

Polarizacija bele korone za vreme pomračenja Sunca 11. avgusta 1999.

Snimci polarizacije korone napravljeni su tokom pomračenja Sunca 11. avgusta 1999. u Kamen Bryagu, Bugarska. Izvršena je fotometrija snimaka u cilju određivanja stepena i smera polarizacije. Rezultati su prezentovani za oblasti $1.4R_{\odot} < r < 3R_{\odot}$. Utvrđeno je da je polarizacija radijalna, a da je korona najviše polarizovana u oblastima udaljenim 1.8 radijusa Sunca od njegovog centra.

Uvod

Polarizacija svetlosti Sunčeve korone je efekat koji nastaje kao rasejanje fotona na slobodnim elektronima u unutrašnjoj, takozvanoj K koroni. Teorijski, stepen polarizacije treba da raste sa udaljenošću od Sunca, da bi na rastojanjima oko $1.5 R_{\odot}$ dostigao maksimum vrednosti od oko 40-60% (Raju, Abhyankar 1986). Nakon toga stepen polarizacije opada. Ovo se dešava usled prisustva nepolarizovane spoljašnje komponente, tzv. F korone, koja nastaje rasejanjem fotona na česticama međuplanetarne prašine. Merenje polarizacije korone služi i kao metod za određivanje gustine slobodnih elektrona (Raju, Abhyankar 1986), što omogućava da se odrede druge važne veličine koje karakterišu koronu kao što su unutrašnja energija elektronskog gasa i temperatura korone.

Sunčeva svetlost osciluje u svakoj ravni koja sadrži pravac prostiranja. Postavljanjem polarizacionog filtera (polarizatora) postiže se da svetlost osciluje samo u jednoj ravni. Takva svetlost se naziva polarizovana, a ravan oscilovanja – ravan polarizacije. Efekat polarizacije se opisuje vektorski, gde stepen polarizacije P , predstavlja intenzitet vektora polarizacije, a pozicioni ugao ϕ , ugao u odnosu na ravan polarizacije. Merenjem intenziteta korone u tri položaja polarizatora možemo potpuno odrediti vektor polarizacije. U praksi se najviše koristi metod u kom položaji polarizatora međusobno zaklapaju ugao od 60° .

Nenad Božinović (1979), Niš, Patrisa Lumumbe 4/5, student 1. godine Fizičkog fakulteta u Beogradu

Nikola Milutinović (1979), Partizani (Arandelovac), 1300 kaplara bb, student 1. godine Fizičkog fakulteta u Beogradu

Intenzitet svetlosti se, u opštem slučaju, sastoji od dve komponente: linearno polarizovane I_p , koja nastaje pri rasejanju fotona na slobodnim elektronima, i nepolarizovane I_0 . Pri tome važi:

$$I = I_p + I_0.$$

Intenzitet vektora polarizacije \mathbf{P} se definiše kao odnos polarizovane komponente i ukupnog intenziteta,

$$P = \frac{I_p}{I} = \frac{I_p}{I_0 + I_p}.$$

Nizom trigonometrijskih transformacija (Martinov 1967), koje zbog njihovog obima ne iznosimo, dobijaju se tzv. Fesenkove formule:

$$P = 2 \cdot \frac{\sqrt{I_1(I_1 - I_2) + I_2(I_2 - I_3) + I_3(I_3 - I_1)}}{I_1 + I_2 + I_3},$$

$$\varphi = \frac{1}{2} \arctg \sqrt{3} \cdot \frac{I_2 - I_3}{2I_1 - I_2 - I_3},$$

gde su I_1 , I_2 i I_3 intenziteti svetlosti pri različitim orijentacijama polarizatora. Ugao φ je dat u odnosu na prvi položaj polarizatora.

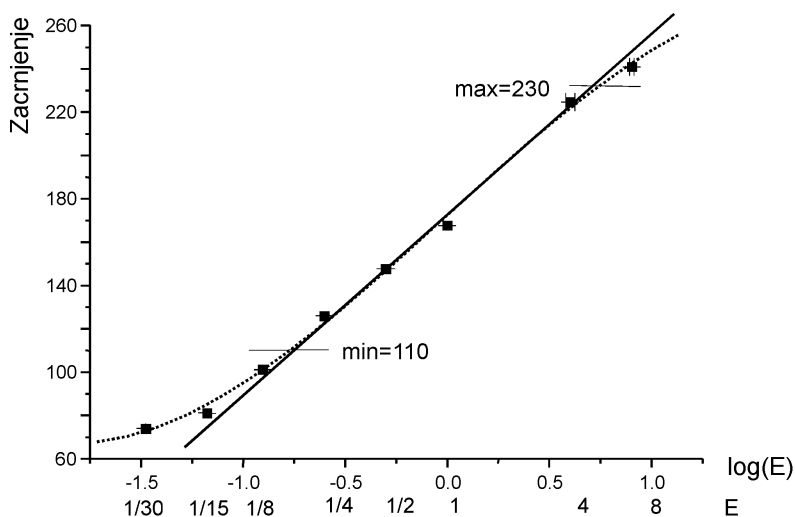
U radu je na osnovu naših posmatranja određen stepen i smer polarizacije Sunčeve korone. Ekspedicija je održana u mestu Kamen Bryag, Bugarska, na obali Crnog mora, gde je bio smešten međunarodni kamp Nacionalne opservatorije iz Varne. Mesto Kamen Bryag se nalazi blizu granice Bugarske i Rumunije, a dvadeset kilometara od centralne linije totaliteta koji je ovde trajao 2 min. 20 s. Pored snimaka korone kroz polarizator, snimana je i delimična faza pomračenja, dijamantski prsten i bela korona.

Metod

Za posmatranja je korišćen teleskop na koga je postavljen fotoapararat marke Praktica. Ispred objektiva montiran je polarizator tako da je omogućena njegova rotacija u tri položaja za ugao od po 60° . Kao objektiv korišćen je refraktor Edmunds Scientific žižne daljine 400 mm i prečnika otvora 50 mm, sa ekvatorijalnom montažom. Snimanja su vršena na filmu Fomapan osetljivosti 100 ASA. Urađeno je 9 fotografija polarizacije korone, po tri za svaki položaj polarizatora, sa ekspozicijama od 1/4, 1/2 i 1 sekunde. Filmovi su razvijani pod indentičnim uslovima, da bi potom bili skenirani transparentnim skenerom sa rezolucijom od 1000 piksela po inču.

Kako je korona neravnomerno sjajan objekat, tokom fotografisanja se dešava da neki njeni delovi budu pre- ili podeksponirani. Izborom ekspozicija od 1/4 do 1 sekunde, i kombinacijom snimaka, omogućeno je dobijanje slike cele korone. Da bi se odredili delovi snimka koji sadrže validne, tj. pravilno eksponirane podatke urađena je kalibraciju, čime je određena zavisnost između osvetljenosti i zacrnljenja na filmu.

Kalibracioni snimci su urađeni kroz istu optiku koja je korišćena pri snimanju. Uslovi pri snimanju kalibracije približno su odgovarali uslovima za vreme totalnog pomračenja. Za validne podatke uzimani su oni čija se vrednost nalazi između minimalnog i maksimalnog zacrnljenja linearnog dela krive (slika 1).



Slika 1.
Zavisnost zacrnljenja na snimku od logaritma ekspozicije.

Figure 1.
Relation between darkening on the positive and logarithm of exposure time.

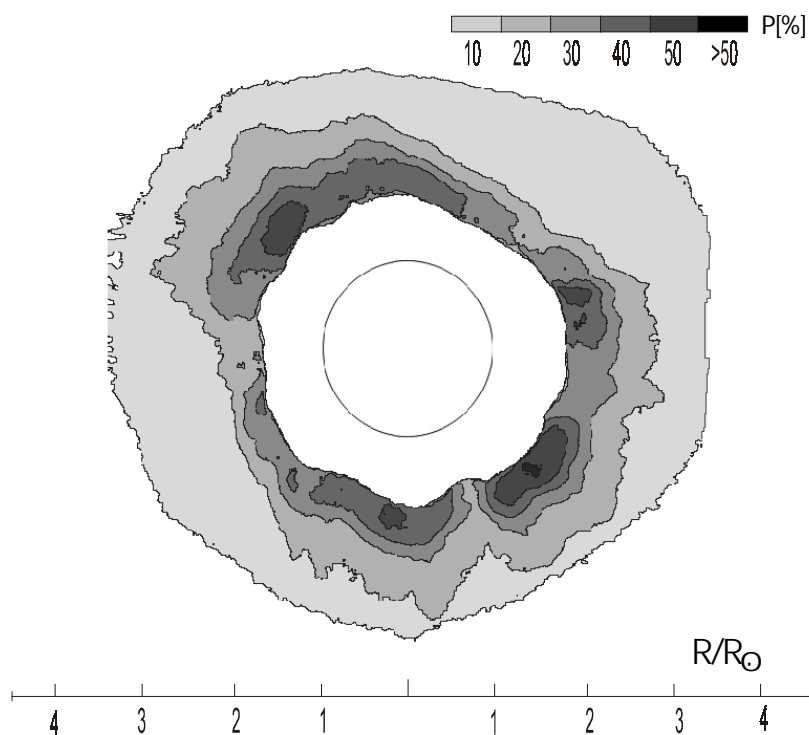
Na pojedinim fotografijama je došlo do rotacije snimaka koja je posledica nedovoljno kvalitetne montaže instrumenta. Ovakva odstupanja su iznosila do 3°. Poklapanja snimaka korone izvršena su prema njenim detaljima, tako da su koordinate incidentnih tačaka iste na svim snimcima. Skenirane fotografije su obrađene programima pisanim u Turbo Pascalu. Kompozicijom tri fotografije istih ekspozicija, dobijene su mape polarizacije odgovarajućih delova korone, da bi potom njihovom kombinacijom dobijena kompozitna slika.

Programima je urađeno usrednjavanje i određene greške za podatke predstavljene graficima na slikama 4 i 5. Usrednjavanja su vršena po koncentričnim krugovima. Nevalidni rezultati koji bi se pojavili na krugu nisu unošeni u kalkulacije za srednju vrednost. Pošto prilikom fotografisanja nije zabeležena orijentacija polarizatora, problem određivanja pravca je rešen tako što je pretpostavljeno da je polarizacija radijalna (Sykora 1977). Za pravac je uzet onaj čije su vrednosti za ϕ bile nula stepeni.

Rezultati

Snimci korone kroz polarizator u beloj svetlosti, za tri različite orijentacije polarizatora i tri vrednosti ekspozicije, dati su na slici 2. Na fotografijama se primećuje izduženje korone koje je posledica orijentacije polarizatora. Takođe, na ovim snimcima se uočava i struktura korone koja je svojstvena velikoj aktivnosti Sunca (Frideman 1986).

Mapa polarizacije korone određena je sa rezolucijom od 1%, ali je radi bolje preglednosti i lakšeg uočavanja oblasti sa većom polarizacijom ona predstavljena izolinijama sa korakom od 10% (slika 3).



Slika 2 (umetnuta strana).

Snimci korone.

Figure 2 (extra page).

Photographs of corona.

Slika 3.

Mapa intenziteta vektora polarizacije u procentima.

Figure 3.

Map of polarization factor.

Srednje vrednosti intenziteta polarizacije za celu koronu prikazane su u funkciji rastojanja od centra Sunca grafikom na slici 4. Na ovom grafiku se uočava da je maksimum polarizacije na rastojanju od 1.8 R_{\odot} od centra Sunca.

Srednja odstupanja pozicionog ugla ϕ od radijalnog pravca za oblasti korone 30° u odnosu na prvi položaj polarizatora prikazana su graficima na slici 5.

0°

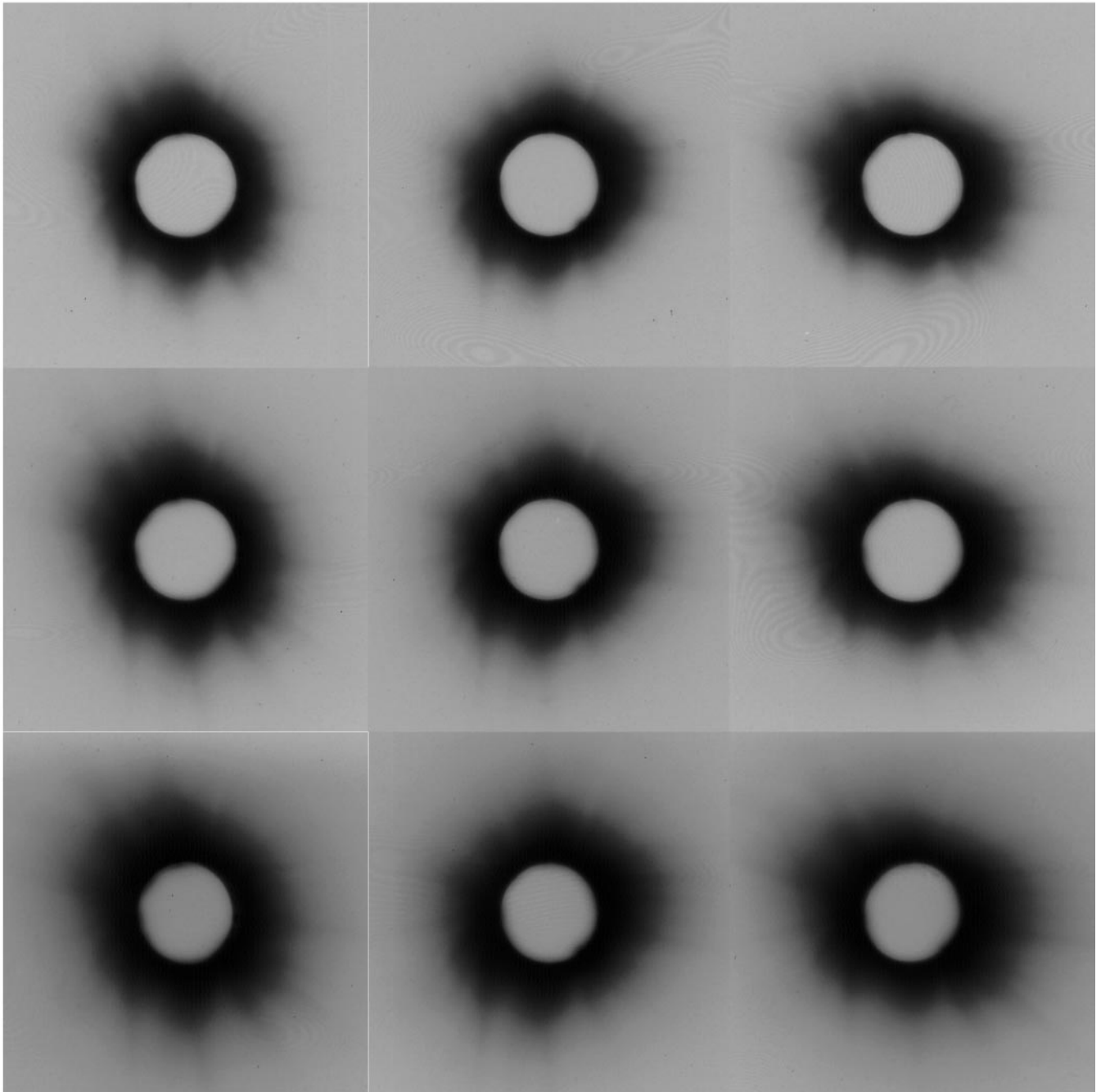
60°

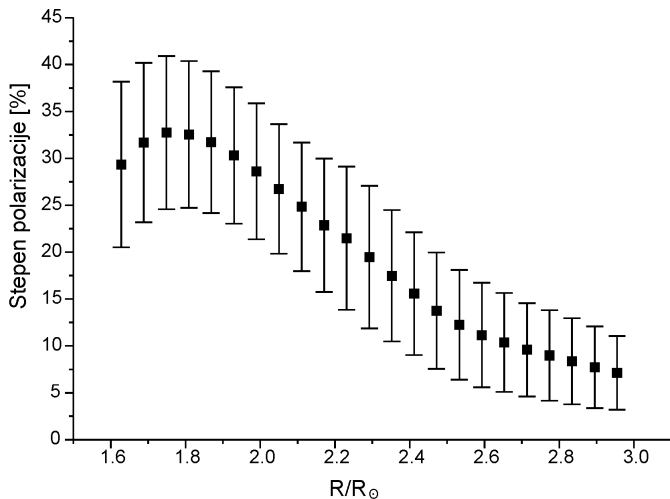
120° ORIJENTACIJA POLARIZATORA

1/4 s
EKSPOZICIJA

1/2 s

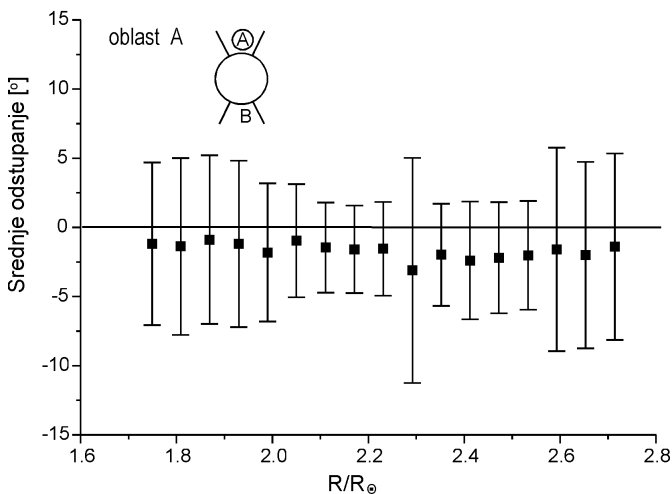
1 s





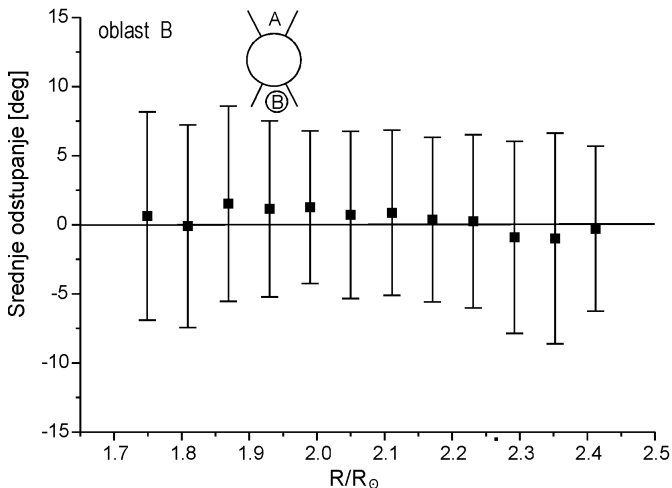
Slika 4.
Raspodela
usrednjenog stepena
polarizacije po
rastojanju od centra
Sunca

Figure 4.
Average degree of
polarization vs.
distance from center
of the Sun



Slika 5.
Srednja odstupanja
vektora polarizacije
od radialnog pravca
u oblastima A (gore)
i B (dole). Oblasti A
i B su naznačene
dijagramom.

Figure 5.
Average deviations of
polarization vector
from radial direction
in areas A (above)
and B (below).
(These areas showed
on small diagrams.)



Zaključak

Rezultati pokazuju da se vrednosti stepena polarizacije korone kreću do 50% u pojedinim oblastima, što pokazuje da je korona veoma polarizovana. Male vrednosti za standardna odstupanja od radijalnog pravca ukazuju na to da je polarizacija radijalna u oblastima A i B (slika 5), što ide u prilog činjenici da je cela korona radijalno polarizovana (Sykora 1977). Zbog nedovoljno preciznog određivanja pravca na graficima je primetna sistematska greška. Maksimum polarizacije je na 1.8 radijusa Sunca, mere no od njegovog centra. Opadanje vrednosti nakon maksimuma potvrđuje postojanje F korone.

Zahvalnost. Zahvaljujemo se dr Jelisaveti Arsenijević sa Astronom-ske opservatorije u Beogradu na korisnim savetima, kao i Dejanu Jovanoviću i Milošu Popadiću na pomoći pri izradi kompjuterskih pro-grama.

Literatura

Frideman H. 1986. *Sun And Earth*, (15th edition). New York: Scientific American Library

Martinov, D. Y. 1967. *Kurs praktičeskoj astrofiziki*. Moskva: Nauka

Raju, K. Anthony, Abhyankar, K. D. 1986. Polarization and electron den-sities in solar corona of 1980 february 16, *Bull. Astr. Soc. India*, **14**: 217-28.

Sykora J. 1977. Polarization Of the White Light Corona During the So-lar Eclipse Of June 30, 1973, *Bull. Astron. Inst. Czech.*, **28**: 321-16

Nenad Božinović and Nikola Milutinović

Polarization of White-Light Corona during Solar Eclipse on August 11, 1999

Photographs of polarized corona were taken during Solar eclipse on August 11, 1999. at Kamen Bryag, Bulgaria. Photometric measurements are done in order to determine degree and direction of the polarization. Polarization vector is determined by measuring brightness of corona ob-tained with three different directions of the polarizer (Martinov 1967).

Observations were done with photo camera 'Praktica' mounted on the telescope, with Fomopan 100ASA film. Polarizer was placed in front of the lens, so that it could be rotated in three positions, by 60 degree angle.

Edmunds Scientific refracting telescope was used, with focal length 400 mm, lens diameter 50 mm, equatorially mounted. Nine photographs of corona polarization are obtained, three for each direction of polarizer, with shutter speeds 1/4 s, 1/2 s and 1 s. Dependence between density on negative and illumination is obtained by calibration (Fig. 1).

Photographs of corona are given in Fig. 2. Elongation of corona seen is due to the orientation of the polarizer. Structure of corona which is characteristic of high Solar activity is noticed (Frideman 1986).

Corona polarization chart with isocurves in 10% steps is given in Fig. 3. Degree of polarization as large as 50% is seen in some regions, which characterizes highly polarized corona (Sykora 1977). Intensity of polarization averaged over corona as function of the distance from the center of the Sun is given on graph in Fig. 4. Maximum polarization is seen at distance of 1.8 solar radii from the center. Lower values after the maximum confirm the existence of F-corona.

Small magnitude of deviations from the radial direction points to radial polarization in areas A and B (Fig. 5). This is in agreement with the fact that entire corona is radially polarized (Sykora 1977).

