

Gimnazija "9.maj"

Maturski rad iz astronomije

Tema:
Aktivnost Sunca

Jovanović Tamara

1) UVOD

- Zvezde se rađaju, formiraju se, prolaze kroz burnu mladost, i zatim žive u predviđenom šablonu. Možda imaju i pratioica. I onda jednog dana odjednom oslabe i umiru. Zvezde su tako, na mnogo načina slične ljudima. I naše Sunce, iako nam se čini trajnim i konstantnim, nije nikakav izuzetak.
- Sunce je izvor života i da njega nema život bi bio nemoguć. Sunce je izvor neophodne toplote i svetlosti. Ono život čini lepim i sjajnim, ali ga može i uništiti kroz suše i požare. Zato je ono centralno telo oko koga se sve okreće. Zbog toga su u astrološkim konotacijama, povremena pomračenja Sunca uvek imala ulogu negativnih predznaka.
- Ljudi na našoj planeti Sunce koriste u različite svrhe i sa različitim ciljem. Kako nije moguće živeti bez povremenog izlaganja Suncu, potreban je oprez prilikom boravka na Suncu. Oko 10% Sunčevog spektra otpada na ultraljubičasto (UV) zračenje koje je biološki najaktivnije. Sunčev spektar zračenja sastoji se od infracrvenih zraka, vidljivog svetla. UV zračenje je deo spektra sunčevog zračenja koji ne možemo zapaziti našim čulima, za razliku od svetlosnog (vidljivog) i toplotnog (infracrvenog) zračenja koje čovek može osetiti svojim čulima (svetlost – očima, a toplotu – kožom).

- UVA: štetno deluje na oči.
- UVB: predstavlja najveću opasnost za ljude uzrokujući degenerativna i maligna oštećenja kože.
- UVC: ne dopire do Zemlje, jer ga apsorbuje ozonski omotač. UV indeks pokazuje stupanj opasnosti od UV zračenja. Izražava se brojačno od 0 (niska opasnost) do 10 (vrlo velika opasnost). Nešto što je interesantno da znamo pre polaska na more, kada nam sunčanje predstavlja glavnu atrakciju jesta da je Sunce 1,3 miliona puta veće od Zemlje, a Sunčevi zraci donose nekoliko vrsta energija - gama zrake, x zrake, ultraljubičastu i infracrvenu svetlost, vidljivu svetlost sa spektrom svih poznatih boja.
- Jedna od negativnih Sunčevih prouzrokovanja je svakako i suša. Ona je vrlo nepogodna za ljudski rod. Veliki značaj Sunca nije ostavilo tragove samo na našu eru, već su njegovog značaja bili svesni i drevni narodi. To nam svedoče brojni hramovi, spomenici, skulpture posvećeni bogu Sunca. Gotovo da ne postoji civilizacija koja u svojim religioznim obredima nije koristila određene karaktere i pripisivala Suncu atribute vrhovnog božanstva.
- Neki od primera su svakako:
 - U japanskoj religiji boginja Sunca je *Ama-Terasu*. Veruje se da je prvi car Japana bio praunuk *Ama-Terasu*.
 - U egipatskoj civilizaciji kult Sunca je predstavljen u vidu većeg broja božanstva. Međutim u ranoj istoriji, faraoni su sebe smatrali potomcima boga Sunca *Ra* ili *Re*.
 - Kod *Grka* i *Rimljana* bog Sunca je bio *Apolon*. Prvo je poštovan u Troji, a kasnije su ga podržavali i *Grci*, koji su ga priogliasili sinom *Zevsa* i *Lete*.

Kod slovenskih naroda kult Sunca bio je *Svarog*, gospodar sjajnog neba i prvi vladar sveta.
Kod savremenika Sunce u većini slučajeva igra glavnu ulogu.
Ljubitelji cveća iščekuju svaki sunčan dan, koje omogućava njihovom bilju razvoj i lepotu.

2) Opšti podaci o Suncu

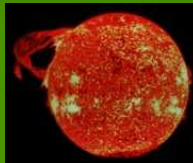
- Prema spektralnoj klasifikaciji Sunce spada u žute zvezde spektralne klase G2. Na poznatom Hertzsprung-Russellovom dijagramu ono se sada nalazi u središnjoj oblasti glavne grane, gde će ostati još oko pet milijardi godina, što iznosi oko polovinu njegovog životnog veka.
- Ono što Sunce razlikuje od planeta su njegove ogromne dimenzije, masa, gravitacija, temperatura i ogromna energija koju ono emituje i zagreva planete. Sunce, kao i sve zvezde, poseduje termonuklearni izvor energije.
- Oblik Sunca je sferan, a njegov poluprečnik iznosi oko 696.000 km. Zapremina Sunca je 1,3 miliona puta veća od zapremine Zemlje.
- *Sunce je gasovita, usijana sfera čiji se veliki krug vidljivog diska vidi pod uglom $\theta = (1919.28 \pm 0.1)''$, kada je Zemlja na srednjem rastojanju od Sunca.
- *Veličina Sunca je u poslednjih 250 god. ostala nepromenjena. Mada neki istraživači tvrde da se godišnje ugaoni prečnik smanjuje za oko 0.0015 lučnih sekundi.
- *Rotaciju Sunca oko sobstvene ose prvi je uvideo G. Galilej 1610. godine, tako što je pratio pomeranje pega na Sunčevom disku od istoka ka zapadu.
- **Pege** predstavljaju tamnija područja na sjajnom disku.

■ *Srednje rastojanje Sunca-Zemlje	1AJ=149.6·10 ⁶ km
■ *Udaljenost Sunca od centra Galaksije	8.5 kpc = 28 000 sg
■ *Poluprečnik Sunca RO	696 000 ± 0.1 km
■ *Masa Sunca	1.99901 · 10 ³⁰ kg
■ *Srednja gusina Sunca	1408 kg/m ³
■ *Ukupan sjaj (luminoznost)	3.84 · 10 ²⁶ W
■ *Gravitaciono ubrzanje na površini	273.98 m/s ²
■ *Intenzitet lokalnog mag. polja	(1-5) · 10 ⁻⁴ T
■ *Starost	4.7·10 ⁹ godina
■ *Debljina fotosfere Sunca	(300 - 400) km
■ *Prosečna gustina fotosfere	2 · 10 ⁻⁴ kg/m ³
■ *Visina hromosfere	od 10 000 km iznad fotosfere
■ *Prosečna gustina hromosfere	5 · 10 ⁻⁶ kg/m ³
■ *Prosečna gustina Sunčevog vetra	10-23 kg/m ³

3) Sunce kao zvezda

- **Struktura:**
- Sunce je središnja zvezda Sunčevog sistema. Ono je patuljasta zvezda, površinske temperature oko 5700 K. Kao i sve zvezde, Sunce je kugla užarenog gasa, a izvor energije mu je nuklearna fuzija koja se odvija u središtu gde je temperatura približno 15 miliona kelvina.
- **Fuzija:** nuklearni proces koji snabdeva snagom naše Sunce i ceo Sunčev sistem odvija se u jezgru. Protoni vodonika fuzijom prelaze u helijum na temperaturi od 14.000.000 K. Mrvica peska te temperature otopila bi sve u krugu od nekoliko kilometara. Pod fantastičnim pritiskom od 108 atmosferskih (odnosno 104 N/m²) materija se pretvara u energiju svake sekunde. Kao jaki -zraci ova energija izlazi iz jezgra i prolazeći kroz ostale slojeve Sunca odlazi u kosmos. Sunce svake sekunde troši oko 4 miliona tona svoje mase. Kora koja okružuje jezgro Sunca naziva se **radijacijska zona** i u njoj se fotoni, izrađeni prilikom fuzije u središtu, sudaraju sa elektronima i jonima, te uzrokuju ponovo zračenje svetlosti i toplote. Ispod radijacijske zone se nalazi **konvektivna zona** u kojoj teku struje gasova prema višim slojevima. Tamo se hlade, odnosno predaju energiju i zatim ponovno vraćaju prema središtu. U Sunčevom omotaču postoje tri sloja i to su: **Fotosfera**, **Hromosfera** i **Korona**.

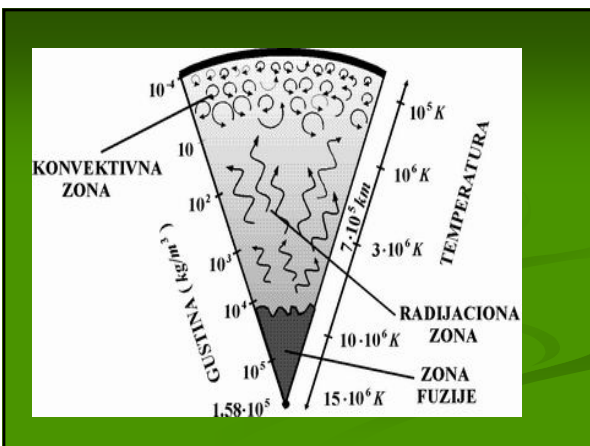
- Sunce kao i planete u Sunčevom sistemu, rotira oko svoje ose i to u periodu od 25 dana. Površina Sunca u vidljivom delu spektra se naziva **fotosfera**. Većina zračenja koja se emituje iz fotosfere, je u vidljivom delu spektra ili bliskom infracrvenom. Iznad tog sloja se nalazi Sunčeva atmosfera koja je sastavljena od vrlo vrućih gasova, koja je propusljiva za zračenje u vidljivom delu spektra i emituje zračenje na X i ultraljubičastim talasnim dužinama.



- **Hromosfera** je gasoviti sloj koji se nalazi iznad fotosfere u Sunčevom omotaču. Možemo je videti kao svetleći prsten za vreme pomračenja Sunca.
- **Korona** je treći sloj u Sunčevom omotaču. Kao i hromosfera može se videti samo za vreme pomračenja. Proteže se na udaljenosti od nekoliko Sunčevih prečnika.
- **Fakule** su svetle oblasti u fotosferi. Vezane su sa slabim magnetnim poljima i sjajnije su od okolne fotosfere u proseku za 20%. Vizuelno ih možemo posmatrati samo blizu rubova diska, zahvaljujući zatamljenju rubnih delova diska što dovodi do pojačanja kontrasta. Fakule su tesno povezane sa pegama. Sve pege se javljaju u fakularnim poljima, mada postoje fakule bez pega. Životni vek fakula traje oko dva meseca, a fakule sa pegama mogu trajati i više meseci.
- **Erupcije** se mogu posmatrati u vidljivom delu spektra u izuzetnim prilikama. Vrlo snažne erupcije se javljaju najčešće u vreme visoke aktivnosti Sunca. U amaterskoj praksi, erupcije se obično uočavaju slučajno prilikom posmatranja drugih pojava na Suncu.

Unutrašnja struktura

- Nuklearnom fuzijom energija nastaje duboko u unutrašnjosti Sunca. Slojevi koji se nalaze iznad jezgra ne proizvode energiju, odnosno sva energija koju Sunce emituje nastaje u jezgru koje zauzima samo 1,6% ukupne zapremine Sunca. Energija se iz jezgra prenosi ka spoljašnjosti kroz dva sferna sloja koja okružuju jezgro. Unutrašnji sloj naziva se **radijaciona zona**, a spoljnji **konvektivna zona**.
- Nastala toplota se može prenositi sa jednog mesta na drugo na tri različita načina: zračenjem (radijacijom) i konvekcijom (slika). Konvekcija je provođenje koje nastaje mešanjem toplih i hladnih masa neke tečnosti ili gasa. Zračenje je prenošenje energije posredstvom elektromagnetnog zračenja.
- U oblastima gde se odvijaju nuklearne reakcije, tj. u jezgru, energija se najvećim delom prenosi zračenjem. Temperatura jezgra je ogromna što dovodi do potpune jonizacije svih atoma koji se u njemu nalaze, što omogućava nastalom fotonima γ -zraka da se potpuno neometano kreću. U ovom potpuno jonizovanom gasu apsorpcija fotona je vrlo retka, ali često dolazi do rasejavanja γ -fotona na slobodnim elektronima. Svakim procesom rasejavanja ili retke apsorpcije fotoni gube deo energije i njihova frekvencija se smanjuje kako se penju ka gornjim slojevima.



- Prenos energije zračenjem odvija se i u radijacionoj zoni. Ova zona se prostire na rastojanju od 0,25 do 0,85 poluprečnika Sunca. Udaljavajući se ka površini temperatura u ovoj zoni postepeno opada. Na većim dubinama radijacione zone pad temperature je sporiji ali u njenim višim oblastima temperatura opada vrlo brzo. U blizini gornje granice ove zone temperatura je dovoljno opala da gas prestaje da bude potpuno jonizovan. Idući ka površini Sunca, prvo se pojavljuju neutralni atomi helijuma a zatim vodonika (energija prve jonizacije helijuma je 24,59 eV a vodonika 13,6 eV).
- **Konvektivna zona** – gasovi su dovoljno hladni i postoji dovoljno veliki gradijent temperature za javljanje veza. Gasovi su manje jonizovani i zbog toga imaju veću mogućnost da apsorbuju fotone koji se pojavljuju iz radijativne zone. U ogromnim petljama gasovi prenose energiju do fotosfere, vidljive površine Sunca. Gubeći energiju na fotosferi sada relativno hladniji gasovi počinju dug pad nazad do donjeg dela konvektivne zone, da bi proces ponovo počeo.

☐ Spoljašna struktura Sunca ☐

***Granule** su ogromne ćelije vrellog gasa, raširene celom fotosferom, izuzev na pegama. Skoro 2 puta jače od oluje na Zemlji, svaka granula pomaže u prenosu energije iz konvektivne zone u svemir. One nisu dugog veka: svaka od njih traje od 8-10 minuta. Za to vreme, gas koji se rađa iz granula "pada" brzinom od 0,5 km/s, krećući se vertikalno do visine od 26 km.

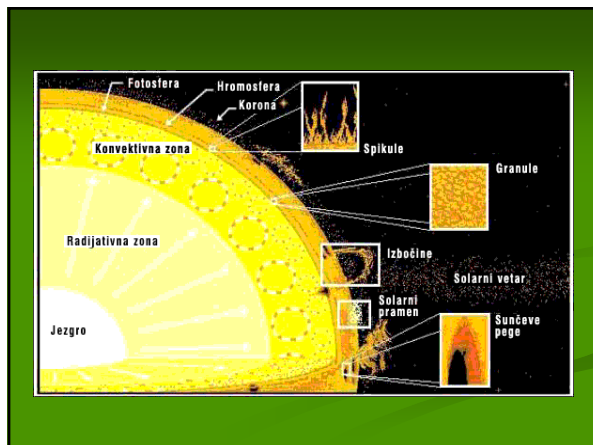
***Spikulje** se rdaju u gornjoj hromosferi i uzdižu kao gasni pramenovi, dosežući do korone. Ove spikulje traju najviše 10 minuta, kreću se uvis brzinom od 20 km/s (oko 2 puta brže od 1. kosmičke brzine na Zemlji). Izbijajući do visine od 16.000 km, spikulje se ne javljaju slučajno.

***Sunčeve pege** su prvi put posmatrane 300 godina pre nove ere. One su relativno hladniji delovi površine Sunca. Na 4.500°C one i dalje svetle sjajnije i toplije od acetilenske baklje. Toplija **penumbra** okružuje tamniju **umbru**. Pege su površine intezivnog magnetnog polja i često formiraju grupe. Neke grupe su magnetno bipolarne, imaju severni i južni pol.

Najprihvatljivija teorija o nastanku pega odnosi se na magnetno polje Sunca. Magnetne linije sila kreću se od severnog do južnog pola, ali zbog specifičnog načina rotacije Sunca (ekvator ima veću ugaonu brzinu od polova) magnetne linije sila počinju da skreću. Posle velikog broja rotacija,

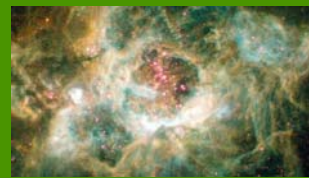
magnetne linije su toliko deformisane da se konacno kidaju. Prelamajući se kroz fotosferu, formiraju grupe pega. Ponekad je ovo kidanje magnetnih linija tako veliko da je moguće formiranje velikih i dugotrajnih pega. Naravno, pege su jedan od najznačajnijih oblika fotosferske aktivnosti Sunca. Zbog velikog sjaja fotosfere i malih dimenzija u odnosu na Sunčev disk, pege se na Suncu izuzetno retko mogu videti golim okom i to u slučaju kada su zaista velike, sa dijametrom preko 40 000 km.

***Solarni vetrovi** – su snopovi naelektrisanih čestica. Iza atmosfere Sunca konstantno duva vetar atoma, naletima od 3 miliona km/h. To je solarni vetar. On prolazi i pored orbite Zemlje. Prilikom nastanka ovog vetra Sunce izbacuje 3.000 t mase u svemir svakog sata.



☐ Kako je nastala zvezda zvana Sunce? ☐

■ Nastala je u sazevžđu Orion koji se vidi na severnoj hemisferi tokom zime. Hiljadama godina, oblik je podsećao ljude na osobu sa jednom uzvišenom rukom koja nosi pojas. Ako pogledate ispod pojasa, ugledaćete četiri svetlo plave zvezde zvane **Trapezium**. Ako pogledate teleskopom, pojavljuje se mutan oblak zvan Orionova magla. Ove zvezdane jaslje su nezamislivo velike, a grudvast oblak hladnog gasa i prašine se pretvara u stotine novih zvezda. Gas je uglavnom sačinjen od vodonika. Unutar oblaka se nalaze stotine kondenzovanih, hladnih grudvastih oblika gasa i prašine.



Slika: Sazvežđe Orion

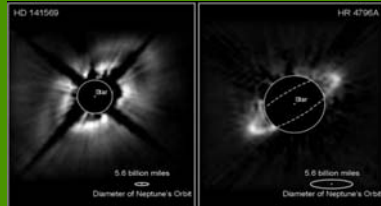
■ Može se videti mnogo takvih oblasti u Kosmosu gde se formiraju zvezde. Čini se da se zvezde, poput ljudi, rađaju u porodicama. Postoji "stari" vodonikov gas koji je povezan sa stvaranjem Svemira. Postoje gas i prašina koje je naša galaksija "ukrala" od njenih susednih galaksija, poput "Magelanove struje", struje gasa oduzete od Velikog Magelanovog Oblaka. I postoje gas i prašina iz predhodnih generacija zvezda. Kada zvezde umru, one oduvaju veliki deo materijala u svemir, gde se pak on može formirati u nove zvezde. Zvezde u galaksiji su savršeni "reciklažu": koriste gas i prašinu svaki put ponovo. Kada su se masivne grudve hladnog gasa i prašine srušile, nuklearne sile su započele svoj deo posla. Težina svog tog gasa i prašine je stvorila veliki pritisak i gustinu u centru, a trenje padajućih čestica je oslobodilo toplotu. Kada je temperatura u jezgru dostigla par miliona stepeni, vodonikovi atomi su započeli fuziju, stvarajući atome helijuma. To je oslobodilo energiju pa se povećao pritisak i još više atoma se povezalo, i tako u krug. Nastala je lančana reakcija koja će trajati milijardama godina. Spoljašnji pritisak stvoren ovom nuklearnom fuzijom je bio različit unutrašnjem pritisku gravitacije i kada se ove dve veličine ponište, prvobitna grudva prašine i gasa se prestaje rušiti. Astronomi misle da je ovaj proces trajao oko 100 miliona godina. I Sunce je bilo rođeno. Iako je prvobitno Sunce "uisisalo" većinu gasa i prašine iz prvobitne grudve, neki delovi su ipak ostali. Kako je taj dodatni materijal rotirao oko centra, centrifugalna sila ga je sprečila da padne na centar.

■ Umesto toga, on se spljoštio u vrtložni disk. Unutar tih diskova, istraživači smatraju, da se mrlje materijala nagomilavaju zajedno, u malim telima koja zovemo planete, asteroidi i komete.



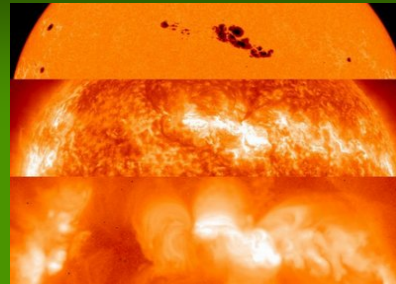
Slika: Mrlje materijala

- Zavisno od veličine prvobitne skupine gasa i prašine, proces zvezdanog stvaranja može stvoriti različite vrste zvezda. Mala skupina nikada ne razvije dovoljno pritiska i temperature da započne nuklearnu fuziju. Ona je predodređena da mora ostati tamna, zvezda poznatija kao **smeđi patuljak**. Velika skupina postaje velika zvezda, tako vruća i svetla da izgori za svega par desetaka miliona godina. Srednje velika skupina, postaje osrednja zvezda, kao što je naše Sunce. Ovo je svakako dobro: da je Sunce mnogo manje, Zemlja bi bila mračan i mrtav svet, a da je Sunce veće, Zemlja bi bila spržena. Iz proučavanja stena, fosila i Antarktičkog leda, naučnici misle da je Sunce tokom vremena malo posvetlilo.



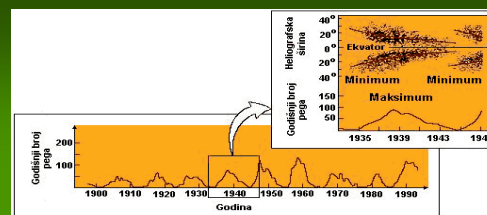
Slika: Smeđi patuljak

Slika: faze razvijanja Sunca



4) Ciklusi Sunčeve aktivnosti

- Kao što znamo, i drevni narodi su naslućivali aktivnost Sunca, zatim su vremenom posmatrali Sunce i koristili neka saznanja u astronomiji i astrologiji.
 - Aktivne oblasti**
- Pege su relativno mirni aspekti Sunčeve aktivnosti. Međutim, u fotosferi koja ih okružuje povremeno dođe do vrlo snažnih erupcija u kojima se izbacuju ogromne količine čestica u okolnu koronu. Mesta na kojima se odigravaju te snažne eksplozije poznate su kao aktivne oblasti. Kao i svi drugi oblici solarne aktivnosti i ovi fenomeni takođe prate solarni ciklus, najčešće su i najsnažniji u periodima maksimuma aktivnosti. Pege su takođe deo ciklusa Sunčeve aktivnosti. Pojavljivanje i nestajanje pojedinačnih pega na Suncu nije jedina promena. Takođe se periodično menja i njihov ukupan broj. Na osnovu nekoliko vekova posmatranja zaključeno je da postoje takozvani ciklusi pega. Na slici dole graficom je prikazan broj vidjenih pega svake godine XX veka.



- Broj pega dostiže svoj maksimum, u proseku, svakih 11 godina, a zatim se smanjuje skoro na nulu pre nego što ciklus ponovo počne. Menjanjem ciklusa menja se i heliografska širina na kojoj se pege javljaju. Pojedine pege se ne pomeraju niti gore, ali nove pege se pojavljuju bliže ekvatoru od prethodnih kako je ciklus sve bliži svom maksimumu.

- Indeks solarne aktivnosti, koji karakteriše relativan broj, pega je **Volfov relativan broj**. On se određuje formulom

$$W = k (N1 + 10 N2)$$

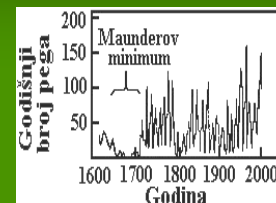
gde nam $N1 + 10 N2$ predstavlja broj solarne aktivnosti, u ovoj formuli $N1$ predstavlja broj pojedinačnih pega (koje se vide na Sunčevom disku u trenutku određivanja Volfvog broja), a $N2$ predstavlja broj grupa pega, dok je

k redukcioni faktor za korišćeni teleskop. Vrednost faktora k , zavisi od kvaliteta instrumenata i atmosferskih uslova pri posmatranju.

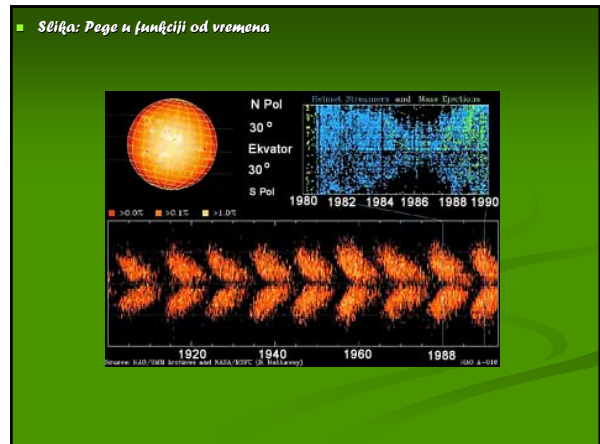
Od 1981. godine Volfov relativan broj poznat je i kao međunarodni Sunčev broj, $R1$.

Maunderov minimum - trajao je od 1645. do 1715. god. Ovaj period je u Evropi poznatao "mini ledeno doba". Naziv je dobio po tome što je praćen hladnim i dugim zimama. Za ovih sedamdeset godina detektovan je mali broj pega. U doba Maunderovog minimuma nije samo broj pega bio mali već je i korona Sunca za vreme pomračenja bila slabo izražena. Mnogi astronomi smatraju da su minimumi uzrokovani promenama u konvektivnoj zoni, ali ovakvo ponašanje naše zvezde i dalje ostaje tajna.

Slika: Maunderov minimum



- Na početku svakog ciklusa, u vreme minimuma aktivnosti Sunca, moguće je videti samo nekoliko pega. One se tada, najčešće nalaze u dve uske zone, severno i južno od ekvatora, na širinama od 25° do 30°. Približno četiri godine kasnije, u vreme solarnog maksimuma, broj pega je znatno porastao. Pega se tada nalaze u pojasu od 15° do 20° stepeni severno i južno od ekvatora. Konačno, na kraju ciklusa, ukupan broj pega je opet mali, a većina pega se nalazi u pojasu od 10° oko ekvatora. Prva godina novog ciklusa se poklapa sa poslednjom godinom prethodnog ciklusa.
- Ciklus pega je, ustvari, samo polovina dvadesetdvo godišnjeg ciklusa aktivnosti Sunca. Tokom bilo kog ciklusa pega svi parovi pega, koji se nalaze na istoj hemisferi, imaju isti polaritet magnetnog polja, dok parovi na drugoj hemisferi imaju suprotan polaritet. Međutim, ova orijentacija se menja nakon ciklusa od 11 godina. Period od 11 godina je vreme koje je potrebno da magnetno polje Sunca potpuno promeni svoj polaritet. Treba pomenuti da ove promene ne moraju da se odvijaju na obe polulopte istovremeno. Teorija predviđa da intenzitet polja treba da raste do maksimuma, a zatim da padne na nulu, i onda proces počinje ponovo. Upravo ovakva periodičnost promene magnetnog polja registrovana je na Suncu. Aktivnosti na površini Sunca, npr. ciklus pega, prate promene jačeg magnetnog polja. Promena broja pega i njihove migracije ka manjim heliografskim širinama posledica su javljanja magnetnog polja.



□ **Protuberance** □

- Protuberance mogu biti različitih oblika i veličina. Ponekad se i spikule mogu smatrati malim protuberancama. Temperatura protuberanci je niža od okoline i iznosi oko 10.000 K, ali gustina gasa u njima je velika pa su zbog toga sjajnije. Protuberance u proseku traju oko tri Sunčevih obrta, ali u prošlosti su zabeležene protuberance koje su trajale i po nekoliko godina. Stabilnost oblika protuberance i njeno opstajanje u sredini korone, mogu opstati jedino ukoliko je pritisak gasa protuberance jednak pritisku okoline. Pritisak gasa je jednak proizvodu gustine i temperature tog gasa, pa prema tome koliko puta je veća gustina gasa protuberance, toliko puta je njegova temperatura manja u odnosu na okolnu koronu. Prosečna gustina supstance u protuberanci je oko 100 puta veća od gustine okolne korone. Možda najbitnija karakteristika protuberanci je da na kretanje supstance unutar njih presudan uticaj ima magnetno polje. Ustvari, može se reci da one predstavljaju materijalizaciju magnetnog polja iznad aktivnih oblasti. Protuberance uvek mogu da se posmatraju pomoću filtera u svetlosti spektralnih linija vodonika, helijuma i kalcijuma. Za vreme totalnog pomračenja Sunca mogu se videti i u beloj svetlosti.

Protuberance

- Najveći broj protuberanci javlja se u obliku mirnih protuberanci. Ove protuberance su dugotrajne i mogu se videti na svim heliografskim širinama. Prosečna dužina ovih protuberanci iznosi oko 200.000km, a u ekstremnim slučajevima one mogu da imaju dužinu i 1.900.000km. Ove protuberance mogu se popeti do visine od oko 50.000km, dok im širina ne prelazi 6.000km. Sastoje se od niti čiji su prečnici oko 1.000km. Tipična temperatura mirnih protuberanci je oko 15.000 K. Oblik ovih protuberanci je sličan mostovima. Pored mirnih javljaju se i aktivne protuberance. **Aktivne protuberance** karakterišu vrlo brzi razvoj (između deset minuta i nekoliko sati). Mali broj aktivnih protuberanca nastaje kao rezultat podizanja hromosferskih masa, dok one većinom nastaju kondenzacijom u koroni i spuštanjem naniže u hromosferu. Kretanje masa odvija se duž linija magnetnog polja, a brzine su reda veličina od nekoliko stotina kilometara u sekundi. Kod mirnih protuberanci takodje se javljaju nagla pojačanja aktivnosti koja traju po nekoliko sati. Prosečna temperatura gasa u aktivnim protuberancama iznosi oko 25.000K. U oblastima gde se nalaze pege javljaju se tzv. **eruptivne protuberance**. Za razliku od prethodnih tipova, protuberance ovog tipa dostižu vrlo velike visine, čak i preko milion kilometara. Najviše javljaju se u obliku luka koji se brzo povećava, pa, nakon pucanja luka, materijal pada nazad u hromosferu.

- Sledeća grupa protuberanca su tzv. **protuberance Sunčanih pega**. One su uvek vezane za grupe pega. Njihovi oblici strogo prate linije jakih magnetnih polja i zbog toga se kada su na rubu Sunca, vide u obliku petlji.
- Slika: ova bela tačkica predstavlja Zemlju u odnosu na Sunce**

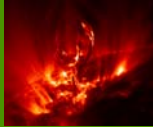
□ **Eksplozije u hromosferi** □

- Jedan od najznačajnijih oblika Sunčeve aktivnosti su eksplozije u hromosferi. To su iznenadni i kratkotrajni procesi u kojima dolazi do velikog pojačanja intenziteta zračenja u ograničenim oblastima fotosfere. Ove eksplozije nastaju kao rezultat naglog oslobađanja magnetne energije i njenog prelaska u kinetičku energiju, toplotu i svetlost. Pre nastanka eksplozije dolazi do pojačanja zračenja jonizovanog gasa korone. Zatim, u trajanju od oko jednog minuta, dolazi do ubrzavanja elektrona, što je praćeno rendgenskim zračenjem većom energija.

Slika: eksplozija u hromosferi

- Eksplozije su vrlo složene pojave, koje se odigravaju celom dubinom atmosfere. Energija koja se oslobađa u jednoj eksploziji nekad može da se poredi sa celokupnom energijom koju celo Sunce zrači u jednoj sekundi. Oko 20% energije, oslobodjene u eksplozijama, emituje se u optimalnom delu elektromagnetnog spektra. Preostali deo odlazi na UV, X i radio zračenje, kao i na zagrevanje i izbacivanje oblaka jonizovanog gasa (plazma), koji se kreće kroz koronu u međuplanetarni prostor brzinom do 1.500km/s. Pojedine čestice oblaka dostižu i brzine skoro jednake brzini svetlosti, pa takve čestice do Zemlje stižu skoro isto kad i svetlost eksplozije. Snopovi takvih čestica (elektrona i atomskih jezgara) poznati su kao Sunčevi, kosmički zraci.
- **Sunčev (solarni) vetar** je struja čestica izbačenih velikom brzinom iz gornjih slojeva sunčeve atmosfere, uglavnom elektrona i protona. Iako je ovaj gubitak mase Sunca gotovo beznačajan i gustina sunčevog vetra mala, čestice se kreću velikim brzinama i izazivaju vidljive učinke na telima u sunčevom sistemu.

Slika: sunčev vetar

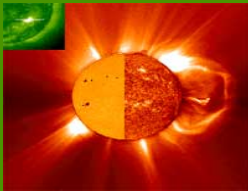


5) Geofizičke posledice Sunčeve aktivnosti

- Dugo se verovalo da Sunčeva aktivnost ne ostavlja posledice na Zemlju i njenu klimu.
- **Magnetno polje** Zemlje se može predstaviti magnetnim dipolom(dipolni karakter oblika linija magnetnog polja i osno simetrična slika magnetosfere sačuvani su u unutrašnjim slijevima). Osa magnetnog polja zaklapa ugao od 11,5° u odnosu na osu rotacije. Najviše uticaja na magnetno polje Zemlje imaju čestice iz Sunčevog zračenja(Sunčev vetar). Granica koja razdvaja magnetno polje Zemlje od perturbovanog kosmičkog magnetnog polja naziva se magnetopauza.
- **Magnetopauza** okružuje magnetosferu - magnetno polje Zemlje. Dimenzije magnetosfere mogu biti različite, a zavise od aktivnosti Sunca. U pravcu ka Suncu magnetosfera se prostire na oko 10 Zemljinih prečnika, a na suprotnu stranu od 900 do 1000 Zemljinih prečnika. Polaritet magnetnog polja Zemlje je takva da je južni magnetni pol smešten blizu severnog pola, a severni magnetni pol blizu južnog Zemljinog pola. Interesantno je da se ova polaritet menja. Istraživanja namagnetisanja materije pokazala su da se ova polaritet za vreme od 4,5 milijardi godina (od kako je Zemlja ropena) promenila više puta.

- O klimatskim promenama važno je napomenuti da se klima na Zemlji stalno menja, odnosno da se oduvek menjala. Nekada, sve do početka industrijske revolucije, klima se menjala kao rezultat promena prirodnih okolnosti i aktivnosti Sunca. Danas međutim, termin **klimatske promene** koristimo kada govorimo o promenama u klimi koje se događaju od početka dvadesetog veka. Promene koje su registrovane prethodnih godina, smatra se da su nastale kao rezultat čovekovih aktivnosti a ne kao posledica prirodnih promena u atmosferi.

Slika: geomagnetsko polje na Zemlji



- Osnovne geomagnetske posledice pojačane Sunčeve aktivnosti su:
- **Mogeli Dilindzerov efekta**, koji se ogleda u naglom prekidu radioveza na frekvencijama 5-20 MHz(talasnim dužinama15-60 m), na dnevnoj polulopti Zemlje.
- **Popov prekid** refleksije od jonosferskih slojeva i pojačanje apsorpcije radio zračenja kosmičkih izvora na talasnim dužinama $\lambda = 10-15$ m .
- **Naglo pojačanje šumova ili signala** jako udaljenih stanica,koje emituju na velikim talasnim dužinama tj. $\lambda > 10$ km.
- **Snižavanje visine D sloja**. D – sloj nalazi se između 60 km i 80 km visine. Nastaje zbog upijanja Sunčevog ultraljubičastog zračenja pa je u vezi s tim izraziti dnevni hod: D – sloj slabi i potpuno nestaje preko noći. D – sloj je slabiji od ostalih slojeva jonosfere. Međutim, kako reflektuje druge radio-talase (a upija srednje i kratke) to utiče na čujnost radio stanica koja je tokom dana osetno slabija, a tokom noći je znatno bolja jer D – sloja nema (zato se noću čuju i neke udaljene radio stanice koje se tokom dana ne mogu čuti). U razdobljima pojačanoga Sunčevog zračenja usled pojačane aktivnosti na Suncu (Sunčeve pjege; svakih 11 godina) može doći do potpunog prekida prijenosa emisija koje emituju radio stanice na srednjim i kratkim radio-talasinama.
- **Pojačanja maki** komponente kosmičkog zračenja detektovanog na površini Zemlje.
- **Magnetne bure**, koje nastaju najkasnije dva dana, a najčešće 17 do 21 h, od eksplozije na Suncu.
- **Furbušov efekat**, koji se manifestuje u slabljenju (od 5 do 10 dana) kosmičkog zračenja posle početka magnetnih bure.

- Prva četiri efekta su povezani sa Sunčevim elektromagnetnim zračenjem, jer oni počinju kada se uoči eksplozija na Suncu.Tada dolazi do dodatnog vršenja jonizovanja ultraviolet i rendgenskih zraka u gornjim slojevima atmosfere.
- Poslednja četiri efekta su u značajnoj vezi sa korpuskularnom emisijom za vreme eksplozije na Suncu. Nakon eksplozije, do Zemlje prvo stiže pojačano elektromagnetno zračenje. Sunčevi zraci, čije čestice imaju energiju od 106 do 1010 eV i kreću se različitim brzinama, pa dospevaju za 1 sat od početka eksplozije, od Sunca do Zemlje.
- **"Magnetne bure"** praćene su porastom intenziteta geomagnetnog polja.U vremenskom intervalu od jednog časa. Za vreme bure najviše se menja horizontalna komponenta geomagnetnog polja,dok se vertikalne komponente magnetnog polja malo menjaju.
- Magnetne bure traju od nekoliko časova do dan-dva.Najčešće se odvijaju u tri faze.
- U prvoj fazi : dolazi do naglog, ali, i kratkotrajnog rasta intenziteta magnetnog polja što se može registrovati sa raznih tačaka Zemljine površine. Počinje da dolazi do većeg sabijanja magnetosfere na dnevnoj strani.Nekoliko časova posle bure,intenzitet polja naglo i brzo počinje da opada što traje nekoliko sati,pa čak i nekoliko dana.
- Dok u glavnoj fazi : na magnetno polje Zemlje superponira se magnetno polje ogromne kružne struje nastale od naelektrisanih čestica u jonosferi.Ovo polje je može biti dosta velikog intenziteta, pa čak i suprotno orijentisano od geomagnetnog polja.

- Završna faza : drugačije nazvana **'faza smirivanja'**. U ovoj fazi intenzitet geomagnetnog polja počinje postepeno da raste,dok ne dostigne vrednost koju je posedovao pre početka bure.
- **"Pulsacija magnetnog polja"** je posledica Sunčeve aktivnosti i dovodi do njihovog znatnog oslabljenja.To je vremenska varijacija geomagnetnog polja u frekventnom opsegu od nekoliko desetina herca do nekoliko miliherca(mHz).Pulsacije mogu biti stabilne ili regularne(sa pravilnom kvazisinusoidalnom formom) i iregularne (sa nepravilnom formom i širokim frekventivnim opsegom).Uglavnom se pojavljuje u serijama i traje po desetak minuta,sa dužim prekidima.
- **Polarna svetlost**, rezultat je električnih pražnjenja na noćnom nebu Severnog i Južnog pola. U fizičkom smislu, izazivaju geomagnetske oluje, posledice mnogo većih oluja na Suncu koje šalju talase jonizovanih čestica u svemir. Zemljino magnetno polje odbija većinu tih čestica, ali poneki talas uspeva da se probije, izazivajući svetlosne bljeskove iznad polova. U redim slučajevima, dolazi i do poremećaja u visokonaponskim električnim mrežama i telekomunikacijama između Zemlje i svemirskih letelica u orbiti oko nje.
- **Jonosfera ili termosfera** se nalazi u sastavu atmosfere i sadrži jone. U ovom sloju pod uticajem Sunčevog vetra stvara se polarna svetlost.Temperaturu raste i do visine 400 km.

6) Zaključak

- Naučnici koji se bave proučavanjem sunca predviđaju da će naredni ciklus intenzivne sunčeve aktivnosti biti 30 do 50 % snažniji od prethodnog. Sunce je samo jedna od preko 100 milijardi zvezda u našoj galaksiji. Ni po veličini, ni po sjaju, ni po ostalim osobinama Sunce se ne ističe među zvezdama. Bez obzira na to, zahvaljujući njemu, Sunce je dalo život našoj planeti, i bez njega on ne bi mogao da opstane. Toga su bili svesni i drevni narodi, tako da gotovo i nema civilizacije u kojoj Suncu nije pripisivan božanski karakter. Nekada je verovanje u Sunce bila jedina nada i vera da nešto može u prirodi da se promeni. Danas je to drugačije, u većini slučajeva Sunce koristimo za pravljenje natalnih karti, gajenje voća, povrća, dobijanje preplanulog izgleda. Međutim, Sunce danas nije zdravo za prekomerno izlaganje kože. To nam pokazuje ova slika.

Slika: kada i šta upotrebljavati kao zaštitu od Sunca



- Sunce je zvezda Sunčevog sistema, spektralnog tipa G2, površinske temperature oko 5700 K. U spoljašnju strukturu Sunca ulaze sunčeve pege i solarni vetrovi. Aktivne oblasti Sunca kao i protuberance su takodje deo Sunca. Geofizičke posledice Sunčeve aktivnosti su svakako Mogel – Dilindžerov efekat, Forbušov efekat, polarne svetlosti, magnetne bure itd.
- Svakako treba paziti okolinu i paziti na Sunce jer njegove aktivnosti su nama potrebne za život.