

Promene orbitalnog perioda tesnog dvojnog sistema V523 Cas

Analizirani su trendovi u promeni orbitalnog perioda tesnog dvojnog sistema V523 Cas. Ovaj sistem je tipa W UMa i ima jedan od najkraćih perioda među tesnim dvojnim sistemima nedegenerisane materije, koji iznosi 0.233 dana. Za analizu su uzeta 442 vremena minimuma dobijena u periodul od 1902. do 2009. godine. U leto 2009. U Petnici su dobijena 4 nova fotoelektrična minimuma koji su takođe uključeni u analizu. Minimumi su postavljeni na $O - C$ dijagram. Utvrđeno je dobro poklapanje sa modelom sekularnog linearnog rasta perioda i sinusne oscilacije čiji je period 120 ± 10 godina. Verovatni uzrok ovih trendova je pretakanje materije sa većeg na manji član sistema i postojanje udaljenog člana sistema manje luminoznosti. Postojeći posmatrački podaci pokrivaju manje od jednog perioda hipotetičkog trećeg tela i potrebno je više podataka da bi se odredili orbitalni parametri trojnog sistema.

Uvod

V523 Cas (GSC 3257-167) je eklipsni dvojni sistem tipa W UMa sa jednim od najkraćih perioda među eklipsnim dvojnim sistemima (0.233 dana). Tesni dvojni sistem čine dve zvezde spektralnog tipa KV5 sa masama od $0.4 M_{\odot}$ i $0.78 M_{\odot}$ (Latković *et al.* 2009).

Velike promene perioda privukle su pažnju više istraživača. Prve analize (Elias i Koch 2000; Zhang i Zhang 2004) su imale na raspolaganju svega nekoliko decenija posmatranja, te je jedino uočen linearni trend rasta perioda. U radu iz 2001. (Samec *et al.* 2001) objavljen je pronalazak arhiviranih fotografskih posmatranja u periodu od 1902. do 1941. godine, te ovaj sistem ima jednu od najdužih istorija posmatranja među dvojnim sistemima tipa W UMa. Sa ovim podacima uočeno je da sistem prolazi i kroz sinusoidnu promenu perioda koja bi mogla da bude posledica postojanja trećeg tela. Prema analizi Sameca i saradnika (Samec *et al.* 2004), sistem prolazi kroz veliku sekularnu promenu perioda i periodičnu promenu od 1017 godina.

Miša Jovanović (1991), Leskovac, Zelengorska 4, učenik 4. razreda Gimnazije u Leskovcu

Nikola Janićijević (1991), Popovac, Bošnjace bb, učenik 4. razreda Gimnazije u Čupriji

MENTOR:
Igor Smolić, Institut za fiziku, Beograd

Posmatranja

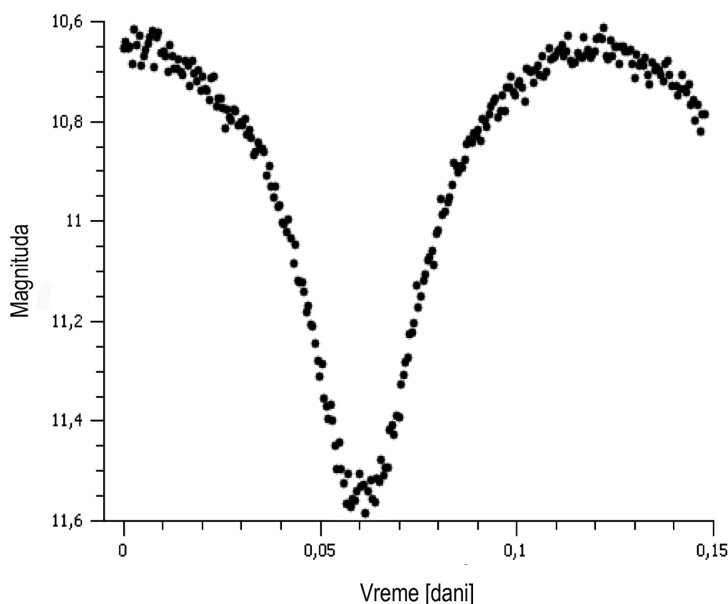
Tokom 19, 21, i 25. avgusta 2009. godine izvršena su tri fotometrijska posmatranja sistema V523 Cas u IS Petnica. Snimanja su obavljena teleskopom Meade 178ed Apo i CCD kamerom SBIG ST-8 pri povoljnim atmosferskim uslovima. Nisu korišćeni filteri. Ekspozicija svih snimaka iznosila je 30 sekundni. Za uporedne zvezde korišćene su GSC 3257-747, 3257-1317, 3257-260 i 3257-220. Svi snimci su obrađeni u AstroArt-u, diferencijalna fotometrija urađena u MaximDL-u.

Dobijene svetlosne krive su obrađene u programu AVE. Vremena minimuma su određena metodom koju su predložili Kwee i Van Woerden (1956) i prevedena u heliocentrične julijanske dane (tabela 1).

Tabela 1. Vremena minimuma V523 Cas

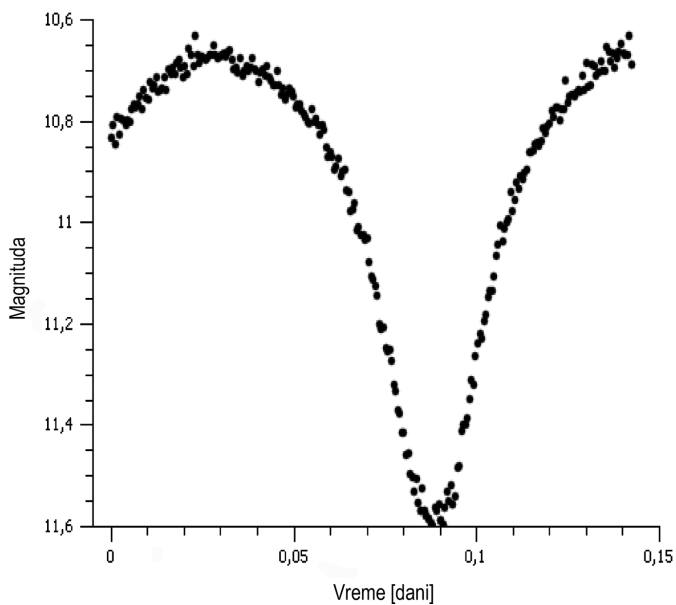
Vremena minimuma (HJD)	Epoha	O – C (dani)
2455069.3633 (1) I	35751	0.093866
2455065.3903 (1) I	35759	0.093596
2455063.5206 (2) I	35776	0.093415
2455069.4806 (1) II	35776.5	0.094156

Dobijene su krive sjaja prikazane na slikama 1, 2 i 3.



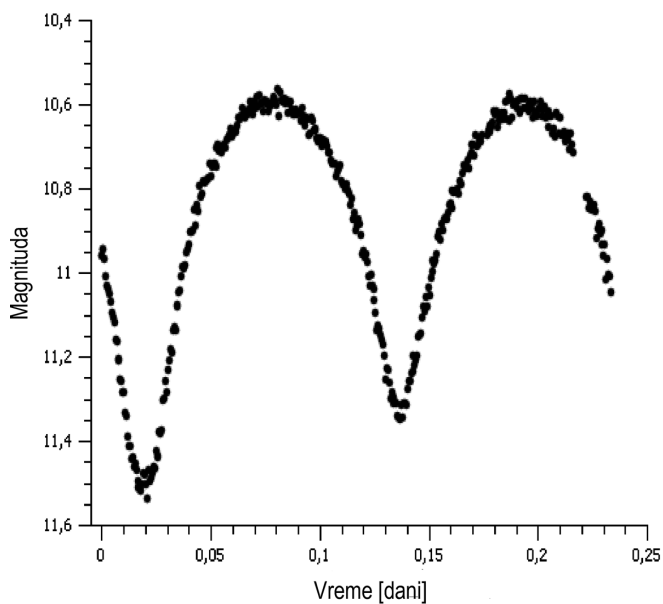
Slika 1.
Svetlosna kriva dobijena tokom noći 19-20. avgusta

Figure 1.
Light curve obtained on the night between August 19th and 20th



Slika 2.
Svetlosna kriva dobijena tokom noći 21-22. avgusta

Figure 2.
Light curve obtained on the night between August 21st and 22nd



Slika 3.
Svetlosna kriva dobijena tokom noći 25-26. avgusta

Figure 3.
Light curve obtained on the night between August 25th and 26th

Analiza orbitalnog perioda

Analiza perioda je obavljena na 216 vremena sekundarnih minimuma i 226 vremena primarnih minimuma koji pokrivaju vremenski interval od 1902. do 2009. Fotografski podaci od 1902. do 1941. značajno proširuju vremenski interval na kom možemo da vršimo analizu perioda. Iskori-

šćena je arhiva vizualnih posmatranja iz rada Sameca i saradnika (2001), kao i (uglavnom fotoelektrična) vremena minimuma V523 Cas iz kompilacija IBVS. Prilikom fitovanja date su različite težine podacima za različite tehnike posmatranja (1 za vizuelnu, 2 za fotografsku i 10 za fotoelektričnu). Linearnim fitom ovih podataka dobijena je efemerida:

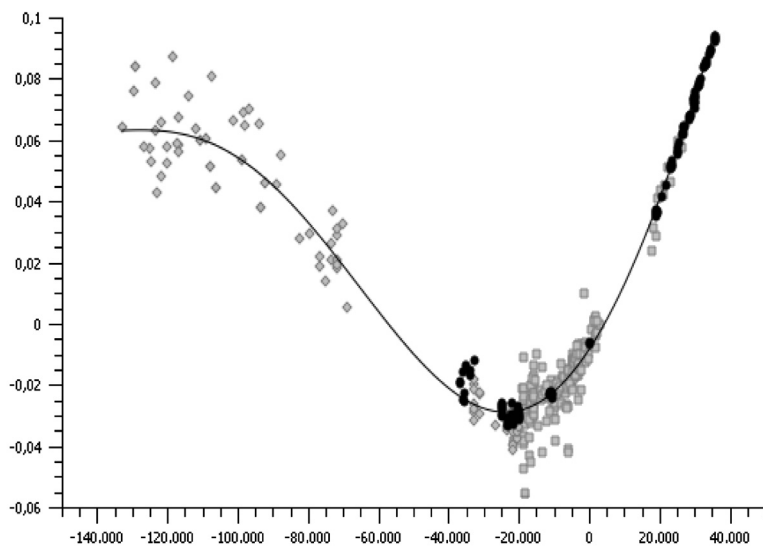
$$\text{HJD MinI} = 2446708.7706 + 0.233689963E \quad (1)$$

Reziduali prvog linearnog fita čine O–C dijagram (slika 2). Oblik reziduala ukazuje na preklapanje sinusne i kvadratne funkcije, što ukazuje da sistem prolazi kroz periodičnu i linearnu promenu perioda. Dijagram je fitovan funkcijom:

$$(O - C)_1 = \Delta T_0 + \Delta P_0 E + Q E^2 + A_s \sin \frac{2\pi(E + E_0)}{P_s} \quad (2)$$

gde je ΔT_0 korekcija nulte epohe, ΔP_0 korekcija perioda, Q kvadratni parametar, A_s amplituda periodične promene, E_0 početna faza i P_s period sinusne funkcije. Dobijene vrednosti parametara O – C dijagrama su:

ΔT_0	$(3.48 \pm 0.90) \times 10^{-2}$
ΔP_0	$(1.40 \pm 0.09) \times 10^{-6}$
Q	$(1.03 \pm 0.13) \times 10^{-11}$
A_s	$(5.00 \pm 0.87) \times 10^{-2}$
E_0	$(4.10 \pm 0.53) \times 10^4$
P_s	$(1.90 \pm 0.15) \times 10^5$



Slika 4.
O – C dijagram V523 Cas. Crne tačke predstavljaju fotometrijska posmatranja.

Figure 4.
O – C diagram V523 Cas. Black dots represent photometric observations.

Diskusija

Pretpostavljeno je da je periodična promena uzrokovana tamnijim trećim članom sistema koji dovodi do oscilacija vremena kojem svetlost stiže iz sistema. Projekcija poluose trostrukog sistema a je jednaka amplitudi A_s u svetlosnim danima. Na osnovu perioda, projekcije poluose orbite i masa članova tesnog sistema (Latković *et al.* 2009) izračunata je funkcija mase-inklinacije trećeg tela:

$$\frac{a_s^3}{P^2} = \frac{(M_3 \sin i)^3}{M_1 + M_2 + M_3} \quad (3)$$

Minimalna masa trećeg tela je $0.40 M_\odot$ i rastojanje tesnog dvojnog sistema od baricentra od 8.66 AJ. Rastojanje trećeg tela od tesnog dvojnog sistema je oko 34 AJ.

Period trećeg tela je 120 ± 10 godina. Pošto su raspoloživi podaci ne pokrivaju ceo period, nije bilo moguće odrediti ekscentricitet orbite trećeg tela, tako da je aproksimirano da je treće telo u kružnoj orbiti oko tesnog dvojnog sistema.

Iz kvadratnog elementa određena je brzina linearne promene perioda $dP/dt = 3.22 \times 10^{-8}$ d/god. Ova promena perioda je verovatno posledica prenošenja mase sa manjeg na veći član sistema.

Zaključak

Dobijeni rezultati potvrđuju da sistem V523 Cas prolazi kroz veliku kontinuiranu promenu perioda uporedo sa periodičnom promenom. Analiza daje primetno veći period trećeg tela i veću poluosu rotacije od slične studije Sameca i saradnika iz 2004. Iako je interval dostupnih posmatranja od 10^7 godina relativno dug u odnosu na veliku većinu promenljivih ovog tipa, on je manji od dobijenog perioda trećeg tela, i nije bilo moguće odrediti ekscentričnost orbite. Bez šireg vremenskog intervala posmatranja, teško je utvrditi orbitalne parametre trećeg tela.

Zahvalnost. Autori se zahvaljuju mentoru Igoru Smoliću na pomoći u realizaciji ovog rada, a Andreju Obuljenu, Slobodanu Milovanoviću i Petru Kostiću za pomoć pri posmatranju.

Literatura

IBVS. Compilations of binary stars minima time. International Bulletin of Variable Stars issues 5898, 5889, 5830, 5814, 5795, 5777, 5746, 5736, 5731, 5694, 5657, 5643, 5594, 5592 5583, 5543, 5438, 5341, 5056, 5040, 1976

- Elias N. M., Koch R. H. 2000. Photospheric Spots and a Chromospheric Plage on V523 Cassiopeiae. *The Astronomical Journal*, **120**: 1548.
- Kwee K. K., Van Woerden H. 1956. A method for computing accurately the epoch of minimum of variable stars. *Bulletin of Astronomical Institution of Netherlands*, **XII** (464): 327
- Latković O., Zboril M., Djurašević G. 2009. Light Curve Analysis of the Late Type Binary V523 Cassiopeiae. *Serbian Astronomical Journal*, **178**: 45.
- Samec G. R., Banks D. F., Hernandez R., Faulkner R. D., Williams B. D. 2001. A 100 Year Period Study of V523 Cassiopeiae: A Triple Star System? *Internation Bullet of Variable Stars*, 5175
- Samec G. R., Faulkner R. D., Williams B. D. 2004. The Physical nature and orbital behaviors of V523 Cassiopeiae. *Astronomical Journal*, **128**: 2997.
- Zhang X. B., Zhang R. X. 2004. Long-term photometric study of the W UMa binary star V523 Cas. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **347**: 307.

Miša Jovanović and Nikola Janićijević

Orbital Period Changes of an Eclipsing Binary V523 Cas

Orbital period change of eclipsing binary V523 Cas is investigated using 438 available minima timings from literature, as well as four new minima times obtained in Petnica in 2009. Study of O – C diagram showed that the system is undergoing secular period increase, which indicates an undergoing mass transfer from the smaller to the bigger component of the system, with an underlying cyclic period change, probably caused by an unseen third companion in the system. We have derived the minimum mass of the third companion and orbital period of ~ 120 yr. Available data cover less than one period of the third body and future observations will be necessary to determine the orbital parameters of the third body.

