DO AS

PROMJENJIVE ZVIJEZDE TIPA UV CETI

ОСНОВНА ОРГАНИЗАЦИЈА УДРУЖЕНОГ РАДА
ЗА МАТЕМАТИКУ, МЕХАНИКУ И АСТРОНОМИЈУ
БИБЛИОТЕКА
Број: Dokt. 10/1
Датум: 25.06. 1986.

V. ČULAŠIĆ

ОСНОВНА ОРГАНИЗАЦИЈА УДРУЖЕНОГ РАДА
ЗА МАТЕМАТИКУ, МЕХАНИКУ И АСТРОНОМИЈУ
БИБЛИОТЕКА

Број: _____

Датум: _____

У В О Д

Cilj ovog rada je da na jednom mestu sakupi, sistematizuje i analizira sve postojeće činjenice o promenljivim zvezdama tipa UV Ceti, kako bi se, s jedne strane dobila što je moguće potpunija slika o problematici ovih zvezda i, s druge strane, našla, ako je moguće, bar delimična rešenja nekih problema vezanih za ove zvezde.

Promenljive zvezde tipa UV Ceti spadaju u klasu nestacionarnih zvezda u užem smislu reči. Strogo uzev, sve zvezde čiji su merljivi parametri /sjaj, temperatura, itd./ podložni promenama u toku vremena možemo da smatramo nestacionarnim. No, kako periodičnost ili cikličnost promena parametara kod nekih promenljivih zvezda predstavlja neku vrstu stacionarnosti promena, to je naziv "nestacionirane zvezde" u modernoj astronomiji rezervisan samo za one objekte kod kojih promena sjaja ima eruptivan karakter. Pri tome se pretpostavlja da se za ove erupcije ne može dokazati nikakva ciklicnost u pojavljivanju /1/. Danas se u nestacionarne zvezde uglavnom ubrajaju promenljive sledećih tipova: U Geminorum, Z Camelopardalis, T Tauri, UV Ceti, Povratne nove, Klasične nove i Supernove. Medju nestacionirnim zvezdama poseban interes predstavljaju zvezde sa slabim sjajem tj. zvezde patuljci poznijih spektralnih klasa. U ovu grupu spadaju promenljive tipa T Tauri i UV Ceti.

Interesovanje za ova dva tipa promenljivih zvezda naročito je poraslo poslednjih godina, tačnije od 1947 godine, kada je otkriveno da se zvezde tipa T Tauri nalaze u zvezdanim asocijacijama. Ovo otkriće je predstavljalo revoluciju u astronomiji, jer je značilo da se, nasuprot postojećem uverenju, i ove zvezde "poznijih spektralnih klasa" nalaze na početku svog razvojnog puta. Nepunih deset godina posle toga tj. 1956 godine utvrdjeno je da se i zvezde tipa UV Ceti nalaze u asocijacijama. No, činjenica da se ova dva tipa promenljivih zvezda pojavljuju u zvezdanim asocijacijama nije jedini razlog koji je pobudio posebno interesovanje za njih. Neobične promene sjaja ovih zvezda praćene do tada nepoznatim promenama u njihovom spektru takodje su doprinele da proučavanje ovih zvezda postane jedan od najaktuelnijih problema astrofizike, jer je postalo očigledno da one predstavljaju poseban interes za nauku kako sa tačke gledišta mehanizma sračenja zvezde tako i sa tačke gledišta kosmogonije zvezda /1, 3, 4, 5/.

Promenljive zvezde tipa T Tauri, ranije klasificirane u grupu promenljivih tipa RW Aurigae, relativno su dobro proučene, jer su poznate već duže vremena, dok su zvezde tipa UV Ceti sasvim nedovoljno proučene. Po našem mišljenju postoje, uglavnom, dva razloga što zvezde tipa UV Ceti nisu dovoljno proučene:

a/ Ovaj tip promenljivih zvezda otkriven je tek krajem 1947 godine.

b/ Karakter promena sjaja ovih zvezda je takav da je potrebno uložiti dosta truda da bi se dobilo relativno malo podataka, te se, zbog toga, veoma mali broj astronoma sistematski bavi posmatranjem i proučavanjem ovih promenljivih.

Mislimo da je ovaj poslednji razlog naročito mnogo doprinso tome da postojeća posmatranja zvezda tipa UV Ceti i-maju, uglavnom, slučajan karakter, te je, zbog toga, svako du-bljje proučavanje ovih zvezda, ako ne nemoguće, a ono u svakom slučaju veoma otežano.

Jasno definisanje problema pretstavlja prvu etapu u procesu proučavanja nekog pitanja. Od toga kako je ovaj zadatak izvršen zavisi u velikoj meri ceo dalji tok radova u toj obla-sti. Jasno definisanje problematike je od posebne važnosti za dalju organizaciju posmatranja, jer samo ako tačno znamo pita-nja koja treba rešiti možemo, primenom adekvatnijih posmatrač-kih metoda, da usmerimo svoj rad neposredno ka cilju.

Rad na proučavanju promenljivih zvezda tipa UV Ceti danas se uprave nalazi u ovom prvom stadiumu tj. u fazi defini-sanja problematike. U slučaju ovih zvezda ovaj zadatak je utoli-ko važniji što se za proteklih 12 godina otkako je otkrivena pr-va eruptivna promena sjaja kod zvezde UV Ceti, nakupilo dovolj-no činjeničnog materijala, te bi se analizom postojećih podata-ka mogao usmeriti dalji rad na proučavanju problema ovih zve-zda i tako uštedeti astronomima mnogo lutanja, kojih je, zbog specifičnih oblika aktivnosti zvezda, u prošlosti bilo u prilič-noj meri. Kao što smo rekli na početku ovaj rad treba da poslu-ži tom cilju.

Napomenimo da je do danas već bilo nekoliko pokušaja da se postojeći posmatrački materijal sistematizuje, ali su svi oni imali uglavnom parcijalni karakter, pošto su se, pre svega, odnosili na analizu fotometrijskih posmatranja. Postoji pet ra-dova posvećenih analizi fotometrijskih podataka. Od toga četiri potiču od M.Petit-a /8, 46, 47, 48/, a jedan od autora ovog ra-

da /17/. Za razliku od prva četiri rada ovaj poslednji se bazira na svim dotle postojećim - objavljenim i neobjavljenim - posmatranjima, te sa te tačke gledišta pretstavlja do danas najpotpuniju analizu fotometrijskih podataka. Medjutim,osnovni nedostatak toga, a i ranijih radova, je u tome što je sasvim nedovoljno ispitana pojava sekundarnih promena sjaja.

U pogledu sistematizacije i analize spektralnih podataka stvari stoje još mnogo gore, pošto su se dosadašnje analize svele uglavnom na konstataciju nekoliko, već na prvi pogled uočljivih činjenica, kao naprimer, da sve zvezde kod kojih su primećene eruptivne promene sjaja imaju emisione linije vodonika u spektru. Očigledno je da jedna dublja analiza u cilju potvrde ovog zaključka ne bi bila nikako suvišna.

Što se tiče prostornih i dinamičkih karakteristika ovih zvezda do sada nije urađeno ništa na sistematizaciji i analizi postojećih podataka, mada su se u međuvremenu u literaturi pojavili radovi u kojima se obrađuju pojedini problemi iz ove oblasti.

Iz rečenog se vidi da postojeće analize ne mogu da pretenduju na to da pruže jedinu celovitu sliku o problemu promenljivih zvezda tipa UV Ceti. Zbog toga se nametnula potreba da se ovom poslu pridje još jednom, pri čemu bi se uneli u obzir svi postojeći podaci o ovim zvezdama. Činilo nam se da je potreba za izvršenjem ovog posla bila pojačana time što smo za vreme našeg boravka u SSSR-u izveli seriju polarimetrijskih posmatranja ovih zvezda i tako uveli jedan potpuno nov kompleks činjenica u ovu problematiku. Najzad, i opširnija teoretska razmatranja problema zračenja za vreme eruptivnih promena

koje smo takodje izveli na Vrsnom boravku u SSSR-u više su istakle potrebu da se izvrši što je moguće potpunija analiza svih postojećih činjenica.

U cilju što boljeg izvršenja ovog zadatka podelili smo ovaj rad u tri dela prema vrsti obavljenih poslova.

U prvom delu su sistematizovane i analizirane činjenice dobijene kako od autora ovog rada tako i od strane drugih autora. Prva glava ovog dela daje istorijat ove problematike. Druga glava je posvećena analizi posmatračkih metoda, koji su do sada primenjivani. U trećoj glavi data je podrobna analiza svih postojećih fotometrijskih podataka.Četvrta glava prvog dela posvećena je analizi spektralnih posmatranja, a peta analizi prostornih i dinamičkih karakteristika.

Drugi deo ovoga rada posvećen je polarimetrijskim posmatranjima zvezda UV Ceti. Ova posmatranja je prvi put obavio autor za vreme svog boravka u SSSR-u. S obzirom da ovi podaci do sada još nisu nigde objavljeni i da do sada ne postoje slična posmatranja izvršena od strane drugih posmatrača, to su ona data sa nešto više detalja. Iz istih razloga dat je i nešto podrobniji opis instrumenta kojim su ova posmatranja izvršena. Ovaj deo predstavlja, dakle, u celini potpuno nov doprinos proučavanju problema zvezda UV Ceti.

Treći deo ovoga rada je teorijskog karaktera i posvećen je razmatranju mogućih mehanizama koji dovode do pojave eruptivnih promena sjaja. U ovom delu je prvi put podrobno razmatrana mogućnost zračenja relativističkih elektrona za vreme eruptivnih promena sjaja. Pored toga razmatrani su u nešto kraćem obliku i neki drugi mehanizmi zračenja.

Nadamo se da će rezultati ovoga rada doprinetí da se bolje sagleda problematika svemira tipa UV Ceti i da se,primenom adekvatnih posmatračkih metoda, dodje do novih podataka neophodnih za konačno rešenje problema ovih promenljivih svemira.

I DE O

I GLAVA

ISTORIJAT OTKRIĆA I PROUČAVANJA PROBLEMATIKE ZVEZDA TIPA UV CETI

Prva promenljiva zvezda tipa UV Ceti otkrivena je krajem 1947 godine /6/. Sedmog decembra 1947 godine američki astronom Carpenter napravio je višestruki snimak zvezde crvenog patuljka L-726-8, koja sada nosi ime UV Ceti. Namera mu je bila da napravi snimak kojeg bi docnije koristio za određivanje paralakse ove zvezde, jer su neka ranija posmatranja pokazala da ova zvezda ima veoma veliko sopstveno kretanje, te je postojala opravdana pretpostavka da je ona veoma bliska Suncu. Tom prilikom je Carpenter napravio na jednoj ploči pet uzastopnih snimaka. Trajanje svake ekspozicije je bilo 4 minute, dok je ukupno trajanje celog posmatranja bilo oko 20 minuta.

No, već je prvi letimičan pogled na snimak bio dovoljan da se uvidi da se za vreme snimanja odigralo nešto neuobičajeno sa zvezdom. Bilo je očigledno da je tokom snimanja sjaj ove zvezde porastao za oko dve prividne veličine.Ta činjenica sama po sebi možda ne bi ni bila toliko neobična da nije sa snimaka bilo jasno da se ovde radi o novom, do tada nepoznatom, obliku promene sjaja kod zvezda. Osim novih zvezda do tada nije bio poznat nijedan tip promenljivih zvezda

sa ovakvom promenom sjaja. Sjaj ove zvezde je u toku snimanja nagle porasteo za dve prividne veličine, a zatim, nešto sporije opao do svog normalnog sjaja. Od svih do tada poznatih promenljivih zvezda ovakav oblik krive promene sjaja imale su samo nove. Medjutim, ovde se očigledno nije radilo o erupciji nove, jer je amplituda promene sjaja bila mnogo manja a i sam proces se odigrao neuporedivo brže nego kod novih. Jedini mogući zaključak bio je, da se ovde radilo o otkriću jedne nove vrste promenljivih zvezda. Uzgred možemo da kažemo da je docnijim merenjima utvrdjeno da je ova promenljiva zvezda, koja je u medjuvremenu dobila ime UV Ceti i po kojoj se sada sve promenljive ovog tipa zovu, peta po redu udaljenja od Sunca / $\bar{u}$ = o.''41/ /7/.

Ovo otkriće je navelo posmatrače da nastave sa proučavanjem promene sjaja ove zvezde. Medjutim, pažnja posmatrača se nije zaustavila samo na njoj. Gotovo istovremeno su počela posmatranja i drugih zvezda koje su imale slične fizičke karakteristike, jer se očekivalo da će se i kod njih uočiti slične promene sjaja. Rezultati desetogodišnjih - doduše ne baš mnogo sistematskih - posmatranja su opravdali očekivanja. Samo u okolini Sunca danas je otkriveno oko 20 crvenih patuljaka sa sličnim promenama sjaja /8/. Pored ovih zvezda otkriveno je i u oblasti magline u Orionu više zvezda, članica asocijacija, koje pokazuju slične promene sjaja.

Dvadeset petog septembra 1948 godine su Joy i Humason snimili spektar zvezde UV Ceti za vreme jedne eruptivne promene sjaja /28/. Neobične promene u spektru koje su tom prilikom uočene nedvosmisleno su ukazivale na to da se ovde

radi o do tada nepoznatim procesima zračenja kod zvezda. Razume se, da je ovo otkriće još više privuklo pažnju astronoma na ove zvezde.

Sledeću etapu u proučavanju zvezda tipa UV Ceti predstavlja otkriće male disperzije svojstvenih brzina ovih zvezda. Do ovog otkrića je prvi put došao Delhaye 1953 godine /36/. Rezultati ispitivanja disperzije svojstvenih brzina su ukazali na mogućnost da ove zvezde budu međusobno fizički povezane /37/. To je navelo neke autore da preduzmu dalja ispitivanja dinamičkih i prostornih karakteristika zvezda UV Ceti u cilju utvrđivanja njihove pripadnosti jatu ili asocijaciji /35/.

Tokom 1958 godine autor ovog rada je započeo polarimetrijska posmatranja zvezda tipa UV Ceti. Tom prilikom je otkrivena do tada nepoznata činjenica da je svetlost ovih zvezda delimično polarizovana. Ovo otkriće ukazuje na netermičko poreklo dela zračenja ovih zvezda.

Od 1953 godine do danas pojavilo se nekoliko radova u kojima je data manje ili više detaljna analiza fotometrijskih podataka, kao i kraći osvrt na spektralne karakteristike zvezda UV Ceti.

Radi potpunosti treba dodati da je i otkriće zvezda tipa UV Ceti doživelo sudbinu mnogih otkrića u astronomiji. Prilikom analize posmatračkih podataka utvrđeno je, naime, da je već 1924 godine E.Hertzsprung posmatrao jednu promenljivu zvezdu tipa UV Ceti /9/. Na jednom snimku usetom 29 januara 1924 godine Hertzsprung je primetio da je sjaj jedne slabe zvezde u sazvežđju Carinae za oko dve prividne veličine veći nego na ostalim snimcima. Pošto je pregledom ostalih

smimska isključio mogućnost da zvezda propada klasi promenljivih RR Lyrae on zaključuje: "Čini mi se da je u ovom slučaju najprihvatljivija pretpostavka da je na ovoj zvezdi došlo do nagle erupcije neobično kratkog trajanja. U tom slučaju zvezda bi bila od izuzetnog interesa". Zanimljivo je, da je tom prilikom Hertzsprung pokušao da razmotri i neki mehanizam pomoću kojeg bi se pojava mogla objasniti. "Gruba ocena pokazuje da bi se padom na zvezdu nekog tela sličnog maloj planeti oslobodilo dovoljno energije za erupciju posmatranog reda veličine. No, razume se, mogući su i drugi uzroci ovog fenomena." Treba, najzad, dodati da je Hertzsprung odmah isključio mogućnost da ova zvezda bude nova zbog male amplitude promene sjaja.

Iz potpuno nerazumljivih razloga ovo otkriće je bilo palo u zaborav i tek je posle otkrića zvezde UV Ceti ponovo došlo u centar pažnje.

GLAVA II

INSTRUMENTI I METODE POSMATRANJA PROMENLJIVIH TIPA UV CETI

Postojeći činjenični materijal o promenljivim zvezdama tipa UV Ceti je vrlo heterogenog porekla. Naročito pada u oči heterogenost fotometrijskih posmatranja. Ova pojava se može objasniti pre svega time da većina posmatranja ovih zvezda ima slučajan karakter. Jasno je, međutim, da ovakvo stanje stvari ne sme da ostane i dalje ako se želo postići bolji i potpu-

nji rezultati u proučavanju ovih promenljivih, čija uloga u rešavanju problema zračenja i kosmogonije svemira postaje svakim danom sve važnija. Potrebno je, dakle, obratiti osobitu pažnju na metode i instrumente posmatranja, birajući ih uvek prema vrsti posmatranja i fizičkim osobinama proučavanih objekata, jer se samo primenom adekvatnih metoda i instrumenata može neposrednije ići ka cilju.

Nedjutim, do danas nije uopšte izvršena analiza primenljivosti pojedinih metoda i instrumenata pri posmatranju eruptivnih promena sjaja kod zvezda UV Ceti. Zbog toga ćemo pokušati da kratkom analizom do sada primenjenih instrumenata, vodeći računa o osobinama samih zvezda, ukažemo na najadekvatnije metode i instrumente za posmatranje promenljivih zvezda tipa UV Ceti.

1.- Fotometrijska posmatranja

a/ Sve zvezde tipa UV Ceti su crveni patuljci dosta slabog sjaja tako da im se prividne veličine kreću u granicama od 8 do 15. Znaci da za posmatranje ovih zvezda dolaze u obzir, uglavnom, veliki instrumenti; ako se još setimo da se promena sjaja prilikom erupcija odigrava uglavnom u plavom i ljubičastom delu spektra, onda postaje jasno da za fotometrijska posmatranja ovih zvezda u prvom redu dolaze u obzir veliki ogledala, jer se tako mogu izbeći veliki gubici u ovom delu spektra.

b/ Fotografske metode su gotovo neprimenljiva za fotometrijska posmatranja ovih zvezda. Mada je priličan broj promena sjaja zvezde UV Ceti posmatran fotografskom metodom, ipak, iz karaktera promena sjaja proizlazi jasan zaključak da

je fotografska metoda neprimenljiva kod ovih posmatranja.Ova metoda dozvoljava da se samo utvrdi da je bilo promene sjaja, ali je njenom primenom nemoguće utvrditi ni amplitudu promene niti tok promene tj. kriva promene sjaja. Tako da podaci dobijeni fotografskom metodom mogu jedino da poslužе prilikom određivanja učestanosti eruptivnih promena.

c/ Vizuelna metoda je u stanju da pruži podatke o toku promene sjaja, ali je ona prilično neprecizna. Prilikom posmatranja brzih promena sjaja vizuelna metoda još više gubi u preciznosti, tako da se rezultati dobijeni ovom metodom mogu upotrebiti samo za kvalitetivne analize. Greška ocene sjaja ovom metodom može da bude u izvesnim slučajevima reda veličine o,5 prividnih veličina.

d/ Jedina adekvatna metoda fotometrijskih posmatranja jeste fotoelektrična metoda. Ona omogućava i veoma brza i veoma precizna posmatranja. Nažalost, ova metoda je do sada najmanje primenjivana za ovu vrstu posmatranja. Fotoelektrična posmatranja mogu da pruže veoma dragocene podatke, pogotovu ako se posmatranja vrše u više boja. Treba očekivati da će u bliskoj budućnosti ova metoda posmatranja u potpunosti potisnuti ostale metode kod posmatranja promenljivih zvezda tipa UV Ceti.

2.- Spektralna posmatranja

a/ U pogledu instrumenta ovde se može reći isto što i za fotometrijska posmatranja.

b/ Jedina metoda posmatranja koja dolazi u obzir jeste fotografska. Do sada je astronomima samo u dva slučaja pošlo za rukom da snime spektar ovih zvezda za vreme eruptivne promene sjaja. Kao i kod fotometrijskih posmatranja ova metoda

mogućuje da vidimo kakve su se promene odigrale u spektru, a-
nam ne pruža mogućnost da ispitamo redosled kojim sledе ove
mene. Ko, bez obzira na taj nedostatak, za sada fotografska
oda ostaje kao jedina, bar dotle dok se ne usavrše metode
elektronske spektroskopije, koja će, u to nema sumnje, ima-
ućnosti predности nad fotografskom metodom.

3.- Astrometrijska posmatranja

Budući da astrometrijska problematika ne spada u našu
struku, to ćemo se u ovom paragrafu ograničiti samo na
menjanje do sada primenjivanih metoda, ne upuštajući se u a-
ize njihove primenljivosti.

a/ Ovim posmatranjima najbolje odgovaraju instrumenti
velikim otvorom objektiva i velikom žižnom daljinom.

b/ Fotografska metoda se primenjuje za određivanje ra-
jnih brzina, sopstvenih kretanja i paralakse, a redje za
đivanje elemenata dvojnih zvezda.

c/ Vizuelnom metodom se obično vrši ispitivanje dvoj-
h zvezda, tj. merenje položajnog ugla i rastojanja članova
ma.

4.- Polarimetrijska posmatranja

a/ Dolazi u obzir svaki veći instrument ukoliko sam ne
i polarizaciju svetlosti. Zbog toga je potrebno detaljno
itati svaki instrument pre početka merenja.

b/ Fotografska metoda merenja polarizacije je neprimen-
va kod ovih zvezda, jer je greška merenja veća od merene
čine.

c/ Jedina primenljiva metoda je fotoelektrična,jer se njenom primenom može odrediti stepen polarizacije svetlosti zvezde sa tačnošću od o.2%.

Završavajući ovu glavu možemo, dakle, da zaključimo da su za proučavanje zvezda tipa UV Ceti najpogodniji veliki instrumenti - i to po mogućnosti ogledala. Što se metoda tiče, očigledno je da su za astrofizička proučavanja fotoelektrične metode jedine adekvatne. Od primene fotoelektričnih metoda može se otstupiti samo u slučajevima kada je njihova primena još nemoguća /spektrografija/.

GLAVA III

SISTEMATIZACIJA I ANALIZA FOTOMETRIJSKIH PODATAKA

Od svih vrsta posmatranja promenljivih zvezda tipa UV Ceti fotometrijska su najbrojnija. Ako se ima u vidu da za fotometrijska posmatranja nisu uvek neophodni veoma veliki teleskopi i da se ona vrše uz najmanje angažovanje dopunskih tehničkih sredstava, a često i bez njih, onda postaje razumljivo zbog čega se najveći broj posmatrača do sada bavio upravo ovom vrstom posmatranja.

Brojnost fotometrijskih podataka kao i njihova relativno manja složenost bili su razlog da su se prve analize o kojima je ranije već bilo reči, odnosile upravo na ovu vrstu podataka. U tim analizama je eksplicitno ili implicitno definisano nekoliko parametara koji su omogućavali lakše opisiva-

nje i proučavanje eruptivnih promena sjaja. Ovi parametri su primenjeni i u ovoj analizi. To je razlog što su u ovom radu rezultati dobijeni sa eruptivne promene sjaja, mada potpuniji, u suštini identični sa ranije dobijenim rezultatima. Medjutim postoje i neke razlike. Tako, naprimer, formula koja prikazuje tok opadanja sjaja i daje vezu izmedju amplitude promene i trajanja pojave, nije identična formuli koju smo ranije izveli /17/. Dok je ona ranija samo formalno prikazivala tok događjaja, dotle ova sadašnja pruža mogućnost da se izvedu izvesni zaključci o procesu koji se odigrava za vreme erupcije.

U ovoj glavi su sada prvi put dosledno ispitane kroz prizmu pomenutih parametara i tzv. sekundarne promene sjaja, jer smo stali na stanovište da je to jedini način da se istakne razlika izmedju ovih i eruptivnih promena sjaja.

1.- Posmatranja zvezda tipa UV Ceti van eruptivnih promena

Već su prva posmatranja ovih zvezda pokazala da je sjaj zvezda tipa UV Ceti promenljiv i kada se one nalaze u normalnom stanju, tj. kada se na njima ne događjaju nikakve eruptivne promene sjaja. U literaturi se ove promene često nazivaju "sekundarne promene".

Pod sekundarnim promenama sjaja podrazumevamo povremeni porast sjaja zvezde, koji se po svim svojim karakteristikama bitno razlikuje od porasta sjaja koji nastaje za vreme eruptivnih promena.

No, pre nego što predjemo na proučavanje činjeničnog materijala potrebno je da definišemo nekoliko parametara, koji će nam, s jedne strane olakšati posao oko opisivanja i proučavanja pojave, a s druge strane omogućiti numerička uporedje-

nja izmedju različitih posmatranja. Ti parametri su sledeći:

a/ Amplituda maksimuma sjaja u prividnim veličinama;

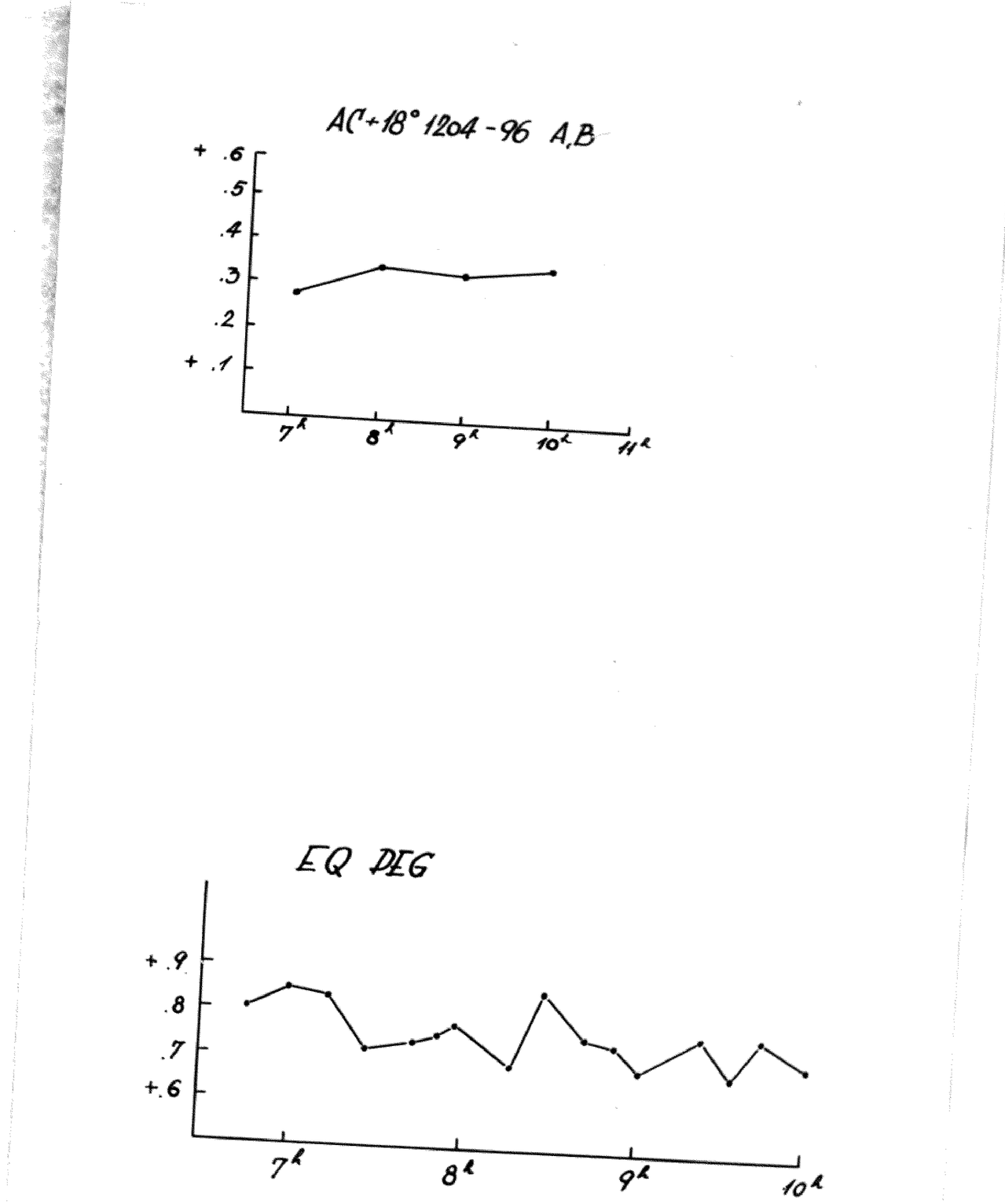
b/ Brzina porasta sjaja u prividnim veličinama u sekundi;

c/ Trajanje cele pojave u minutama;

d/ Odnos trajanja porasta sjaja "t" prema trajanju cele pojave /"T"/, dakle veličina t/T;

e/ Oblik krive promene sjaja i posebno njen deo posle maksimuma;

f/ Učestanost pojave.



Sl. 1.- Krive sekundarnih promena sjaja zvezda. AC $+18^{0}$. 1204-96 AB i EQ Peg. Fotoelektrična posmatranja P.Koques-a.

Ispitivanje gore navedenih parametara za slučaj sekundarnih promena dovedi do sledećih podataka /12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21/.

a/ Amplituda maksimume kod sekundarnih promena je dosta mala. Ona se kreće u granicama od o.2 do o.8 prividnih veličina. Ni u jednom poznatom slučaju nije posmatrana veća amplituda od o.8 priv. veličina. Prema Shapley-u amplituda promene sjaja u ovim slučajevima treba da je veća u plavoj boji nego u crvenoj. Medjutim, ova Shapley-eva pretpostavka nije do danas potvrdjena.

b/ Brzina porasta sjaja je daleko manja nego kod eruptivnih promena. Najveća posmatrana brzina porasta sjaja je reda veličine o.oo5 prividnih veličina u sekundi, dakle nekoliko desetina, a katkada i stotina puta sporije nego kod eruptivnih promena sjaja.

c/ Trajanje sekundarnih promena sjaja je različito i kreće se u granicama od o.3 do 3 časa. Iz postojećeg materijala ne može se uočiti nikakva korelacija izmedju amplitude promene i dužine trajanja promene sjaja. No, u svakom slučaju je sigurno to da ove promene duže traju nego eruptivne.

d/ Odnos t/T kod sekundarnih promena je reda veličine o.5. Najmanja vrednost je o.3 a najveća o.7, što znači da maksimum krive može da bude čak i u drugom delu intervala trajanja promene sjaja.

e/ Na slici 1 su date reprodukcije dveju krivih. To su krive sekundarnih promena sjaja zvezda AC+18°. 1204-96 A, B i BQ Pegasi. Podatke za ove krive dobio je P.Roques fotoelektričnim posmatranjima. Kao što se sa slike jasno vidi kriva promene sjaja kod laganih promena potpuno je nepravilnog oblika

i svaki pokušaj da se kriva prikaže nekim matematičkim izrazom izgleda nam, za sada, nemoguć.

f/ Pojam učestanosti sekundarnih promena nema, ustvari, nikakvog smisla, jer, kao što se vidi iz posmatračkog materijala, ove zvezde ponekad danima ne pokazuju nikakve znake promene sjaja a, zatim, iznenada nastupa period relativno čestih promena sjaja. Stiče se utisak kao da se zvezda, posle izvesnog perioda mirovanja, iznenada zbog nečega uznemirila. Možda bi imalo smisla napraviti statistiku učestanosti dana kada je zvezda "uznemirena" kao i statistiku učestanosti maksimuma sekundarnih promena u danima kada one postoje. No, zbog neistematskog karaktera i male preciznosti posmatračkih podataka /u potrazi za eruptivnim promenama sjaja posmatrači nisu poklanjali potrebnu pažnju posmatranjima ovih promena sjaja/ nemoguće je izvesti ovakve statistike na osnovu postojećeg materijala.

Sekundarne promene su uočene kod niza zvezda tipa UV Ceti. Spisak ovih zvezda je dat u tablici I.

T A B L I C A I

Zvezda	Autor
EV Lac	G.Darsenius
AD Leo	V.Oskanjan
V 645 Cen	H.Shapley
V 371 Ori	W.Layton i D.Hoffleit
DO Cep	M.Petit i H.Weber
BD $+1^{\circ}.1522$	S.Gaposkin
UV Ceti	M.Petit i V.Oskanjan
AC $+18^{\circ}1204$-96	P.Roques
EQ Peg	P.Roques

2.- Analiza podataka o eruptivnim promenama sjaja kod zvezda UV Ceti

Od 59 poznatih zvezda crvenih patuljaka sa emisionim linijama vodonika u spektru, 21 zvezda pripada promenljivim zvezdama klase UV Ceti. Spisak ovih zvezda zajedno sa osnovnim podacima o promeni sjaja, prividnoj veličini i spektralnom tipu dati su u tablici II.

U ovu tablicu su ušle sve zvezde crveni patuljci za koje su autori posmatranja smatrali da je uočena promena pripadala klasi eruptivnih promena sjaja. Međutim, to ne mora uopšte da bude tačno. Nije isključeno da su neke od uočenih promena pre sekundarne nego eruptivne promene. Ovo je naročito verovatno za promene koje su manje od 1 prividne veličine. Nažalost, naknadna proveravanja su potpuno nemoguća, te ćemo, zbog toga, morati da prihvatimo - uz izvesne rezerve - mišljenje da su sve navedene promene sjaja eruptivnog karaktera.

T A B L I C A II

Zvezda	m_{pv}	Spektar	Δm
Wolf 47	13.7	dM3e	?
UV Ceti	12.9	dM5,5e	5.6
V 371 Ori	11.7	dM3e	1.8
BD +1.1522	9.5	dK2e	o.7
YZ CMi	11.6	dM4,5e	1.4
BD +33.1646	11	dMe	?
AD Leo	9.5	dM4e	o.5
Wolf 359	15.5	dM6e	1
WX UMa	14.8	dM5.5e	1.8
V 645 Cen	11.3	dM5e	1
BD + 55.1823	10.1	dM1.5e	o.5
Ross 867	13.4	dM5e	1
BD +51.2402	8.3	dK6e	2.5

T A B L I C A II /nastavak/

Zvezda	m_{pv}	Spektar	Δm
V_1 216 Sgr	10.5	dM4.5e	0.4
Wolf 1130	12.2	dM3e	?
BD - 32.16135	12.5	dM3e	?
DO Cep	11.4	dM4.5e	1.5
BD - 21.6267 B	10.2	dM4.5e	?
EV Lac	10.2	dM4.5e	2
EQ Peg	11.3	dM4e	0.35
DH Car	14.9	-	1.8

Pada u oči da kod izvesnog broja zvezda nije data amplituda promene sjaja. To je zato što su podaci o promeni sjaja dobijeni preko snimaka spektara, te je bilo nemoguće odrediti amplitudu promene sjaja. No, bez obzira na to ni kod jedne od gore navedenih zvezda ne može biti sumnje u to da je promena sjaja zaista uočena.

Kao što se iz spiska vidi amplitude promena sjaja kreću se u dosta širokim granicama od 0.35 do 5.6 prividnih veličina. Nažalost, bliža analiza ovih podataka je potpuno nemoguća, jer su podaci koji postoje toliko šturi da ne pružaju ni najmanju mogućnost za neko podrobnije ispitivanje. Izuzetak čini samo zvezda UV Ceti, jer je to jedina od ovih zvezda koja je duže vremena sistematski posmatrana, te je zbog toga o njoj sakupljeno osetno više podataka. Napomenimo samo da je kod nje do sada posmatrano 18 eruptivnih promena sjaja. Ovakve promene su zapažene kod zvezde AD Leo dva puta, dok su kod svih ostalih zvezda zapažene samo po jedanput.

TABLICA III

SEZONA	DATUM	Δm	AUTOR	UKUPNO TRAJANJE U MINUTIMA	BROJ ERUPTIVNIH PROMENA	PROSEČNI INTERVAL VREMENA IZMEĐU DVE ERUP. PROMENE	DATUM	Δm	AUTOR	GRANICE VEROVATNOG INTERVALA VREMENA IZMEĐU DVE ERUPTIVNE PROMENE
1.VIII.49 g.										
1.VIII.50 g.				240	0					
		m						m		
1.VIII.50 g.	20.XI.50 g.	2.3	M. PETIT				20.VIII.50 g.	2	W. LUYTEN	
1.VIII.51 g.	4.XII.50 g.	2	M. PETIT	5050	2	2525	11.XII.50 g.	1.8	R. ADAMS	1282–1500
1.VIII.51 g.	10.X.51 g.	2	H. SOCHER							
1.VIII.52 g.	14.XII.51 g.	2.0	H. SOCHER	3892	3	1297				
	23.XII.51 g.	1.5	M. PETIT							1297
1.VIII.52 g.	23.VIII.52 g.	2	N. WAGMAN							
1.VIII.53 g.	17.IX.52 g.	3.4	P. ROQUES				13.IX.52 g.	1.8	T. CRAG	
	25.IX.52 g.	5.6	V. OSKANJAN							
	29.IX.52 g.	0.75	N. WAGMAN	4313	7	1616				
	29.X.52 g.	1.9	P. ROQUES							550–700
	20.XII.52 g.	1.0	P. DE KOCK							
	5.II.53 g.	0.6	V. OSKANJAN							
1.VIII.53 g.										
1.VIII.54 g.	10.XI.53 g.	0.5	V. OSKANJAN	2585	1	2585	16.XI.53 g.	0.5	T. CRAG	1300–1600
1.VIII.54 g.										
1.VIII.55 g.	29.I.55 g.	0.7	M. PETIT	1323	1	1223				
										1323

Zbog toga je razumljivo da smo naša ispitivanja fotometrijskih podataka morali da ograničimo, za sada, na podatke dobijene iz posmatranja zvezde UV Ceti.

U tablici III dati su podaci za sve eruptivne promene sjaja zvezde UV Ceti posmatrane do kraja jeseni 1955 godine. Od tega doba do danas ova zvezda nije više sistematski posmatrana. Koliko je nama poznato u intervalu vremena od 1955 godine do danas postoje dva posmatranja eruptivnih promena ove zvezde jedno vizualno drugo spektrografsko /49, 29/. Amplitude ovih promena su manje od 2 prividne veličine. Podaci za ova dva posmatranja nisu ušli u tablicu III, jer nismo posedovali ostale potrebne podatke za ovu tablicu. Njihovo isključivanje, nedjutim, ne može bitno da utiče na zaključke do kojih smo došli ispitivanjem ostalog materijala.

Posmatrački podaci iz ove tablice su uredjeni po posmatračkim sezonama, pri čemu je za početak posmatračke sezone uzet 1 avgust odgovarajuće godine. Razlog za izbor ovog datuma kao početka sezone je taj što se zvezda UV Ceti može da posmatra za severnih geografskih širina samo u intervalu od sredine avgusta do početka februara.

Pojedine kolone iz tablice III pretstavljaju:

1.- Datum početka i kraja sezone;

2.- Datum posmatranja promene sjaja;

3.- Amplituda promene sjaja;

4.- Posmatrač;

5.- Ukupno trajanje svih posmatranja u datoj sezoni u minutama. Reč je o trajanju posmatranja za posmatrače koji su nam poslali svoje podatke;

6.- Broj eruptivnih promena sjaja posmatranih u sezoni;

7.- Prosečni vremenski interval između dve erupcije u sezoni;

8, 9 i 10.- Isto što i u kolonama 2, 3 i 4, samo što su ovde dati podaci za posmatranja za koja nam nije bilo poznato koliko je vremena utrošio posmatrač dok je uočio pojavu;

11.- Verovatni vremenski interval među pojedinim erupcijama uzimajući u obzir sva postojeća posmatranja u sezoni.

Prilikom izračunavanja podataka za kolonu 11, usvojili smo kao gornju granicu trajanja posmatračkih serija u sezoni, sledeće vrednosti: 2oo minuta za fotografska posmatranja i 6oo minuta za vizuelna posmatranja, tj. srednje vrednosti dobijene iz podataka posmatrača koji su nam poslali ove podatke.

Sakupljeni materijal o eruptivnim promenama, mada nije onoliko potpun kolika bi to bilo potrebno za sprovodjenje detaljne analize, ipak pruža bar osnovne elemente za jednu analizu koja može da doprinese odredjivanju osnovnih karakteristika ovih zvezda. Pokušaćemo da na osnovu postojećih činjenica odredimo parametre koje smo definisali u prethodnoj glavi.

a/ Amplituda promene menja se u vrlo širokim granicama. Ona se kreće u granicama od o.5 do 5.6 prividnih veličina. Pada u oči da je samo u 5 /28%/ slučajeva amplituda ispod o.8 priv. veličina. U 13 /72%/ slučajeva amplituda maksimuma je veća od jedne prividne veličine. Medju ovim poslednjim

promenama 10 /76%/ ima amplitudu između jedne i dve prividne veličine, a 3 /22%/ imaju veću amplitudu.

Očigledno je da postoji gomilanje vrednosti u intervalu između jedne i dve prividne veličine, pošto se promene od 3.4 i 5.6 prividnih veličina moraju smatrati izuzecima. Uzimajući u obzir činjenicu da su podaci o karakteru promene sjaja mnogo sigurniji kod većih nego kod manjih amplituda kao i da se u svim slučajevima $\Delta m > 1$ mogle nepobitno utvrditi da se radilo o eruptivnoj promeni sjaja, možemo da zaključimo sa prilično sigurnošću da su sve promene sjaja zvezde UV Ceti veće od jedne prividne veličine eruptivnog karaktera. Što se tiče promena manjih od jedne prividne veličine, ne može se a priori ništa reći, dok se ne ispitaju i ostale karakteristične promene. U načelu nije isključena mogućnost da i one imaju eruptivan karakter, ali je isto tako moguće da, bar neke od njih, pripadaju klasi sekundarnih promena.

b/ Brzine porasta sjaja kreću se u granicama od 0.03 do 0.25 mag./sec. Kao što se vidi iz tablice IV šija treća kolona daje podatke o brzini porasta sjaja za neka posmatranja. Ovaj parametar nije mogao biti izračunat za sva postojeća posmatranja. Napomenimo da su sva posmatranja iz tablice IV izvršena vizuelnom metodom zbog čega su podaci o brzinama nedovoljno sigurni, jer greška od nekoliko sekundi pri oceni trajanja porasta sjaja može da dovede do sasvim drukčijih rezultata. Zbog toga smatramo da je besmisleno podvrći ove podatke daljoj analizi. No, i pored toga dva zaključka možemo da izvedemo sa prilično sigurnosti. Prvo da je brzina porasta sjaja pri eruptivnim promenama sjaja kod zvezde UV Ceti najveća od svih merena brzina porasta sjaja na koje vrste. Drugo, brzi-

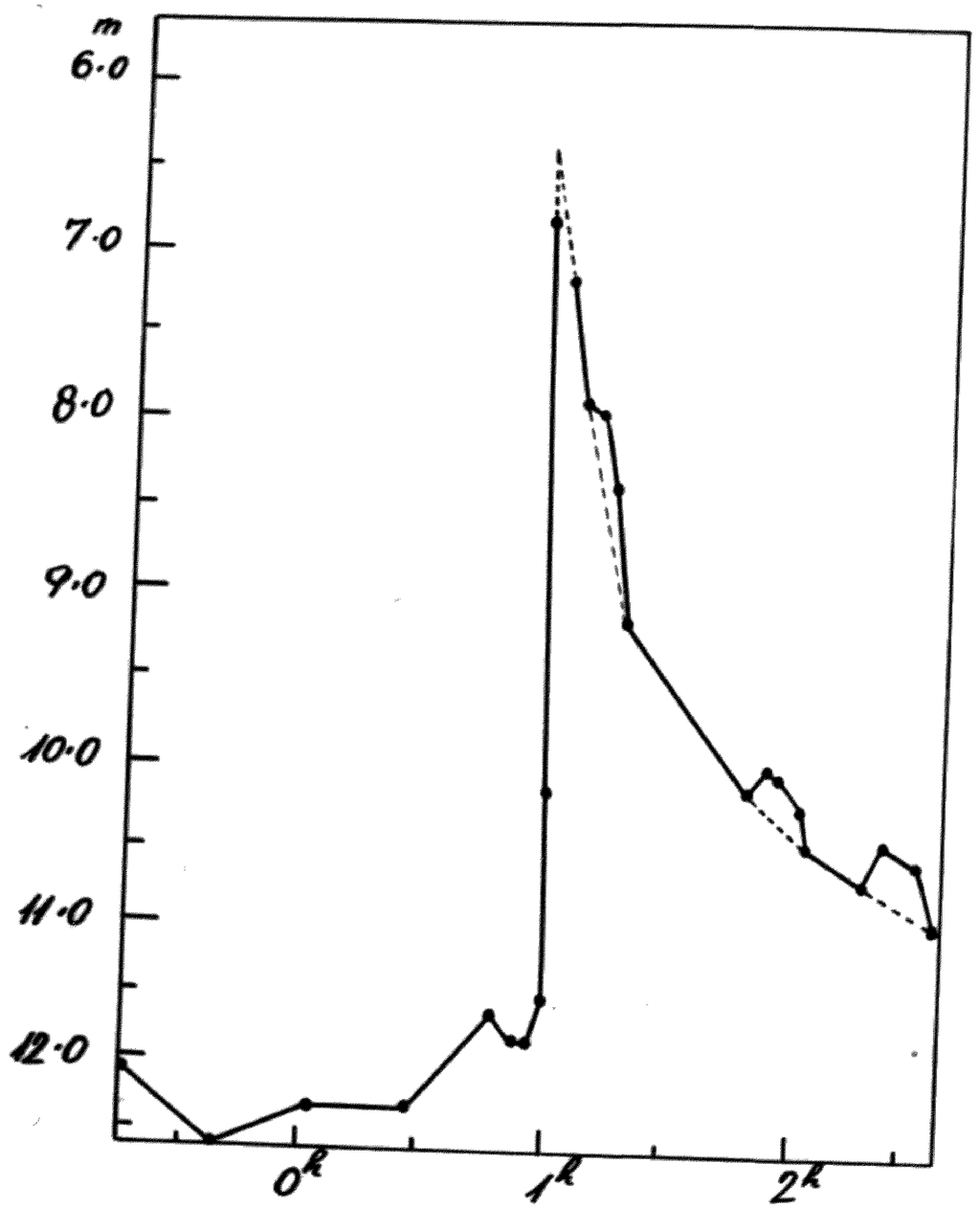
na porasta sjaja je kod eruptivnih promena nekoliko desetina pa čak i stotina puta veća nego kod sekundarnih promena. Mislimo da se na osnovu ove tablice može zaključiti i to da se u eruptivne promene sjaja kod zvezde UV Ceti mogu ubrojati sve promene sjaja čija je brzina porasta veća od 0.05 prividnih veličina u sekundi bez obzira na amplitudu promene.

T A B L I C A IV

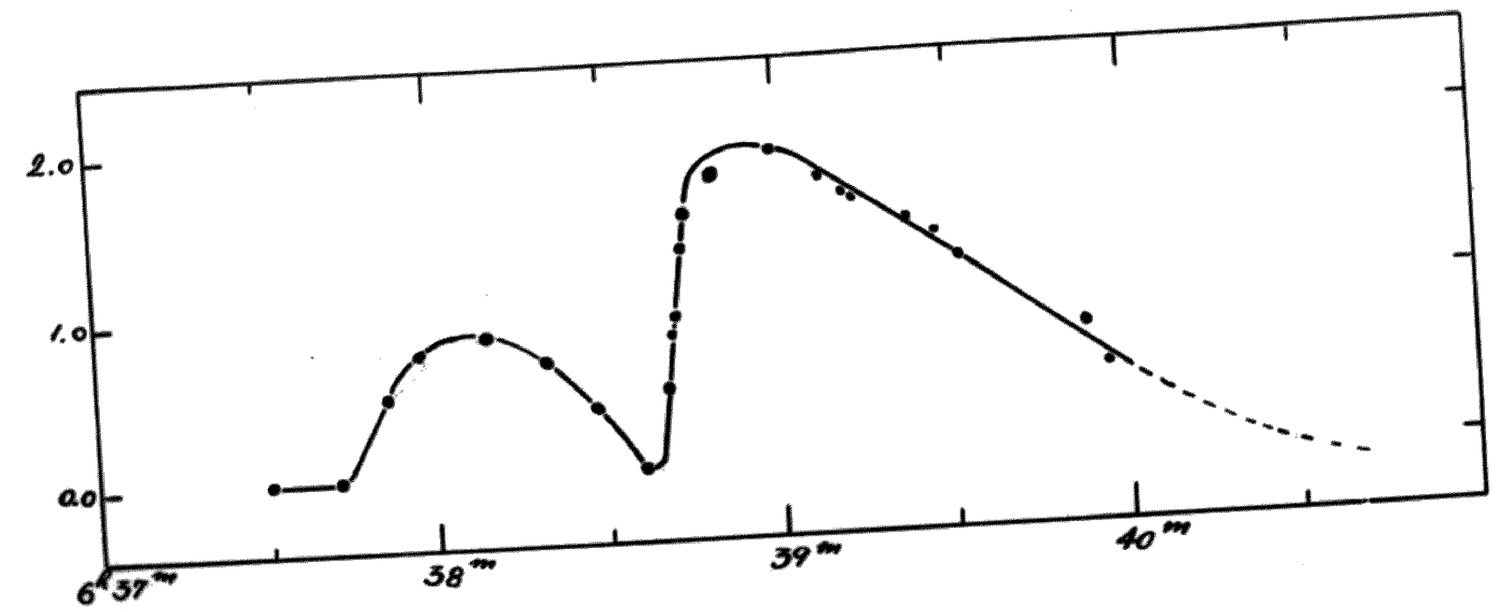
Datum	Δm	Brzina porasta	t/T
20-XI-1950	2	0.03	0.12
10- X-1951	2	0.07	0.10
17-IX-1952	3.4	0.22	0.03
25-IX-1952	5.6	0.25	0.002
29- X-1952	1.8	0.18	0.09
2-II-1953	0.8	0.13	0.013
29- I-1955	0.7	0.10	0.02

c/ O trajanju eruptivnih promena sjaja biće reči u odeljku u kome govorimo o obliku krive promene sjaja.

d/ U četvrtoj koloni tablice IV date su vrednosti t/T tj. odnos trajanja porasta sjaja prema trajanju cele pojave. Za ove vrednosti važi isto što i sa vrednosti iz treće kolone, tj. one su nedovoljno pouzdane i zbog toga je nemoguće podvrgnuti ih na kakvoj podrobnijoj analizi, već je jedino moguće izvući izvesne kvalitativne zaključke. Pada u oči da su sve vrednosti iz ove kolone reda veličine 0.1 i manje, što znači da je kod eruptivnih promena porast sjaja mnogo kraći nego cela pojava. Setimo se da kod sekundarnih promena nije taj slučaj, jer smo tamo imali vrednosti 0.7. Može se, dakle, smatrati da je jedna od karakteristika eruptivnih promena sjaja i to da trajanje porasta sjaja nije duže od desetog dela trajanja cele pojave.



UV Ceti od 29-IX-1952 godine



b

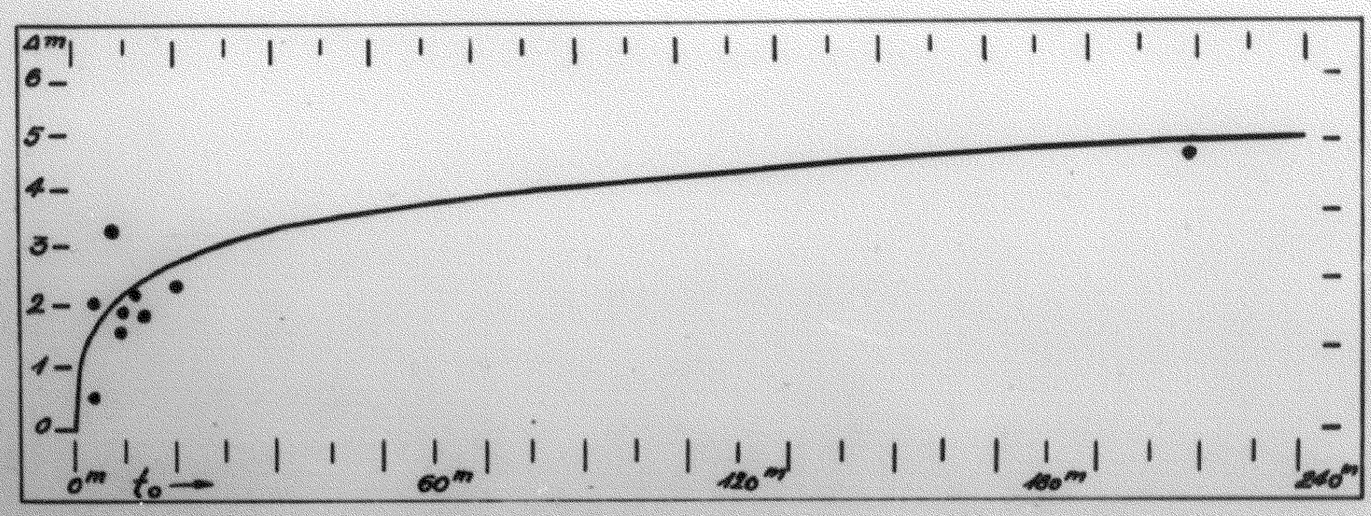
Posmatranje porasta sjaja zvezde
UV Ceti od 29-X-1952 godine

sl. 2

e/ Kako je već ranije rečeno, broj preciznih fotome-
rijskih posmatranja eruptivnih promena sjaja je relativno ma-
li. Većina posmatrača se ograničila na kvalitativno opisiva-
nje pojave, dajući pri tome jedino podatke o amplitudi prome-
ne i ukupnom trajanju pojave. No, bez obzira na to, iz svih
postojećih podataka proizilazi da su u svim slučajevima eru-
ptivnih promena sjaja, krive imale uglavnom isti karakter. Na
slici 2 /a i b/ prikazane su dve krive promene sjaja. Vidi se
da uspon mnogo kraće traje od opadanja sjaja. Karakterističnо
je i to da se zvezda uopšte ne zadržava u maksimumu, već opa-
danje sjaja počinje čim zvezda dostigne maksimum. Zanimljivo
je da je na slici "a" kriva opadanja sjaja eksponencijalno čak
i u skali prividnih veličina. U slučaju "b" ova osobina ne do-
lazi tako jasno do izražaja. Iz postojećih podataka nije mo-
guće, za sada, dati definitivan odgovor na ovo važno pitanje
o obliku krive opadanja sjaja u skali prividnih veličina.Zbog
toga ćemo se u ovom radu zadovoljiti konstatacijom činjeni-
ce da je u svim posmatranim slučajevima kriva opadanja sja-
ja u skali intenziteta imala izrazito eksponencijalni kara-
kter.

Analiza raspoloživih podataka o amlitudi promene
sjaja i dužini trajanja cele pojave ukazala je da između o-
ve dve pojave postoji izvesna korelacija. Zbog toga smo po-
kušali da nadjemo analitički izraz koji bi dao vezu između
ovih dveju veličina.

Polazna pretpostavka analize je da su sve krive opa-
danja sjaja u skali intenziteta eksponencijalne krive, tj. da
se u načelu sve krive opadanja sjaja mogu prikazati izrazom



Sl. 3.- Dijagram $\Delta m/T$.

oblika:

$$I = I_m e^{-\alpha t} \qquad /1/$$

gde je I_M intenzitet u trenutku maksimuma, τ vreme računato od trenutka maksimuma i α koeficijent kojeg treba odrediti. Pokušaj da se stavi $\alpha =$ const. nije dalo zadovoljavajuće rezultate. Iz upoređenja posmatranih podataka i analitičkog izraza postalo je jasno da α treba da bude funkcija recipročne vrednosti maksimalnog intenziteta i zato smo stavili $\alpha = \frac{1}{\beta I_m}$ gde je β konstanta. Prema tome, opadajući deo krive promene sjaja možemo da predstavimo izrazom:

$$I = I_m e^{-\frac{t}{\beta I_m}} \qquad /2/$$

Ako normalni intenzitet zvezde obeležimo sa I_o, a vreme potrebno da se zvezda posle maksimuma vrati na svoj stari sjaj sa τ_o, pri čemu je $\tau_o \approx T$, to se iz jednačine /2/ može dobiti sledeći izraz:

$$\tau_o = \beta I_m \ln \frac{I_m}{I_o} \qquad /3/$$

Stavljajući u jednačinu /3/ posmatrane vrednosti za τ_o I_M i I_o izračunali smo konstantu β i dobili $\beta = 0{,}25$. Prema tome, naša empirijska formula konačno izgleda:

$$\tau_o = 0.25 I_m \ln \frac{I_m}{I_o} \qquad /4/$$

Na slici 3 prikazana je kriva dobijena pomoću formule /4/. Radi upoređenja na slici su date i posmatrane vrednosti. Kao što se jasno vidi otstupanja pojedinih tačaka su sasvim u granicama mogućih grešaka posmatranja. To znači da no-

žemo da smatramo da formula /2/ prikazuje stvarni tok krive opadanja sjaja.

Kao što se iz formule vidi opadanje sjaja eruptivne promene je eksponencijalna funkcija vremena i maksimalnog intenziteta. Ovaj oblik je karakterističan za sve procese kod kojih jedna unapred data količina energije opada bez uticaja spoljnih uzroka. Po tom zakonu opada, naprimer, temperatura nekog tela kada se ono nalazi u uslovima koji onemogućuju svaki drugi način gubljenje energije osim zračenjem. Kod ovih procesa brzina opadanja energije u svakom trenutku je funkcija prisutne količine energije ili, što se svodi na isto, u svakom trenutku se postojeća količina energije smanjuje za isti procenat.

Ova formula ne prikazuje, medjutim, jednu drugu karakteristiku krive opadanja sjaja, a to je: postojanje sekundarnih maksimuma na opadajućem delu krive /slika 2-a/. Na slici 2-b se ovakvi maksimumi ne vide sasvim jasno, ali nam se čini da i tamo postoje - sudeći bar po rasporedu tačaka oko izravnate krive. Ova pojava je primećena i u drugim slučajevima. Prilikom teoretskog razmatranja problema treba svakako voditi računa i o ovoj pojavi.

Najzad, treba da obratimo pažnju još na jednu, naizgled, beznačajnu pojavu koja, medjutim, može da bude veoma značajna sa tačke gledišta razumevanja suštine eruptivnih promena sjaja. Reč je o malom porastu sjaja, koji je u nekim slučajevima primećen neposredno pred eruptivnim porastom sjaja. Ova pojava je uočena svega tri puta i to: 4-XII-1950, 25-IX-1952 i 29-X-1952. Sva tri puta je pred glavnim porastom sjaja primećen jedan mali i relativno spori porast sjaja čija je

amplituda bila reda veličine 0.8 prividnih veličina. U ostalim slučajevima ova pojava, o čijem značaju će biti reči u trećem delu ovoga rada, nije primećena.

f/ Na osnovu negativnih rezultata ispitivanja periodičnosti promena sjaja može se zaključiti da kod ove pojave ne postoji nikakva periodičnost. Zbog toga se jedino može govoriti o prosečnoj učestanosti pojave. Kako se iz podataka kolone 11 tablice III vidi, učestanost eruptivnih promena sjaja kod ove zvezde je reda veličine: jedna erupcija na 12oo minuta posmatranja u svim sezonama u kojima je vršeno sistematsko posmatranje. Izuzetak čini 1952 godina kada je učestanost bila dva puta veća. No raspolažemo podacima iz kojih bi se moglo videti da li je ova povećana učestanost stvarna ili prividna pojava, tj. da li je učestanost te godine veća zato što je u toj sezoni slučajno posmatrano veći broj posmatranja tako da je ceo interval vremena ravnomernije prekriven posmatranjima ili je po sredi stvarno povećanje učestanosti. Ova druga alternativa nije sasvim isključena obzirom da su u toj sezoni i najveće posmatrane amplitude promene sjaja.

GLAVA IV

SPEKTRALNA POSMATRANJA ZVEZDA TIPA UV CETI

Kada je reč o spektrima promenljivih zvezda tipa UV Ceti treba da razlikujemo dva slučaja: a/ spektri snimljeni u vreme kada na zvezdi nije bilo nikakvih promena tzv. normalni spektri i, b/ spektri snimljeni za vreme eruptivnih ili na ka-

kvih promena sjaja zvezde. Kao i u slučaju fotometrijskih podataka ni ovde ne postoji neko obilje podataka, naročito ne onih dobijenih za vrene promene sjaja. Osim toga postojeći činjenični materijal je dosta razbacan po literaturi, koliko je nama poznato, do sada nije bilo pokušaja da se on sakupi na jednom mestu i proanalizira. Prema tome, ovo bi bio prvi pokušaj ove vrste. Zaključci do kojih se došlo ovom analizom predstavljaju novinu, ako ni zbog čega drugog a ono već i zbog toga što daju uslovnu vrednost ranije usvojenom mišljenju da prisustvo emisionih linija vodonika u spektru predstavlja siguran znak da zvezda potencijalno pripada promenljivima tipa UV Ceti.

1.- Normalni spektogrami

Kao što se iz tablice II vidi sve promenljive zvezde tipa UV Ceti su spektralnog tipa dMe. Postoje samo dva izuzetka i to zvezde BD +1.1522 i BD +51.2402, koje su spektralnog tipa dKe. To znači da su sve ove zvezde crveni patuljci sa emisionim linijama u spektru. One što treba naročito podvući pri opisivanju karakteristika spektara promenljivih zvezda tipa UV Ceti jeste činjenica da se u svim spektrima,bez izuzetka, nalaze emisione linije vodonika, tj. članovi Balmerove serije. Radi potpunosti ćemo dodati da se u svim spektrima mogu videti i emisione linije jonizovanog kalcijuma H i K.

Što se tiče intenziteta emisionih linija on je različit kod različitih zvezda. Zanimljivo je da se u spektrogramu zvezde AD Leo koja ima veoma intenzivne Balmerove linije, mogu uočiti i emisione linije helijuma.

Postavlja se pitanje da li je prisustvo emisionih linija vodonika i jonizovanog kalcijuma u spektrima crvenih patuljaka tipa M siguran znak da je zvezda potencijalno promenljiva tipa UV Ceti. Odgovor na ovo pitanje može se dobiti razmatranjem postojećeg činjeničnog materijala.

a/ S.Lippincott /22/ je ispitivala snimke 45 zvezda u cilju otkrivanja promena njihovog sjaja. Sve zvezde iz njenog programa su imale emisione linije H i K u spektru. Materijal kojim je raspolagala obuhvatao je 23.000 snimaka ovih zvezda a pokrivao je vremenski interval od 15 godina. Osim jednog jedinog izuzetka ni na jednom snimku nijedna zvezda nije pokazala ni kakav porast sjaja. Izuzetak čini zvezda Krüger 60 /23/ koja je na snimku od 26-VII-1939 godine pokazala porast sjaja od oko 1.5 prividne veličine. Sa snimaka se vidi da je promena imala izrazito eruptivan karakter. Zanimljivo je da je ovo jedina zvezda iz njenog programa koja je u spektru pored linija H i K imala i emisione linije vodonika.

b/ U toku pet godina D. Popper /24,25/ je sistematski snimao spektre pet zvezda tipa dMe. Četiri od ovih zvezda imale su u spektru samo emisione linije H i K, dok je jedna, BD + 51.2402 imala i neke linije Balmerove serije u emisiji. Za ovo vreme posmatranja samo je kod ove poslednje zvezde jedanput nađen porast sjaja.

Iz ova dva navedena primera može se zaključiti sa prilićnom sigurnošću da je prisustvo emisionih linija vodonika u spektru crvenih patuljaka znak da zvezda pripada promenljivima tipa UV Ceti. Ovo mišljenje je danas prihvaćeno gotovo od svih autora. Medjutim, postoje neke činjenice koje ukazuju na to da se ovaj kriterijum ne može upotrebiti bez

izvesnih ograda ili bar modifikacija. Reč je o rezultatima spektroskopskih posmatranja zvezde crvenog patuljka BD + 1.1522 do kojih su došli L. i G. Münch /26/. Iz čitave serije spektrograma ove zvezde samo se na snimku od 27-II-1948 godine mogu videti emisione linije vodonika u spektru, dok se na ostalim snimcima ove linije ne mogu videti. Što se ostalih snimaka tiče, oni se mogu podeliti u tri grupe: jednu na kojima se vide intenzivne emisione linije jonizovanog kalcijuma, drugu na kojoj su ove linije osetno slabije i nalaze se samo u centralnom delu absopcionih linija i treću grupu snimaka na kojima se ne vide nikakve emisione linije. Spektri iz ove treće grupe su normalni spektri crvenih patuljaka. Isti slučaj je primećen i kod drugih zvezda crvenih patuljaka i to kod zvezda AHS 246B, BD + 1.4774 /27/ i V 645 Cen /32/. Zanimljivo je da ni u jednom od pomenutih slučajeva pojavljivanja i nestajanja emisionih linija nisu primećene upadljivije promene u vidljivom delu neprekidnog spektra, što znači da ukoliko ovakve promene postoje one moraju biti neznatne.

Iz rečenog se može izvući sledeći zaključak: ako je prisustvo emisionih linija vodonika neophodan uslov da zvezda pripada promenljivima tipa UV Ceti, onda znači da i zvezde bez tih linija u spektru mogu povremeno - u intervalima kada se vodonikove linije pojave u spektru - da pripadaju klasi promenljivih UV Ceti, dakle, potencijalno kod svih zvezda crvenih patuljaka mogu se uočiti eruptivne promene sjaja, samo dok je kod nekih mehanizam koji izaziva ove promene neprekidno aktivan /kod ovih zvezda su emisione linije neprekidno vidljive/ dotle se kod drugih zvezda ovaj mehanizam samo po-

vremeno aktivira. Drugim rečima nedostatak emisionih linija vodonika u spektru neke zvezde crvenog patuljka nije siguran znak da ta zvezda neće nikada pokazati eruptivne promene sjaja.

Ovakav zaključak bi mogao da bude od veoma dalekosežnog značaja za proučavanje problematike crvenih patuljaka i za-to mislimo da treba pažljivo sakupiti novi posmatrački materijal pre nego što se on konačno usvoji.

2.- Spektralna posmatranja sa vreme promene sjaja

Za proučavanje zvezda tipa UV Ceti od posebne je važnosti ispitivanje spektara dobijenih za vreme eruptivnih promena sjaja. Medjutim, broj svih postojećih spektrograma je vrlo mali, jer su sve zvezde veoma slabe, te se spektrogrami mogu dobijati samo pomoću najjačih instrumenata. Zbog toga nema ničeg čudnog u činjenici da je do sada dobijeno samo nekolike spektrograme za vreme promene sjaja. Tablica V daje spisak postojećih spektrograma snimljenih za vreme promene sjaja zvezde.

T A B L I C A V

Zvezda	Posmatrač
Wolf 47	Eidelman
UV Ceti	Joy i Humason
V 371 Ori	Wachmann
BD + 1.1522	L. i G. Münch
YZ CMi	Joy
V 645 Cen	Thackeray
BD + 51.2402	Popper
BD - 32.16135	Luyten

Na spektrogramima zvezda iz tablice V nogu se jasno uočiti promene u odnosu na normalne spektrograme. One govore u prilog tome da je za vreme snimanja došlo do porasta sjaja. Uostalom, kod izvesnog broja spektrograma autori su za vreme snimanja vizuelno pratili zvezdu i tom prilikom uočili promenu sjaja zvezde. Nažalost, ni u jednom slučaju nije vršeno precizno fotometrisanje sjaja zvezde, te se zbog toga, ne može reći da li je promena sjaja imala eruptivan karakter ili je pripadala grupi lagahih promena. Postojeći posmatrački materijal ukazuje na nužnost paralelnih spektralnih i fotometrijskih posmatranja. Ovaj zahtev proizilazi pre svega iz činjenice da su uočene dve vrste promena u spektrima ovih zvezda:

a/ Intenzitet Balmerovih linija raste, a dekrement opada. Često se pojavljuju nove Balmerove linije višeg reda, koje do tada nisu bile vidljive u spektru. Zanimljivo je da linije H i K gotovo ne menjaju intenzitet /32, 25, 31/. Pri svim ovim promenama nisu uočene neke promene u vidljivom delu neprekidnog spektra. Ukoliko i postoje neke promene u intenzitetu ovog dela neprekidnog spektra one su tog reda veličine da se ne mogu odrediti bez pažljivog fotometrisanja. No, koliko je nama poznato ovakvo fotometrisanje do sada nije vršeno.

b/ Kod druge vrste spektralnih promena, emisione linije vodonika postaju izvanredno jake. Osim toga u spektru se pojavljuju emisione linije heliuma 4o26, 4471 i slaba linija jonizovanog heliuma 4686. Što se emisionih linija H i K tiče oni se relativno malo pojačavaju /28/. No, ono što je najvažnije kod ove vrste spektralnih promena jeste pojavljivanje neprekidnog emisionog spektra, koji je naročito jak u ultra-

ljubičastom i dalekom plavom delu, dok je u oblasti većih talasnih dužina, veoma slab i gotovo neprimetan. Ovaj neprekidni emisioni spektar prekriva apsorpcione linije do te mere da se one u kratkotalasnom delu spektra potpuno gube. Ovakve promene u spektru su svega dva puta posmatrane /28/.

Nije isključeno da ove dve vrste promena u spektru odgovaraju dvema vrstama promene sjaja zvezda o kojima smo govorili u poglavlju o fotometrijskim posmatranjima promenljivih.

GLAVA V

PROSTORNE I DINAMIČKE KARAKTERISTIKE ZVEZDA SA EMISIONIM LINIJAMA VODONIKA U SPEKTRU

Kada je 1956 godine otkriveno /38/ da u našem zvezdanom sistemu postoje zvezdane asocijacije čije su članice promenljive zvezde tipa UV Ceti, pomislilo se da možda i zvezde UV Ceti iz okoline Sunca ne čine neku asocijaciju. Ova pomisao je bila utoliko osnovanija što je već u to doba postojao jedan rad /36/ iz kojeg se videlo da je disperzija svojstvenih brzina crvenih patuljaka sa emisionim linijama manja od disperzije običnih crvenih patuljaka, što je ukazivalo na mogućnost da ove zvezde čine jedan fizički tešnje povezan sistem. Tokom 1957 i 1958 godine pojavila su se dva rada /37,35/ u kojima su bile podvrgnute analizi disperzije svojstvenih brzina crvenih patuljaka sa emisionim linijama vodonika u spektru, dakle potencijalnih promenljivih tipa UV Ceti. Rezultati ovih radova su još više potvrdili sumnje koje su postojale.

Zbog toga smo smatrali da će biti od velikog interesa da skupimo na jednom mestu i ostale podatke /paralakse, dvojnost/ i zatim tako sredjene podatke podvrgnemo analizi, ne bi li se tako dobila preciznija slika o ovom pitanju. Kao što će se videti rezultati ovog poduhvata su još nedvosmislenije ukazali na mogućnost da promenljive tipa UV Ceti iz okoline Sunca zaista obrazuju asocijaciju.

Kao što se vidi iz tablice VI koja je radjena prema katalogu zvezda sa emisionim linijama od W. Bidelman-a /27/ naša ispitivanja se odnose na sve crvene patuljke sa emisionim linijama vodonika u spektru. Kolone u tablici VI označavaju: redni broj, ime zvezde, udaljenje od Sunca u parsecima i napomene. U ovoj poslednjoj koloni slovo "d" označava da je zvezda dvojna a "f" da je kod te zvezde posmatrana eruptivna promena sjaja.

T A B L I C A VI

Red. br.	Zvezda	ps.	Napomena
1.	ADS 246	3.5	d,f
2.	BD + 34.1o6	3o	-
3.	BD + 7o.68	9	-
4.	Wolf 47	7	d,f
5.	LPM 63	4	-
6.	UV Ceti	2.4	d,f
7.	Ross 15	9	-
8.	BD - 1.565	1o	d
9.	BD - 7.781	5	d
1o.	Wolf 1539	8.5	-

T A B L I C A VI /nastavak/

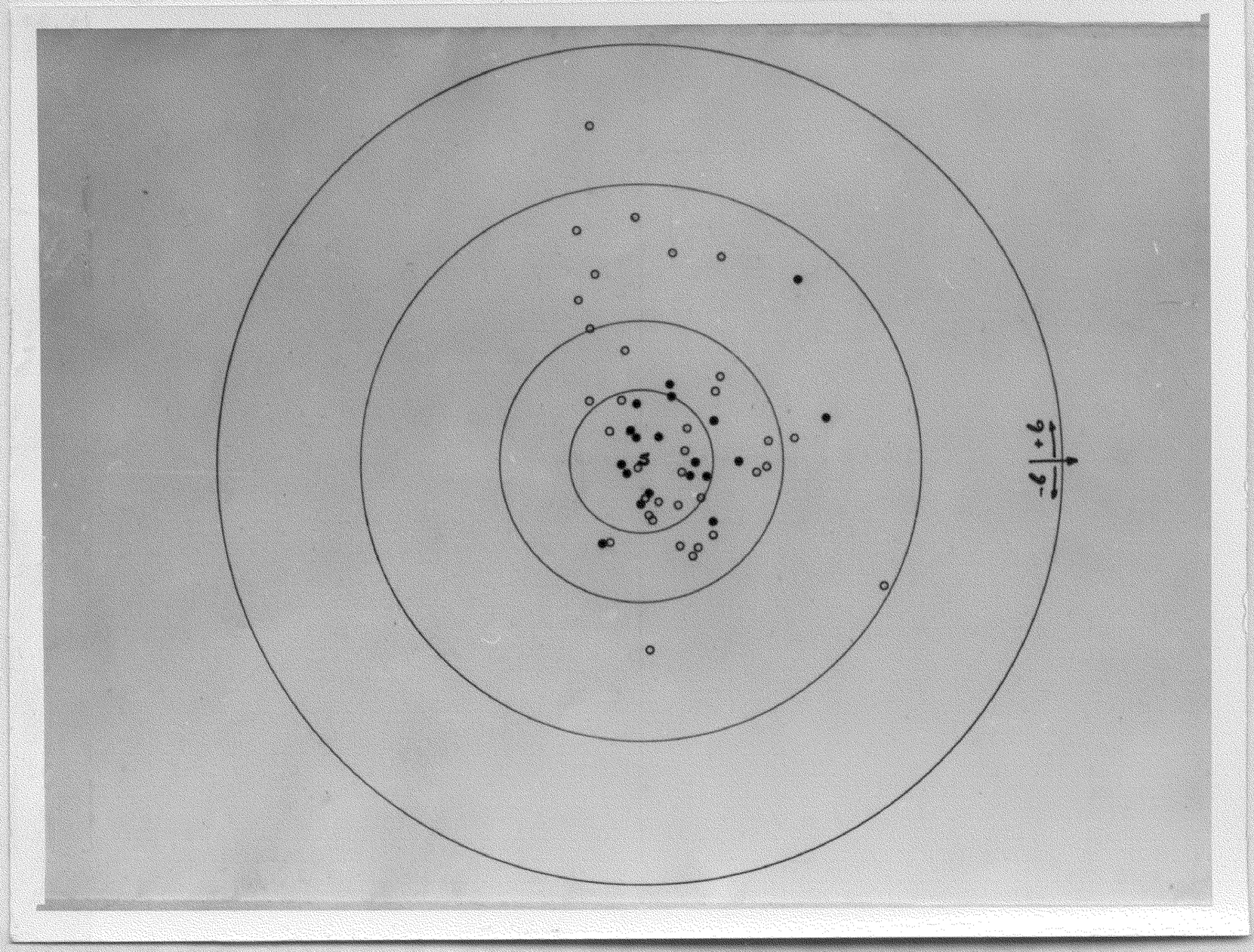
Red. br.	Zvezda	ps.	Napomena
11.	AC + 2.2283-259	17	-
12.	Ross 42	14	d
13.	V 371 Ori	-	f
14.	Ross 614	4	-
15.	Ross 986	6.5	d
16.	BD + 36.1638	11.5	d
17.	YY Gem	14.5	d
18.	YZ CMin	7	f
19.	BD + 33.1646	3	d,f
20.	AC + 22.214-129	21	-
21.	AD Leo	5	d,f
22.	L 1113-55	14.5	-
23.	Wolf 359	2.5	f
24.	WX UMa	6	d,f
25.	ADS 8242	16	-
26.	Wolf 424	4.5	d
27.	BD + 36.2322	15	d
28.	Wolf 461	1o	d
29.	BD + 13.2618	17	-
30.	AC + 18.1204-96	8	d
31.	Ross 845	6	-
32.	V 645 Cen	1.3	d,f
33.	BD +16.2708	28	-
34.	L - 1130-30	21	d
35.	BD + 55.1823	19	f
36.	HD 152751	6.5	d
37.	Ross 867 i 868	9	d,f
38.	F - 1-41	-	-
39.	HD 234677	7.5	f
40.	V 1216 Sgr	3	f

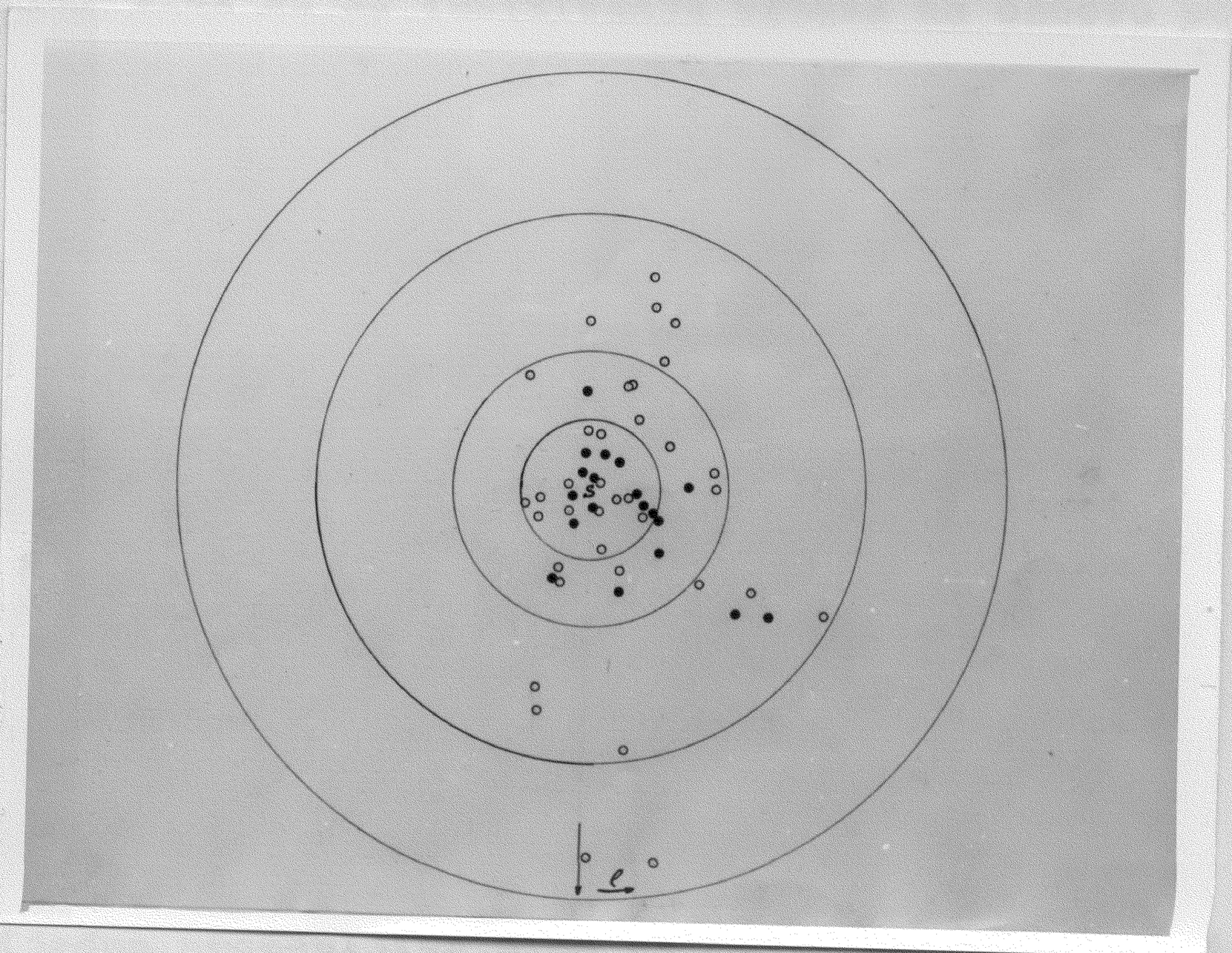
T A B L I C A VI /nastavak/

Red. br.	Zvezda	ps.	Napomena
41.	AC + 8.142-393	19	-
42.	ADS 12882	28	d
43.	Wolf 113o	16	f
44.	HD 196982	9	d,f
45.	HD 197481	9	-
46.	Wolf 1o84	14	-
47.	AC + 39.1214-6o8	10.5	d
48.	Wolf 922	6	-
49.	Wolf 1561	10	d
50.	DO Cep	4	d.f
51.	LPM 837	3	-
52.	HD 214479	3	d,f
53.	BV Lac	5	f
54.	AC + 31.7o565	21	-
55.	BD + 19.5116	7	d,f
56.	Ross 248	3	d
57.	BD + 1.4774	8	-
58.	DH Car	-	f
59.	BD + 1.1522	-	f

1.- Paralakse zvezda

a/ Za sada je poznato 59 zvezda sa emisionim linijama vodonika u spektru. Od tog broja za četiri zvezde ne poseđujemo podatke o paralaksi, tako da su naši zaključci izvedeni na osnovu podataka za 55 zvezda. Radi preglednosti razmatrali smo broj zvezda u sferama različitog radiusa u okolini Sunca. U tablici VII dat je pregled ovih podataka. U prvoj





Sl. 4

koloni je veličina radiusa sfere u parsecima, u drugoj procenat zvezda crvenih patuljaka sa emisionim linijama vodonika koji se nalaze u odgovarajućoj sferi, u trećoj koloni je data prosečna gustina zvezda u odgovarajućoj sferi u jedinicama: jedna zvezda na "x" kubnih parseka.

T A B L I C A VII

R	%	ps^3
5	31	33
1o	67	112
2o	91	67o
3o	1oo	2ooo

b/ Od ukupno 21 zvezde tipa UV Ceti za tri ne postoje podaci o paralaksi tako da su ispitivanja vršena na osnovu podataka za 18 promenljivih zvezda tipa UV Ceti. Rezultati su dati u tablici VIII. Značenja pojedinih kolona iz tablice su ista kao i u tablici VII.

T A B L I C A VIII

R	%	ps^3
5	5o	58
1o	89	26o
2o	1oo	186o

U sferi čiji je radius veći od 2o parseka za sada nije nadjena nijedna promenljiva tipa UV Ceti. Na slici 4 prikazan je šenatski raspored, u dve projekcije, svih zvezda iz tablice VI. U centru se nalazi Sunce /S/. Beli krugovi predstavljaju zvezde sa emisionim linijama vodonika u spektru, a crni promenljive zvezde tipa UV Ceti.

Iz gore iznetih podataka se vidi da je prostorni raspored i jednih i drugih zvezda /zvezde UV Ceti su ušle u tablicu VII/ međusobno sličan. Pre svega pada u oči da su sve one okupljene u okolini Sunca. Gustina zvezda UV Ceti u sferama odgovarajućih poluprečnika dva puta je manja od gustine zvezda sa emisionim linijama vodonika u spektru. Medjutim, ova se razlika ne može smatrati stvarnom i pre može da bude posledica toga što je dosta teško uočiti eruptivne promene sjaja i što nisu sve zvezde sa emisionim linijama dovoljno dugo posmatrane da bi mogli sa sigurnošću da tvrdimo da li pripadaju promenljivima tipa UV Ceti ili ne. I jedna i druga grupa pokazuje tendenciju opadanja gustine sa udaljavanjem od Sunca, tako da se stiče utisak kao da se Sunce nalazi u jednom jatu crvenih patuljaka čija gustina opada sa udaljavanjem od njega i čiji poluprečnik nije veći od 3o ps. Ovom zaključku bi se moglo prigovoriti to da opadanje broja zvezda sa udaljavanjem od Sunca može da bude isto tako prividna pojava. To može da bude posledica činjenice da su se ove zvezde veoma slabog sjaja tako da sa povećanjem udaljenja veoma brzo postaju nevidljive. Medjutim, ovom prigovoru se ne može dati suviše veliki značaj, jer, kao što ćemo docnije videti, postoje i drugi, posredni, dokazi da je naš zaključak, uopšte uzev, ispravan.

2.- Dvojnost zvezda

Procenat dvojnih zvezda medju zvezdama crvenim patuljcima sa emisionim linijama vodonika je vrlo visok. Prema postojećim podacima 51% svih zvezda su dvojne. Procenat dvojnih zvezda medju promenljivim zvezdama tipa UV Ceti približno

je istog reda veličine i iznosi 61%. Ovako visok procenat dvojnih zvezda takodje ukazuje na mogućnost da se Sunce stvarno nalazi u jatu zvezda koje su fizički medjusobno povezane. Poznato je, da kod svih zvezda članica asocijacija postoji izrazita tendencija obrazovanja tesnih parova, te se zbog toga i u našem slučaju visoki procenat dvojnih zvezda može uzeti kao jedan od dokaza da UV Ceti zvezde obrazuju asocijaciju u kome se nalazi Sunce. Najzad treba da napomenemo da je ovako visoki procenat dvojnih medju UV Ceti zvezdama svakako doprineo formiranju mišljenja da je dvojnost ovih zvezda uzrok eruptivnim promenama sjaja, ali u nedostatku bližih dokaza ovo pitanje mora za sada da ostane otvoreno.

3.- Svojstvene brzine zvezda sa emisionim linijama vodonika

Sve do 1953 godine nike nije posebno ispitivao dinamičke karakteristike crvenih patuljaka sa emisionim linijama u spektru, već su ispitivanja vršena za sve crvene patuljke iz okoline Sunca bez obzira na njihove posebne spektralne karakteristike. Tek od 1953 godine počinju da se pojavljuju radovi u kojima se ispituje disperzija svojstvenih brzina crvenih patuljaka sa emisionim linijama u spektru. Do ovoga je došlo zato što je tada postalo jasno da ove zvezde imaju odredjene fizičke osobine koje ostali crveni patuljci nemaju, te je u načelu postojala verovatnoća da ove zvezde imaju i drukčije dinamičke karakteristike. Prvi je J.Delhaye skrenuo pažnju na ovaj problem /36/. On je primetio da zvezde crveni patuljci sa emisionim linijama u spektru imaju manje disperzije svojstvenih brzina nego zvezda bez emisionih linija

i, da prema tome, mogu da pripadaju pljosnatom podsistemu naše Galaksije. U svom radu objavljenom 1957 godine A.Vyssotsky i E.Dyer /37/ su ispitali disperzije svojstvenih brzina crvenih patuljaka sa različitim spektralnim karakteristikama i došli do sledećih rezultata:

Zvezde dK	30 km/sec
Zvezde dMe	18 km/sec
Zvezde dMe /samo linije vodonika/	15 km/sec .

Ovi rezultati su naveli K. Arakeljana /35/ da tokom 1958 godine još jednom revidira disperzije svojstvenih brzina crvenih patuljaka sa emisionim linijama vodonika u spektru, jer se u medjuvremenu dosta učvrstilo mišljenje da zvezde UV Ceti čine asocijaciju zvezda /1/. Njegova ispitivanja su pokazala da disperzija svojstvenih brzina crvenih patuljaka sa emisionim linijama vodonika u spektru iznosi 16 km/sec, dakle u punoj saglasnosti sa rezultatima Vyssotskog i Dyer-a. Ovako mala disperzija svojstvenih brzina ukazuje na to da ove zvezde bez sumnje pripadaju pljosnatom podsistemu Galaksije, dakle istom podsistemu kome pripadaju i ostale asocijacije zvezda.

U istom radu M. Arakeljan je ispitao i postojanje K efekta kod ovih zvezda. Zbog relativno malog broja zvezda on nije mogao precizno da odredi veličinu ovog efekta. No, i pored toga iz postojećih podataka nedvosmisleno proizilazi da kod crvenih patuljaka sa emisionim linijama vodonika u spektru postoji K-efekat čija je donja granica 2 km/sec. Medjutim, nije nopšte isključeno da prava vrednost ovoga efekta bude i veća, naprimer, 4 km/sec. O postojanju K-efekta ne može, dakle, biti sumnje a to znači da imamo razlog više koji govori u prilog toga da su ove zvezde medjusobno fizički povezane.

4.- Zaključci

Prilikom ispitivanja T asocijacija u sazvežđu Bika utvrđeno je da se među zvezdama tipa T-Tauri nalaze i takve promenljive koje po svim svojim karakteristikama spadaju u klasu promenljivih tipa UV Ceti. To je dalo povoda da se posumnja u mogućnost postojanja posebnih UV Ceti asocijacija. Ove sumnje su dobile realnu osnovu otkako su posmatranja na Tonantzintla opservatorij otkrila deo Orionove maglini postoje prostorno strogo ograničene grupe UV Ceti zvezda, dakle formacije koje bi mogle biti asocijacije zvezda UV Ceti. Izgleda da je samo pitanje vremena da se ove pretpostavke potvrde /38/.

Posle ovoga gotovo se samo po sebi nametnula pomisao da možda i zvezde UV Ceti, koje se nalaze u okolini Sunca sačinjavaju jednu UV Ceti asocijaciju /u koju je Sunce slučajno zalutalo /1/. Za protekle tri godine otkako je ova ideja prvi put javno iznesta, nije nadjena nijedna činjenica koja bi se protivila ovoj pretpostavci, napretiv, sve do sada sakupljene činjenice išle su u njen prilog. Pa i materijal kojeg smo u ovom radu sakupili i obradili govori u prilog shvatanju da UV Ceti zvezde iz okoline Sunca čine zvezdanu asocijaciju. Radi preglednosti nabrojaćemo još jednom ukratko sve činjenice koje govore u prilog tome da se Sunce nalazi u jednoj zvezdanoj asocijaciji tipa UV Ceti /2, 3, 7, 40/.

a/ Formiranje ovakve skupine zvezda slučajnim susretima je nemoguće. To znači da su sve zvezde iz skupine genetski povezane.

b/ Sve zvezde se nalaze u sferi čiji prečnik nije

vedi od 60 parseka, a to je red veličine prečnika zvezdanih asocijacija.

c/ Broj zvezda sa emisionim linijama vodonika u spektru iz okoline Sunca odgovara prosečnom broju zvezda u drugim asocijacijama.

d/ Gustina ovih zvezda je manja od prosečne gustine zvezda u opštem polju Galaksije /jedna zvezda na 10 kubnih parseka/.

e/ Ovako visok procenat dvojnih zvezda svojstven je samo za zvezde članice asocijacija.

f/ Mala disperzija svojstvenih brzina ukazuje na to da su ove zvezde članice pljosnatog podsistema Galaksije. One, dakle, pripadaju istom podsistemu kojem pripadaju i ostale asocijacije.

g/ Postojanje K-efekta govori u prilog tome da su sve zvezde fizički povezane i da se, verovatno, razilaze, što je takodje osobina zvezda članica asocijacija.

i/ Prisustvo emisionih linija u spektru ukazuje na to da su ove zvezde okružene relativno prostranim gasovitim omotačem. Mada još ne postoje neposredniji dokazi, može se pretpostaviti sa prilično sigurnosti da ovaj omotač nastaje isticanjem gasova iz zvezde. To bi značilo da i ove zvezde osobinu
poseduju da izbacuju materiju iz sebe, osobinu /koja se sreće kod zvezda/ članica asocijacija.

j/ Najzad, u prilog ovom shvatanju govori i to da je gustina međuzvezdane materije u Sunčevom sistemu mnogo veća od gustine materije u međuzvezdanom prostoru. Ukoliko se tokom narednih godina pokaže da ova materija ne vodi poreklo od Sunca ili da nije nastala u procesu formiranja Sunčevog

sistema, onda će to biti dokaz da ova materija potiče iz međuzvezdanog prostora. U tom slučaju neće biti isključena mogućnost da ta materija čini sastavni deo oblaka u kome se sada nalazi Sunčev sistem. A kako je prisustvo ovakvih oblaka međuzvezdane materije dokazano kod svih zvezdanih asocijacija, to bi ovaj zaključak takodje išao u prilog shvatanju da se nalazimo unutar jedne zvezdane asocijacije zvezda tipa UV Ceti.

Mada se iz izloženog vidi da se u ovom trenutku još ne može donešti konačan zaključak o ovom pitanju, ipak mislim da se već i sada može reći sa prilične sigurnosti da zvezde UV Ceti iz okoline Sunca obrazuju zvezdanu asocijaciju.

II BIO

POLARIMETRIJSKA POSMATRANJA

Koliko je iz astronomske literature poznato do sada nisu nigde vršena polarimetrijska posmatranja zvezda crvenih patuljaka. Razlog tome je taj što su gotovo sva dosadašnja polarimetrijska posmatranja bila usmerena ka ispitivanju polarizacije svetlosti zvezda koja nastaje usled dejstva međuzvezdane materije. U tom cilju su posmatrane zvezde velikog apsolutnog sjaja - prvenstveno spektralnih klasa O i B - jer su one vidljive sa većih udaljenja, te se, zbog toga, može lakše uočiti i ispitati dejstvo međuzvezdane materije na polarizaciju svetlosti zvezda. Osim zvezda tipa O i B posmatrane su i zvezde, uglavnom džinovi, iz nekih asocijacija, jer se i u tom slučaju moglo očekivati da će se uočiti izvesna polarizacija svetlosti usled dejstva relativno gustih oblaka materije u kojima se obično nalaze asocijacije. Kao što smo u prethodnoj glavi videli crveni patuljci koje mi ispitujemo nalaze se u neposrednoj blizini Sunca, te su, zbog toga, nepodesni za ispitivanje međuzvezdane polarizacije svetlosti, jer je delovanje međuzvezdane materije na tako malim rastojanjima nemoguće utvrditi današnjim posmatračkim sredstvima. To je prvi razlog zbog kojeg do sada nisu vršena polarimetrijska posmatranja crvenih patuljaka.

Sistematska posmatranja polarizacije svetlosti samih zvezda vršena su u veoma ograničenom broju. Ovakva ispitivanja su vršena samo kod nekih zvezda spektralne klase O za koje

se pretpostavljalo da se nalaze u nekom nesimetričnom oblaku slobodnih elektrona, koji bi eventualno mogao da polarizuje svetlost zvezde pre nego što ona krene kroz vasionski prostor. Što se tiče polarimetrijskih posmatranja crvenih patuljaka ona nisu vršena, jer se smatralo da ove zvezde zbog svoje niske temperature ne predstavljaju objekte koji bi sa tačke gledišta polarizacije svetlosti bile interesantne. To je drugi razlog zbog kojeg do danas nisu vršena polarimetrijska posmatranja crvenih patuljaka.

Medjutim, ispitivanje mehanizma zračenja zvezda crvenih patuljaka za vreme eruptivnih promena sjaja ukazuje na to da ovo zračenje nije termičkog porekla. Ako je to tačno, onda se može očekivati da će višak zračenja za vreme promene sjaja biti polarizovan, tj. da će se bar za vreme promene sjaja moći uočiti izvesna polarizacija svetlosti. No, moguće je otići i korak dalje i pretpostaviti da će svetlost zvezda sa emisionim linijama vodonika biti delimično polarizovana i van eruptivnih promena sjaja, ukoliko postoji neka genetička veza izmedju eruptivnih promena sjaja i emisionih linija vodonika u spektru. Imajući ovo u vidu smatrali smo da bi bilo korisno da izvršimo jednu seriju polarimetrijskih posmatranja crvenih patuljaka sa emisionim linijama vodonika u spektru, jer bi to svakako doprinelo boljem upoznavanju ovih zvezda, a posebno mehanizma zračenja za vreme eruptivnih promena sjaja.

Zbog toga smo za vreme boravka na Bjurakanskoj opservatoriji planirali i ostvarili jedan kraći pregram polarimetrijskih posmatranja zvezda tipa UV Ceti, ili tačnije zvezda sa emisionim linijama vodonika u spektru. U pregram je ušlo 11 crvenih patuljaka od kojih je sedam imalo emisione li-

nije vodonika u spektru, dok za ostale četiri zvezde nisu postojali podaci o prisustvu ovih linija u spektru. Ove poslednje četiri zvezde su uzete radi upoređenja rezultata dobijenih od zvezda različitih spektralnih karakteristika. Od sedam zvezda sa emisionim linijama u spektru kod dve su do sada zapažene i eruptivne promene sjaja, što znači da one sigurno pripadaju promenljivim zvezdama tipa UV Ceti. Spisak zvezda našeg posmatračkog programa dat je u tablici IX.

T A B L I C A IX

N°	Zvezda	m_v	sp.
1.	BD + 22.176	8.4	dK3
2.	BD + 5.307	9.0	dK8
3.	BD + 5.3409	9.5	dM
4.	BD +15.4733	8.6	dM2
5.	BD +34.106	10.0	dM0e
6.	BD +70.68	9.9	dM3.5e
7.	BD +20.2465	9.4	dM4e
8.	BD +50.2402	8.3	dM1e
9.	AC + 8.142-393	9.8	dM2e
10.	BD +43.4305	11.5	dM4.5e
11.	BD + 1.4774	9:1	dM2e

Pre nego što predjemo na prikazivanje i analizu polarimetrijskih posmatranja potrebno je da naponemo da je izbor zvezda za ovaj program bio prilično ograničen, jer je na raspoloženju stajao relativno slab instrument za ovakva posmatranja. Osim toga izuzetno loše atmosferske prilike i ograničeno vreme boravka nisu nam dozvolili da obavimo veći broj posmatranja.

GLAVA I

INSTRUMENTI I METODE POLARIMETRIJSKIH POSMATRANJA IZVRŠENIH NA BJURAKANSKOJ OPSERVATORIJI

Polarimetrijska posmatranja zvezda tipa UV Ceti nisu vršena sve do 1958 godine. Tek je te godine autor ovog rada prvi put izveo polarimetrijska posmatranja nekih zvezda pomoću fotoelektričnog fotometra bjurakanske opservatorije. Cilj ovih posmatranja je bio da se dobije još jedan podatak, koji bi mogao da pomogne prilikom proučavanja mehanizma zračenja za vreme eruptivnih promena sjaja. Polarimetrijska posmatranja zvezda spektralnog tipa dMe pretstavljala su posmatrački deo autorovog programa rada za vreme boravka u SSSR-u. Obzirom da slična posmatranja nisu još nigde drugde vršena, opisaćemo nešto podrobnije instrumente i metode posmatranja.

1.- Instrumenat

Posmatranja su vršena u Cassegrain-fokusu ogledala od 16", koje na Opservatoriji i inače služi sa fotoelektrična merenja. Posmatranja su vršena fotoelektričnim fotometrom, koji je bio konstruisan za merenje polarizacije svetlosti zvezda džinova iz zvezdanih asocijacija. Optička kolona fotometra sastojala se iz sledećih elemenata.

a/ Obrtna metalna ploča sa blendama prečnika o.5; 1.o; 2.o i 5.o milimetara.

b/ Okular sa pomičnom prizmom pomoću koje se u željenom trenutku može kontrolisati položaj zvezde u dijafragmi.

c/ Obrtna ploča sa filtrima.

d/ Polaroid.

e/ Fabry-evo sočivo.

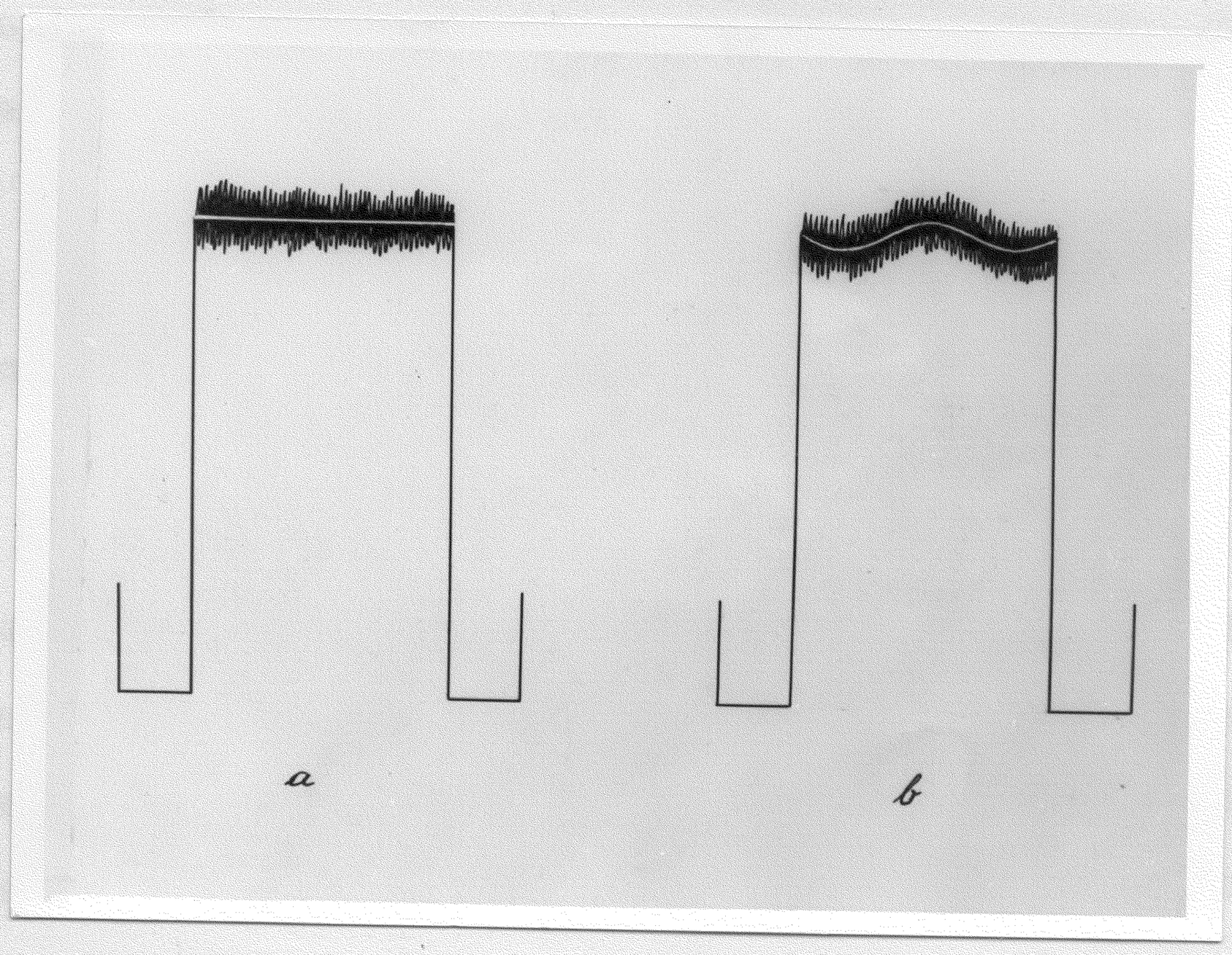
Obrtanje polaroida kod ovog fotometra se vrši automatski pomoću malog sinhronog motora. Brzina obrtanja polaroida je 5° za 4 sekundi. Polaroid ne vršu pun obrt. Počinjući ugao od jednog fiksnog položaja on se obrne za 22o stepeni i zatim se pomoću jedne opruge naglo vraća u početni položaj. Posle deset sekundi stajanja u početnom položaju polaroid ponovo počinje da se obrće. Neposredno pred vraćanje polaroida u prvobitni položaj jedan metalni zastor automatski zatvara put svetlosnim zracima. Zastor se uklanja tek na dve sekunde pred ponovni početak obrtanja polaroida. Na taj način moguće je kontrolisati nulu instrumenta između svaka dva uzastopna merenja. Ceo proces merenja uključivši i kontrolu nule instrumenta traje oko 3,5 minute.

Električni deo instrumenta sastoji se iz sledećih delova:

a/ Fotoćelija sa sekundarnom emisijom elektrona tipa EMI 9064.

b/ Jednosmerno pojačalo standardnog tipa "Kaktus". Ovo je dvostepeno pojačalo. U prvom stepenu se nalazi dvostruka elektronska tetroda balansno povezana a u drugom dvostruka trioda takodje balansno povezana.

c/ Uredjaj za registrovanje signala iz pojačala tipa ЭПП -09. Ovo je sovjetska verzija poznatog američkog Brown recorder-a.



Sl. 5.- Izgled zapisa merenja polarizacije svetlosti zvezde /a/ nepolarizovana svetlost, /b/ polarizovana svetlost.

Fotometar je bio ispitan još pre autorovog dolaska na opservatoriju tako da pre početka posmatranja zvezda dšo nisu vršena posebna ispitivanja instrumenta.

2.- Obrada posmatranja

Da bi izbegli eventualne nesporazume i nejasnoće definisaćemo bliže pojam "jedno posmatranje". Pod ovim pojmom podrazumevaćemo - kada je reč o polarimetrijskim posmatranjima - merenje intenziteta i polarizacije svetlosti, koje se obavi za vreme jednog obrta polaroida, tj. merenje između dva zapisa nule instrumenta.

Na slici 5 su date reprodukcije zapisa na traci instrumenta ЭПП-09. Na crtežu je prikazano jedno posmatranje zvezde čija svetlost nije polarizovana /a/, dok je na crtežu /b/ prikazano posmatranje zvezde čija je svetlost polarizovana.

U cilju obrade posmatranja povlačili smo srednju krivu i tako izravnjali sitna kolebanja, koja nastaju usled scintilacije zvezda, šumova fotoćelije i drugih uzroka. Kao što vidimo sa slike u slučaju kada svetlost zvezde nije polarizovana ova srednja kriva je, ustvari, prava linija, pošto intenzitet svetlosti koji pada na fotokatodu ne zavisi od položaja polaroida. U slučaju kada je svetlost zvezde polarizovana ova srednja kriva predstavlja neku dvostruku sinusoidu , pri čemu amplituda sinusoide zavisi od stepena polarizacije, a položaj ekstremuma od položajnog ugla ravni polarizacije, merenog od početnog položaja polaroida. Zbog toga što se polaroid obrće 22o stepeni ova kriva ima tri ekstremuma /dva maksimuma

i jedan minimum ili obrnuto/. Linearno udaljenje između dva uzastopna ekstremuma iznosi na traci 25 milimetara. Ovaj kriterijum nam je u izvesnim slučajevima pomogao da razlikujemo slučajna kolebanja intenziteta od kolebanja koja nastaju kao posledica polarizacije svetlosti.

Što se tiče intenziteta svetlosti zvezde on je proporcionalan izbijanju merenog instrumenta, tj. u našem slučaju rastojanju između linije koja obeležava nulu instrumenta i srednje linije koju smo povukli kroz gornji deo krive.

Medjutim, ova definicija nije sasvim precizna, jer kroz otvor dijafragme uvek ulazi pomalo svetlosti fona neba te je, radi dobijanja preciznih podataka o intenzitetu zvezde, potrebno osloboditi posmatranja od ovog uticaja. Zbog toga smo posle svakih 3-4 posmatranja zvezde obavezno vršili jedno posmatranje fona. Prilikom redukcije intenzitet fona je grafički oduzimam od posmatrane vrednosti za zvezdu. U izvesnim slučajevima, naročito kada je instrument bio uperen u praveu grada, svetlost fona je bila polarizovana, te je prilikom redukcije trebalo voditi računa i o ovoj činjenici.

Kriva dobijena posle oduzimanja fona služila je kao polazni materijal za dalju redukciju.

3.- Redukcija posmatranja

Ukoliko su posmatranja pokazivala da je svetlost zvezde polarizovana onda se procenat polarizacije svetlosti "p" izračunavao po sledećem obrascu:

$$p = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \times 100$$

Gde je $I_{max.}$ maksimalno izbijanje, a $I_{min.}$ minimalno.

Što se tiče položenog ugla ravni polarizacije, on se odredjivao tako što se linearno ekstrapolisanje maksimuma od početka posmatranja merenu u milimetrima množilo konstantom $3^{0}.6$. Tako se dobijao položajni ugao maksimuma merен od nultog položaja polaroida.

Kako je kod polarimetrijskih posmatranja uobičajeno da se orijentacija ravni polarizacije izražava pomoću položajnog ugla na nebu, to smo i mi izvršili naša posmatranja standardnih polarimetrijskih zvezda radi odredjivanja položajnog ugla nultog položaja našeg polaroida. Na osnovu posmatranja smo dobili sledeću redukcionu formulu:

$$\theta = \varphi + 33^{\circ}$$

Gde je θ položajni ugao ravni polarizacije na nebu.

4.- Greške posmatranja

U toku posmatranja zvezda iz programa ispostavilo se da je veoma teško odrediti greške merenja iz posmatranja zvezda programa, jer su one pokazivale veliko i nagle promene kako stepena tako i ravni polarizacije. Zbog toga su u program uključene i dve standardne polarimetrijske zvezde, tj. takve zvezde, koje su do sada često i od strane većeg broja posmatrača posmatrane i kod kojih nije primećena promena stepena i ravni polarizacije. Kao standardne zvezde usvojene su HD 2o9339 i HD 204827. Podaci za ove zvezde su /34/.

Zvezda		1900	1900	m_v	p%	θ	spektar
HD 209339	21^{l}	57^{m}.6	62°0'	6.78	2.2	68°	B1
HD 204827	21	26. 1	58 18	8.28	5.6	58	B0

Naša posmatranja su dala sledeće rezultate:

	p%	θ
HD 209339	2.3	66.4
HD 204827	5.7	57.0

Kao što se iz ovih podataka vidi dobijeni rezultati se sasvim dobro slažu sa vrednostima dobijenim od strane drugih autora. Najzad, iz naših merenja smo odredili srednje kvadratične greške i dobili sledeće vrednosti:

	Sr.Kv.gr u p%	Sr.kv.gr. u θ
HD 209339	± 0.29	± 2.9
HD 204827	± 0.26	± 2.0

Ocena greške posmatranja za zvezde iz programa je pokazala da ona normalno nije veća od napred navedenih vrednosti osim u slučajevima kada je sjaj zvezde bio nestabilan. Tada je greška odredjivanja polarizacije dostizala i 3%.

5.- Ocena primenljivosti metode

Kako je već rečeno fotometar Bjurakanske opservatorije bio je konstruisan u cilju polarimetrijskih posmatranja zvezda džinova članica zvezdanih asocijacija i za tu svrhu on je bio veoma podesan. No, nažalost, ovaj instrument nije odgovarao sasvim potrebama naših posmatranja. Naime, zbog primene jednosmerne tehnike merenja i lagunog obrtanja polaroida nastajale su prilične teškoće svaki put kada bi neka od ovih zvezda promenila sjaj. U tim slučajevima je bilo veoma teško odrediti šta potiče od promene sjaja a šta od promene stepena

polarizacije. Zbog toga nismo uspeli sa doveljno sigurnosti da damo odgovor na jedno važno i principijelno pitanje o tome da li je višak svetlosti zvezde za vreme eruptivne promene sjaja totalno polarizovan ili ne.

Prema iskustvu kojeg smo stekli u radu smatramo da bi za polarimetrijska posmatranja zvezda tipa UV Ceti najbolje odgovarao fotometar sa polaroidom koji se brzo obrće, kao i primena naizmenične tehnike. Tada bi, po našem mišljenju, jedino bilo moguće dati precizan odgovor na pitanje o polarizaciji svetlosti zvezde za vreme eruptivne promene sjaja.

GLAVA II

REZULTATI POLARIMETRIJSKIH POSMATRANJA

U prvobitnom programu posmatranja bilo je predvidjeno da se posebno ispita polarizacija svetlosti crvenih patuljaka u crvenom, žutom, plavom a, eventualno, i ultraljubičastom delu spektra. Zbog toga je polarizacija svetlosti prve zvezde sa programa BD +5o.2402 posmatrana u crvenoj, žutoj i plavoj svetlosti. /Posmatranja u ultraljubičastoj svetlosti su morala da otpadnu, jer je signal bio suviše slab, te nisu mogla da se vrše dobra merenja/. Analiza posmatračkih podataka je, medjutim, pokazala da ne postoji nikakva razlika u stepenu polarizacije različitih delova spektra, bar ne kada se posmatranja vrše sa relativno širokopojasnim filtrima, kojima smo mi raspolagali. Da bi, ipak, bili sigurni da ovakav efekat ne postoji kod drugih zvezda izvršili smo slična posmatranja u tri boje još kod četiri crvena patuljka, i to:

BD +15.4733, BD +5.3409, BD +1.4774 i AC +8.142-393. Pomenuta višebojna posmatranja ovih zvezda izvršena su u toku noći 12, 13 i 14 septembra 1958 godine. Dobijeni su isti rezultati kao i kod zvezde BD +5o.42o2, tj. nije utvrdjena nikakva razlika u stepenu polarizacije svetlosti u različitim delovima spektra. Zbog toga su sva ostala posmatranja polarizacije svetlosti zvezda sa programa vršena bez filtra, tj. u oblasti osetljivosti fotokatode ćelije EMI 9o64. U tablici X dati su podaci polarimetrijskih posmatranja zvezda sa programa. Kolone po redu daju: datum posmatranja, stepen polarizacije u procentima i posiuioni ugao ravni polarizacije na nebu. Za zvezde koje su posmatrane u tri boje dati su podaci posmatranja u žutoj boji.

T A B L I C A X

Datum	p%	θ
BD +22.176		
1-XI-58	1.3	176
	1.2	189
	1.3	189
	1.o	176
	1.1	196
	1.4	183
	o.6	182
	1.4	192
	1.2	185
	1.3	181
	1.o	186
	1.2	185
	o.9	171
	1.3	192
	1.o	185
	1.o	183

Datum	pS	θ
BD +5.307		
18-X-58	1.6	205
	1.2	185
	1.2	195
	0.6	181
	1.2	175
	0.0	-
	1.2	179
	0.0	-
	0.0	-
	0.6	185
	1.8	183
	1.6	181
	0.0	-
	0.4	181
	1.3	181
	0.3	181
BD +5.3409		
12-IX-58	0.0	-
	0.0	-
13-IX-58	0.0	-
	0.3	173
	0.0	-
14-IX-58	1.3	149
1- X-58	0.0	-
	0.0	-
2- X-58	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
BD +15.4733		
12-IX.58	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
13-IX-58	0.0	-
	0.0	-

Datum	P%	θ
14-IX-58	0.0	-
	0.0	-
18- X-58	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
11-XII-58	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
BD +34.106		
19- X-58	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	0.0	-
	3.4	165
	1.8	177
	2.5	160
	1.1	160
BD +70.68		
23- I-58	7.7	167
	2.2	53
	2.4	145
	5.5	51
	2.7	0

Datum	ρ″	θ
24- X-58	0.0	∞
	0.0	-
	0.0	-
	2.8	191
	2.6	155
31- X-58	1.6	191
	1.4	190
	1.6	195
	1.4	202
	1.8	191
	1.6	190
	2.4	196
BD + 20.2465		
19- X-58	3.6	196
	3.7	183
	2.6	203
	2.6	199
	3.8	203
11-XI-58	2.7	181
	2.3	195
	13.1	60
	5.1	50
	7.3	102
	1.5	47
	4.6	86
	0.8	58
	6.6	50
	5.7	195
	10.6	39
	2.2	174
	2.7	55
	3.6	127
12-XII-58	5.8	118
	1.8	185
	2.2	94
	4.0	114
	2.8	114

Datum	p%	θ
	1.4	76
	2.6	145
	1.6	196
AD + 50.2402		
18-VI-58	2.3	67
	1.5	70
21-VI-58	1.9	66
22-VI-58	1.4	62
	1.2	63
13-VII-58	1.3	61
	1.0	66
	1.3	61
	1.0	64
	1.1	64
	1.2	57
	1.0	61
	1.1	63
16-VII-58	1.9	57
	1.9	56
	1.9	67
	1.4	60
	1.8	67
	2.1	70
	1.7	70
	1.9	74
	1.9	71
	1.7	74
19-VII-58	1.1	86
	1.5	88
	1.7	104
AC + 8.142-393		
12-IX-58	1.4	181
	3.3	181
	3.2	189
13-IX-58	1.2	161
	4.8	174
	2.4	173

Datum	ρ''	θ
14-IX-58	1.2	120
	2.1	127
5- X-58	1.7	130
	4.4	127
	1.5	131
	1.7	193
	2.0	116
	0.9	77
	3.8	85
	0.0	-
	3.4	166
	1.7	51
	3.2	189
	0.0	-
	0.0	-
	1.4	121
	0.0	-
	3.5	193
	2.6	161
	0.0	-
	1.2	51
	1.5	54
	1.5	55
	3.5	51
BD + 43.4305		
12-IX-58	10.0	109
	4.4	112
	8.2	105
14-IX-58	5.9	169
	5.1	206
	7.8	44
	3.0	57
BD + 1.4774		
12-IX-58	1.1	179
	1.1	210

Datum	P%	θ
13-IX-58	1.4	82
	0.7	112
14-IX-58	1.0	207
	1.0	207
19- X-58	0.0	-
	1.0	197
	0.0	-
	0.8	170
	1.2	169
	1.2	190
	1.7	177
	0.6	172
	0.6	161
	1.6	181
	0.8	166
	1.2	152

GLAVA III

ANALIZA POLARIMETRIJSKIH POSMATRANJA

Prikupljeni materijal o polarizaciji svetlosti crvenih patuljaka sa emisionim linijama vodonika u spektru, sakupljen kako nije dovoljan za potpunu i svestranu analizu pojave polarizacije svetlosti kod ovih zvezda, ali je on, po našem mišljenju, dovoljan da se stekne prva slika o ovom problemu, kako bi se na osnovu nje mogli organizovati potpunije serije posmatranja ovih zvezda. Iz postojećih polarimetrijskih posmatranja mogu se izvući sledeći zaključci:

a/ Od četiri zvezde u čijim spektrima do sada nisu uočene emisione linije, dve, BD +15.4733 i BD +5.3409 ne pokazuju nikakvu polarizaciju svetlosti. Izuzetak čine posma-

tranja zvezde BD + 5.3409 od 14-II-58. Medjutim, naknadnim proveravanjem je utvrdjeno da nije nepšte isključena mogućnost da je te večeri umesto ove zvezde slučajno posmatrana jedna druga spektralne klase A, koja se nalazi u neposrednoj blizini ove zvezde i iste je prividne veličine.

b/ Druge dve zvezde iz grupe emisionih linija u spektru pokazuju izvesnu slabu polarizaciju svetlosti. Srednja vrednost procenta polarizacije svetlosti zvezde BD+22.176 je jednaka 1,2%. Otstupanja od ove srednje vrednosti stepena polarizacije kreću se, kod ove zvezde, u granicama greške posmatranja.Srednja vrednost procenta polarizacije svetlosti zvezde BD + 5.307 nešto je manja nego kod prethodne zvezde, ali su otstupanja pojedinih merenja od srednje vrednosti osetno veća od grešaka merenja, tako da se u ovom slučaju ne može isključiti mogućnost da je postojalo stvarne kolebanje u stepenu polarizacije svetlosti ove zvezde.

c/ Svetlost svih zvezda sa emisionim linijama vodonika u spektru, koje smo posmatrali u okviru ovog programa, bila je delimično polarizovana. Pošto se rezultati dobijeni za različite zvezde razlikuju medjusobno, smatramo da će biti od interesa da se posebno zadržimo na analizi svake zvezde ponaosob.

<u>BD + 5o.2402</u>. Stepen polarizacije svetlosti ove zvezde kreće se u granicama od 1.2%, i menja se tokom vremena. Amplituda ovih promena jedva je nešto veća od greške merenja. Ustvari, sva posmatranja iz jedne večeri gotovo se međusobno poduda-raju i u svakom slučaju se nalaze unutar granica grešaka merenja. Medjutim, srednje vrednosti stepena polarizacije za različite večeri razlikuju se za minimalne vrednosti,koje se,ipak, mogu smatrati realnim.Što se tiče pozicionog ugla ravni polarizacije on

se kolebao uglavnom u granicama greške merenja.

BD +1.4774. Proseđen stepen polarizacije svetlosti ove zvezde je niži nego kod prethodne zvezde. Amplituda kolebanja stepena polarizacije je prilično velika i kreće se u granicama od 0-1.7%. Poziciони ugao ravni polarizacije takodje je podložan promenama u relativno širokim razmerama. Pada u oči da u roku od nekoliko minuta može da dodje, kod ove zvezde, do promena u parametrima polarizacije svetlosti.

BD +34.1o6. Ova zvezda je posmatrana samo u toku jedne večeri. U početku serije zvezda nije pokazala nikakvu polarizaciju svetlosti da bi se pred kraj serije odjednom pojavila polarizacija svetlosti u prilično visokom stepenu, /3.4%/. Tom prilikom nije uočena nikakva promena ajaja zvezde.

AC +8.142-393. Za ovu zvezdu su takodje karakteristične brze i velike promene parametara polarizacije svetlosti. Stepen polarizacije se menja u granicama od 0-4.8%.

BD +70.68. Stepen polarizacije svetlosti ove zvezde menja se u još širim granicama nego kod zvezda koje smo do sada analizirali. Amplituda promena se kreće u granicama od 0-7.7%. Kod ove zvezde pada u oči da je 23-X-58 stepen polarizacije svetlosti visok. Te večeri je i amplituda kolebanja stepena polarizacije bila velika i kretala se u granicama od 2.2-7.7%. Sledeće večeri je u početku stepen polarizacije svetlosti iznosio 0% da bi se na kraju naglo popeo na 2.8%. 31-X-58 stepen polarizacije je bio gotovo nepromenljiv i iznosio je u srednju ruku oko 1.6%. U prvoj i nešto gruboj aproksimaciji može se reći da je nivo stepena polarizacije

svake večeri bio drugi ostajući u toku večeri manje-više na istom nivou.

BD +43.4305. Zvezda je posmatrana dve večeri i oba puta je njena svetlost imala dosta visok stepen polarizacije. Zbog slabog sjaja zvezde /11.5 pr.vel./ greške merenja su prilično visoke. Prema našoj približnoj oceni, one su veće od 1%.

BD +20.2465. 19-X-58 svetlost zvezde je bila u prilično visokom stepenu polarizovana /2.6%-3.8%/, pri čemu je amplituda kolebanja procenta polarizacije bila relativno mala. 11-XI-58 prilikom prva dva merenja iz serije stepen polarizacije je iznosio oko 2.5%. Za vreme trećeg merenja iz serije stepen polarizacije svetlosti zvezde je naglo porastao i dostigao vrednost od oko 13%. Istovremeno je i sjaj zvezde porastao za o.3 prividne veličine. Sledeća merenja su pokazala nešto manji stepen polarizacije, mada je za to vreme intenzitet svetlosti zvezde porastao još za o.2 prividnih veličina. U nastavku serije su se i sjaj zvezde i stepen polarizacije njene svetlosti neprekidno menjali. Kolebanje sjaja je bilo u granicama od o.3 pr.vel., dok je kolebanje stepena polarizacije bilo u granicama od o.8%-1o.6%. 12-XII-58 situacija je bila kao i 19-X-58., tj. prosečan stepen polarizacije je iznosio oko 2.5% a kolebanje se kretalo u granicama od 1.5%.

Svi pokušaji da se nadje izvesna korelacija izmedju promene sjaja i promene stepena polarizacije kod posmatranja od 11-XI-58 ostali su bez uspeha. Treba napomenuti da su greške merenja te noći bile veoma velike i kretale se u granicama od 2-4%. U toku ove noći je naročito jasno došla do izražaja nepodesnost jednosmerne tehnike merenja za ovakve zvezde. Ovakve velike greške u merenjima su nastale zbog toga što je pri primeni jednosmerne tehnike merenja promena sjaj utiecala.

veoma mnogo na oblik krive registracije polarizacije svetlosti, tako da se veoma teško moglo utvrditi šta pripada promeni sjaja a šta promeni polarizacije.

d/ Kao što se iz tablice X vidi, gotovo sve promene stepena polarizacije bile su praćene promenama pozicionog ugla ravni polarizacije. Zbog toga smo pokušali da kod pojedinih zvezda nadjemo korelaciju izmedju ova dva parametra, no, rezultati su ostali negativni.

Zaključci

Na osnovu postojećih činjenica možemo da izvedemo sledeće zaključke:

a/ Na osnovu uporedjivanja spektroskopskog i polarimetrijskog materijala stiče se utisak kao da postoji odredjena veza izmedju intenziteta emisionih linija vodonika i stepena polarizacije, pri čemu izgleda da je stepen polarizacije utoliko veći ukoliko su emisione linije intenzivnije. Razume se,da se o ovoj zavisnosti za sada ne može ništa preciznije reći jer je, kao što znamo, intenzitet emisionih linija u spektru podložan naglim i znatnim promenama. Da bi se, dakle, ova veza sigurno ustanovila potrebna su jednovremena spektralna i polarimetrijska posmatranja. Dok se takva posmatranja ne izvrše ova konstatacija može da ima samo uslovnu vrednost. Na potrebu za ovakvim paralelnim posmatranjima ukazuje i činjenica da je polarizacija svetlosti merena kod nekih zvezda kod kojih do sada nisu primećene emisione linije u spektru. Nije isključeno da su u vreme naših merenja u njihovim spektrima ipak postojale emisione linije vodonika, jer su takve pojave povremenog po-

javljivanja emisionih linija vodonika već zapažene kod nekih zvezda.

b/ Povišenje sjaja kod zvezda UV Ceti praćeno je povišenjem stepena polarizacije svetlosti, pri čemu izgleda da je stepen polarizacije svetlosti viši u stadiumu porasta sjaja nego za vreme samog maksimuma. Obzirom na karakteristike jedne jedine posmatrane promene sjaja izgleda da je ona pripadala klasi tzv. sekundarnih promena. Zbog toga bi bilo od interesa da se nastave polarimetrijska posmatranja kako bi se s jedne strane potvrdio ovaj zaključak i s druge strane videlo kako stoje stvari za vreme eruptivnih promena sjaja.

III DEO

GLAVA I

TEORETSKE INTERPRETACIJE MEHANIZMA ERUPTIVNIH PROMENA KOD ZVEZDA TIPA UV CETI

Prvi pokušaji teoretske interpretacije mehanizma eruptivnih promena sjaja kod zvezda tipa UV Ceti pojavili su se gotovo jednovremene sa prvim rezultatima posmatranja. Oni su se, uglavnom, svodili na traženje analogije sa sličnim, dotle poznatim, pojavama kod zvezda. Pre svega je tražena analogija sa sličnim pojavama kod već poznatih tipova promenljivih zvezda. Tako je nastala sledeća tablica, koja potiče od M.Petit-a.

Tip zvezde	Prosečni porast sjaja u pr.vel.	Aps.veličina u minimumu	Prosečni interval između dva uzastopna maksimuma
UV Ceti	1.o-2.5	12-15	nekoliko časova ili dana
ARORi	1.5-3	9.11	nekoliko dana
U Gem	2.5-4.5	9.1o	2o-3oo dana
Povratne novae	7. -9	7-8	2o-8o godina
Tipične novae	11.13	5-6	x x x

U ovom pravcu se dalje od ove tablice nije otišlo.

Mada izvesna, pre bi se reklo, formalna analogija postoji između tipova promenljivih zvezda datih u prednjoj tablici - bar što se tiče eruptivnog karaktera promene sjaja - ipak su po svojim razmerama, a i po nekim fizičkim karakteristikama, one dovoljno različite da bi se moglo bez daljnjega pretpostaviti da isti mehanizam stvara sve ove procese. Naprotiv, nije

uopšte isključeno da razlikovati fizički uzroci izazovu promene sjaja, koje su po jednoj svojoj karakteristici - eruptivnom obliku promene sjaja - medju sobom slične.

U poslednje vreme se sve više ističe analogija između promena sjaja zvezda tipa UV Ceti i hromosferskih erupcija na Suncu. Broj činjenica koje navode na ovakve pretpostavke i dozvoljavaju ovakvo upoređenje ove dve pojave veći je nego u slučaju upoređivanja sa novim zvezdama. Nabrojaćemo posmatračke činjenice koje govore u prilog shvatanju da između hromosferskih erupcija na Suncu i eruptivnih promena sjaja zvezda UV Ceti postoji izvesna sličnost.

a/ Oblik krive promene sjaja je kod obeju pojava gotovo identičan. Čak je u izvesnim slučajevima i kod hromosferskih erupcija na Suncu primećen mali porast sjaja pre glavnog maksimuma.

b/ Trajanje same pojave je u oba slučaja približno istog reda veličine.

c/ Spektralna posmatranja pokazuju u oba slučaja izvesno intenzifiiranje i proširenje emisionih linija u spektru. U slučajevima velike amplitude promene sjaja u spektru se pojavljuje neprekidna emisija koja nastaje u optički plitkim slojevima zvezde, odnosno Sunca.

d/ U oba slučaja postoji delimična polarizacija svetlosti. Kod hromosferskih erupcija na Suncu izmerena je polarizacija svetlosti od 5% do 8% /50/.

Razume se da se na osnovu nabrojanih podudarnosti još uvek ne sme utvrditi da su ove pojave identične, jer postoje odredjene karakteristike po kojima se one medjusobno razlikuju. Nabrojmo samo dve od njih:

a/ Odnos visina zračenja prema normalnom zračenju mnogo je veći kod zvezda UV Ceti nego kod Sunca.

b/ Spektar zvezda UV Ceti sadrži emisione linije u optičkom delu i kada se zvezda nalazi u normalnom stanju, dok se kod Sunca emisione linije pojavljuju samo za vreme i na mestu aktivnosti.

Pri današnjem nivou naših znanja nema uopšte potrebe da se sa svom strogošću utvrdi postojanje ili nepostojanje identičnosti između spomenutih dveju pojava, jer to ne može bitno da doprinese rešenju problema fizičkih procesa koji dovode do ovih pojava, pošto nam ni u jednom ni u drugom slučaju taj mehanizam nije poznat, ali utvrdjivanje identičnosti ovih pojava može u budućnosti bitno da olakša rad na ispitivanju mehanizma eruptivnih promena sjaja kod zvezda tipa UV Ceti, jer će zbog neuporedivo većeg obilja podataka mehanizam hromosferskih erupcija na Suncu svakako pre biti pronadjen i objašnjen. Zbog toga se danas mogu videti radovi koji jednovremeno tretiraju oba ova problema /11/. Ne upuštajući se dalje u ova uporedjenja, razmotrićemo mehanizme koji dolaze u obzir pri eruptivnim promenama sjaja kod zvezda tipa UV Ceti.

Mada do sada nije postojao nijedan rad u kome bi bio sistematizovan celokupni činjenični materijal o zvezdama tipa UV Ceti, ipak su pojedini autori pokušavali da na osnovu jednog, ili veoma malog broja, uglavnom jednostranih podataka izvedu odredjene zaključke ili bar nabace ideju o mogućem mehanizmu zračenja ovih zvezda za vreme eruptivnih promena sjaja.

Do sada se uglavnom pomišljalo ili na termičko zračenje toplijih gasova iz unutrašnjosti zvezde koji su iznenada

prodrli u njene površinske slojeve ili na tzv. sinhrotronsko zračenje relativističkih elektrona. Zbog toga su sledeće dve glave posvećene ispitivanju ovih mehanizama.

Međutim, kako nijedan od ova dva mehanizma ne može da prikaže pojavu eruptivnih promena sjaja na zadovoljavajući način, smatrali smo za potrebno da dodamo i treću glavu u kojoj smo pokušali da na osnovu činjenica prikupljenih u ovom radu stvorimo potpuniju sliku o ovom procesu. Rezultati izloženi u ovoj glavi predstavljaju ustavri zaključke do kojih smo mi došli na osnovu analize svih postojećih podataka.

GLAVA II

TERMIČKO PRAĆENJE

Gotovo svaki posmatrač koji je imao prilike da posmatra neku eruptivnu promenu sjaja kod zvezda tipa UV Ceti pokušao je, dajući kvantitativne podatke o izračenoj energiji, da izračuna kolika je promena temperature površinskih slojeva bila potrebna da bi izazvala posmatrani porast sjaja. To znači da je svaki od posmatrača implicitno pretpostavljao da posmatrana pojava eruptivne promene sjaja nastaje tako što na nekim mestima površine zvezda dolazi do naglog povećanja temperature usled povećanog priliva toplotne energije ili verovatnije toplijih gasova iz dubljih slojeva. U tom slučaju bi do opadanja sjaja dolazilo usled termičkog zračenja te površine sa povišenom temperaturom.

Međutim, malo dublja analiza /11/ ovog mehanizma je pokazala da se pomoću njega ne mogu objasniti posmatrane pojave i da, prema tome, ova pretpostavka mora biti odbačena. Naveš-

no nekoliko činjenica koje govore protiv mehanizma termičke emisije prilikom eruptivnih promena sjaja kod zvezda UV Ceti.

a/Trajanje eruptivne promene je suviše kratko,te je nemoguće prihvatiti mišljenje da se promena energije /oblicima koji dolaze u obzir u ovom slučaju:provođenje toplote,zračenje i konvekcija/ može da obavi u tako kratkom vremenskom intervalu od nekoliko sekundi,kao što se ne može prihvatiti ni mišljenje da se masa zvezdane materije,ma koliko ona mala bila,može ohladiti usled zračenja za tako kratko vreme - nekoliko minuta - a naročito ne ako je njena temperatura nekoliko hiljada stepeni iznad temperature okoline.
/Sudeći po položaju maksimuma neprekidne emisije koja se pojavljuje u spektru za vreme eruptivne promene sjaja,porast temperature treba da je preko 10.000 stepeni./

b/Mehanizam termičke emisije ne može se objasniti polarizacija svetlosti,pa,razume se,ni njen porast za vreme promene sjaja.

c/Raspored energije u neprekidnom spektru,koji se pojavljuje za vreme erutpivne promene sjaja razlikuje se od rasporeda energije koji odgovara toplotnoj emisiji.

GLAVA III

NETERMIČKI IZVORI ZRAČENJA

Od kako je utvrdjeno da se za vreme eruptivnih promena sjaja u spektru zvezda tipa UV Ceti pojavljuje neprekidna emisija,čiji raspored ukazuje na netermičko poreklo ovog zračenja,tj.od 1948 godine,počela su preliminarna istraživanja drugih mehanizama zračenja,koji bi eventualno mogli da dodju u obzir kao izvori energije prilikom eruptivnih promena sjaja ovih zvezda.

1.-Kao mogući mehanizam zračenja danas se najčešće pominje zračenje relativističkih elektrona tj.zračenje visoko-energetskih elektrona u magnetnom polju.Ovaj mehanizam zračenja prvi put je uočen prilikom kretanja veoma brzih elektrona u sinhrotronima,te je zato poznato pod imenom "sinhrotronsko zračenje ".Na ovu pomisao je navela činjenica da je kod izvesnih vasionskih objekata sa sigurnošću utvrdjeno delovanje ovog mehanizma.Tako je n.pr.poznato da jedan deo zračenja Krab magline nesumnjivo potiče od zračenja relativističkih elektrona.

Otkriće polarizacije svetlosti zvezda UV Ceti,pored već poznatih činjenica o raspodeli energije u neprekidnom spektru za vreme eruptivne promene sjaja,pretstavlja još jedan argumenat više u prilog pretpostavci da višak zračenja potiče od relativističkih elektrona,jer je za zračenje ovih poslednjih utvrdjeno da je polarizovano.To nas je navelo daneŝto bliže ispitamo do koje mere se mehanizam zračenja relativističkih elektrona može smatrati izvorom viška energije,koji se oslobadja za vreme eruptivnih promena sjaja.Pretpostavili smo da zvezda povremeno izbacuje iz dubljih slojeva oblake elektrona velike energije i da oni,zatim,dospevaju u magnetno polje,bilo zvezde,bilo neke pege na njoj i zrače elektromagnetne talase usled kretanja po krivolinijskim putanjama.Koristeći već poznate formule za zračenje relativističkih elektrona,izračunali smo koliki bi broj takvih čestica moralo jednovremeno da stupi u dejstvo da bi se proizvela promena sjaja od dve prividne veličine.Proračuni su izvedeni uz izvesna uprošćenja koja pojednostavljuju račun,ali su ipak u stanju da daju red veličine broja elektrona.Dobijeni rezultati ukazuju,pre svega,na to da bi u ovom slučaju gustina elektrona morala da bude suviše veli-

ka,te je,prema tome,mala verovatnoća da ovaj proces bude izvor energije viška zračenja.No,bez obzira na to što su naši raćuni pokazali da je mala verovatnoća da će se erupcije kod zvezda tipa UV Ceti moći objasniti mehanizmom relativističkih elektrona ,ovo pitanje treba još uvek smatrati otvorenim i stvar je budućih,detaljnijih,analiza da ovu pretpostavku u potpunosti odbace ili,možda,potvrde.

2.-Analizirajući neke posmatračke podatke dobijene od zvezda tipa T Tauri i UV Ceti,V.Ambarcumian /4/ je izneo mišljenje da,možda,eruptivne promene sjaja kod ovih zvezda nastaju kao posledica nekih,nama nepoznatih,procesa,koji se mogu odvijati samo pod specifičnim uslovima,koji vladaju na tim zvezdama.U novije vreme /43/ on je svoju ideju nešto precizirao time što je ukazao na mogućnost da ove erupcije budu prouzrokovane naglim oslobadjanjem energije iz jezgara protozvezdane materije preostalih u unutrašnjosti zvezde.On je svoju pretpostavku bazirao na činjenici da su ove zvezde ,kao članice asocijacija, veoma mlade,pa postoji izvesna verovatnoća da se u njihovoj unutrašnjosti još uvek nalaze jezgra protozvezdane materije.Do eruptivnih promena sjaja bi,prema ovoj teoriji,dolazilo svaki put kada neko ovakvo jezgro superguste materije dospe do površinskih slojeva zvezde.

Za sada se nije otišlo dalje od ovog "nabacivanja ideje",te,prema tome,i ova teorija ostaje da se potvrdi ili odbaci u budućnosti.

ОСНОВНА ОРГАНИЗАЦИЈА УДРУЖЕНОГ РАДА
ЗА МАТЕМАТИКУ, МЕХАНИКУ И АСТРОНОМИЈУ
БИБЛИОТЕКА
Број: _____
Датум: _____

GLAVA IV

ZAKLJUČCI

Kao što smo već rekli u ovoj glavi ćemo pokušati da na osnovu svih sakupljenih i sistematizovanih podataka u ovom radu izvedemo izvesne zaključke o zvezdama tipa UV Ceti. Po sebi se razume da ova glava pretstavlja istovremeno i pokušaj da se na osnovu postojećeg činjeničnog materijala stvori koliko toliko celovita slika o ovim zvezdama a posebno o procesima koji se odigravaju na njoj za vreme promene sjaja.

Smatramo za potrebno da već na početku izričito naponemo da prilikom izvodjenja zaključaka koji slede ni u jednom trenutku nismo smeli s uma činjenicu da se neki od naših zaključaka baziraju na podacima čija je vrednost uslovna i da,prema tome,i naši odgovarajući zaključci imaju samo uslovnu vrednost, tj. karakter radne hipoteze, koju treba tek budući posmatranja da potvrde ili odbace. Ako smo se i pored toga odlučili da ovde iznesemo sve zaključke u ovom obliku onda je to, pre svega, uredjeno zato što nam se čini da ni jedan od njih ne protivureči ostalim, već da će, naprotiv, dopunjuju i tako omogućuju da se dobije, po našem mišljenju, daleko potpunija slika o ovim zvezdama od svih koje su do sada postojale. Najzad, pre nego što predjemo na iznošenje naše hipoteze o zvezdama tipa UV Ceti i mehanizmu zračenja za vreme eruptivnih promena sjaja, želimo da skrenemo pažnju na činjenicu da ova hipoteza pretstavlja jednu celinu bez unutrašnjih protivurečnosti, celinu, koja polazeći od jednog osnovnog principa, može da objasni sve pojave na ovim zvezdama,

što, po našem mišljenju, pretstavlja osnovnu vrednost naše hipoteze. Iznesći je ovde smatramo da će ona bez obzira na svoju tačnost, doprineti daljem proučavanju promenljivih zvezda tipa UV Ceti.

Iz onoga što smo sada rekli proizilaze dva različita problema u vezi sa zvezdama UV Ceti: prvi, utvrđivanje pripadnosti zvezde ovom tipu promenljivih i, drugi, utvrđivanje procesa koji se odigravaju u zvezdi za vreme e i van eruptivnih promena sjaja.

1.- Utvrđivanje pripadnosti neke zvezde promenljivima tipa UV Ceti

Ukoliko je zvezda crvenih patuljaka sa emisionim linijama vodonika u spektru, dakle spektralnog tipa dMe gotovo je sigurno da se kod ove zvezde mogu očekivati eruptivne promene sjaja. Međutim obrnut zaključak nije tačan. Ne postojanje emisionih linija vodonika u spektru crvenog patuljka ni-pošto ne isključuje zvezdu iz promenljivih tipa UV Ceti. U tom slučaju odlučujuću reč imaju dinamičke karakteristike zvezde, a u prvom redu disperzija svojstvenih brzina i K efekat. Mala disperzija svojstvenih brzina i relativno veliki K efekt su gotovo siguran znak da zvezda fizički pripada grupi zvezda sa emisionim linijama vodonika u spektru, te je, prema tome, velika verovatnoća da zvezda pretstavlja potencijalnu promenljivu tipa UV Ceti.

Razume se, da je najsigurniji znak pripadanja ovoj vrsti promenljivih sama eruptivna promena sjaja, ako ima sve karakteristike opisane u prvom delu ovog rada.

2.- Mehanizam sređenja zvezde Riga UV Ceti

Pođi ćemo od činjenice da u spektru svih zvezda UV Ceti postoje emisione linije vodonika. Prisustvo emisionih linija u spektru zvezda uopšte može se objasniti jedino mehanizmom fluorescencije. Poznato je da do formiranja emisionih linija dolazi samo u slučajevima kada je zvezda obavijena relativno velikim razređenim oblakom gasova. U tom slučaju atomi ovog omotača apsorbuju kvante visoke energije, koji dolaze od centralne zvezde i zatim ih reemituju u vidu nekoliko kvanata niže energije. Zračenje emisionih linija obično biva na račun ultraljubičastog kontinuma zvezde, pri čemu je intenzitet emisionih linija srazmeran intenzitetu kontinuma na čiji račun postaju. Ne treba zaboraviti da je uslov da neki atom bude pobuđen ili jonizovan taj da kvant koji dolazi iz dubljih slojeva ima energiju jednaku ili veću od energije potrebne za pobuđivanje odnosno jonizovanje dotičnog atoma. Prema tome, znajući energiju potrebnu za pobuđivanje odnosno jonizovanje nekog atoma, možemo da izračunamo talasnu dužinu kvanta koji ima upravo onoliko energije koliko je potrebno da se izvrši pobuđivanje ili jonizacija odgovarajućeg atoma. Očigledno je da će svi kvanti kraće talasne dužine utoliko pre moći da obave ovaj posao.

Prilikom analiziranja spektra zvezda videli smo da je za njih karakteristične prisustvo emisionih linija jonizovanog kalciuma H i K i Balmerove serije vodonikovih linija, a za vreme eruptivne promene sjaja pojavljuju se emisione linije neutralnog a katkad i jonizovanog helijuma. Pogledajmo

sada kolike su energije potrebne za pobudjivanje i jonizovanje pojedinih atoma. Energija jonizacije atoma kalcijuma iznosi 6.09 eV dok je za pobudjivanje linija H i K potrebno daljih 3.14 eV. Energija jonizacije atoma vodonika je više nego dva puta veća od jonizacije energije kalcijuma i iznosi 13.54 eV., što znači da je za jonizovanje atoma vodonika potrebno zračenje kraćih talasnih dužina nego za jonizovanje kalcijuma. Kako je za pobudjivanje atoma vodonika da zrači liniju H_α tj. prvu iz Balmerove serije potreban kvant čija energija iznosi 12.03 eV te je očigledno da je daleko veća verovatnoća da atom bude jonizovan na kojim kvantom čija je energija veća od 13.54 eV. nego da bude pobudjen sa kvantom tačno odredjene energije. To znači da zračenje Balmerovih linija nastaje uglavnom u procesu rekombinacije jona i slobodnog elektrona, drugim rečima, verovatnoća da se u razredjenom oblaku zvezde pojave emisione linije Balmerove serije je mala ukoliko zvezda ne zrači kontinuum u oblasti čija je energija veća od 13.54 eV. Iste osobine imaju i atomi heliuma i jonizovanog heliuma, samo što su za njihovu jonizaciju potrebni kvanti čije energije iznose 24.48 odnosno 54.17 eV., što znači da je za pojavljivanje ovih linija u spektru potrebno da zvezda zrači kontinuum mnogo kraćih talasnih dužina nego za pojavljivanje linija vodonika.

Imajući sve ovo u vidu vratimo se opet zvezdama UV Ceti i pokušajmo da izvedemo zaključke na osnovu dinjeničnog materijala sakupljenog u ovom radu.

1.- Sudeći da su zvezde UV Ceti spektralne klase dM, to je njihova temperatura suviše niska a ultraljubičasti kontinuum suviše slab da bi energija oslobodjena normalnim zrače-

njem zvezde mogla da dovede do jonizacije atoma kalcijuma, vodonika ili helijuma. Zato normo da pretpostavimo da u optički relativno dubljim slojevima - najverovatnije negde na granici između gasovitog oblaka u kome se odigrava proces fluorescencije i površine zvezde u užem smislu reči - dolazi do aktiviranja nekog procesa koji pretstavlja neku vrstu mehanizma dopunskog zračenja. Ovaj mehanizam treba da zrači neprekidni spektar i to prvenstveno u ultraljubičastom delu, dok je njegov doprinos kontinuum u vidljivom delu spektra zanemarljiv.

U prilog ovom shvatanju ne govori samo niska temperatura zvezde, već i činjenica da kod nekih zvezda emisione linije nestaju odnosno povremeno se pojavljuju a da se pri tome ne mogu utvrditi neke uočljive promene u vidljivom delu neprekidnog spektra. Pojavljivanje i nestajanje emisionih linija bila bi, prema tome, posledica aktiviranja odnosno prestanka dopunskog zračenja. Činjenica, pak, da se u spektru čas vide samo emisione linije H i K, a čas i emisione linije vodonika, govori u prilog tome da se položaj maksimuma energije u spektru dopunskog zračenja pomera prema kraćim talasnim dužinama i istovremeno se intenzificira. Jedino se tako može objasniti čudna pojava da linije vodonika menjaju intenzitet relativno nezavisno od promene intenziteta linija H i K.

2.- Sekundarne, lagane promene sjaja, koje se odigravaju nezavisno i van eruptivnih promena sjaja, takođe se mogu objasniti ovim mehanizmom. Po svemu sudeći, ove promene nastaju pre svega usled intenzificiranja emisionih linija i eventualnog intenzificiranja kratkotalasnog dela neprekidnog spektra. Da bismo, dakle, objasnili ovu pojavu dovoljno je da pretpostavimo da se intenzitet dopunskog zračenja menja vre-

nenom. Ova je pretpostavka utoliko verovatnija što smo u prethodnoj tački ukazali na mogućnost da ovaj mehanizam povremeno prestane da bude aktivan.

Ova vrsta promena sjaja bi se, po našem mišljenju, odigrala na sledeći način. Prilikom aktiviranja dopunskog zračenja jedan njegov deo prvenstveno sa dugotalasnog, dakle i vidljivog, kraja spektra prolazi neometano kroz omotač i dolazi neposredno do posmatrača, dok drugi, mnogo veći deo, koji potiče sa kratkotalasnog kraja dopunskog zračenja dolazi do nas posredno, preko intenzifikacionih linija. Obzirom da je za proces promene intenziteta fluorescentnih linija potrebno izvesno vreme, koje zavisi od gustine gasova, ovaj deo energije stiže sa izvesnim zakašnjenjem u odnosu na onaj deo koji dolazi neposredno. Na taj način dolazi do relativno laganog porasta sjaja, do pomeranja maksimuma krive promene sjaja u drugu polovinu krive, do manje-više izloženog oblika krive.

3.- Za objašnjenje fenomena eruptivnih promena sjaja nije potrebno da pretpostavimo postojanje nekog novog mehanizma. On se može objasniti istim mehanizmom kao i pojave nabrojane pod tačkama 1 i 2. Potrebno je samo pretpostaviti da se u ovom slučaju oslobađanje energije ne vrši u dubljim slojevima, već u optički veoma plitkim slojevima, dakle na spoljnoj granici oblaka koji okružuje zvezdu. Tako se jedino može objasniti pojavljivanje neprekidnog spektra koji prekriva spektar zvezde. Napomenimo ovde da se iz karaktera raspodela energije u ovom spektru vidi da zračenje prilikom eruptivne promene sjaja nema termički karakter.

Medjutim, ovakvo objašnjenje eruptivne promene sja-
ja implicitno sadrži pretpostavku da je energija na neki način
i u nekom obliku došla do spoljnih slojeva pre nego što se
tu pretvorila u elektromagnetno zračenje. Uostalom, i pretpo-
stavka iz prethodnih tačaka takodje implicitno sadrži isti
zaključak samo što smo tmo pretpostavljali da se oslobadja-
nje energije vrši u nešto dubljim slojevima. Ali o tome ćemo
govoriti na kraju ove glave, za sada prihvatimo pretpostavku
da energija dolazi u drugom obliku u spoljnje slojeve i oslo-
badja se na mestu gde je dospela.

Intenzifiicirarje emisionih linija koje se zapaža jed-
novremeno sa neprekidnom emisijom, ukazuje na to da tom prili-
kom dolazi do oslobadjanja energije i u dubljim slojevima, da
bi zatim mehanizmom fluorescencije dospelo u prostor. Karakter
naleg porasta sjaja pre eruptivne promene sjaja, kao i sekun-
darnih maksimuma na opadajućoj grani krive, ukazuje na to da
u dubljim slojevima dolazi do novih oslobadjanja energije ne-
zavisno od procesa koji se odigrava u površinskim slojevima.

Prema tome, proces promene sjaja kod ovih zvezda odi-
gravao bi se na sledeći način: iz dubljih slojeva zvezde do-
lazi iznenada izvesna količina energije u spoljne delove zve-
zde i tu se pretvara u elektromagnetne talase preko nekog ne-
termičkog mehanizma zračenja. Eksponencijalni oblik krive opa-
danja sjaja govori takodje u prilog ovog shvatanja. Ukoliko
do ovog procesa dolje u nešto dubljim slojevima imamo lagane
promene u sjaju, no, ako do oslobadjanja energije dodje u
površinskim slojevima, onda se u zvezdi odvija proces koji smo
nazvali eruptivna promena sjaja. Sudeći po sekundarnim prome-
nama sjaja izgleda da se pštipcanje energije iz unutrašnjih

slojeva vrši u impulsima različitog trajanja i intenziteta. Međutim, nije isključeno da kod nekih zvezda, pored ovih kratkotrajnih impulsa, postoji i neprekidno pritican je energije iz unutrašnjosti. Tako se izgleda može objasniti činjenica da ima dana kada je sjaj zvezde vrlo stabilan, dakle, pritican je energije je konstantno ili nula i dana kada je sjaj podložan gotovo neprekidnim promenama, dakle, kada imamo uče-stano pritican je energije u impulsima.

4.- Posmatrana delimična polarizacija svetlosti zvezda sa emisionim linijama u spektru, pre svega, potvrdjuje još jednom našu pretpostavku da kod ovih zvezda jedan deo energije zračenja je netermičkog porekla. Podvlačimo da se i ovde posmatrane pojave mogu objasniti mehanizmom koji nam je bio dovoljan da objasnimo do sada razmotrene pojave.

Tako se naslućena veza izmedju stepena polarizacije i intenziteta emisionih linija može objasniti time da polarizaciju daje samo onaj deo dopunskog zračenja koji neposredno dolazi do na^s, a količina ove svetlosti je utoliko veća ukoliko je dopunsko zračenje intenzivnije, dakle ukoliko su i emisione linije intenzivnije. Da je ovo shvatanje ispravno može se videti i iz činjenice da porast sjaja povlači za sobom i porast stepena polarizacije, pri čemu je karakteristično to da je u prvoj fazi porasta sjaja stepen polarizacije bio veći nego kada je zvezda dostigla maksimalni sjaj, što se opet može bez teškoća objasniti time da neposredna svetlost koja je 100% polarizovana stiže do nas pre nego što stigne nepolarizovana svetlost koja nastaje fluorescencijom.

5.- Visoki procenat dvojnosti zvezda UV Ceti, kao

i njihove dinamičke karakteristike,ukazuju na to da su ove zvez zđe članice asocijacije,dakle,mlade zvezde.

6.-Videli smo već da se promene sjaja objašnjavaju time što dolazi do oslobadjanja energije koja je došla iz unutrašnjosti zvezde.Očigledno je da ova energija dopire do sloja,u kome zrači,u takvom obliku,koji ne zrači elektromagnetne talase ili ih zrači u zanemarljivo malim količinama.Jedini mehanizam pomoću kojeg se može objasniti izbacivanje velikih količina energije u tako kratkom roku ,jeste taj da se pretpostavi da iz unutrašnjosti zvezde energija dolazi u obliku čestica tj.da čestice materije bivaju direktno izbačene.Kod zvezda koje stalno pokazuju emisione linije,može se pretpostaviti da materija neprekidno ističe iz zvezde a da prilikom naglih promena sjaja dolazi do erutpivnih izbacivanja oblaka čestica.

7.-Iz svega što je do sada rečeno u ovoj glavi stiče se utisak kao da bi se eruptivne promene sjaja kod zvezda UV Ceti mogle objasniti,bilo mehanizmom relativističkih elektrona,bilo oslobadjanjem energije iz jezgara protozvezdane materije preostalih u unutrašnjosti zvezde.Ukoliko na današnjem nivou znanja ima uopšte smisla postavljati pitanje davanja prednosti jednom od dva gprepomenuta mehanizma,onda bismo se mi odlučili za mehanizam oslobadjanja energije iz jezgara protozvezdane materije i to iz dva razloga:

a/Relativno velika gustina relativističkih elektrona potrebnih za postizanje odredjene amplitude sjaja čini ovaj mehanizam malo verovatnim.

b/Činjenica da se oko zvezda UV Ceti nalazi oblak razredjenih gasova -o čemu svedoče emisione linije u spektru - dok se formiranje pre može objasniti nekim mehanizmom Ambarcumianovog tipa,nego izbacivanjem oblaka realtivističkih elektrona.

Za sada ćemo se zadovoljiti ovim pretpostavkama. Donošenje konačne odluke mora da bude odloženo sve do trenutka dok se ne dobije nov i precizniji posmatrački materijal. A tom poslu će, verovatno, doprineti i ovaj rad, jer će, nadamo se, omogućiti posmatračima da svoje napore usmere u najcelishodnijem pravcu.

x x x

Koristim ovu priliku da izrazim svoju najtopliju zahvalnost akademiku V. Ambarcumianu pod čijim sam neposrednim rukovodstvom izradio rusku verziju ove teze i čiji su saveti i podrška u radu bili od neocenjive koristi za mene. Istovremeno se zahvaljujem članovima kolektiva bjurakanske opservatorije koji su mi svojom predusretljivošću omogućili blagovremeno obavljanje poslova za vreme mog boravka na toj opservatoriji.

Isto tako želim da se zahvalim Dr. I. Atanasijeviću, docentu Prirodno-matematičkog fakulteta u Beogradu, za podršku i pomoć koju mi je pružio pri izradi teze u njenom sadašnjem obliku.

L I T E R A T U R A

1.- V.Ambarcumjan - Uvodna reč na simpozium o neostacionarnim zvezdama, Jerevan, 1957

2.- V.Ambarcumjan - "Teoretičeskaja astrofizika", udžbenik,Moskva 1952

3.- V.Ambarcumjan - "Evolucija zvjezd i astrofizika" A.N.Arm.SSR, Jerevan, 1947

4.- V.Ambarcumjan - Javljenije neprerivnoj emisiji i istočniki zvjezdnoj energiji. Soobščenija Bjurakanskoj obs. XIII, 1954.

5.- G. Herbig - On the nature and origin of the T-Tauri stars IAU Symposium N°3. Non-stable stars. Cambridge Un. Press, 1957

6.- W. Luyten - A new star of large proper motion /L-726-8/, Aph. J.vol. 1o9 str.532, 1949

7.- P.Parenago - "Kurs zvojzdnoj astronomiji" udžbenik,Moskva, 1954

8.- M. Petit - Etoiles a surgeants lumineux. Estrato dai "Colloqui del centro di astrofisica del CNR" N°2. Pavia, 1958

9.- E.Hertzsprung - Note on a peculiar variable star or Nova of short duration, BAN vol, II str.87, 1924

10.- Ch. Bertaud - Un nouveau type d'étoiles variables,BSAF vol. 65 str. 197, 1951

11.- L. Oster - Uber die Abkühlung stellarer Materie durch thermische Emission und das Abklingen der Sonneneruptionen, Z.f.Aph, vol, 44 str.26, 1957

12.- P. Roques - Observations of dMe stars with small fluctuations. PASP vol, 70,str.31o, 1958

13.- H. Shapley - Note on the light variations of Proxima Centauri. A.J. vol 59, str.118, 1954

14.- W.Luyten and D.Hoffleit - Wchmann's flare star.A.J. vol.59. str. 136, 1954

15.- M. Petit et R.Weber - Surveillance photographique d'étoiles naines rouges J.O.vol, 39,str. 51, 1956

16.- P. Roques - A new flare star BD +19.5116, PASP vol, 66 str. 256, 1954

17.- V. Oskanjan - Predvariteljni analiz fotometriceskih nabljudenij zvjezdi UV Kita. Nestacionarnije zvjezdi, simposium, Bjurakan, 1957

18.- V. Oskanjan - Variations d'éclat de l'étoile UV Ceti, Bul, A.O.Beograd vol. XVIII str. 24. 1956

19.- G. Barsenius - Privatno saopštenje o promenljivosti zvezde EV Lacertae

20.- W.Luyten - A third flare of L-726-8. PASP vol, 61, str. 179, 1949

21.- S. Gaposhkin - BD +1.1522 an interesting new variable star. Bol. Tonantzintla vol, 13 str. 39, 1955

22.- S.Lippincott - Search for flares of dM stars on the Sproul astrometric program. Aph.J.vol,115 str.582, 1952

23.- P. van de Kamp and S.Lippincott - Flare-up of Krüger 60 B. PASP vol, 63 str. 141, 1951

24.- D. Popper - On the H and K emission in dwarf stars, Ap.J. vol, 123, str. 377, 1956

25.- D. Popper - A possible new flare star. PASP vol, 65 str. 278, 1953

26.- L. Münch y G.Münch - BD 1.1522 una posible estrella "rafaga" de tipK2, Bol, Tonantzintla Nº13, str. 36 1955

27.- W. Bidelman - Catalogue and bibliography of emission-line stars of types later than B.Ap.J.Supplement Nº7 str. 214. 1954

28.- A.Joy and M.Humason - Observations of the faint dwarf star L-726-8. PASP. vol. 61, str.133, 1949

29.- A Joy - A spectrografic observation of a flare of UV Ceti. PASP, vol, 70, str. 505, 1958

30.- A. Wachmann - Ein neuer Veranderlicher mit ungewöhnlichem Spektum. B.Z. 21 str. 25, 1939

31.- A. Joy - Flare spectra in dwarf stars. IAU Symposium Nº3 str. 31, 1957

32.- A. Thackeray - Five southern stars with emission-line spectra. MN vol, 110 str. 45, 1950

33.- G. Haro - Las estrellas "rafaga" y los nubes de material interstelar, Bol, Tonantzintla Nº11, str. 11, 1954

34.- K. Grigorjan - Poljarizacionije nabljudenija zvjozd associjacij Cefei II i Persej II.Soob.Bjurakanskoj obs. vol. XXII str. 49, 1957

35.- M. Arakeljan - O dispersiji skorostej kalikov s emissionimi linijami. Izv. A.N.Arm. SSR vol. XI.

36.- J. Dalbeye - Sur les propriétés cinématiques des étoiles naines de type M a raies d'emission. C.R. N° 237, str. 294, 1953

37.- A. Vyssotsky and E.Dyer - Population differences among M dwarfs.Ap.J.125 str. 297, 1957

38.- G. Haro - Diskusija na simpesiumi o nestacionarnim zvezdama. Nestacionarnije zvjozdi. str.34 Bjurakan, 1957

39.- E. Dyer - The radial velocities of 166 red dwarf stars. A.J. vol, 59, str. 218,1954

40.- V.Ambarcumjan - Zvjezdnie asocijacii. Astr. Zurnal. XXVI str. 3,1949

41.- I. Öhman - Astronomical consequences of the polarisation of fluorescence, M.N. vol,89,str.479, 1929

42.- G.Newkirk Jr.- Emission-line polarization in prominences. PASP vol, 7o, str. 185, 1958

43.- V.Ambarcumjan - Stellar associations. Endeavour vol.XVIII, N° 69 str. 45, 1959

44.- V.Ambarcumjan - O plotnih oblakov miljativistiskih elektronov. Nestacionarnie zvjozdi. Bjurakan, 1957

45.- A. Severni - Privatno saopštenje

46.- M. Petit - Les naines rouges a sursauts lumineux. Bulletin mensuel de la Societe d' Astronomie populaire de Toulouse, 1953

47.- M. Petit - Variables à sursauts lumineux. U rukopisu, 1955

48.- M. Petit - Etoiles à sursaut lumineux. DOB Jan. 1953

49.- D. Elias - Flare de l'étoile UV Ceti, DOB Oct, 1956

50.- A.B.Severnij i V.Z.Hohlova - O poljarizacii neprerivnoj emisiji v aktivnih obrazovanijah na Solnce. Izv. Krim. obs. T. XX, 1958.

S A D R Ž A J

Strana

UVOD 1

I D E O

I Glava: Istorijat otkrića i proučavanja problematike zvezda tipa UV Ceti 8

II Glava: Instrumenti i metode posmatranja promenljivih tipa UV Ceti 11

III Glava: Sistematizacija i analiza fotometrijskih podataka 15

IV Glava: Spektralna posmatranja zvezda tipa UV Ceti 32

V Glava: Prostorne i dinamičke karakteristike zvezda sa emisionim linijama vodonika u spektru 38

II D E O

Polarimetrijska posmatranja 51

I Glava: Instrumenti i metode polarimetrijskih posmatranja izvršenih na bjurakanskoj opservatoriji 54

II Glava: Rezultati polarimetrijskih posmatranja .. 61

III Glava: Analiza polarimetrijskih posmatranja 68

III D E O

I Glava: Teoretske interpretacije mehanizma eruptivnih promena kod zvezda tipa UV Ceti .. 75

II. Glava: Termičko zračenje 78

III Glava: Zračenje relativističkih elektrona 79

IV Glava: Zaključci 92

Literatura 102