

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 26 (1998/1999)

Številka 2

Strani 80-83

Mirjam Galičič:

O NAM NAJBLIŽJI ZVEZDI – 1. del

Ključne besede: astronomija, Osončje, Sonce, sončne pege, helioseizmologija, nevtrini, korona, Sončev veter, Sončev dinamo.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/26/1367-Galicic.pdf>

© 1998 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

O NAM NAJBLIŽJI ZVEZDI – 1. del

Če ste ob naslovu pomislili na 4.2 svetlobnih let oddaljeno zvezdo α Cen (Alfa Kentavra), ste v zmoti! Nam zares najbližja zvezda je skoraj tristo tisočkrat bliže – to je naše Sonce. Sonce je ena izmed povprečnih in navadnih zvezd, kakršnih je v Galaksiji na milijarde. Vendar pa je ključnega pomena za Zemljane, saj je po srečnem naključju Zemlja na ravno pravšnji oddaljenosti od *Sončeve peči*, da ugodna temperatura omogoča življenje na njej. Na kratko in le opisno bomo predstavili nekaj poglavij sodobne *solarne astronomije*, kakor pravimo delu astronomije, ki se ukvarja s Soncem. Mnogim, ki jih astronomija sicer zanima in privlači, se včasih zdi opazovanje našega Osončja manj zanimivo od na primer galaktične astronomije ali kozmologije. V resnici pa je tudi solarna astronomija še polna nerešenih in nadvse zanimivih vprašanj.

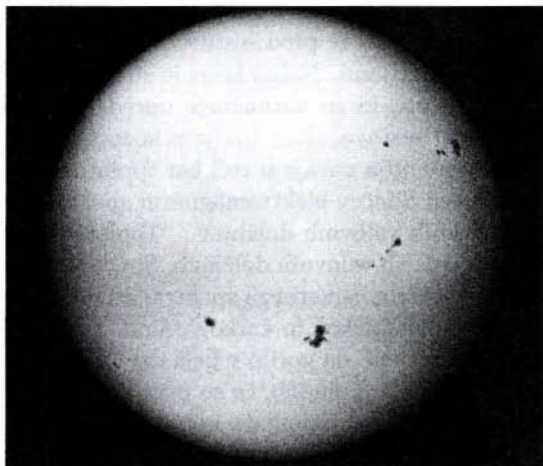
Praden začnemo naštevati še nerešena vprašanja solarne astronomije, navedimo nekaj podatkov in kratek fizikalni opis pojavov, ki potekajo na Soncu in v njem.

Sončeva masa znaša $2 \cdot 10^{30}$ kilogramov ali 333 000 mas Zemlje. Ker je v astronomiji še mnogo tako ali bolj masivnih objektov, se je zdela prav masa Sonca primerna enota, tako da mase drugih objektov skoraj vedno izražamo v masah Sonca (oznaka M_{\odot}). Sončev polmer je 700 000 kilometrov, torej 109-krat večji od Zemljinega. Povprečna gostota Sončeve snovi je 1.4 g/cm^3 , snov v srediču pa je več kot stokrat gostejša. Temperatura na Sončevi površini je 5800 K, v sami srediču pa dobrih petnajst milijonov K. Sonce je sestavljeno iz koncentričnih plasti, vendar pa pri zunanjih atmosferskih plasteh ne moremo več govoriti o pravilnih oblikah krogelne lupine. Centralni del Sonca, sredico, v kateri se vodikovi atomi zlivajo v atome helija, obdaja področje, preko katerega se pri jedrskih reakcijah nastala energija prenaša navzven s sevanjem. To področje, s tujko mu pravimo radiacijska cona, obdaja konvekcijska plast. Sledi tanka fotosfera, le-to pa obdaja kromosfera, ki že predstavlja prvo atmosfersko plast. Zunanji del Sončeve atmosfere je korona, ki prehaja v medzvezdni prostor. Površino Sonca predstavlja zunanji rob fotosfere. Ta v resnici ni trdna, kot je to pri Zemlji, oziroma kot smo za površino teles navajeni. Sonce je v celoti plinasto, gostota plina je največja v središču, v smeri navzven pa se manjša. Tisto, čemur pravimo Sončeva površina, je le meja med ti. optično gostim in optično redkim plinom za vidno svetlobo. Skozi optično redke plin lahko vidimo, skozi optično gostega pa ne, zato se nam meja med obema zdi kot nekakšna trdna površina. Ko gledamo svetlo Sončevo površino, gledamo fotosfero, čudovito Sončevo atmosfero pa lahko opazujemo med sončnim mrkom, ko svetlo Sončevo površino zakrije Luna (slika na III. strani ovitka).

Izvor Sončeve energije so že pred šestdesetimi leti po večini fizikalno pojasnili z jedrskimi reakcijami. Nekaj kasneje so sledili še podrobni modeli o Sončevi notranjosti, ki so natančneje opredelili temperaturo, gostoto, tlak in kemijsko sestavo. Ker ljudje s kožo čutimo Sončevo "toploto", smo namesto energija navajeni reči kar toplota, medtem ko astronomi preučujejo celoten Sončev elektromagnetni spekter in zato govorijo o energiji pri posameznih valovnih dolžinah. "Toplota" predstavlja energijo, izsevano pri infrardečih valovnih dolžinah, Sonce pa danes opazujemo na širokem področju elektromagnetnega spektra, od dolgih radijskih valov pa do kratkih rentgenskih žarkov in žarkov gama. Če bi Sončevo gorivo gorelo tako, kot smo navajeni, da gorijo v peči drva ali premog, bi namreč že zdavnaj ugasnilo. Seveda ni čudno, če so prva ugibanja o tem, kaj gori v "Sončevi peči", kot možnost omenjala ravno to, kemijsko gorenje. Na osnovi te ideje se da oceniti, koliko časa bi lahko Sonce "gorelo" na tak način. Ta čas je bistveno manjši od starosti najstarejših fosilov, najdenih na Zemlji, Zemlja pa mora biti mlajša ali kvečjemu približno tako stara kot je Sonce. Torej mora biti gorenje drugačno, mnogo bolj učinkovito. Pri jedrskih reakcijah se v skladu z znano Einsteinovo enačbo masa pretvarja v energijo, vendar ne v celoti: pri vsaki reakciji se v energijo spremeni 7/10 odstotka mase sodelujočih jeder. Tako se v Soncu vsako sekundo pretvori v energijo štiri milijone ton snovi, kar se sliši veliko, vendar pa je celotna Sončeva masa še mnogo, mnogo večja: v pet milijardah let, kolikor je Sonce staro, se je tako v energijo pretvorilo le nekaj desetlin promila celotne Sončeve mase.

Med zanimivimi pojavi, ki so povezani s Soncem, so najbolj znani tisti, ki jih lahko opazujemo s prostim očesom ali s pomočjo preprostejših optičnih priprav. Tak je na primer sončni mrk. Ker pa je vzrok zanj povsem geometrijske narave (in ne fizikalne), se z njim tu ne bomo ukvarjali.

Ima pa pojavljanje ti. peg na Soncu fizikalno ozadje. Pege so fotosferski pojav in jih z Zemlje vidimo kot temne lise nepravilnih oblik. Povezane so z magnetnim poljem in se pojavljajo v parih: skozi prvo, ki je kot severni magnetni pol, izstopi šop magnetnih silnic v fotosfero, skozi drugo, južni magnetni pol, pa se vanjo vrača. Vzorec peg se s časom spreminja, saj pege trajajo od nekaj ur do nekaj mesecev, nato pa polagoma izginejo. Pegasta podoba Sončevega obraza se spreminja tudi zaradi vrtenja Sonca. Ko pega zaide na enem robu Sonca, potrebuje približno štirinajst dni, da se spet prikaže na drugem robu, če se seveda vmes že ne razgradi. Dolgoletna opazovanja so pokazala, da se maksimalno število peg pojavlja na vsakih enajst let.



Črnobeli posnetek Sončevega diska, narejen s 130 milimetrskim refraktorjem. Na njem so dobro vidne sončne pege.

Na Soncu se dogaja še en zelo zanimiv pojav. Podobno kot se na Zemlji pojavljajo potresi, ki jih merijo seizmologi, se po Soncu širijo zvočni valovi. S temi se ukvarjajo helioseizmologi.¹ Zvočni val se v gostejši snovi širi hitreje kot v redkejši, torej se na poti proti Sončevi notranjosti širi vse hitreje. Zato se odklanja navzven, proti površini. Od nje se odbije nazaj v notranjost in pri tem rahlo zaniha fotosfero. Ti nihaji pa so izjemno majhni, fotosfera zaniha le za kakih 25 metrov, njena temperatura se pri tem spremeni samo za nekaj tisočin Kelvina. Tako majhne spremembe je seveda z oddaljenosti 150 milijonov kilometrov težko opaziti. Astronomi si pomagajo na dva načina: z merjenjem periodičnih Dopplerjevih premikov dobro znanih spektralnih črt in z merjenjem izjemno majhnih, a pravilnih sprememb celotnega Sončevega izseva. (Izsev (izsevana moč) v astronomiji označujemo s črko *L* (angl. *luminosity*) predstavlja na enoto časa izsevano energijo in se meri v Wattih ali J/s.) Sončevih zvočnih nihanj je na milijone, in če bi jim lahko prisluhnil, bi slišali pisano pesem vseh mogočih barv in melodij. Frekvence teh zvočnih nihanj pa so žal "infrabasovske", daleč pod slišnim pragom človeškega ušesa. Manjša kot je frekvenca vala, globlje v notranjost Sonca bo prodr. Opazovanje zvočnih valov torej nudi astronomom izjemno pomemben način za preučevanje

¹ Helios je v starogrški mitologiji sončni bog, ki se zjutraj vzpenja iz Okeana na nebo z bleščečo sončno vprego, v katero so vpreženi štirje iskrni konji, zvečer odhaja spet v Okean. Od tod tudi pride ime za kemijski element helij, katerega so najprej odkrili na Soncu, v spektru Sončeve svetlobe.

Sončeve notranjosti, ki je ne moremo neposredno videti. Širjenje zvočnih valov po snovi je odvisno od njene temperature ter gostote in kemične sestave. Opazovanja izbranega vala tako primerjajo z napovedmi, ki jih za našete količine dajo teoretični modeli o notranjosti Sonca. Tako so sprva z modeli napovedali nižjo hitrost zvočnih valov, kot so jo kasneje izmerili. Na ta način so ugotovili, da je snov v notranjosti optično gostejša, kot so mislili sprva, da torej bolj zaustavlja pretok energije. Z merjenjem zvočnih valov so tudi določili spodnjo mejo konvekcijske plasti. Z zadnjim odstavkom pa smo že posegli v eno od področij sodobne solarne astronomije, saj so natančna merjenja solarnih zvočnih nihanj postala pomemben in obetaven način za iskanje novih spoznanj o Soncu. Za helioseizmologijo je še posebej pomemben ameriški satelitski observatorij SOHO (solarni in heliosferični observatorij), ki so ga izstrelili decembra leta 1995. To je naj sodobnejši solarni observatorij doslej, kroži na oddaljenosti približno enega odstotka poti do Sonca, njegova orbita pa je izbrana tako, da lahko opazuje Sonce 24 ur na dan in 365 dni na leto.

Prihodnjic pa o manj znanih lastnostih Sonca.

Mirjam Galičič

Posnetek Sončeve korone ob zadnjem popolnem sončnem mrku. Viden je bil 24. oktobra 1995, in sicer s pasu, ki se je raztezal preko Indije in Tajske.

