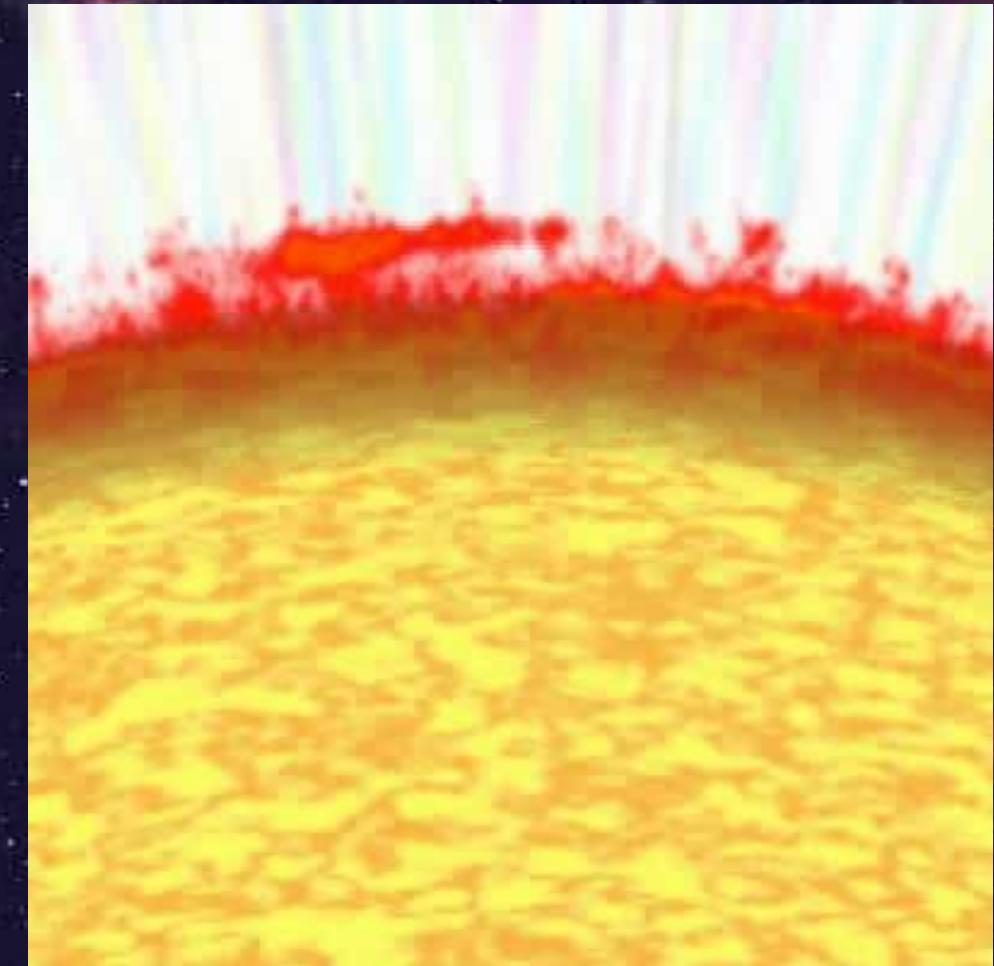


Površina Sunca – fotosfera

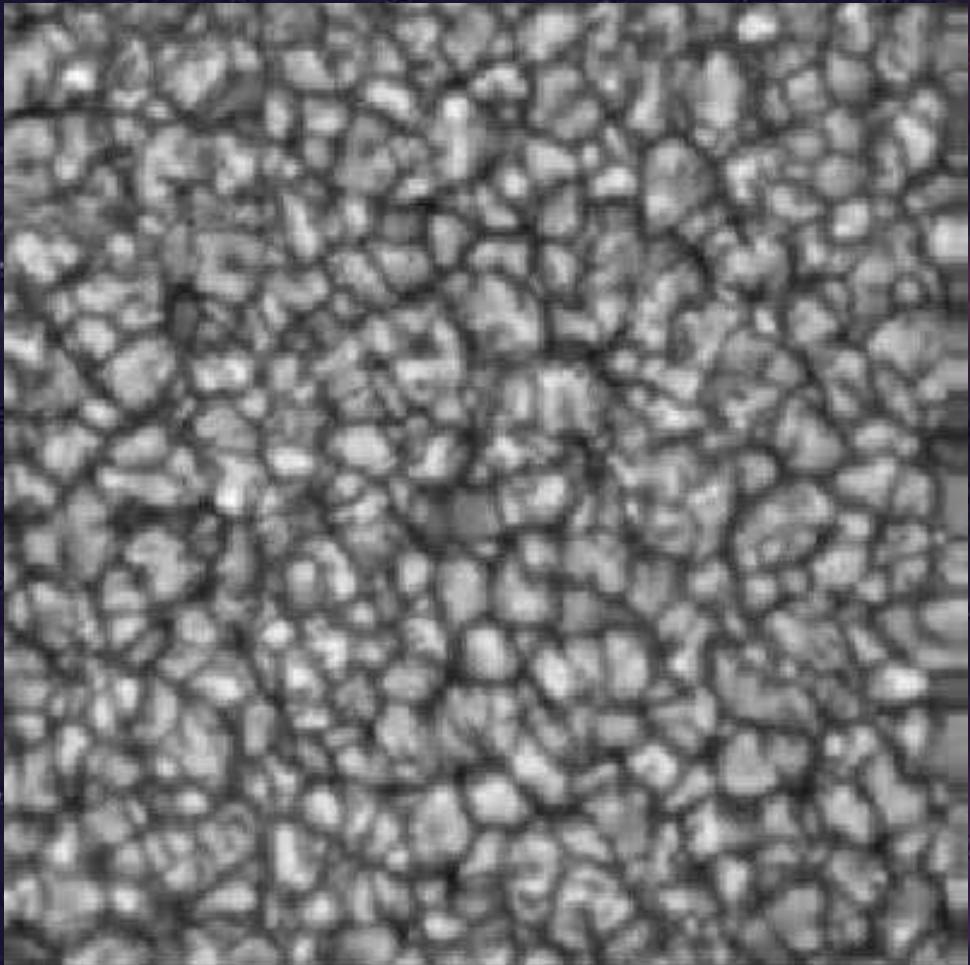


- debljina 300 – 400 km
- sjajan disk (sa Zemlje)
- prvi prozračan sloj, unutrašnji nedostupni posmatranju
- gustina $2 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}^3$, najgušći sloj Sunca – mnogo ređa od Zemljine atmosfere
- temperatura: 9000 K do 4.500 K
- neutralni atomi i molekuli (CO_2 , H_2 , CH , CN itd.)
- prenos energije – zračenje, prisutna i konvekcija
- pokazatelj konvekcije – zrnasta struktura

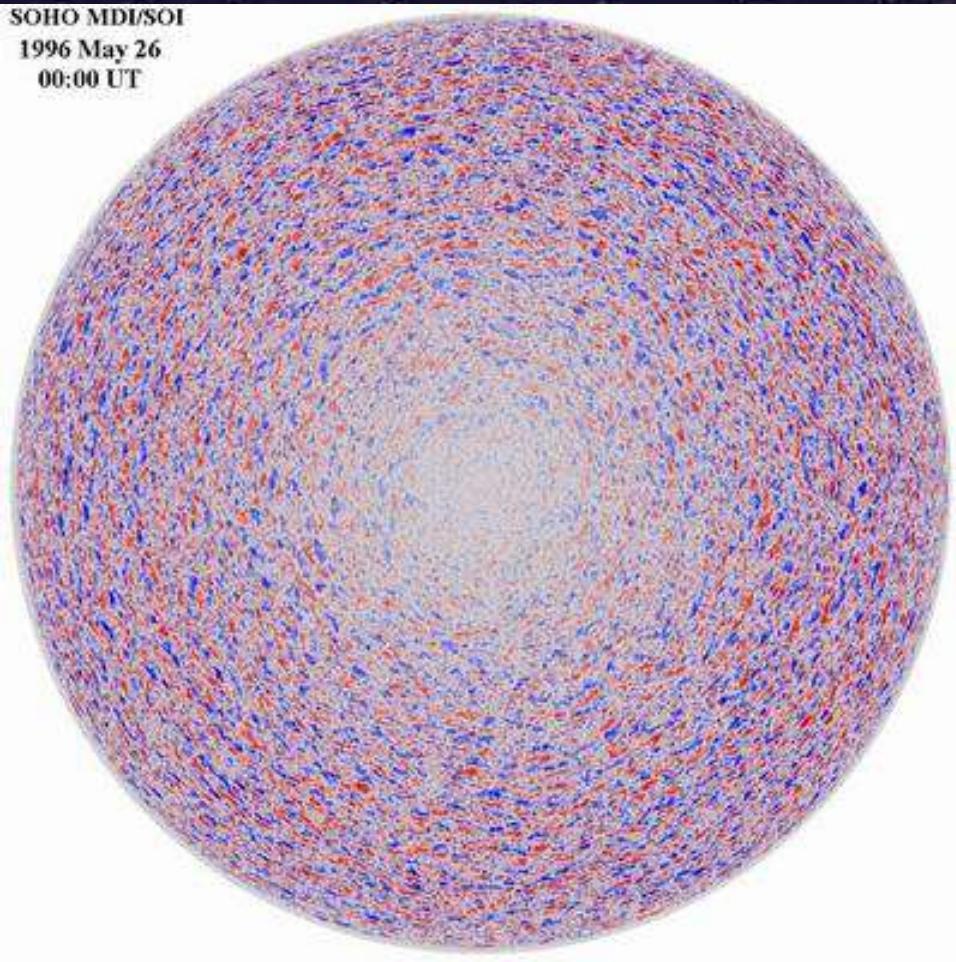
Površina Sunca – fotosfera



- debljina 300 – 400 km
- sjajan disk (sa Zemlje)
- prvi prozračan sloj, unutrašnji nedostupni posmatranju
- gustina $2 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}^3$, najgušći sloj Sunca – mnogo ređa od Zemljine atmosfere
- temperatura: 9000 K do 4.500 K
- neutralni atomi i molekuli (CO_2 , H_2 , CH , CN itd.)
- prenos energije – zračenje, prisutna i konvekcija
- pokazatelj konvekcije – zrnasta struktura

- 
- u fotosferi se nalaze svetla zrna, tzv. *granule*
 - mlazevi gasa koji izbija na površinu iz nižih slojeva
 - temperatura – 100 K viša od temp. fotosfere, sjaj 20% veći
 - nakon izbijanja –> gas se hlađi, tonu u dublje slojeve
 - trajanje 5 – 15 minuta
 - prečnik oko 1.500 km

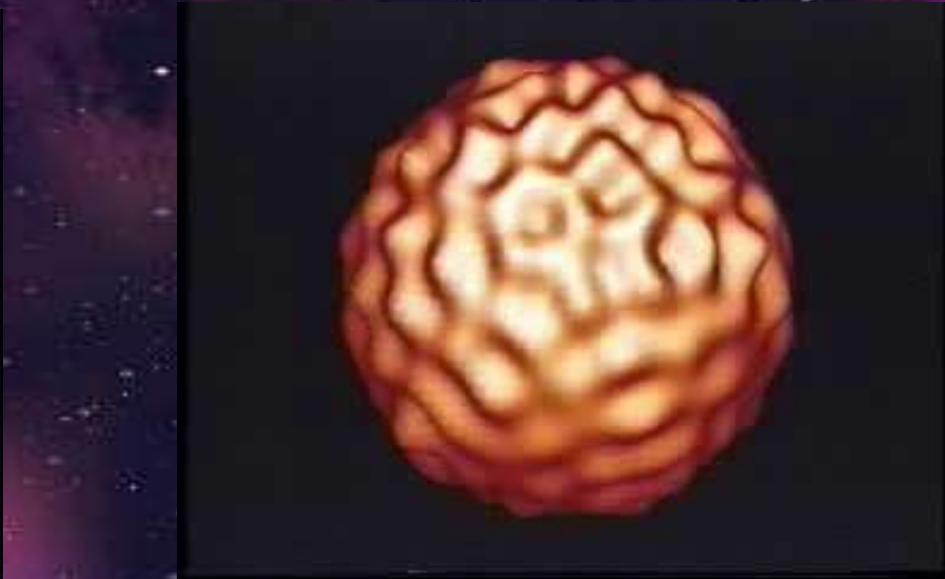
- u svakom trenutku – oko 2 miliona
- između granula – tamna područja širine do 1.000 km
- oko 350 – 400 K hladnije, 35–40% manji sjaj
- brzina 0,3 km/s



- u sredini – materija podiže u vis, na obodima tone
- brzine – od 10 m/s do 1 km/s
- zajedno sa delimično jonizovanim gasom prenosi se i magnetno polje
- mag. polje se koncentriše pri rubovima supergranula

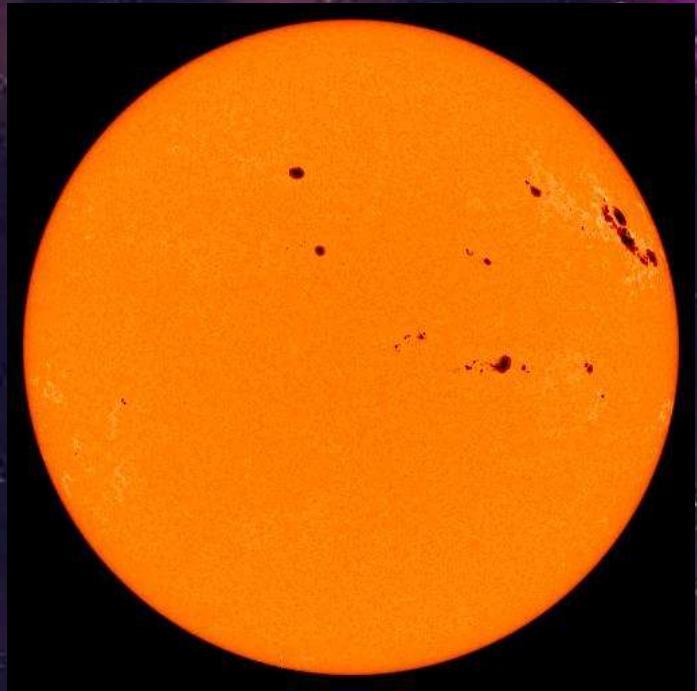
- konvekcija se ispoljava i u oblastima mnogo većim od granula – *supergranule*
- oblik poligonalnih ćelija
- prečnik oko 30.000 km, traju po nekoliko desetina sati
- prekrivaju celu površinu Sunca, u svekom trenutku oko 2.000

Helioseizmologija



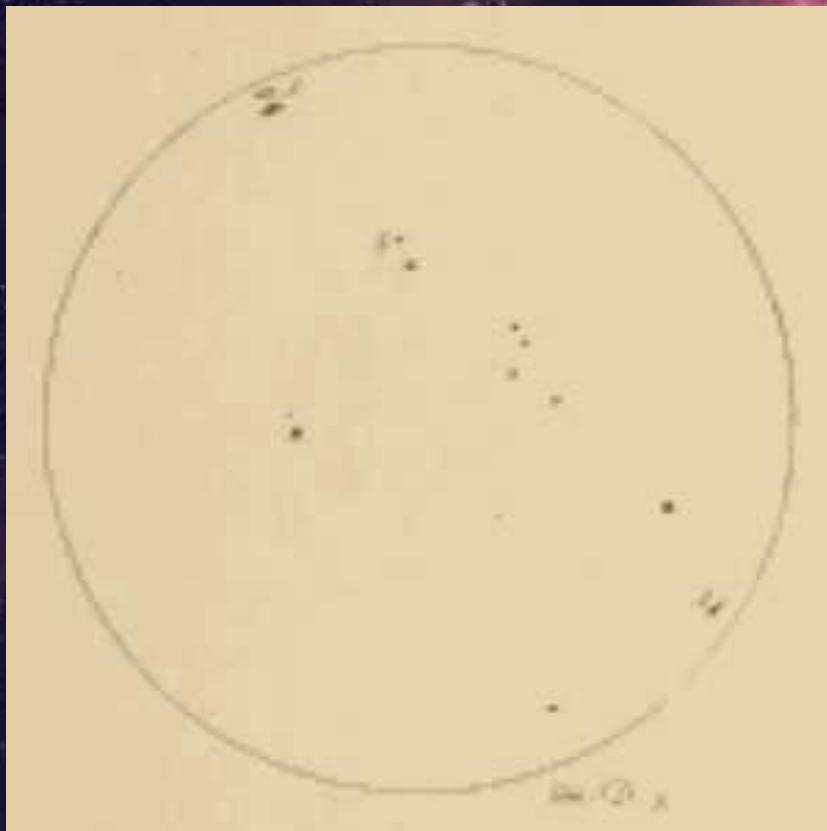
- povremeno – oscilacije cele fotosfere, najčešće period oko 5 min
- otkriveno 1962 godine
- uzrok – teorijska pretpostavka 1970, potvrđeno posmatranjima 1975. god
- pritisak gasa koji nastaje usled konvektivnog kretanja u dubini Sunca
- talasi prenose kroz celu unutrašnjost Sunca (kao seizmički talasi na Zemlji); odbijaju od površine i vraćaju nazad
- slika levo – efekat jednog talasa; slika desno – ukupan efekat svih talasa

Sunčeve pege

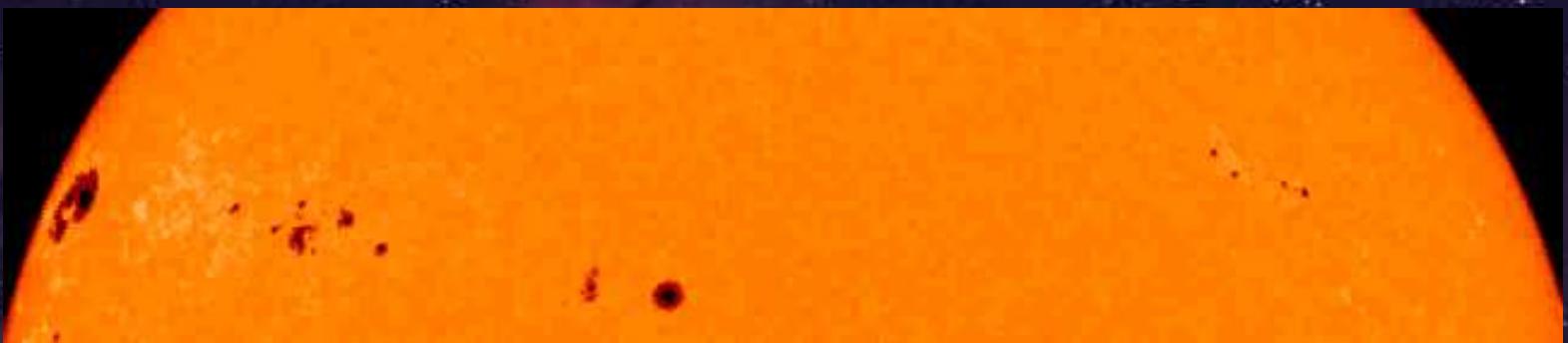


- u optičkom delu spektra po površini – crne “tačke”
- Galilej – prvo detaljno proučavanje pega
- prvi znak da Sunce nije savršeno i da se na njemu dešavaju neke promene

Kako je Galilej video pege?

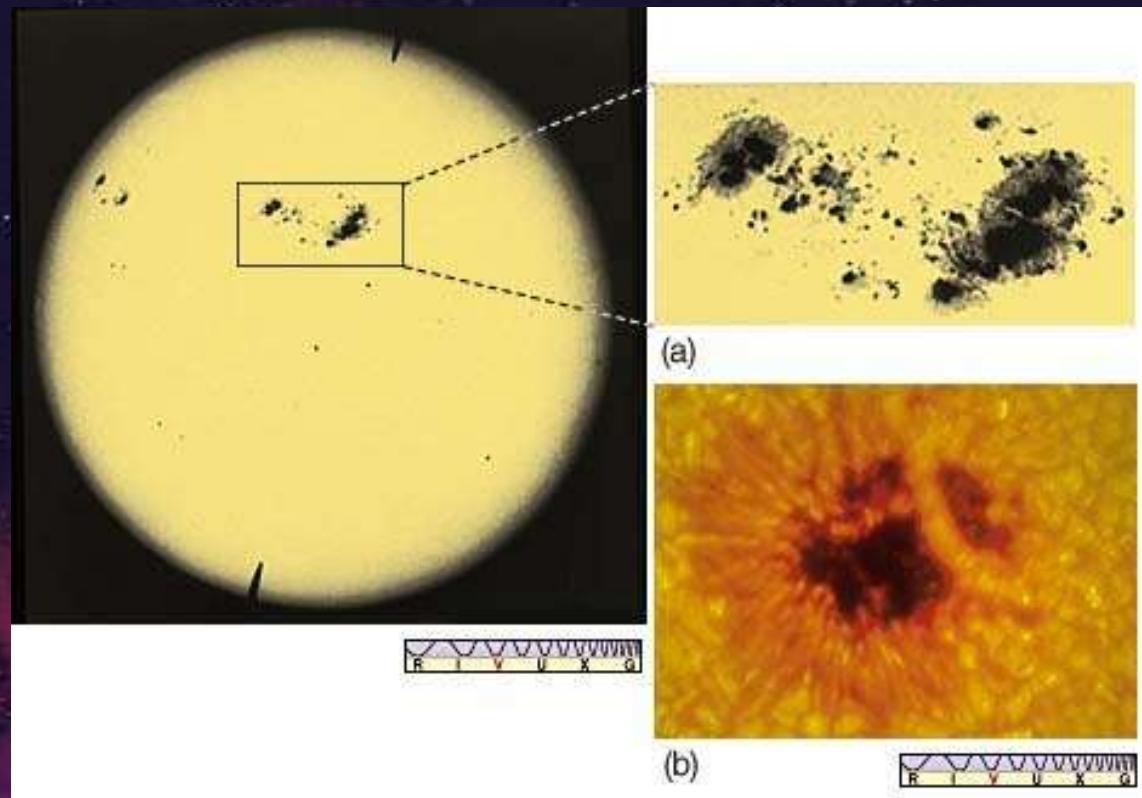
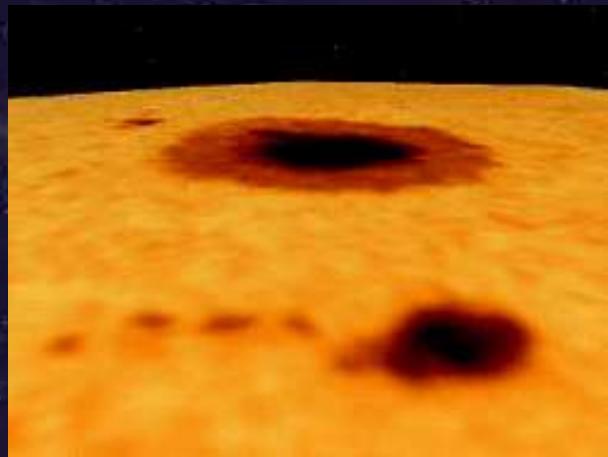


2001. god.





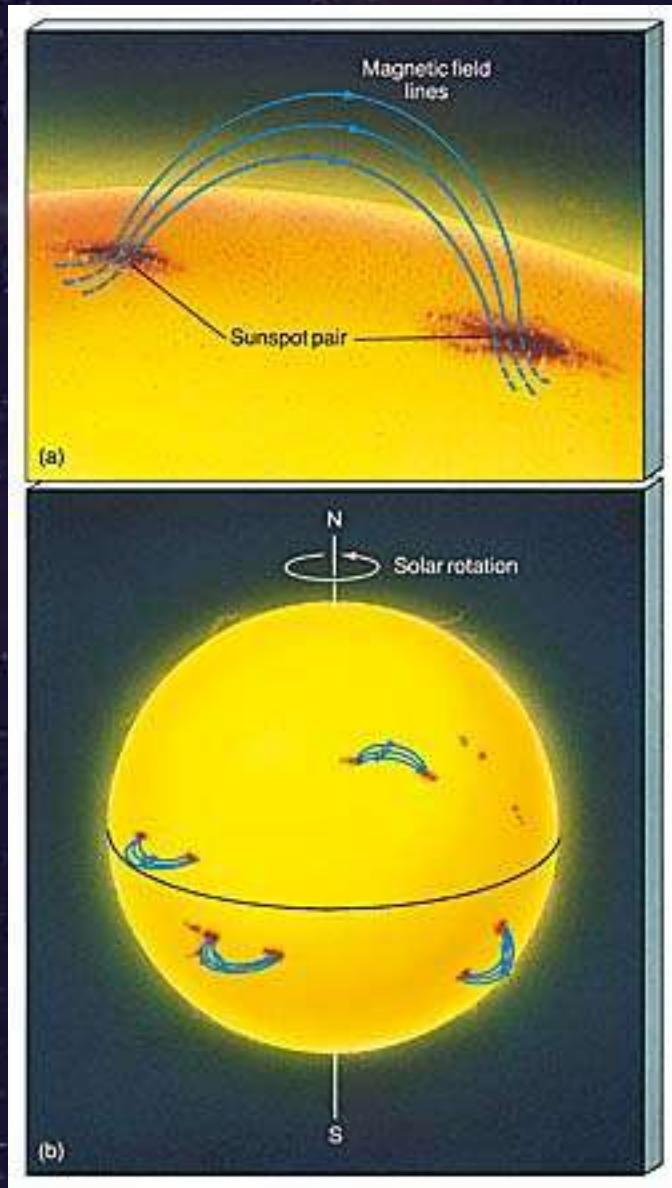
- dimenzije oko 10.000 km; približno veličina Zemlje
- najčešće – u grupama
- na Suncu može biti na stotine pega, ali može uopšte i da ne bude pega



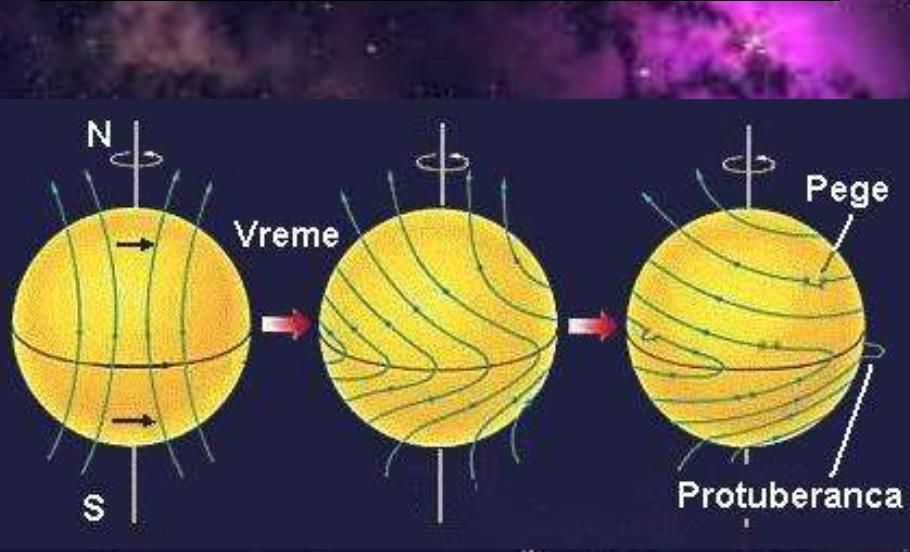
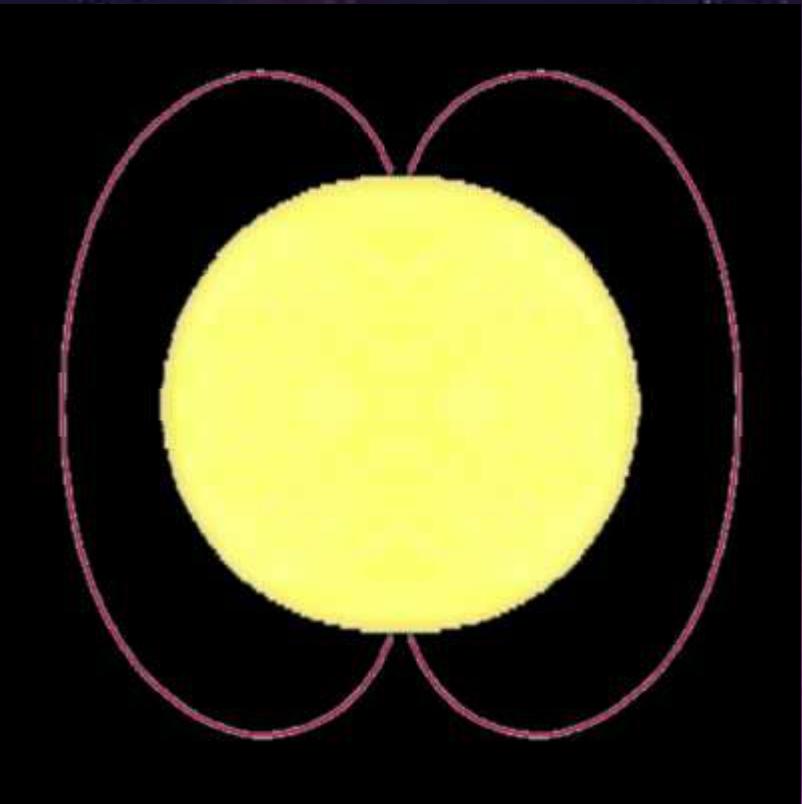
- pege se sastoje iz dva dela: senke (umbra) i pelusenke (penumbra)
- postepena promena boje – promena temperature fotsfere
- pege – sastoje se od vrelog, nešto hladnijeg, gasa
- prečnik: senke – 17.000 km, polusenke 37.000 km
- temperatura: 4.500 K (sjaj 20–30%); 5.500 K (75–80%)
- nisu stabilne – menjaju veličinu i oblike, pojavljuju se i nestaju
- traju 1 – 100 dana (u proseku 10–20 dana); grupe pega oko 50 dana

Magnetno polje i nastanak pega

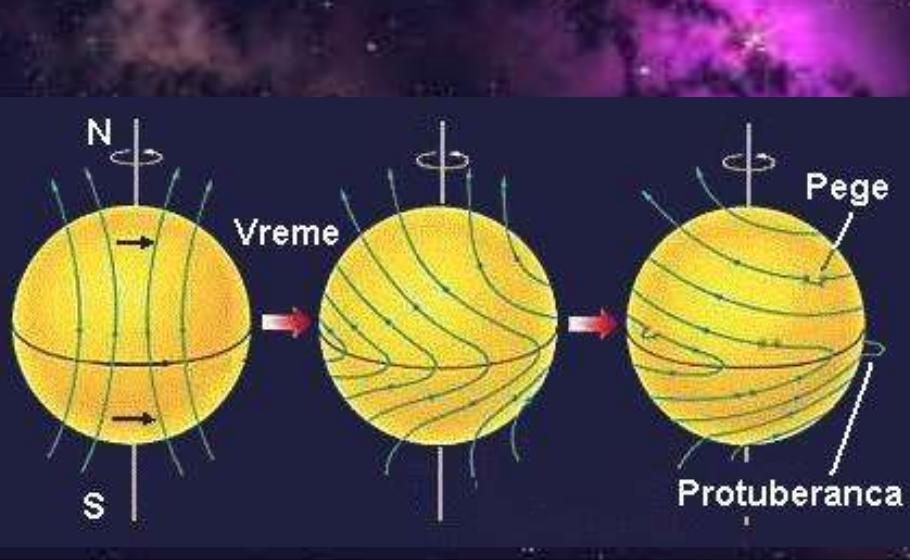
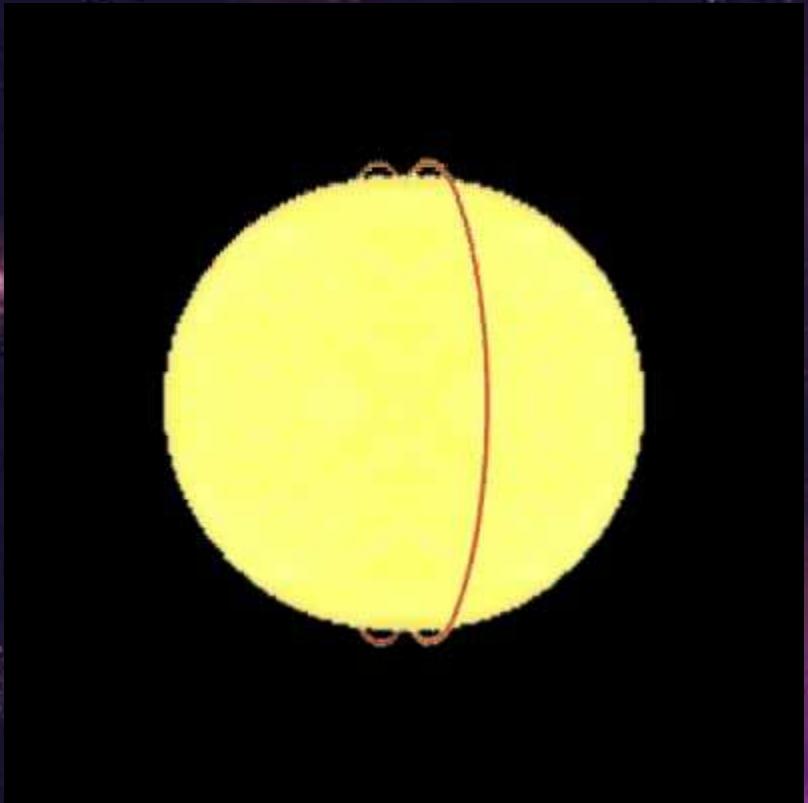
- mag. polje pega oko 1.000 puta jače od polja Sunca
- najmanje pege 10^{-2} T, najveće 0,4 T; polje Sunca $1,5 \cdot 10^{-4}$ T
(nekoliko puta jače od mag. polja Zemlje)
- jako mag. polje zaustavlja ili preusmerava normalan konvektivan protok gasa ka površini => pege hladnije
- karakter mag. polja grupa pega:
 - unipolarne (8,6%) – nakon iščezavanja pega u bipolarnim oblastima
 - bipolarne (91%) – moguće izdvojiti pegu vodilju i pratilju
 - multipolarne (0,4%) – grupe sa velikim brojem krupnih pega, ne može se izdvojiti pegu vodilja i pratilja, veliki broj pega sa različitim polaritetom



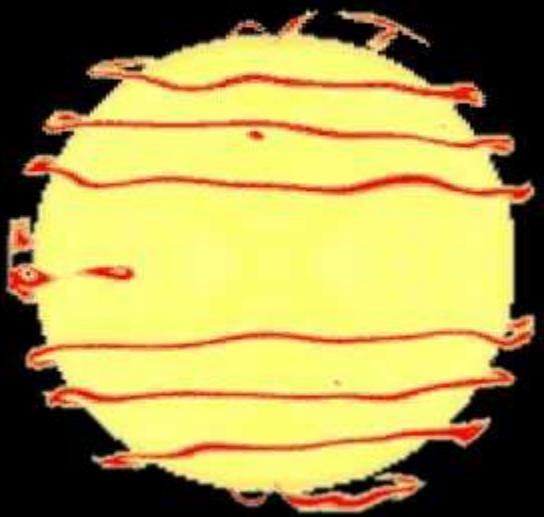
- najčešće u parovima
- suprotan polaritet pega u paru
- linije mag. polja kroz jednu od pega izviru iz unutrašnjosti, prave luk kroz atmosferu, i kroz drugu pegu se vraćaju nazad
- svi parovi na istoj hemisferi – ista orijentacija
- orijentacija na drugoj hemisferi – suprotna
- vrlo visok stepen uređenosti mag. polja Sunca (sa izuzetkom nepravilnosti samih pega)



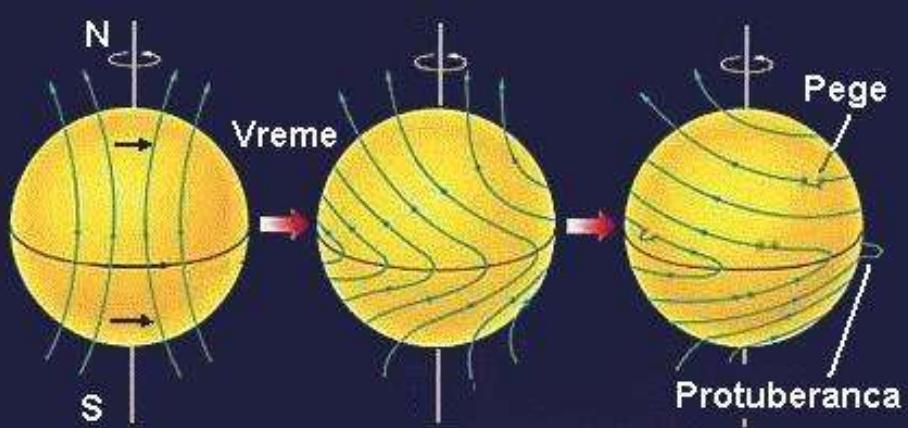
- gasovita struktura omogućuje diferencijalnu (zonsku) rotaciju
- najvažniji uticaj na mag. polje Sunca
- deformacija linija mag. polja, linije počinju da se motaju oko ekvatora
- promena orijentacije polja iz pravca sever-jug u pravac istok-zapad



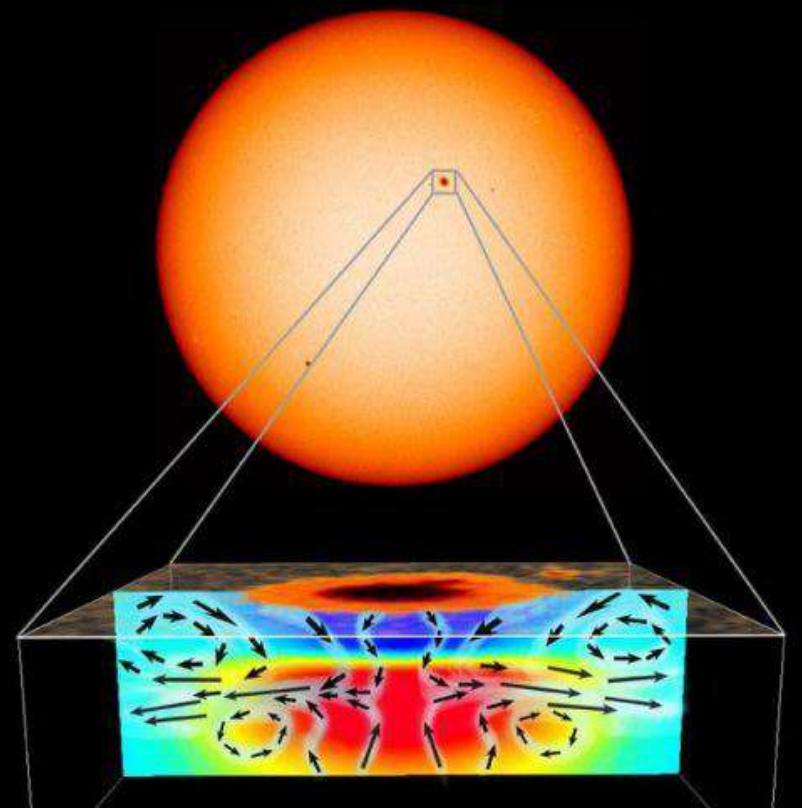
- gasovita struktura omogućuje diferencijalnu (zonsku) rotaciju
- najvažniji uticaj na mag. polje Sunca
- deformacija linija mag. polja, linije počinju da se motaju oko ekvatora
- promena orijentacije polja iz pravca sever-jug u pravac istok-zapad



- gasovita struktura omogućuje diferencijalnu (zonsku) rotaciju
- najvažniji uticaj na mag. polje Sunca
- deformacija linija mag. polja, linije počinju da se motaju oko ekvatora
- promena orijentacije polja iz pravca sever-jug u pravac istok-zapad



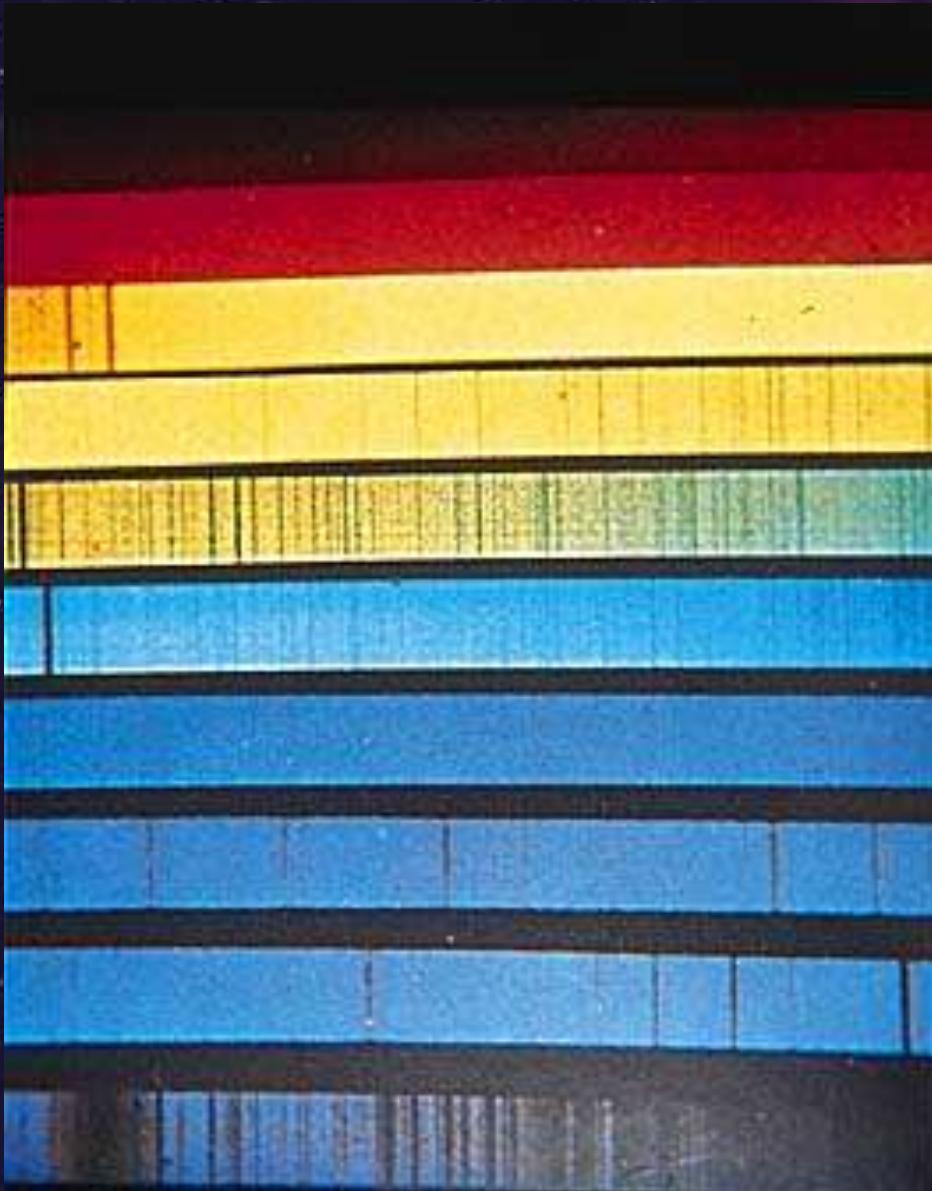
Kako nastaju pege?



- u preseku prstena sa površinom fotosfere nastaju pege suprotnih polariteta
- pojačano mag. polje suprotstavlja se konvektivnom kretanju
- slabljenje ili zaustavljanje konvekcije otežava dotok toplote -> fotosferski gas se hlađi (nastaju pege kao hladnije oblasti fotosfere)

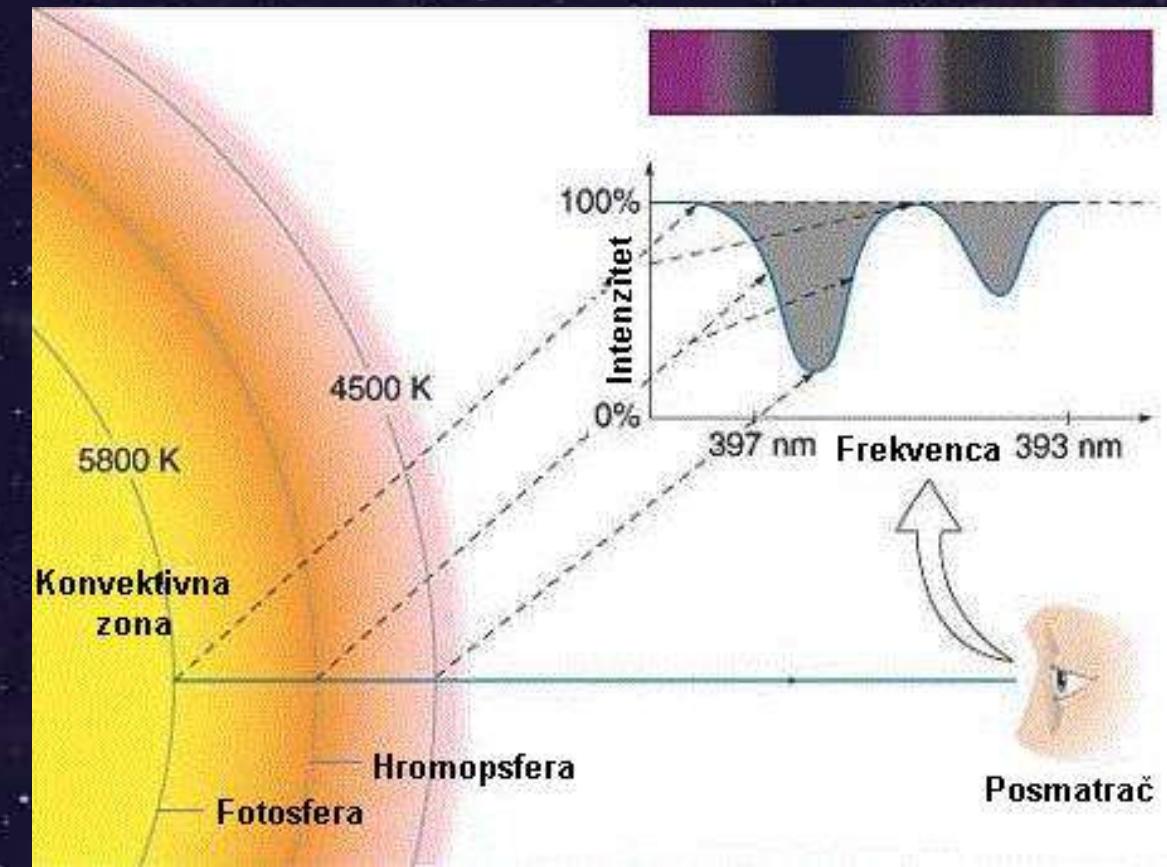
- intenzivna strujanja ispod fotosfere -> usijani gas povremeno ispliva na površinu, povlači i linije mag. polja
- ispod površine nastaje oblast pojačanog mag. polja u obliku torusa
- pritisak polja dovodi do širenja torusa, istiskivanja gasa i smanjenja gustine
- torus počinje da isplivava ka površini
- linije mag. polja zatvorene -> prsten, deo ispod površine deo iznad (u obliku lukova ili petlji)

Atmosfera Sunca



- analiza linijskog spektra fotosfere
- detaljan spektar Sunca u vidljivom delu el. mag. zračenja, između 360 i 690 nm
- apsorpcione linije

- ispod fotosfere – gas vrlo gust \rightarrow interakcije fotona, elektrona i jona vrlo česte \rightarrow zračenje ne može lako da izade u okolni prostor
- foton – apsorpcija i emisija
- jednom “paketu” energije potrebno nekoliko miliona godina da se probije do površine
- verovatnoća da prođe kroz atmosferu bez daljih interakcija zavisi isključivo od njegove energije
- ako energija odgovara nekom elektronskom prelazu u nekom od atoma ili jona \rightarrow apsorpcija (veća koncentracija tih atoma manja verovatnoća da foton ne bude apsorbovan)
- ako energija ne odgovara nijednom prelazu – foton ne interaguje sa atomima gasa



- dubina do koje pogled dopire kad gledamo Sunce zavisi od frekvence svetlosti
- fotonii sa frkvencama koje ne omogućavaju apsorpciju dolaze sa fotosfere (kontinualan spektar)

- spektralne linije – fotonii dolaze iz viših, hladnijih, slojeva atmosfere
- Fraunhoferove linije – dokaz da se temperatura smanjuje sa udaljavanjem od fotosfere
- u spektru – desetine hiljada linija -> el. prisutni u mnogo različitim stanja ekscitacije i ionizacije

TABLE 16-2 *The Composition of the Sun*

ELEMENT	ABUNDANCE	ABUNDANCE
	(percentage of total number of atoms)	(percentage of total mass)
Hydrogen	91.2	71.0
Helium	8.7	27.1
Oxygen	0.078	0.97
Carbon	0.043	0.40
Nitrogen	0.0088	0.096
Silicon	0.0045	0.099
Magnesium	0.0038	0.076
Neon	0.0035	0.058
Iron	0.0030	0.14
Sulfur	0.0015	0.040

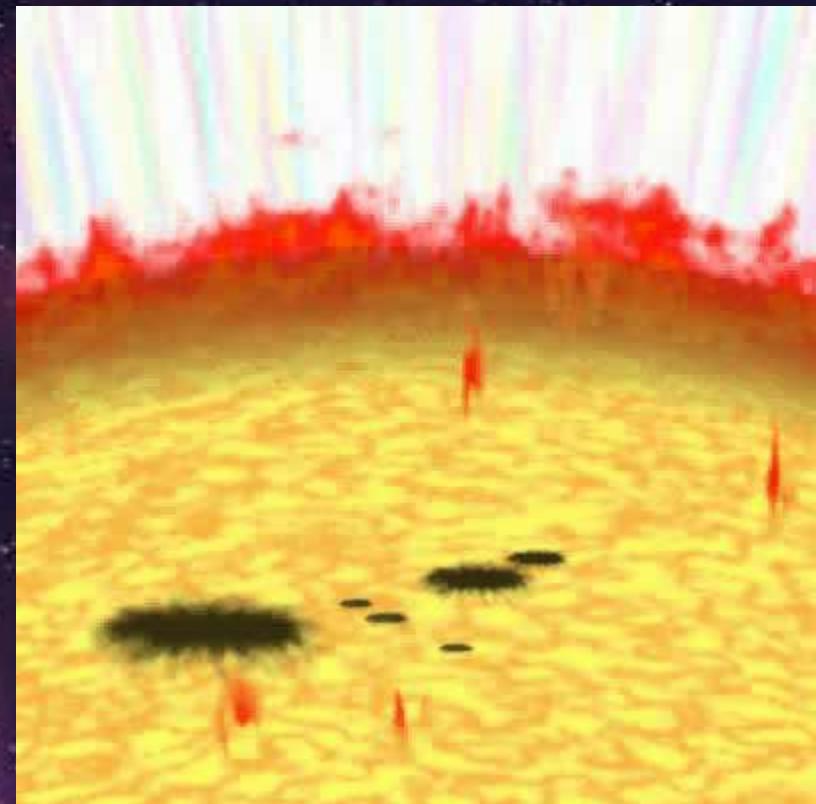
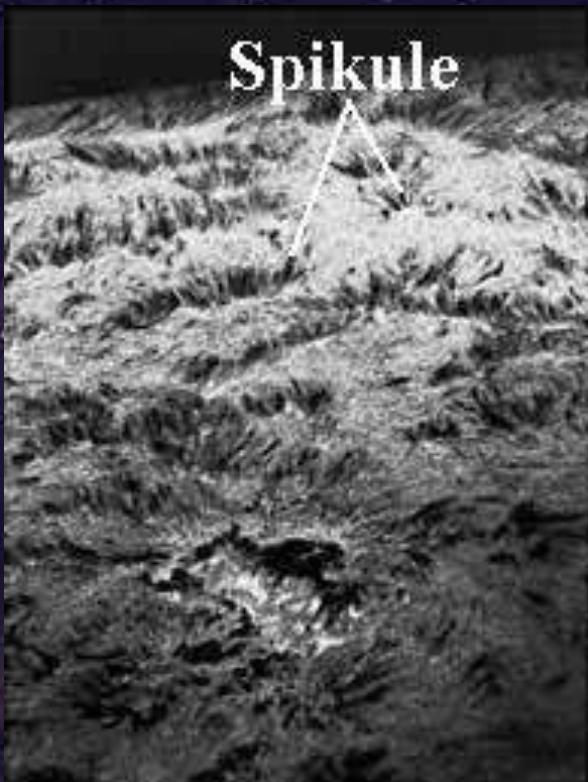
- složeniji element – apsorbuje veći broj fotona različitih frekvencija → veći broj spektralnih linija
- detektovano 67 različitih elemenata
- vodonik najzastupljeniji, posle helijum
- ista zastupljenost elemenata na jovijanskim planetama, pa i u celom Univerzumu

Hromosfera



- iznad fotosfere – hladnija hromosfera
- emituje vrlo malo svetlosti
- mala gustina u odnosu na fotosferu (gas koji sadrži mali broj atoma ne može da emituje veliki broj fotona)
- moguće da se vidi samo u posebnim uslovima, odavno poznata
- boja hromosfere – crvena, potiče od $H\alpha$ emisione linije koja dominira u spektru hromosfere (656,3 nm)
- zračenje vrlo intenzivno i u ljubičastoj liniji kalcijuma
- naziv – upravo zbog vrlo intenzivne boje
- nekoliko slojeva:
 - niža (do 1.500 km)
 - srednja (1.500 – 4.000 km)
 - gornja (4.000 – 10.000 km)

- niža hromosfera – homogena, temperatura opada, pri vrhu 4.500 – 4.000 K
- nastanak apsorpcionih linija u spektru el. mag zračenja
- iznad niže hromosfere – temp. raste, 10.000 K na vrhu
- koncentracija čestica naglo opada
- na 10.000 km koncentracija 10.000 X manja nego na 1.000km
- mrežasta struktura sa zrnima u obliku vlakana, tzv. *flokula*
- mogu se videti i krupne sjajne površine – *hromosferske fakule*, leže tačno iznad pega



- hromosfera nije mirna
- svakih nekoliko minuta erupcija male solarne oluje izbacujući mlazove vrelog gasa – *spikule*
- temp. – 15.000 K, brzina 100 km/h, gas se penje do visine od nekoliko hiljada kilometara
- traju oko 15 minuta
- nisu ravnomerno raspoređene, oko 1% površine, grupišu se u blizini ivica supergranula
- u svakom trenutku oko milion spikula

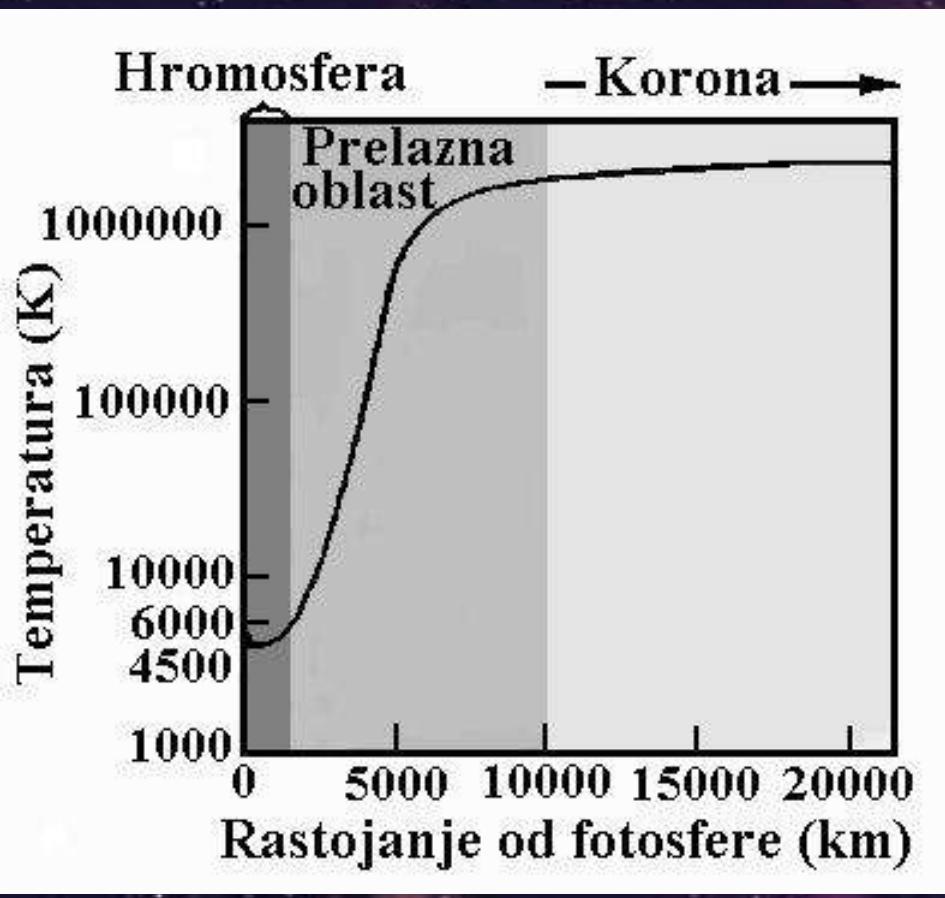
Korona



- za vreme totalnog pomračenja, ako je Mesec dovoljno veliki da prekrije fotosferu i hromosferu
- spektar drastično menja -> promena zastupljenih elemenata
- spektar postaje emisioni, nov niz spektralnih linija
- spektralne linije su prvi put viđene 20-ih god.
- pripisane novom elementu – koronijum

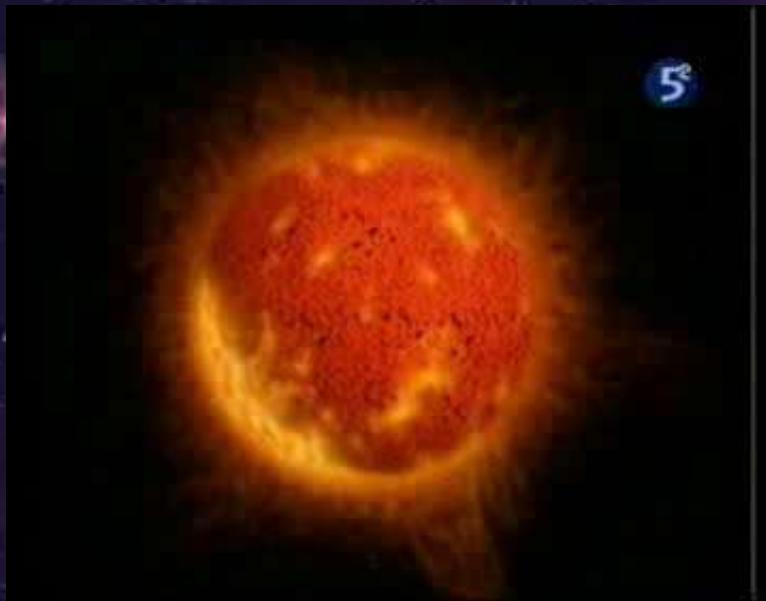


- koronijum – ne postoji
- atomi u koroni izgubili mnogo više elektrona nego u nižim slojevima
- npr. Fe^{+13} (Fe ima 26 elektrona, najčešće se sreće kao Fe^{+1} ili Fe^{+2})
- uzrok – visoka temperatura korone



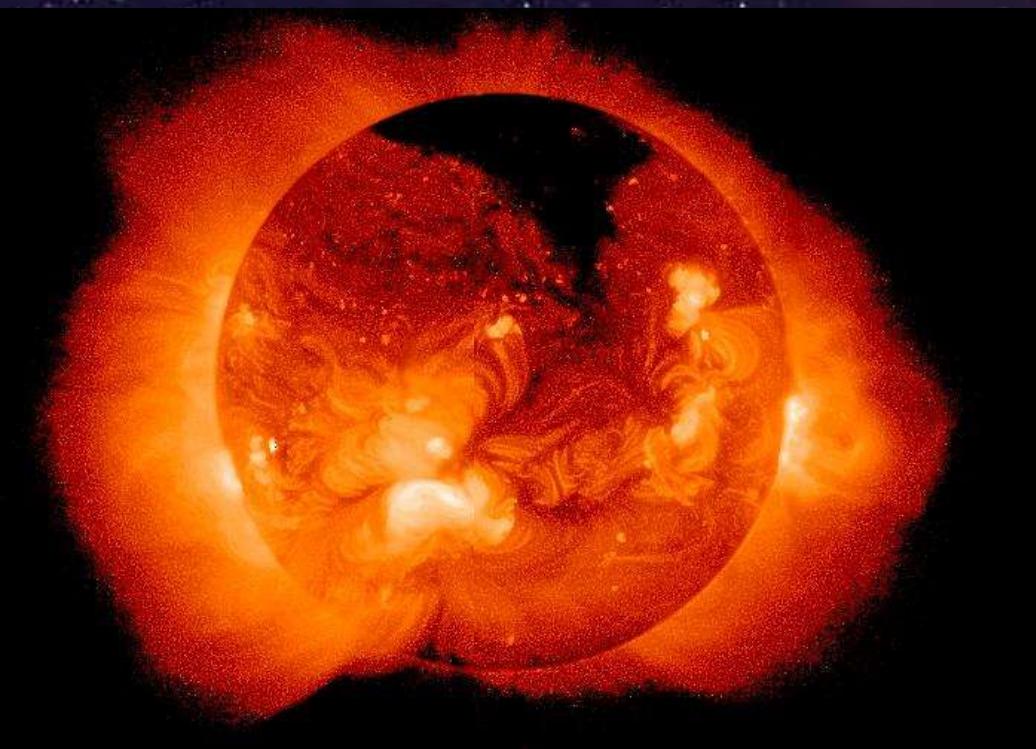
- minimalna temp. 4.500K na visini od 500 km
- počinje konstantno da raste
- na 1.500 km – rast vrlo brz
- 10.000 km – temp. 1.000.000 K
- dalje povećanje visine – temperatura ostaje približno ista
- granica:
 - hromosfera – do 1.500 km
 - prelazna oblast – do 10.000 km
 - korona
- razlog rasta temp. – nepoznat
- pretpostavka – dodatni izvor toplote
- najverovatniji izvor – poremećaj magnetnog polja u fotosferi, nalik na spikule, ali mnogo većih razmara

Sunčev vetar



- el. mag zračenje i čestice stalno napuštaju Sunce
- brzina čestica 500 km/s (za nekoliko dana stižu do Zemlje)
- Sunčev vetar – “potok” čestica
- elektroni i pozitivne čestice (95% protoni, 4,5% jezgra He)
- zavisno od aktivnosti, na rastojanju Zemljine orbite, “prostruji” 10^{11} i 10^{12} čest/ m^2 u sec.
- u obliku kinetičke energije vetar odnese $10^{21} - 10^{22} J/s$ (Sunce zrači $10^{26} J$)
- solarni vetar omogućava visoka temperatura korone
- na rastojanju od 10 miliona km, dovoljno velika temperatura \rightarrow čestice dovoljno brze i mogu da savladaju gravitaciono privlačenje Sunca
- izgubljeni materijal korona nadoknađuje se sa površine (da nije tako korona bi isparila bi za samo 1–2 dana) \rightarrow Sunce stalno isparava, stalno gubi masu koju vetar odnosi
- vetar – mala gustina; svake sekunde odnosi $10^8 - 10^9$ kg, do sada 0,1% ukupne mase
- *heliosfera* – 50–100 AJ, područje širenja Sunčevog vetra

X-zračenje i koronarne šupljine

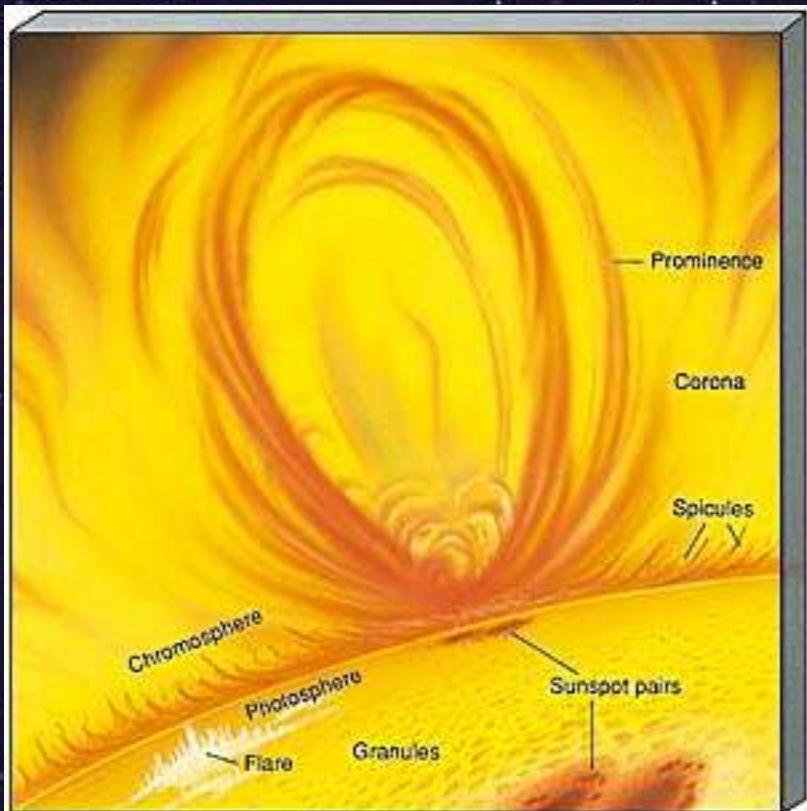


- fotosfera (6.000K) – u vidljivom delu el. mag. spektra
- korona – el. mag zračenje viših frekvenci (najviše X-zraci)
- korona – daleko iza oblasti na slici, ali gustina tih oblasti je vrlo mala
- 70-ih god. *Skylab* – vетар “duva” kroz koronarne šupljine



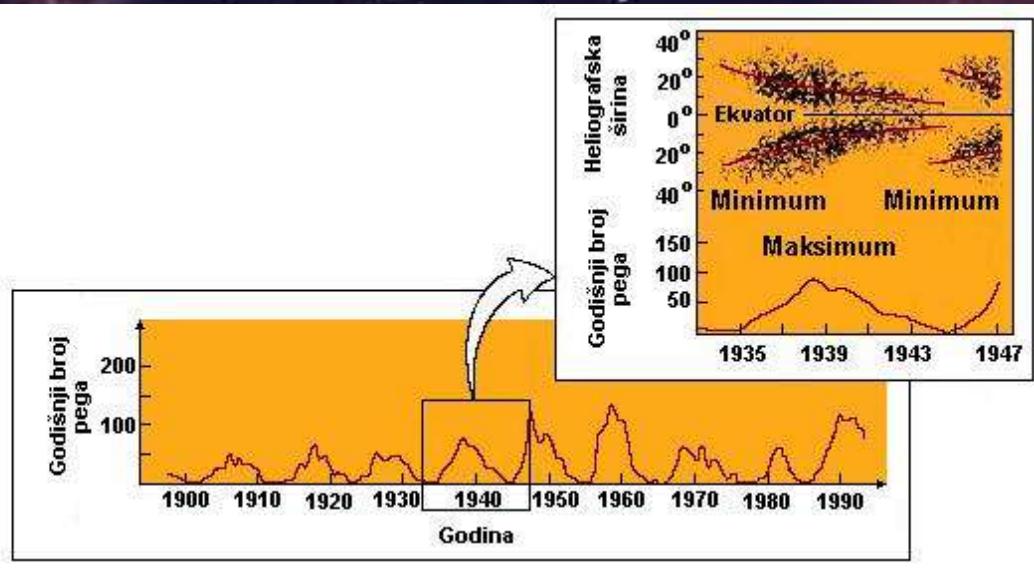
- gustina oko 10 puta manja
- linije mag. polja prostiru se od površine ka međuplanetarnom prostoru
- naelekt. čestice prate linije polja
- u drugim oblastima – linije polja blizu površine Sunca
- dimenzije – najveće nekoliko stotina hiljada km (javljaju se retko), najčešće desetak hiljada kilometara – svakih nekoliko sati

Aktivnost Sunca



- ogromna većina Sunčevog sjaja – kontinualno zračenje fotosfere
- *mirno Sunce* – potpuno predvidljiva zvezda koja iz dana u dan sija na isti način
- sporadično, nepredvidljivo zračenje *aktivnog Sunca*
- eksplozivno, iznenadno ponašanje
- mali doprinos ukupnom sjaju zvezde
- direktni uticaj na Zemlju

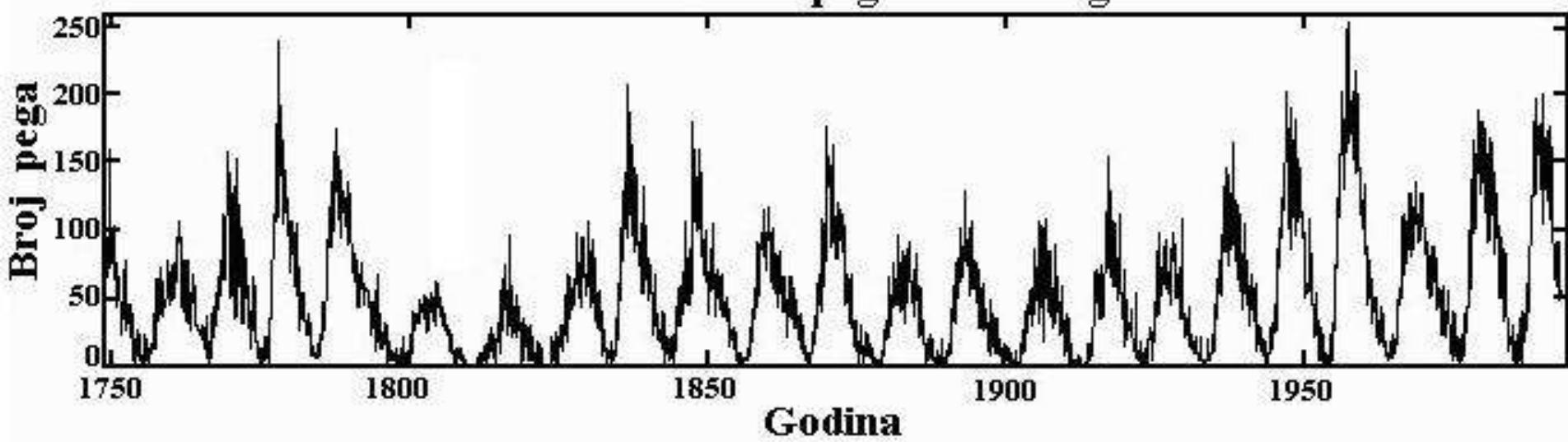
Ciklus aktivnosti

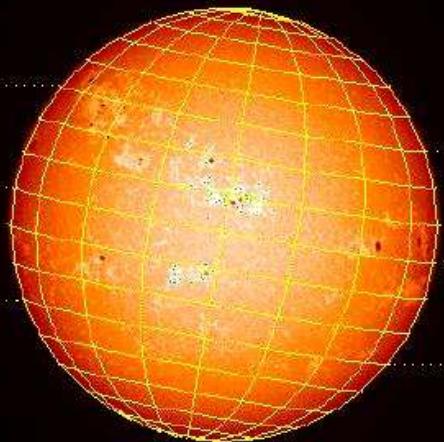


- ukupan broj pega na Suncu se periodično menja
- zaključak – na osnovu neoliko vekova posmatranja
- ciklusi pega
- maksimum u proseku svakih 11 god, zatim opada
- period između 7 i 15 god

- menja se i heliografska širina na kojoj se pojavljuju pege
 - minimum – nekoliko pega, dve uske zone između 25° i 30° od ekvatora
 - maksimum – 4 god kasnije, 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

Ciklusi Sunčevih pega od 1749. godine





N Pole

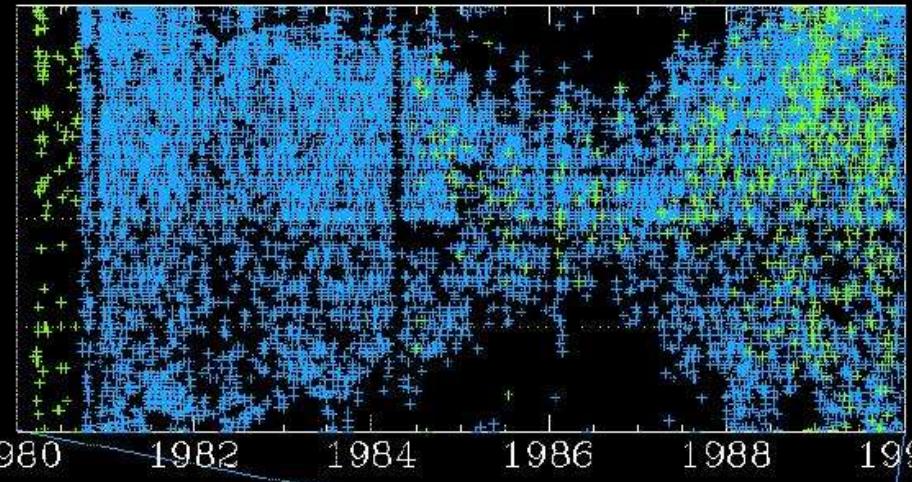
30 deg. N

Equator

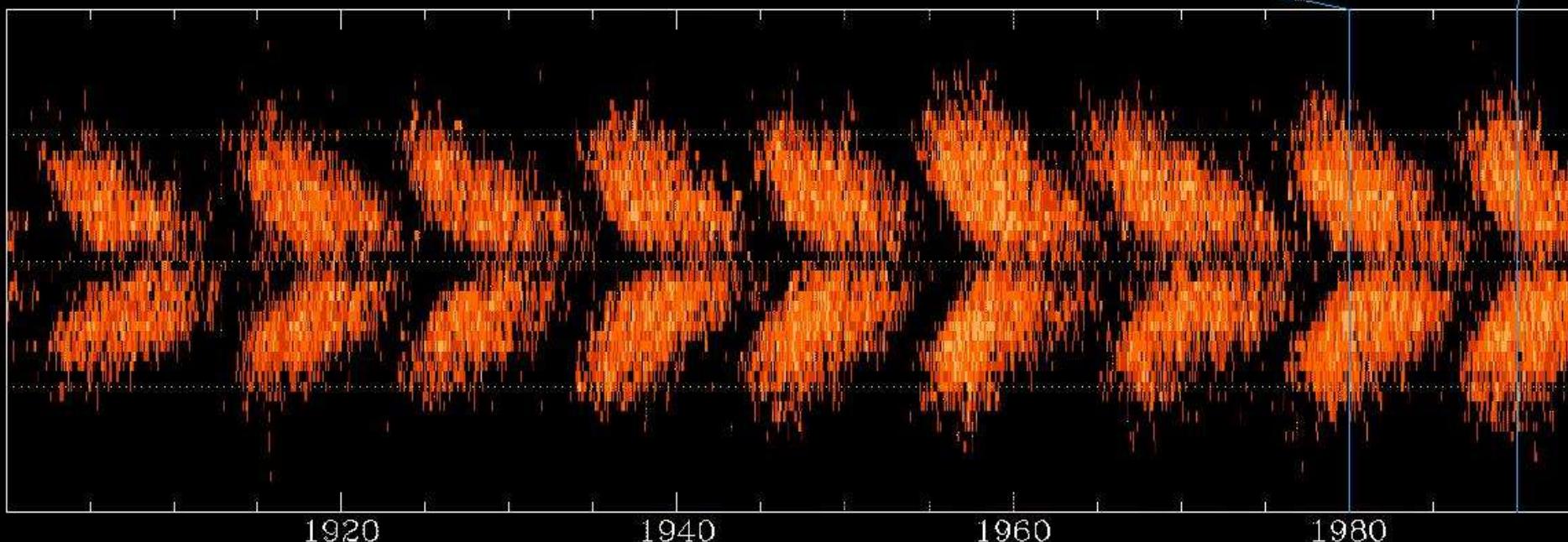
30 deg. S

S Pole

Helmet Streamers and Mass Ejections



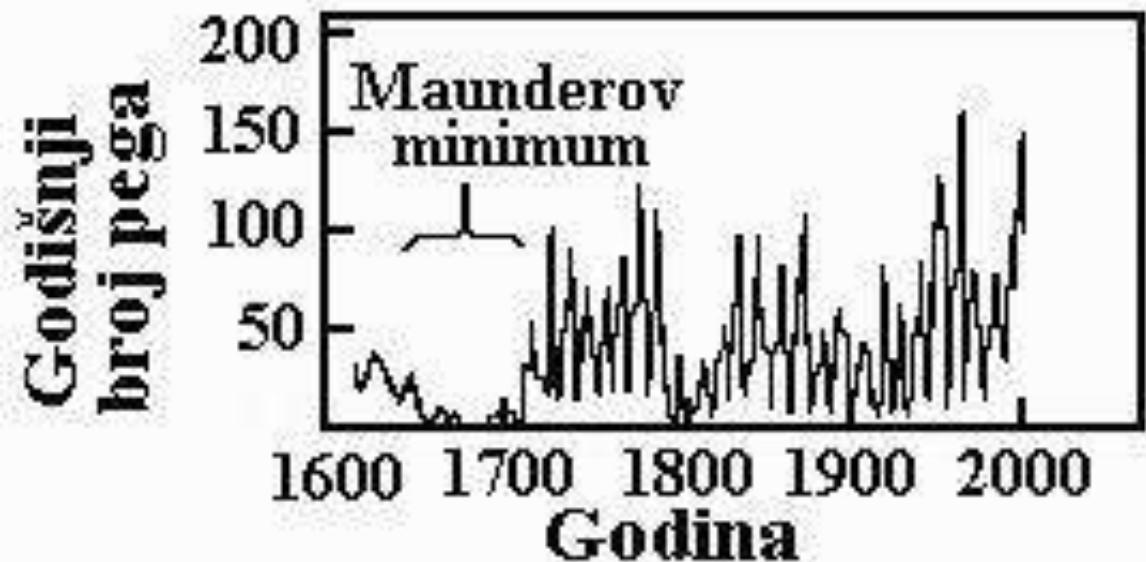
■ >0.0% ■ >0.1% ■ >1.0%



Source: HAO/SMM Archives and NASA/MSFC (D. Hathaway)

HAO A-018

- ciklus pega – polovina dvadesetdvogodišnjeg ciklusa aktivnosti Sunca
- tokom ciklusa pega – svi parovi na istoj hemisferi imaju isti polaritet, a na drugoj hemisferi polaritet je suprotan
- u narednom ciklusu – menja polaritet parova na hemisferama
- promena celog magnetnog polja – 22 godine -> magnetni polovi potpuno promene mesta
- ova promena ne mora da se odigra istovremeno na obe polulopte
- u periodu 1952–57 pozitivan (N) pol nalazio se na severnoj hemisferi, a negativan (S) na južnoj
- 1957 – promena pola na južnoj, a godinu dana kasnije i na severnoj hemisferi
- smatra se da mag. polje menja intenzitet zbog stalnog rastezanja, uvrtanja i nabiranja linija polja što je uzrokovano diferencijalnom rotacijom i konvektivnim prenosom topote
- teorija predviđa da intenzitet polja raste do maksimuma a zatim pada na nulu – na to ukazuju i rezultati posmatranja
- aktivnost Sunca prati promenu jačine polja



- period aktivnosti nije uvek isti
- u prošlosti se dešavalo da pojačana aktivnost potpuno izostane
- 1645. – 1715. – Maunderov minimum
- naziv – u čast britanskog astronoma
- mali broj pega, slabo razvijena korona, retke aurore
- nepoznat uzrok

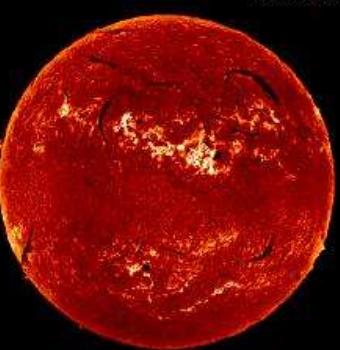
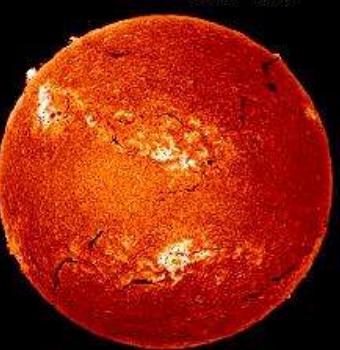
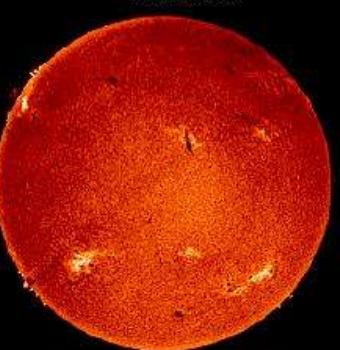
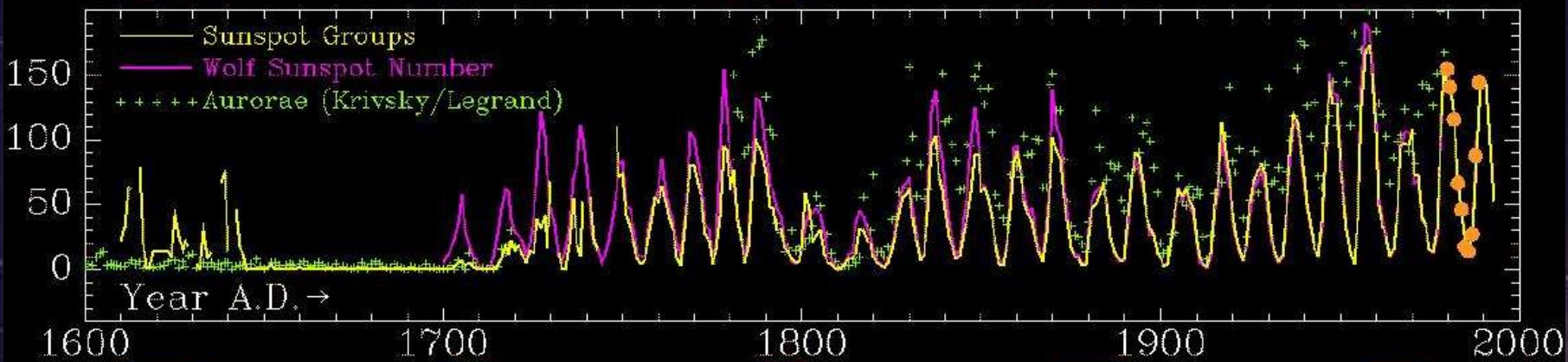
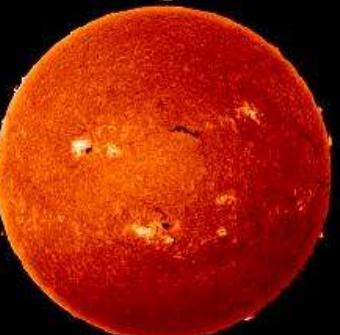
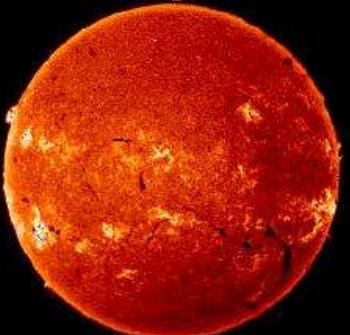
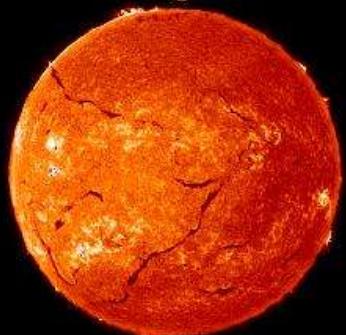
11 Aug 1980

14 Aug 1981

23 Aug 1982

11 Aug 1983

14 Aug 1984



10 Jul 1985

15 Aug 1986

24 Jul 1987

29 Jul 1988

18 Aug 1989

Source: NOAA+Zürich+RDC (D.V. Hoyt)+CNRS/INSU (J.-P. Legrand)+Ondrejov Obs. (K. Krivsky)

HAO A-017

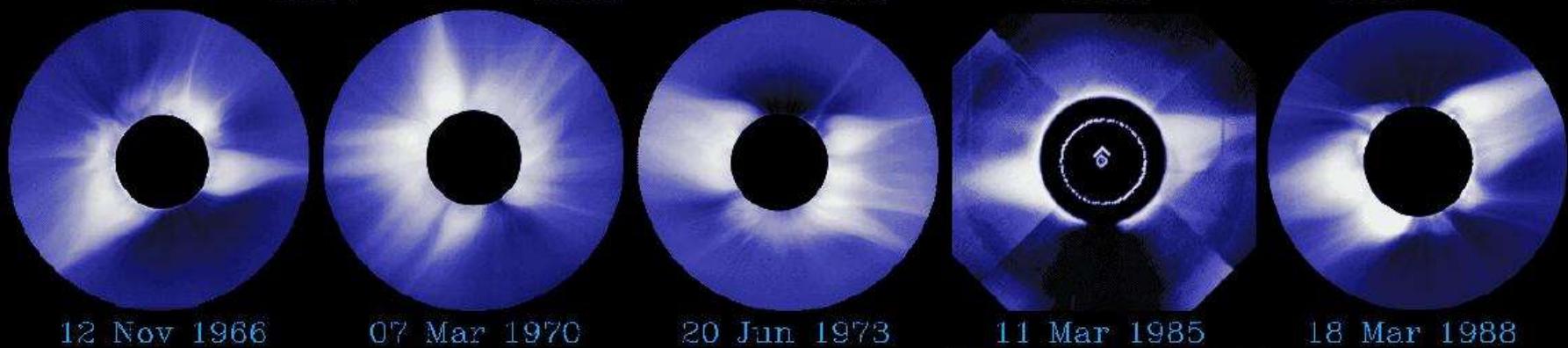
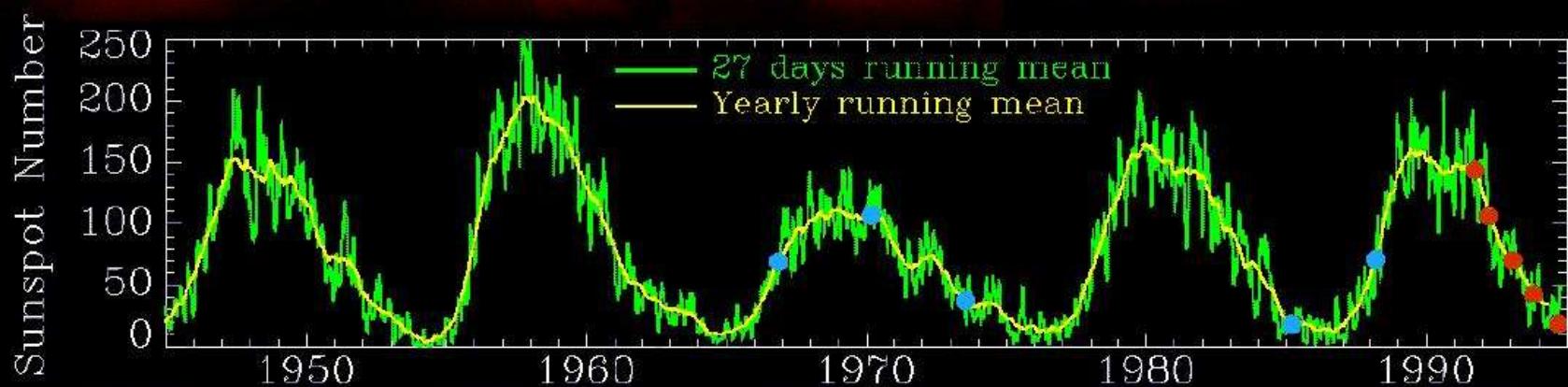
28 Sep 1991

27 Mar 1992

26 Jan 1993

04 Nov 1993

20 Sep 1994

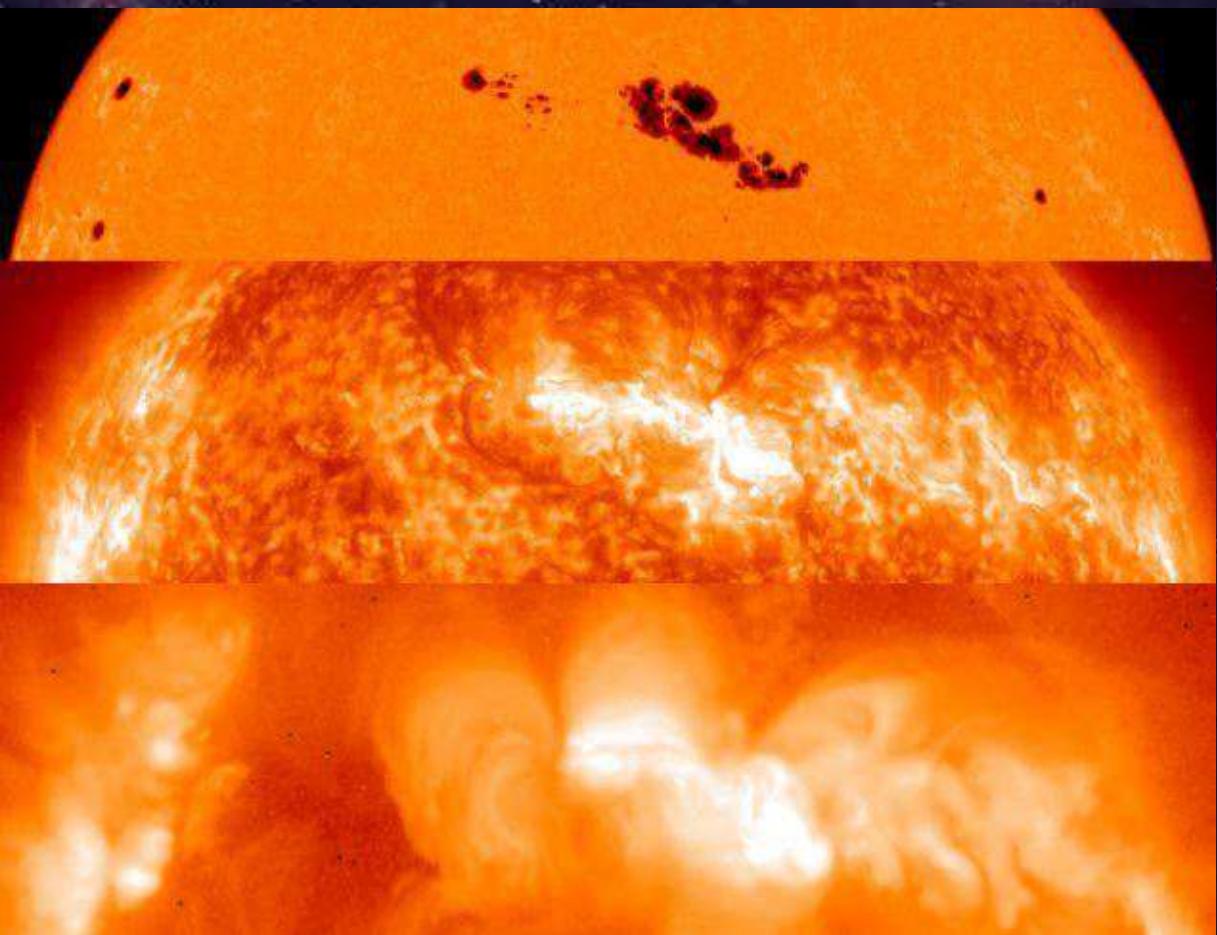


Source: Yehkoh/NOAA/HAO

[SMM Coronagraph]

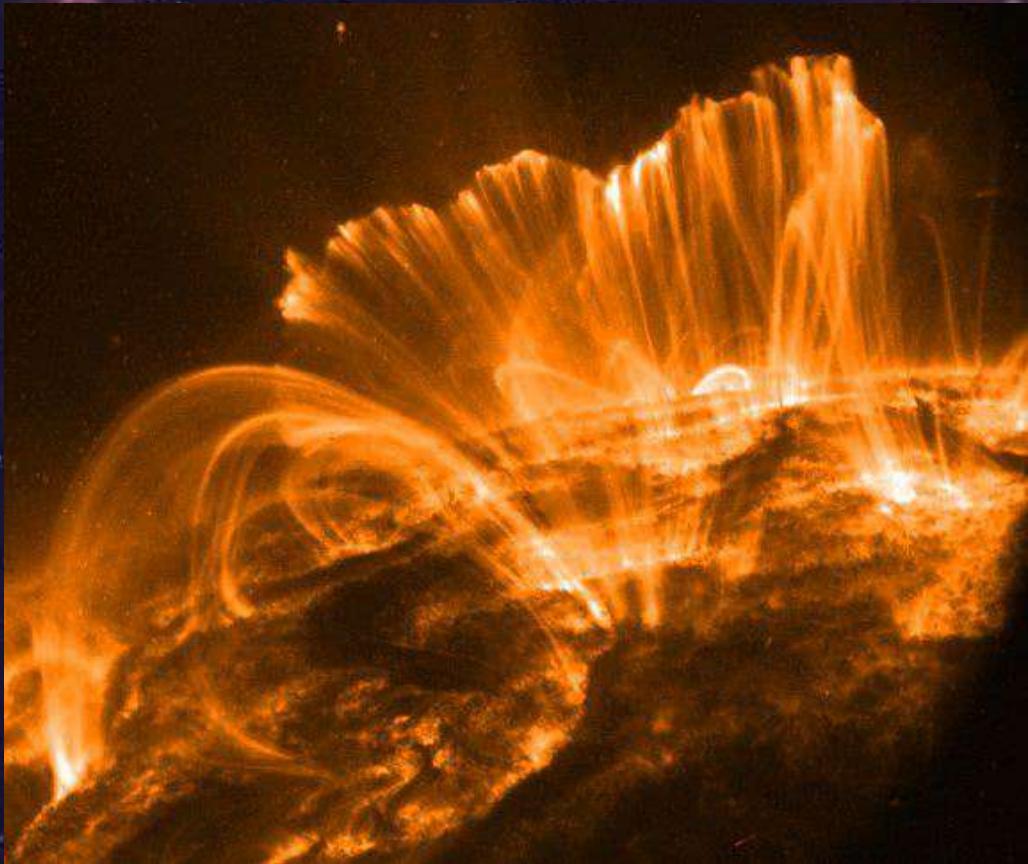
HAO A-020

Aktivne oblasti

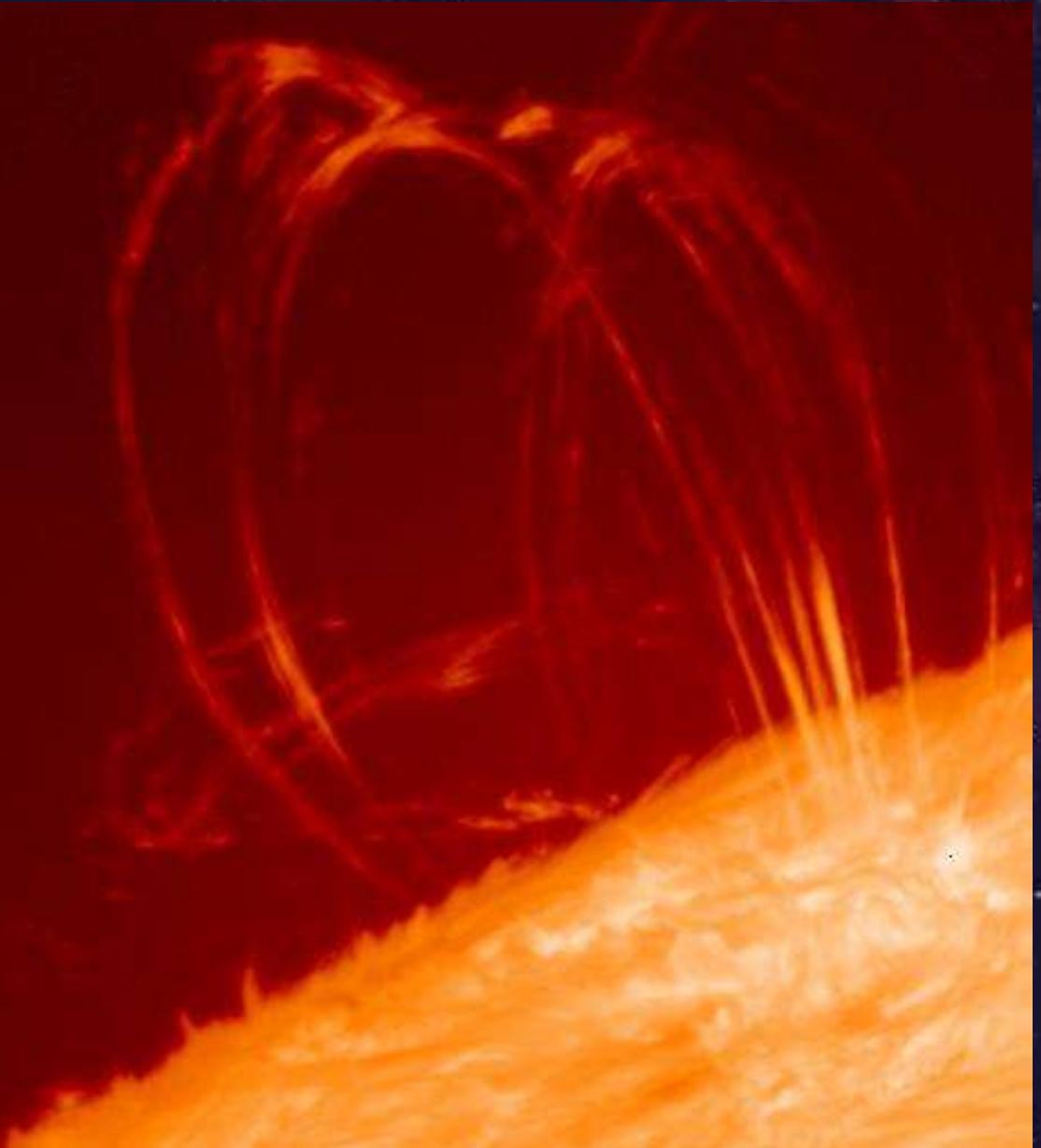


- pege – mirni oblici aktivnosti
- u fotosferi – snažne erupcije u kojima se izbacuje ogromna količina čestica – aktivne oblasti
- većina grupa pega okružena je aktivnim oblastima

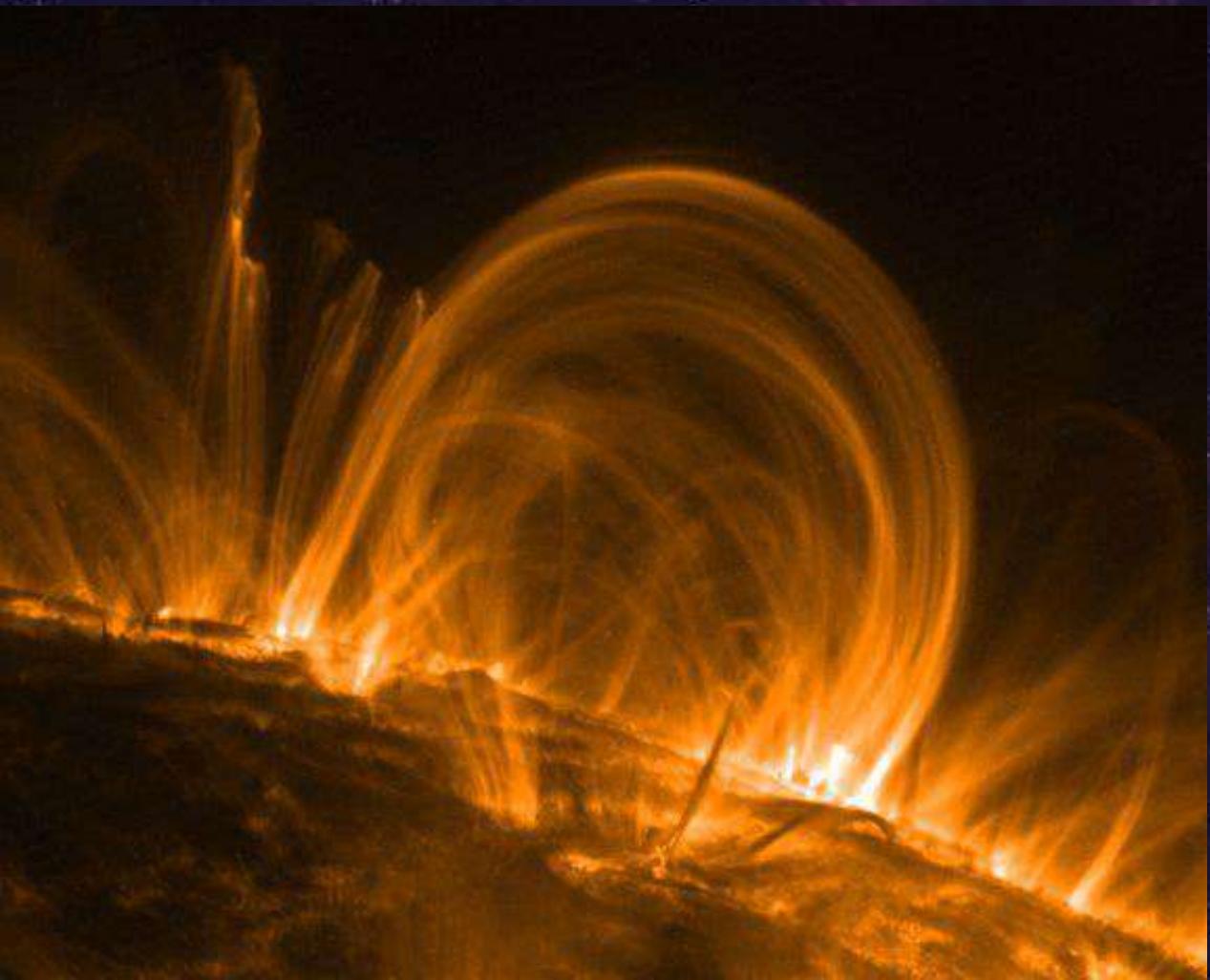
Protuberance



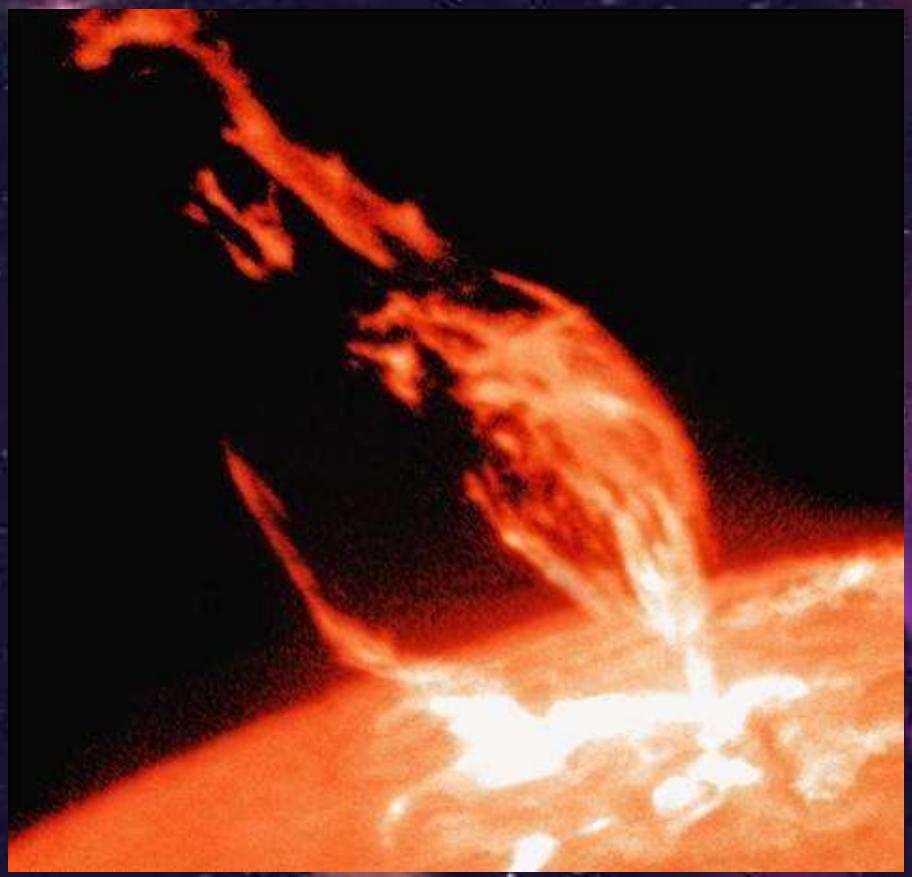
- različitih oblika i veličina
- ponekad – spikule male protuberance
- temperatura – niža od okolne hromosfere i iznosi 10.000 K
- gustina veća → sjajnije
- traju oko 3 obrta Sunca
- zabeležene – po nekoliko god.
- stabilnost i opstanak u redoj koroni – jedino ako je pritisak gasa protuberance jednak pritisku gasa korone
- pritisak = gustina x temp.
- gustina – 100 puta veća



- kretanje supstance
– pod uticajem
magnetenog polja
- materijalizacija
linija magnetnog
polja
- posmatraju – filer
za spektralne linije
 H , He , Ca
- totalno pomračenje
– u beloj svetlosti



- *mirne* protuberance – najveći broj, na svim heliografskim širinama
- dugotrajne; dužina oko 200.000 km (zabeleženo 1.900.000 km)
- visina 50.000 km, širina do 6.000 km
- sastoje se od niti prečnika do 1.000 km; temperatura oko 15.000 K
- oblik – kao most, donji krajevi između supergranula
- tokom života – pomeraju i menjaju smer pružanja

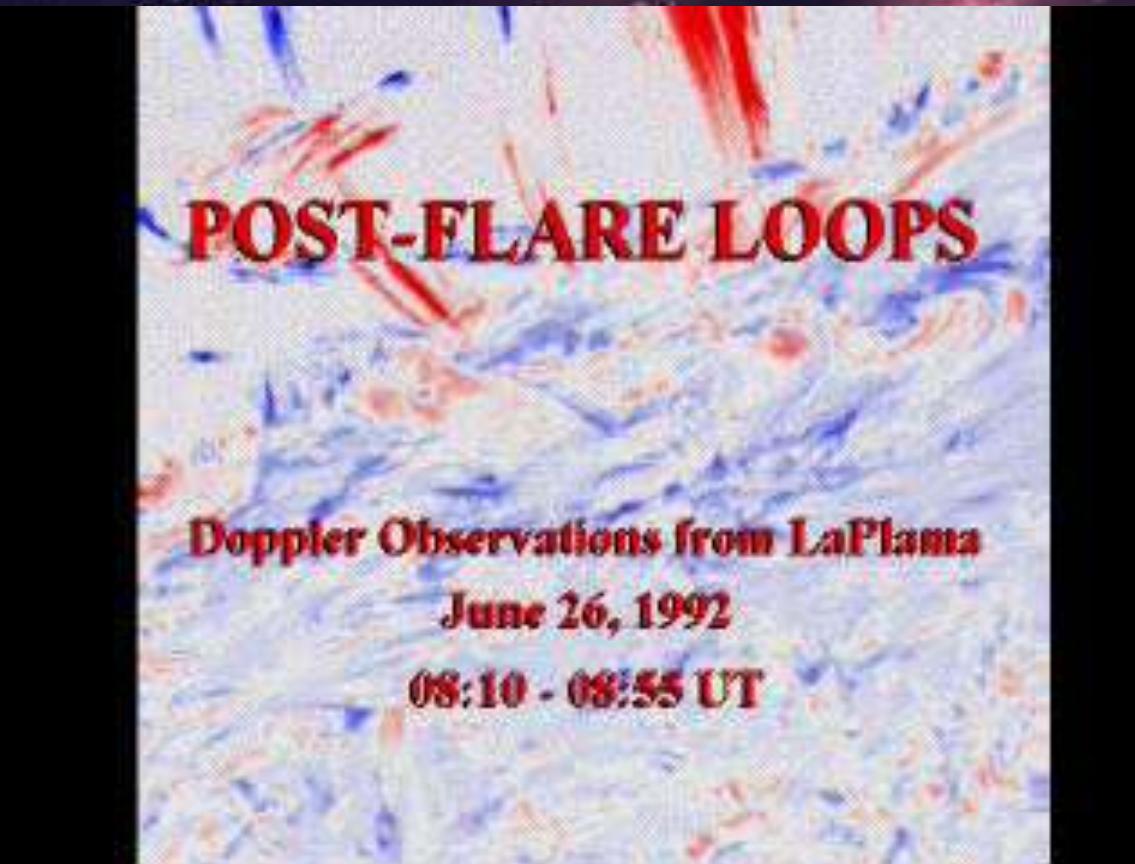


- *aktivne protuberance*
- vrlo brz razvoj (od 10 minuta do nekoliko sati)
- mali broj nataje kao rezultat podizanja hromosferskih masa
- najčešće nastaju kondenzacijom u koroni i spuštanjem naniže u hromosferu
- kretanje masa – duž linija magnetnog polja
- brzine – nekoliko stotina km/s
- kod mirnih protuberanci – nagla pojačanja aktivnosti, traju po nekoliko sati
- temperatura 25.000 K



- *eruptivne protuberance* – u oblasti pega
- dostižu velike visine, čak i 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 strogog prati linije jakog mag. polja; kada su na rubu Sunca vide se u obliku petlji

Kretanje gasa u protuberanci



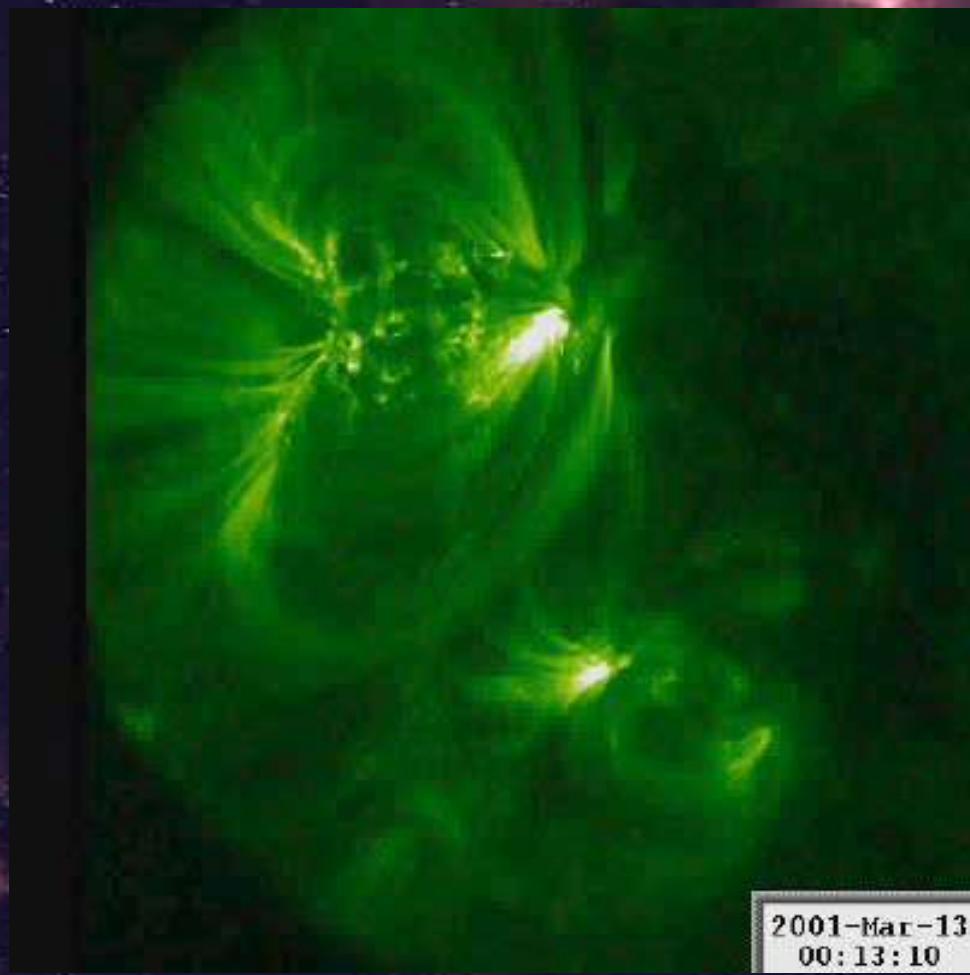
10. oktobar 1971.

**Solar Flare
1971 October 10**

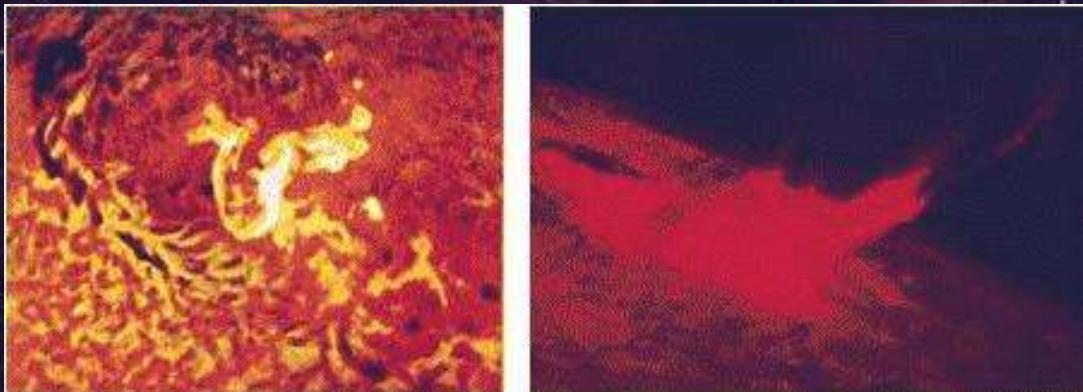
Big Bear Solar Observatory



Protuberanca Sunčevih pega

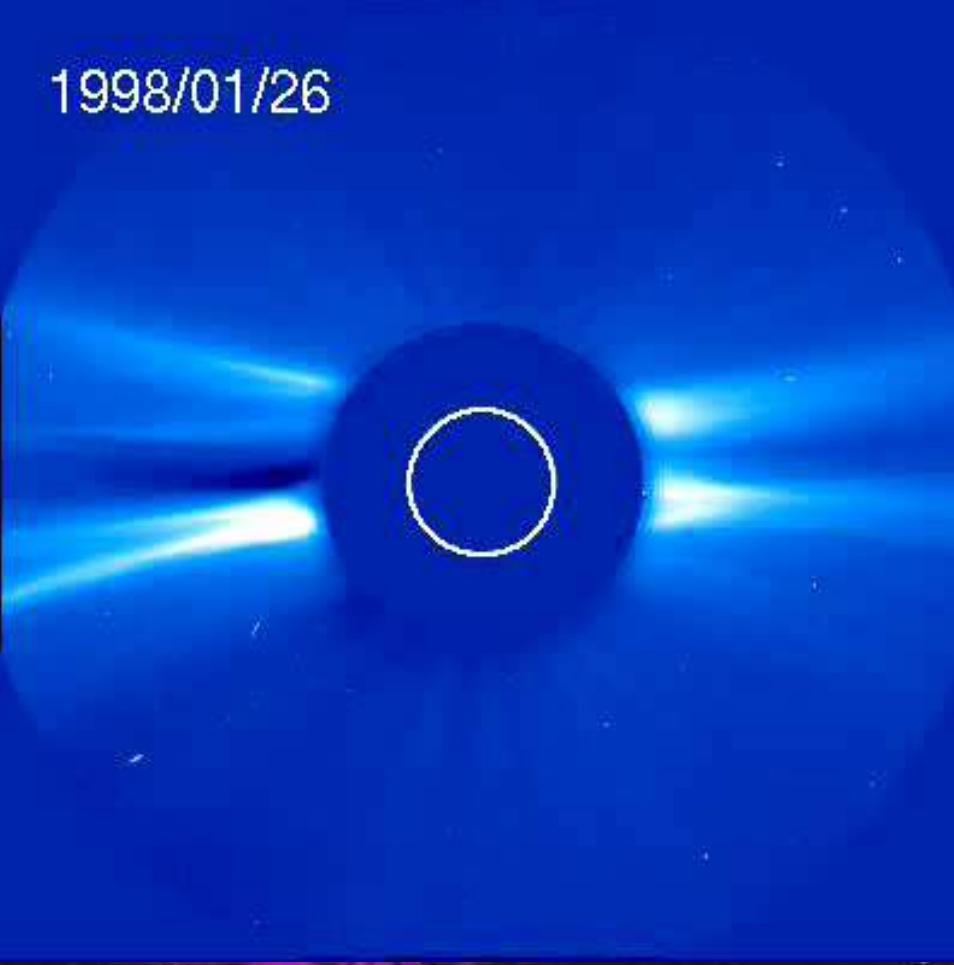


Eksplozije u hromosferi



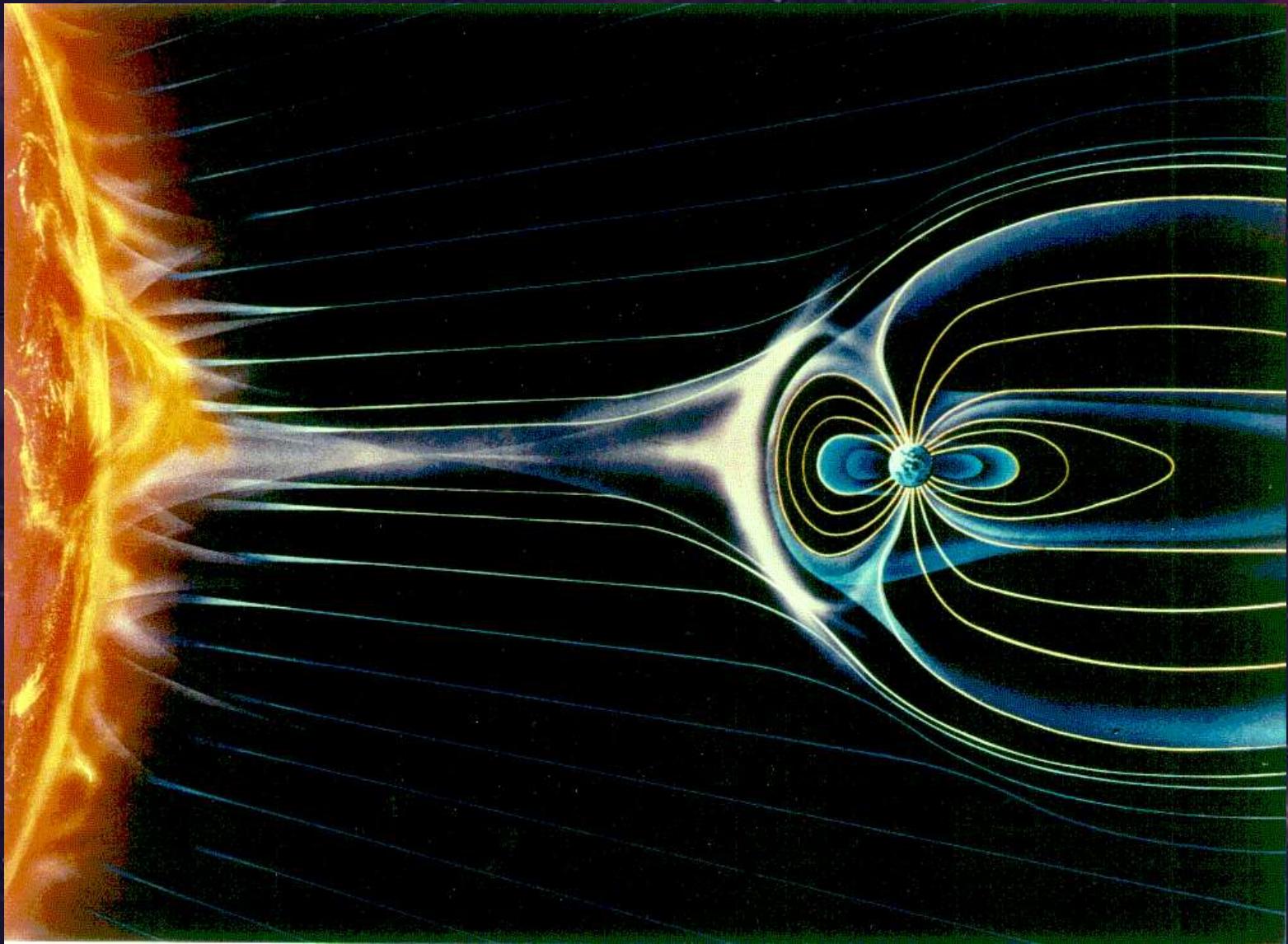
- jedan od naznačajnijih oblika aktivnosti
- iznanadni, kratkotrajni procesi u kojima dolazi do velikog pojačanja intenziteta zračenja u ograničenim oblastima fotosfere
- rezultat naglog osobađanja magnetne energije i njenog prelaska u kinetičku energiju, toplotu i svetlost
- najčešće se javljaju u multipolarnim grupama
- pre nastanka eksplozije – pojačanje zračenja ionizovanog 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

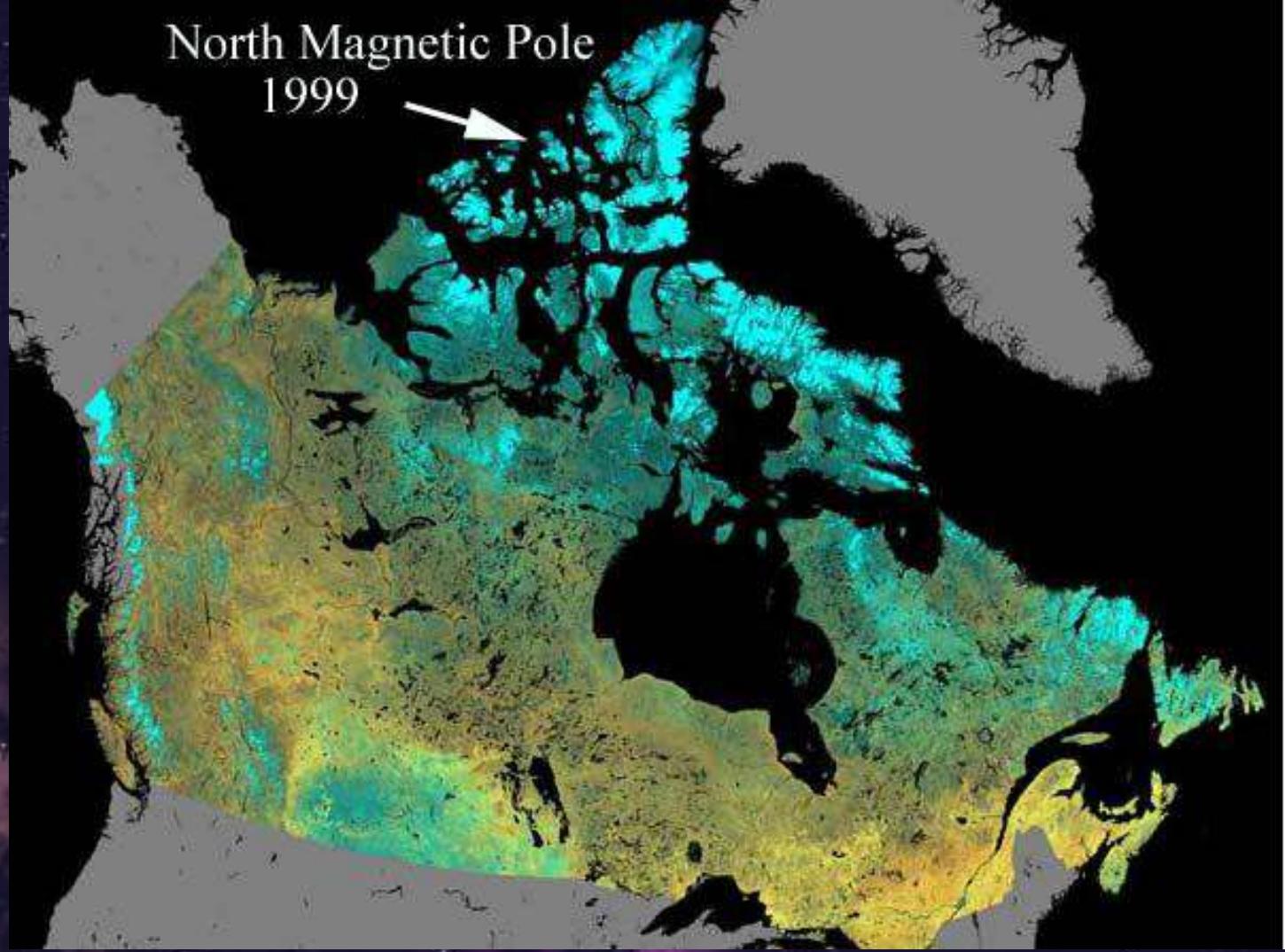
1998/01/26



- energija – kao celokupna energija koju emituje Sunce
- 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
- neke čestice – skoro brzina svetlosti, do Zemlje stižu skoro istovremeno kad i svetlost eksplozije – Sunčevi kosmički zraci

Magnetosfera Zemlje

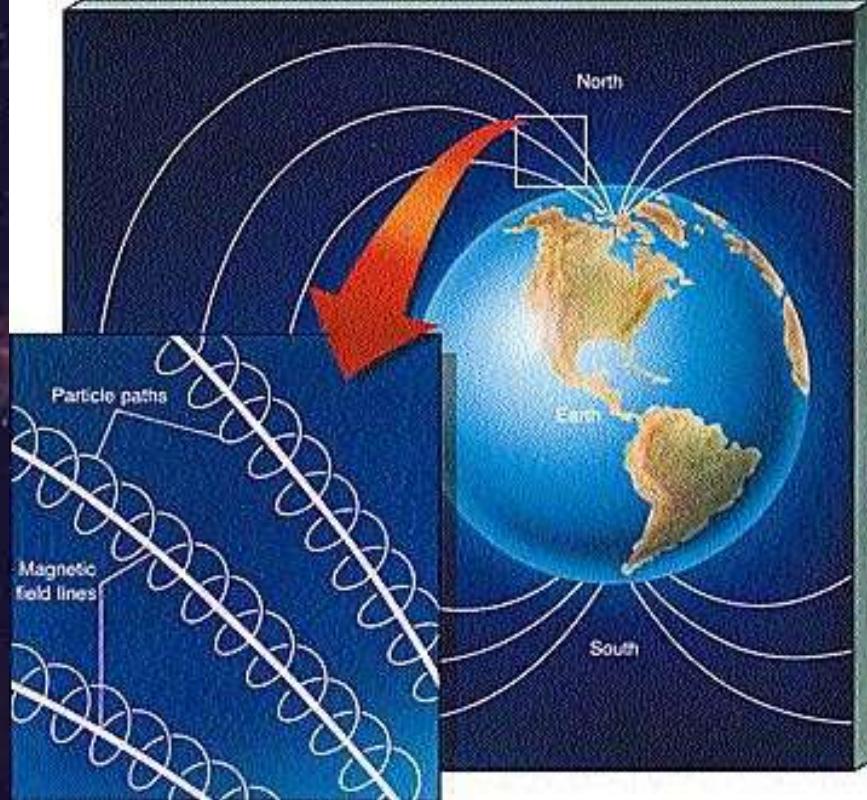




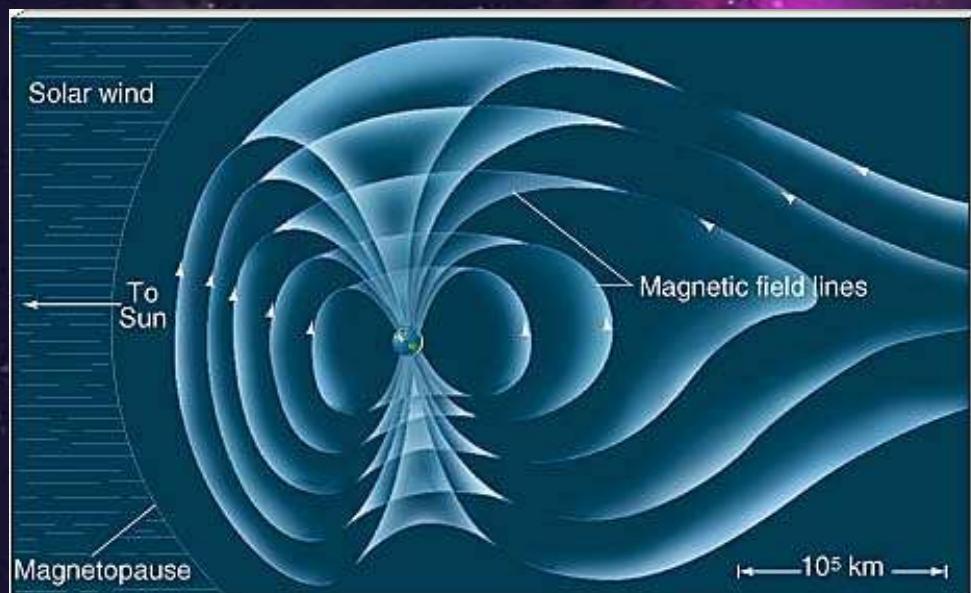
- Zemlja, slično Suncu, poseduje magnetno polje
- možemo zamisliti da se u unutrašnjosti naše planete nalazi jedan ogroman magnet
- južni kraj – najseverniji delovi Kanade

- magnetno polje – na sve strane
- prema Suncu – samo do rastojanja od 10 Zemljinih poluprečnika, u suprotnom smeru u obliku repa komete
- razlog – delovanje Sunčevog vetra
- Sunčev vетар – veliki, razređen gasovit oblak koji se kreće
- mag. polje Zemlje suprotstavlja se polju Sunca
- granica se menja zavisno od jačine vetra
- na noćnoj strani – magnetosfera se slobodno širi, u sredini repa – neutralni sloj (poništavanje polja)





- polarne oblasti – najjače polje, linije sila blizu Zemljine površine
- nanelektrisane čestice – uvek se kreću u pravcu polja
- u polarnim oblastima – stižu u niže slojeve atmosfere
- sudaraju se sa atomima gasa
- eksplodiraju ih → gas počinje da svetli
- nastaje *polarna svetlost*
- na visinama gde je gas dovoljno redak da redak da čestice mogu da prolaze, ali i dovoljno gust da može da se odigra dovoljan broj sudara
- između 100 i 250 km (do 1.000 km)
- oblik: brazda, traka, draperija, lukova, pramenova
- boja: zelena, crvena itd



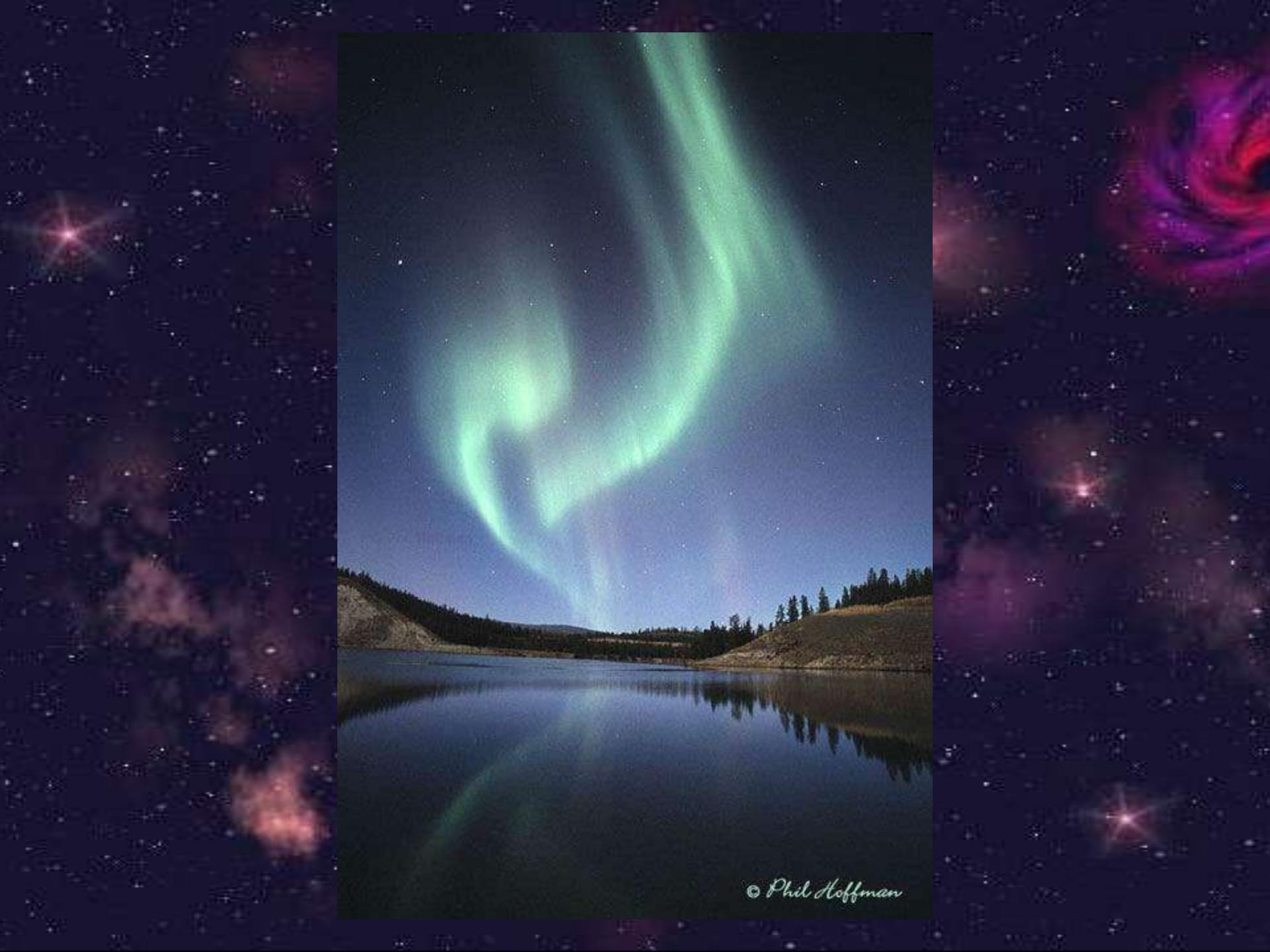
No Comment !







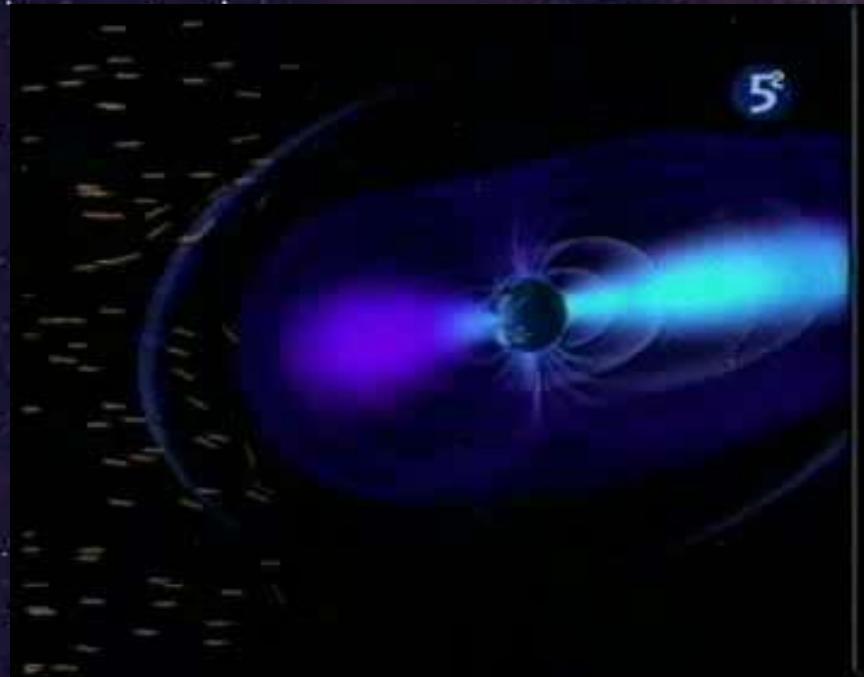




© Phil Hoffman

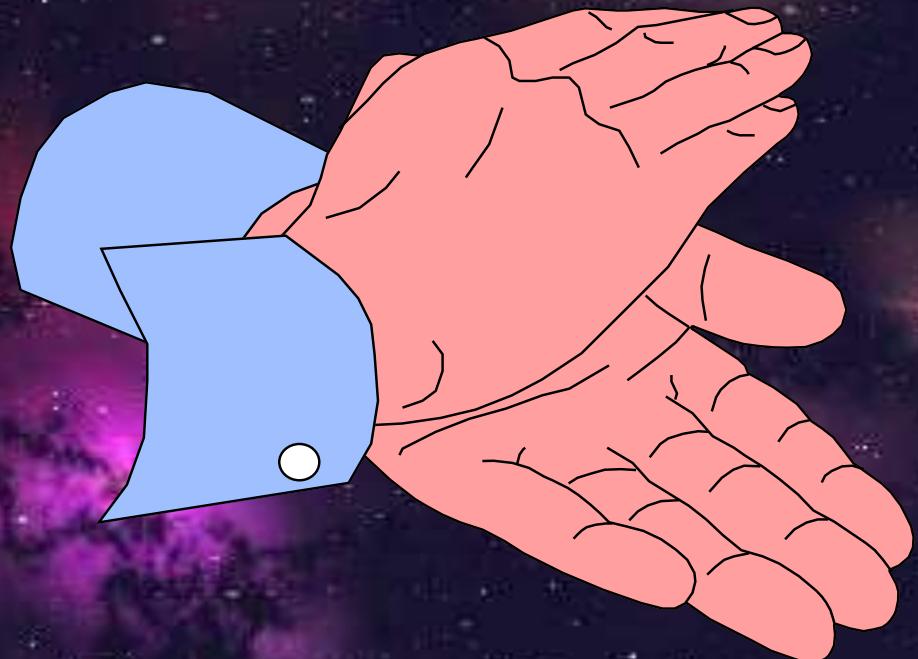


Može da bude i opasno...



- magnetne bure
- smetnje u komunikacijama i prenosu električne energije

To je to!



Хваланажы!