

SIMBIOTSKE ZVIJEZDE

Marino Fonović*

The American Association of Variable Star Observers
Astronomsko društvo Rudjer Bošković

Slika 1. Marino Fonović pored svog teleskopa.

Prve simbiotske zvijezde otkrila je Annie J. Cannon sa Harvarda 1923. godine tokom rada na Henry Draper katalogu. Neke od njih su do tada bile poznate kao crvene promjenljive zvijezde s emisijskim linijama vodika, druge su imale specifične profile spektralnih linija koji su ukazivali na ekspanziju plina, a ostale su svrstavane u zvijezde čudnovatih spektara zbog istodobne prisutnosti spektra zvijezde kasnog tipa (K, M) i sjajnih emisijskih linija vodika i helija koje su karakteristične za zvijezde visokih temperatura.

Kako su eruptivne pojave kod takvih zvijezda vrlo slične erupcijama novih, Cecilia

Payne-Gaposchkin ih naziva "simbiotske nove", no zbog njihove osnovne osobine - postojanja dva tipa spektroskopskih pojava, zadržao se termin "simbiotske zvijezde".

Među prvim promatranjima simbiotskih zvijezda ističu se proučavanja Z. Andromedae (Sl. 1.), koja su obavili Paul W. Merrill i Milton L. Humason na Mount Wilson opservatoriju.

SIMBIOTSKA PROMJENLJIVA Z ANDROMEDAE

Kroz duža vremenska razdoblja, koja mogu potrajati deset do dvadeset godina, Z. Andromedae je polupravilna promjenljiva, spektralnog tipa M karakterističnog za hladne crvene divove. U to vrijeme promjene sjaja imaju male amplitude, srednja vrijednost sjaja Z. Andromedae kreće se oko 11. vizualne magnitude. U posve nepravilnim vremenskim razmacima, zvijezda iznenada povećava sjaj za 2 - 3 magnitude što u mnogome podsjeća na ekscese sjaja promatranih kod patuljastih novih. Istodobno s porastom sjaja mijenja se i spektar. Apsorpcijske linije titana nestaju, javljaju se široke apsorpcijske crte vodika i ioniziranih metala. U maksimumu zvijezda ima spektar tipa B, sličan spektrima novih. S opadanjem sjaja zvijezda se vraća u stanje prije ekscesa. Zajedno sa sjajem u prijašnje stanje vraća se i njen spektar.

U sklopu programa Američkog udruženja posmatrača promjenljivih zvijezda (*The American Association of Variable Star Observers*, skraćeno *AAVSO*), počevši od 1983. godine, autor ovog priloga provodi vizualna i CCD fotometrijska promatranja osam simbiotskih promjenljivih zvijezda. Za ovu priliku izdvojeno je 298 mjerenja sjaja Z. Andromedae učinjenih u dvadeset dvogodišnjem razdoblju od 19. januara 1983. (2 445 354 JD) do 30. januara 2005. godine (2 453 401 JD). Preliminarno obrađeni rezultati mjerenja prikazani su na individualnoj krivulji promjene sjaja sl. 2.

Uz uobičajene cikličke oscilacije s amplitudom do 0.6 mv na krivulji se zapaža šest većih maksimuma prilično nesimetrične forme.

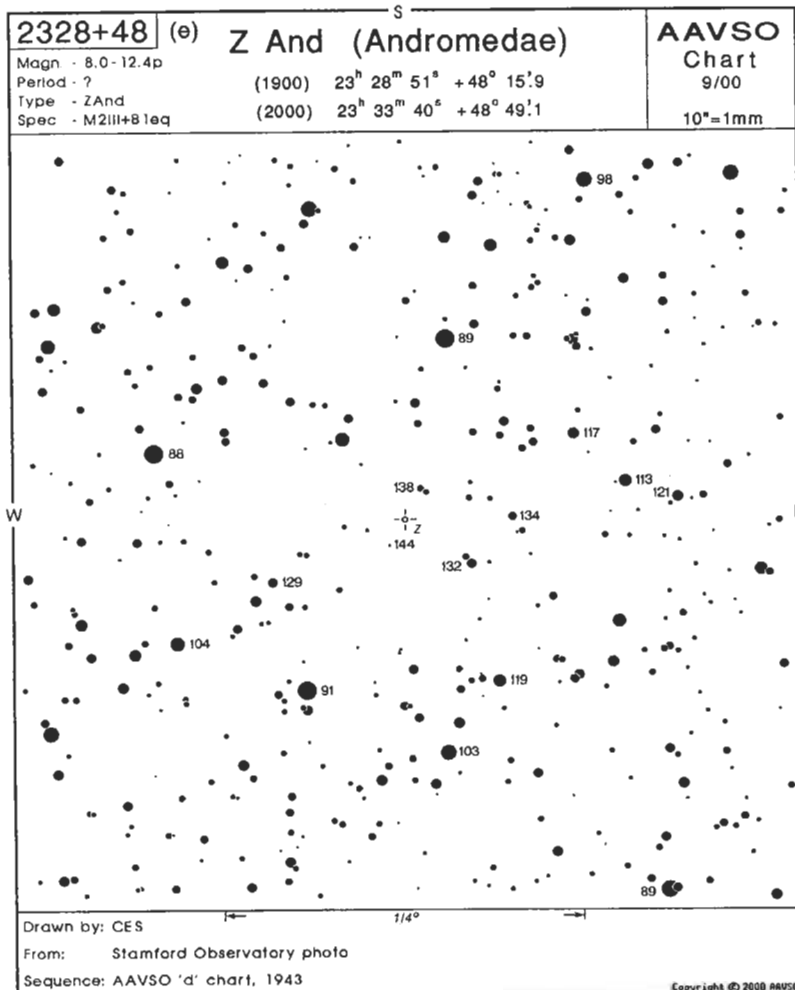
*Pula, Hrvatska

Prvi maksimum promatran je 1984. godine, potkraj maja promjenljiva je dosegla 9,7 vizualnu magnitudu. Sredinom augusta 1985. godine započeo je postupni porast sjaja do novog, ovoga puta većeg maksimuma tokom kojeg je u januaru 1986. godine Z Andromedae dosegla sjaj od 9,1 mv. U razdoblju od jula 1986. do maja 1997. promatrano je šest manjih oscilacija sjaja vidljivih na krivulji poput valova koji se javljaju ciklički u razmacima od prosječno 720 dana (u literaturi se kao srednja vrijednost ciklusa navodi 710 dana).

Počevši od druge polovice 1986. do početka 1991. postupno se smanjivala srednja vrijednost sjaja sa 10,6 na 10,8 mv, nakon čega je ostala postojana sve do maja 1997. kada započinje najnoviji kratkotrajni porast sjaja koji u junu dostiže maksimum od 10,0 mv. Tokom druge polovice 1997. i u prvom dijelu 1988. godine srednji sjaj Z And se postupno smanjivao do 10,9 mv da bi sredinom 1999. porastao na 10,3 mv. Nakon laganog pada i kratkog minimuma, sjaj počinje ponovno rasti augusta 2000. da bi već u novembru iste godine dosegao dosad najviši zabilježeni maksimum od 8,6 mv. Povratak na minimalni sjaj od 10,4 mv trajao je skoro dvije godine, do augusta 2002. stoga je ovaj najveći maksimum bio za razliku od ostalih izrazito nesimetričan.

Manji porast sjaja zabilježen je krajem 2002. kada je promjenljiva dosegla 9,8 mv. Nakon kratkog razdoblja sekundarnih oscilacija u augustu 2003. zabilježen je novi maksimum od 9,3 mv. Tokom 2004. godine srednja vrijednost sjaja se smanjila na 9,8 mv kolika je bila krajem januara 2005. godine.

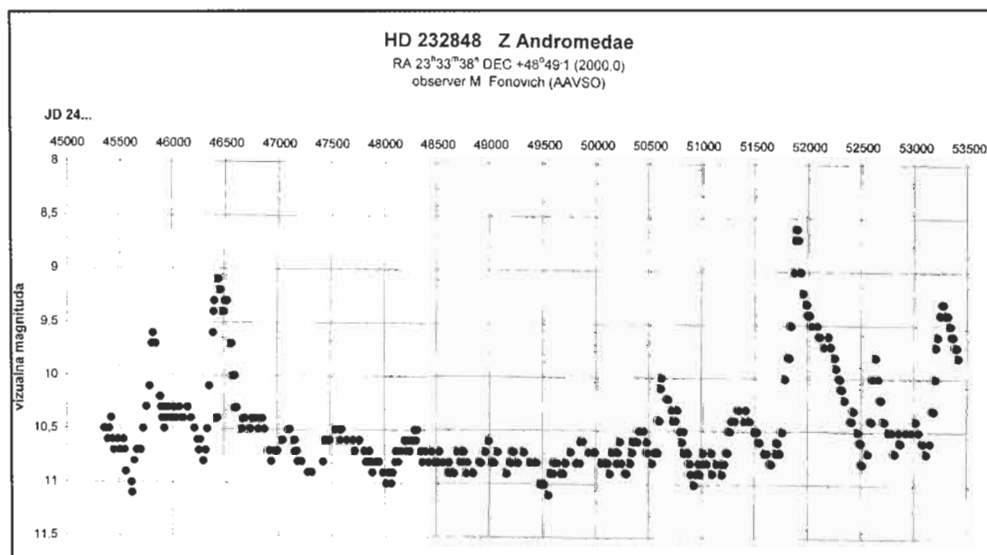
Na Harvardskim fotografskim pločama moguće je promjene sjaja Z Andromedae



Copyright © 2000 AAVSO

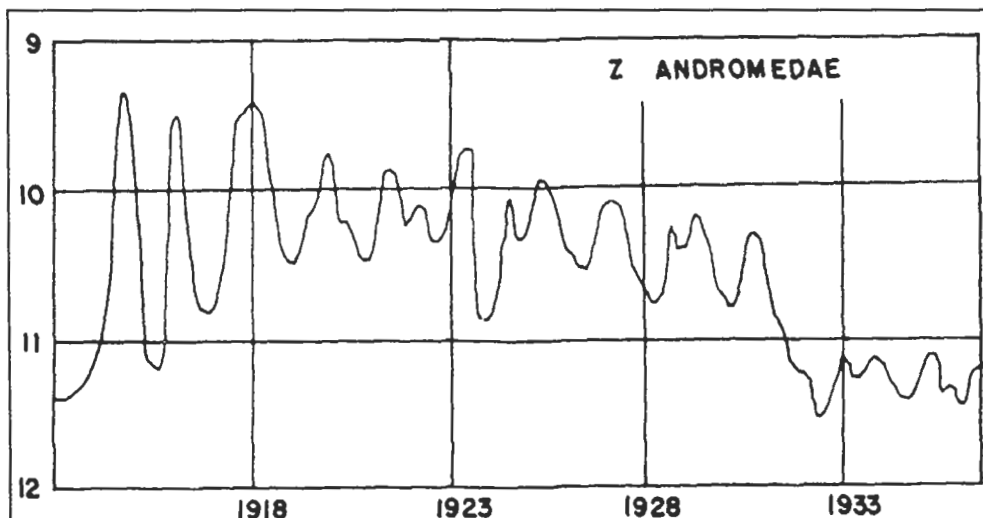
prati od 1890. godine. Posebno velika povećanja sjaja zabilježena su 1901, 1914, 1939. i 1959. godine, maksimumi su nerijetko praćeni oscilacijama poput onih opaženih u razdoblju od 1913 - 1935 godine (Sl. 3). Najveći porast sjaja izmjeren je u studenom (novembar) 1939. tada je Z Andromedae dosegla 7,9 vizualnu magnitudu.

Slika 2. AAVSO "b" karta okolice Z Andromedae s označenim poredbenim zvijezdama.



Slika 3. Krivulja promjene sjaja Z Andromedae za razdoblje od 1983. do 2005. godine.

Slika 4. Krivulja sjaja Z Andromedae dobivena na osnovi promatranja učinjenih sa Harvarda od 1913. do 1935. godine.

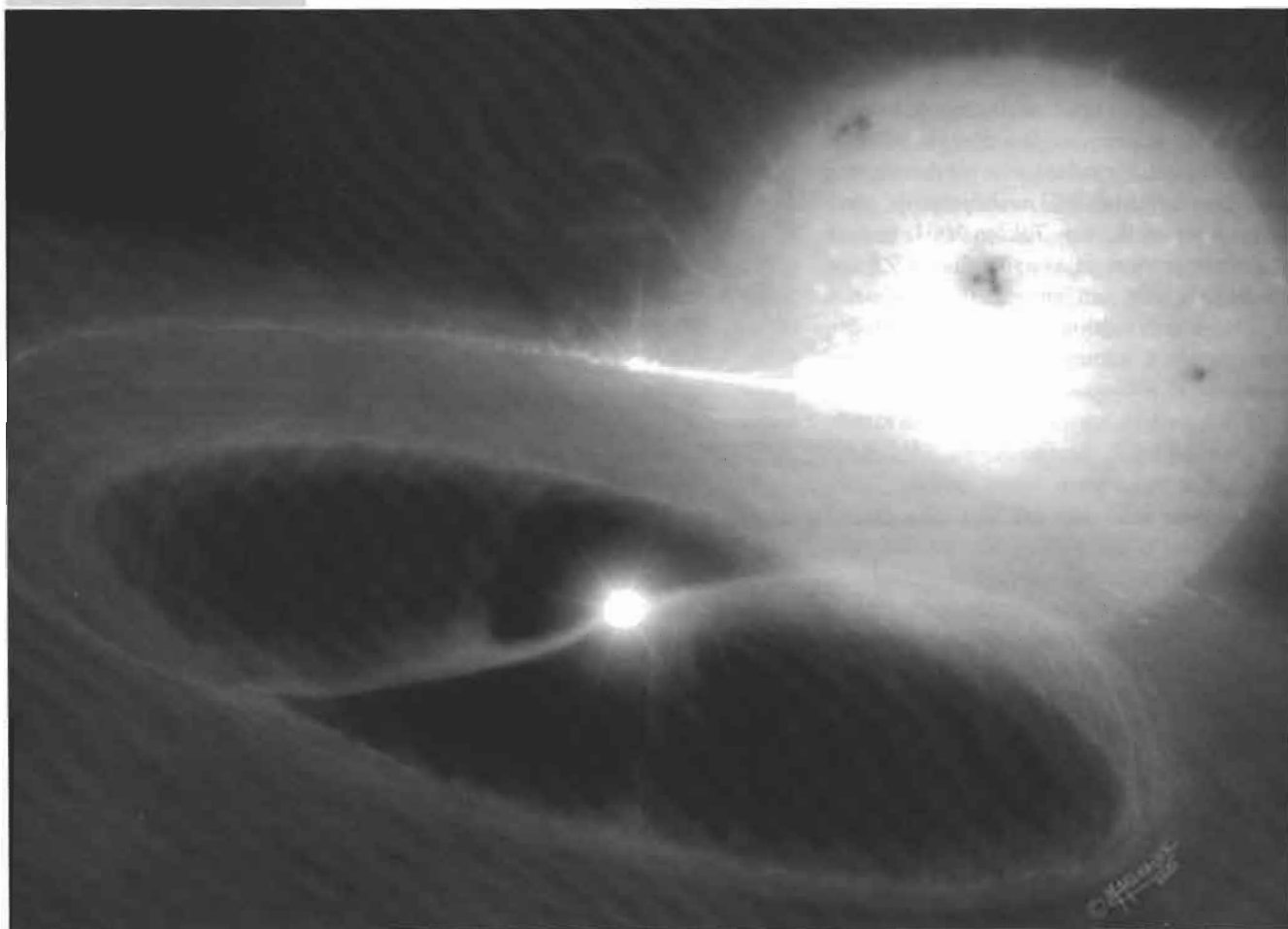


Slika 5. Umjetnička vizija simbiotske zvijezde: materijal se iz crvenog diva pretače na bijelog patuljka. Jako magnetsko polje bijelog patuljka raširilo je akrecijski disk dopustivši materijalu da na površinu pada samo duž magnetskih polova. Materija koja se iz jedne zvijezde pretače u drugu može izazvati dramatične provale, koje vidimo kao povremene izbačaje sjaja. (Autor slike: Mark Garlick)

FIZIKALNE OSOBINE SIMBIOTSKIH ZVIJEZDA

Sve simbiotske zvijezde pokazuju dugoperiodične promjene sjaja, a kod nekih je prisutno treperenje (*flickering*) u vidu nepravilnih promjena sjaja u razmacima od nekoliko minuta. Treperenja se redovito javljaju u aktivnim fazama (T CrB,

CH Cyg, RS Oph), a ukazuju na prijenos materije s hladnog diva prema bijelom patuljku u bliskom dvojnog sustavu. Simbiotske zvijezde najintenzivnije zrače u optičkom i ultraljubičastom dijelu spektra. U tim područjima se javljaju karakteristične apsorpcijske i emisijske crte po kojima simbiotske zvijezde razlikujemo od drugih sličnih promjenljivih. U fazi povećanja sjaja promjene spektra su najdramatičnije. U



infracrvenom području spektra prisutne su molekulske apsorpcijske vrpce koje uzrokuje tvar u atmosferi hladnog diva.

Kod nekih simbiotskih zvijezda izgled infracrvenog spektralnog područja sličan je spektru koji emitiraju vruće čestice prašine pa se takve zvijezde klasificiraju u tzv. D tip simbiotskih zvijezda (*dust* - prah). Sve ostale pripadaju S tipu simbiotskih zvijezda (*stellar* - zvjezdani).

Simbiotske zvijezde slabo zrače u radio valnom području, takvo je zračenje registrirano kod nekih zvijezda D tipa.

Niti rendgensko zračenje nije karakteristično za simbiotske zvijezde, premda postoji nekoliko iznimki (AG Dra, V1016 Cyg, HM Sge) koje se neobično ponašaju i u drugim područjima spektra. Rendgensko zračenje nastaje kada se hladna materija sa zvijezde diva sudara s toplim područjima u okolini usijanog patuljka.

Proučavanjem toka promjene sjaja i spektra simbiotskih zvijezda došlo se do pretpostavki o tome što se tokom provale (*outburst*; erupcija) sa zvijezdom događa. Provala započinje povećanjem sjaja zvijezde za približno 2 - 3 zvjezdane veličine. Spektralne linije koje opažamo u mirnoj fazi postaju nevidljive jer su prekrivene intenzivnim zračenjem koje je najjače u ultraljubičastom i plavom dijelu spektra i koje se zato naziva *plavi kontinuum*. Takvo zračenje je karakteristično za zvijezde spektralnih razreda A, F, B i O, čije su temperature od 25 000 K do 50 000 K.

Profili izuzetno intenzivnih emisijskih linija vodika ukazuju na širenje određenih slojeva zvijezde. Nakon što zvijezda postigne maksimum sjaja plavi kontinuum postupno slabi, te se ponovo može promatrati spektar simbiotske zvijezde u mirnoj fazi. Tada se pojavljuju i tzv. nebularne linije, tipične za područja vrlo malih gustoća. To ukazuje da je zvijezda okružena oblakom rijetke materije. Povratak zvijezde u mirnu fazu općenito traje mnogo duže nego dostizanje maksimuma sjaja, a može potrajati i više od 10 godina.

Opisane spektralne pojave, karakteristične za zvijezde različitih temperatura, mogu se najjednostavnije objasniti zvjezdanim parom u kojem je jedna zvijezda hladni div a druga vruća bijela zvijezda, najvjerojatnije bijeli patuljak. Svi modeli dvojne zvijezde počivaju na pretpostavci da je hladna promjenljiva zvijezda dosegla fazu svog razvitka (ispunjena Rocheova

UDC 524.387

YU ISSN 0373-3742

PUBLIKACIJE ASTRONOMSKE OPSERVATORIJE U BEOGRADU
PUBLICATIONS DE L'OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE DE BELGRADE

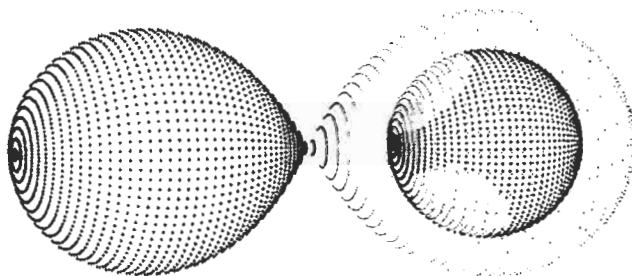
Sv. 42

No. 42

GOJKO DJURAŠEVIĆ

ISPITIVANJE AKTIVNIH TESNIH DVOJNIH SISTEMA NA OSNOVU FOTOMETRIJSKIH MERENJA

INVESTIGATION OF ACTIVE CLOSE BINARIES BASED ON PHOTOMETRIC MEASUREMENTS



BEOGRAD
1991

PUBL. OBS. ASTRON. BELGRADE No. 42, 1-215

BELGRADE

MAI 1991

površina) u kojoj je počela prenositi svoju materiju na toplog pratioca. Prema načinu na koji se tumači nastanak provale imamo dva modela: akrecijski i nebularni.

Akrecijski model pretpostavlja da se materija koja struji sa hladne zvijezde sakuplja u akrecijskom disku koji se formira uokolo toplije zvijezde - bijelog patuljka. Akrecijski disk se uslijed sudara čestica može zagrijati do 100 000 K. Pri tome zrači emisijski spektar. Provale (erupcije) nastaju kada pri dotoku hladne materije nastupe određene nepravilnosti. Pri tome je tzv. vruća točka (*hot spot*) u kojoj se sudaraju hladna struja s diva i vrući akrecijski disk izvor posebno brzih promjena sjaja i zračenja u kratkim (rendgenskim) valnim dužinama.

Ukoliko zvijezde u dvojnem sustavu nisu tako blizu, a brzina njihova kruženja jedne oko druge je relativno mala, neće se formirati akrecijski disk nego će se mate-

Slika 6. Naslovna strana monografije dr Gojka Djuraševića o tesnim dvojnima zvjezdama.

LITERATURA:

Burnham, R.: 1978, *Burnham's Celestial Handbook*, Vol. 1. Dover Publ. New York.

Цесевић В.П.:1980, *Переменные звезды и их наблюдение*, Наука, Москва.

Fonovich, M.: 1990 – 1999, *AAVSO Circular*, No. 231 – 322, AAVSO, Cambridge, Mass.

Hirshfeld, A. and Sinnott, R.W.: 1985, *Sky Catalogue 2000.0* Vol.2, Cambridge, Mass.

Hoffmeister, C., et al.: 1985, *Variable Stars*, Springer-Verlag Inc. New York.

Hubscher, J.: 1986, *Einführung in die visuelle Beobachtung veränderliche Sterne*, BAV, Berlin.

Kholopov, P. N.: 1985, *General Catalogue of Variable Stars*, Vol. 1. Nauka, Moscow.

Rosino, L.: 1980, *Le Stelle variabili*, Tipografia Compositori, Bologna.

... *Webb Society Deep Sky Observers Handbook*, Vol. 8. Variable Stars, Enslow Publ. N.Y.

Slika 7. Akrecioni model tesne dvojne zvezde RX Cas iz monografije G. Djuraševića.

Tip promjenljive	%
R CrB	1,1
Novae	6,1
Simbiotske	1,4
γ Cas	3,2
Nepravilne (I, FU Ori)	42,6
UV Cet (zvijezde s bljeskovima koji obično traju nekoliko minuta)	33,7
Patuljaste nove	9,8
Supernove	0,2

Tabela 1. Zastupljenost simbiotskih zvijezda u razredu eruptivnih i kataklizmičkih promjenljivih.

rija prenositi putem zvjezdanog vjetrova. Takav način izmjene mase objašnjava **nebularni model** simbiotske zvijezde. Plinovita tvar koja pristiže na toplu zvijezdu izgara u njezinoj vanjskoj ovojnici. Pri tome nastaje dovoljno energije za zagrijavanje površine bijelog patuljka i ionizaciju zajedničkog omotača u kojem se nalazi čitav sistem. Kada temperatura površine bijelog patuljka dovoljno poraste započinu termonuklearne reakcije što opažamo kao provalu.

Nebularni model najbolje objašnjava pojave upravo kod simbiotske promjenljive Z And koja predstavlja tijesni dvojni sustav čiji svojstveni spektar (M2 III + B1 eq) sjedinjuje osobine hladnog crvenog diva i vruće B zvijezde, vjerojatno bijelog patuljka. U spektru opažamo crte karakteristične za planetarne maglice, što ukazuje da se obje komponente nalaze unutar oblaka sastavljenog od razrijeđenog plina. Polupravilne promjene sjaja u vizualnom i ultraljubičastom

dijelu spektra uzrokovane su pulsacijama hladne zvijezde, dok se iznenadni izbačaji sjaja pripisuju materiji, koja struji na bijelog patuljka.

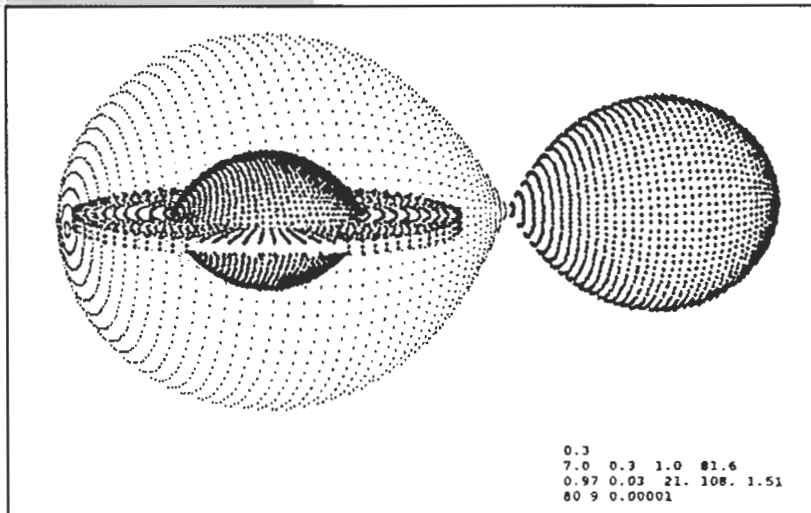
Novija fotometrijska i spektralna mjerenja (*J. L. Sokolowski i L. Bildsten*) ukazuju na prisustvo jakog magnetskog polja u bijelog patuljka okruženog akrecijskim diskom, koje može uvelike utjecati na mehanizam koji dovodi do povremenih provala.

Dosadašnja istraživanja pokazuju da su simbiotske promjenljive prijelazna faza u evoluciji pojedinih dvojnih sustava u kojima postoji prijenos mase među komponentama. Galaktički raspored i brzina većine simbiotskih promjenljivih ukazuju da **pripadaju objektima druge populacije***. Vrlo je vjerojatno da su simbiotske zvijezde prijelazni stadij nekih dvojnih sustava u razvojnu fazu kad nastaje planetarna maglica.

Do danas je sakupljeno mnogo podataka o simbiotskim zvijezdama, načinjene su klasifikacije njihovih spektralnih linija, predloženi modeli koji bi donekle objasnili nastanak simbiotskih pojava. Unatoč velikom napretku ostalo je još mnoštvo nepoznanica o njihovoj stvarnoj prirodi, stoga sustavno fotometrijsko praćenje promjenljivih iz ove skupine ima osobit značaj.

SYMBIOTIC STARS

Physical properties of the symbiotic stars are described, especially the mechanism which caused temporary outbursts and brightness growth. Photometric measurements of Z Andromedae, as typical example of this type of the cataclysmic stars, were presented.



RX Cas (V): (MED) Izgled TDS na orbitalnoj fazi 0.30 sa parametrima iz rešenja obrnutog zadatka.