

Promena orbitalnog perioda eklipsno dvojne zvezde XY UMa

Na osnovu fotometrijskih posmatranja eklipsno dvojne zvezde XY UMa određen je trenutak minimuma sjaja. Kombinovanjem dobijenih rezultata sa prethodnim, preuzetih iz drugih radova, napravljena je $O - C$ kriva i izvršena analiza promene orbitalnog perioda zvezde. Konstatovane su sekularna i periodična promena perioda. Sekularna promena je verovatno posledica gubitka mase iz sistema, a periodična ukazuje na postojanje trećeg tela u sistemu sa minimalnom masom $0.21 M_{\odot}$.

Uvod

XY UMa je eklipsno dvojna zvezda koja je srodna tipu RS CVn zvezda. To su kratkoperiodične binarne zvezde koje pokazuju znake magnetske aktivnosti. Kratka periodičnost ukazuje da su te zvezde relativno blizu i da će vremenom postati kontaktni sistem. XY UMa je jedan od najaktivnijih sistema tog tipa. Njen period iznosi 0.4799 dana, a prividni sjaj 9.6 magnituda. XY UMa je registrovana kao sistem čija je primarna komponenta znatno veća od sekundame, koja učestvuje samo sa oko 5% sjaja sistema.

Izvršena su brojna posmatranja i istraživanja sistema: Geyer – 1977 i 1980; Lorenzi i Scarlritri – 1977; Hall i Kreiner – 1980; Lee – 1985; Qishen – 1989; Pojmanski i Geyer – 1990; Jeffries – 1995; Erdem i Gūdūr – 1998, Olgoza – 1997; Chochol – 1998; Pribulla, Chochol i Parimucha – 1999; Sowell, Hughes, Hall i Howard – 2001. Geyer (1977) je zaključio da je period sistema konstantan. Ipak, Hall i Kreiner (1980), a kasnije i Qisheng (1989) uvode

kvadratni koeficijent u efemeride ($+2.810^{-11}E^2 - Hall$ i Kreiner), $+1.410^{-11}E^2 - Qisheng$). Hall i Kreiner su kao razlog dugoročne promene perioda naveli gubitak mase iz sistema. Pojmanski i Geyer (1990) su zaključili da je mogući razlog za promenu $O - C$ razlike sistema XY UMa postojanje trećeg tela, minimalne mase $0.28 M_{\odot}$ (K5-M2 patuljak), koje kruži oko sistema.

U ovom radu analizirana je hipoteza o postojanju trećeg tela u sistemu. Za analizu su korišćeni do sada objavljeni podaci o trenucima minimuma sjaja, kojima je dodata i vrednost dobijena našim posmatranjima.

Posmatrački podaci

Nebeske ekvatorijalne koordinate XY UMa (SAO 27143 = BD +55° 1317 = BV 31) su:

$$\alpha_{2000} = 09^{\text{h}}09^{\text{m}}55.9^{\text{s}}$$

$$\delta_{2000} = 54^{\circ}29'18''$$

Posmatranje je izvršeno tokom noći 28/29. avgusta 2006. godine u IS Petnica teleskopom Celestron Ultima 11 (D = 280 mm, sa fokalnim reduktorom f/6.3) i CCD kamerom SBIG ST-7. Za snimanje je korišćena ekspozicija od 10 s. Dobijeno je i obrađeno 350 snimaka primarnog minimuma. Korišćene su sledeće poredbene zvezde (koordinate su date za epohu 2000.0):

$$\text{HD237784: } \alpha = 09^{\text{h}}09^{\text{m}}31^{\text{s}}.2; \delta = +54^{\circ}23'47''$$

$$\text{HD237788: } \alpha = 09^{\text{h}}10^{\text{m}}13^{\text{s}}.9; \delta = +54^{\circ}28'10''$$

Poredbene zvezde su bile u polju snimka.

Dobijeni snimci su obrađeni u Astroart-u gde je uklonjen šum i urađena korekcija osetljivosti snimaka. Fotometrijska analiza urađena je u Astra Image-u.

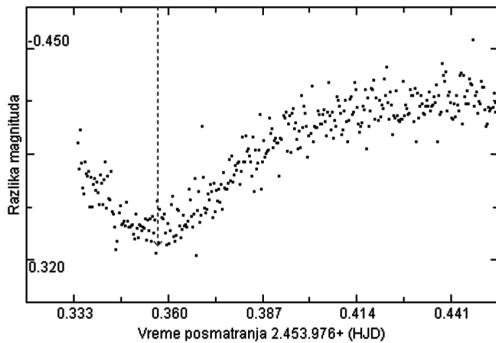
Zoran Tomić (1988), Kruševac, Miše Mitrovića 3, učenik 3. razreda Gimnazije u Kruševcu

Danijela Bobić (1987), Lazarevac, Braće Milovanović 3, učenica 4. razreda Gimnazije u Lazarevcu

MENTOR: Igor Smolić

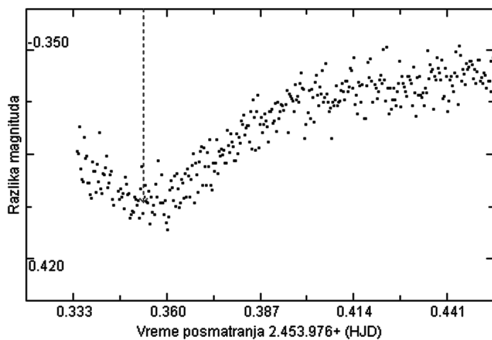
Analiza orbitalnog perioda

Dobijeni podaci nakon fotometrijske analize dali su instrumentalnu vrednost magnitude za promenljivu i poredbene zvezde. Na osnovu njih je izračunata razlika magnituda između promenljive i poredbenih zvezda (Δm).



Slika 1. Zavisnost razlike magnituda promenljive i prve poredbene zvezde od vremena posmatranja

Figure 1. Dependence of difference magnitude between variable and first referential star from the time of observation



Slika 2. Zavisnost razlike magnituda promenljive i druge poredbene zvezde od vremena posmatranja

Figure 2. Dependence of difference magnitude between variable and second referential star from the time of observation

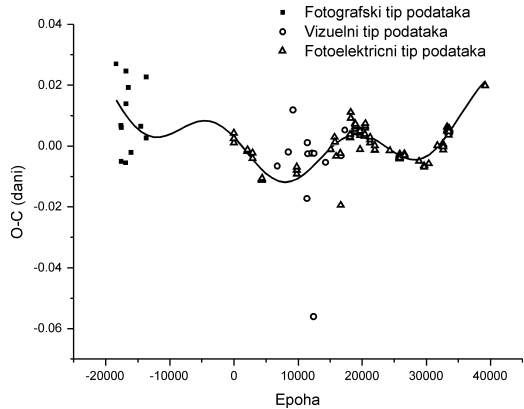
Vreme minimuma (T_0) dobijeno je pomoću programa AVE koji određuje vreme posmatranog minimuma na osnovu zavisnosti razlike magnituda (Δm) od vremena po metodu koji su predložili

Kwee i van Woerden (1956). Isprekidanom linijom na graficima (slike 1 i 2) označen je položaj tačke minimuma.

Očekivano vreme minimuma ($MinI$) i epohe (E) dobijeni su korišćenjem formule koju su dali Pojmanski i Geyer (1990):

$$MinI = 2,435,216.5018 + 0.47899493 \cdot E \quad (1)$$

Zavisnost razlike između posmatranog (T_0) i izračunatog ($MinI$) trenutka minimuma sjaja ($O - C$) od epohe data je na slici 3. Pored vrednosti za $O - C$ iz drugih radova, grafiku je dodata i vrednost iz ovog rada. Pošto su podaci dobijeni različitim tipovima posmatranja, vrednostima na grafiku dodeljene su različite težine i to za fotografska 1, vizuelna 2 i fotoelektrična 10.



Slika 3. Zavisnost $O-C$ vrednosti od epohe

Figure 3. Dependence of $O-C$ value from epoch

Dobijeni grafik fitovan je sledećom funkcijom:

$$O - C = \Delta T_0 + \Delta P \cdot E + D \cdot E^2 + a_s \sin\left(2\pi \frac{E - T_s}{P_s}\right) \quad (2)$$

Fitovanjem grafika dobijaju se vrednosti za korekciju vremena minimuma sjaja sistema (ΔT_0 [HJD]), korekciju perioda sistema (ΔP [dani]), kvadratni koeficijent koji određuje promenu (povećanje ili smanjenje) orbitalnog perioda eklipsnog sistema (D [dani]), projekciju udaljenosti trećeg tela (a_s [dani]), period trećeg tela (P_s [epoha]) i vreme konjunkcije trećeg tela (T_s [epoha]).

Rezultat i diskusija

Korišćenjem programa AVE dobijene su vrednosti posmatranog minimuma (T_0) sa grafika (slike 1 i 2) i korišćenjem formule (1) dobija se izračunato vreme minimuma sjaja posmatrane zvezde ($MinI$). Dobijene vrednosti prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Vrednosti minimuma dobijene sa grafika (slike 1 i 2)

Poredbena zvezda	T_0 (HJD)	$MinI$ (HJD)	$O - C$ [min]
HD237784	976.35717 ± 0.00014	976.3384	30 ± 12
HD237788	976.35362 ± 0.00016	976.3384	27 ± 14

Izračunata je srednja vrednost za $O - C$ korišćenjem dobijenih rezultata iz tabele 1. Ta vrednost je uneta na grafik (slika 3) koji je fitovan funkcijom (2). Dobijene vrednosti parametara funkcije prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2. Parametri dobijeni fitovanjem grafika na slici 3

Parametar	Dobijena vrednost
ΔT_0 (HJD)	-0.0016 ± 0.0013
ΔP (dani)	$(-5.8 \pm 1.4) \cdot 10^{-7}$
D (dani)	$(2.5 \pm 0.4) \cdot 10^{-11}$
a_s (dani)	0.0073 ± 0.0007
T_s (epoha)	13200 ± 400
P_s (epoha)	21800 ± 800

Dobijena vrednost kvadratnog koeficijenta D govori da dolazi do povećanja orbitalnog perioda sistema u iznosu od 0.34 ± 0.06 s na svakih 100 godina. Dobijene vrednosti parametara a_s , T_s i P_s govore o postojanju trećeg tela koje kruži oko dvojno eklipsnog sistema čiji period revolucije iznosi oko 29 godina. Projekcija njegove udaljenosti od XY UMa iznosi 1.27 AJ. Koristeći dobijene vrednosti izračunata je masa trećeg tela korišćenjem formule koju su dali Pojmanski i Geyer (1990):

$$f(M) = \frac{a_s^3}{P_s^2} = \frac{(M_3 \sin i)^3}{(M_1 + M_2 + M_3)^2}$$

gde je a_s poluosa posmatrane light-time orbite (u AJ), P_s je period (u godinama), i je inklinacija trećeg tela (u stepenima), M_1 i M_2 su mase komponentata binarnog sistema (u jedinicama mase Sunca), i to $M_1 = (1.07 \pm 0.19) M_\odot$ i $M_2 = (0.65 \pm 0.07) M_\odot$ (Pojmanski i Udolski 1997).

Dobijene vrednosti za masu trećeg tela u zavisnosti od inklinacije tela prikazane su u tabeli 3. Minimalna masa mogućeg trećeg tela iznosi $0.21 M_\odot$.

Tabela 3. Dobijene vrednosti mase trećeg tela (M_3) u zavisnosti od njegove inklinacije

Inklinacija	M_3 (M_\odot)
90°	0.21 ± 0.05
80°	0.21 ± 0.05
70°	0.22 ± 0.05
60°	0.24 ± 0.06
50°	0.28 ± 0.06
40°	0.34 ± 0.08
30°	0.5 ± 0.1

Zaključak

Na osnovu analize dosadašnjih posmatranja eklipsne zvezde XY UMa potvrđeno je povećanje orbitalnog perioda u iznosu od 0.34 ± 0.06 s na svakih 100 godina. Ova promena je verovatno prouzrokovana gubitkom mase iz dvojnog sistema. Oscilacije u promeni orbitalnog perioda XY UMa ukazuju na postojanje trećeg tela koji se kreće oko dvojnog sistema. Minimalna masa tog tela iznosi $M = 0.21 \pm 0.05 M_\odot$.

Zahvalnost. Autori se zahvaljuju svom mentoru Igoru Smolici na ukazanoj pomoći prilikom izrade rada, kao i saradnicima Petru Kostiću i Nemanji Martinoviću na pruženoj pomoći oko posmatranja.

Literatura

Erdem A., Güdür N. 1998. The Orbital period study and photometric analysis of XY Ursae Majoris. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **127**: 257.

Kwee K.K., van Woerden H. 1956. A method for computing accurately the epoch of minimum of an eclipsing variable. *Buliten of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, **464**: 327.

Pojmanski G., Geyer E.H. 1990. The Period Behavior of the Spotted Binary XY UMa. *Acta Astron.*, **40**: 245.

Pojmanski G., Udalski A. 1997. An Orbital Solution for RS CVn Binary Star XY UMa. *Acta Astron.* **47**: 451.

Sowell J.R., Hughes S.B., Hall D.S., Howard B.A. 2001. Period changes in four short-Period spotted binaries: UV Piscium, YY Geminorum, CG Cygni and XY Ursae Majoris, *The Astron. J.*, **122**: 1965.

Zoran Tomić and Danijela Bobić

Change of Orbital Period of the Ecliptic Binary XY UMa

Observations of the ecliptic binary XY UMa were carried out in August 2006 in PSC. Combining these newly obtained data with the previous ones available in literature, the problem pertaining to the orbital period of the system has been analysed through a detailed description of the *O-C* diagram (Figure 3). The sinusoidal and secular changes of (0.34 ± 0.06) s have been found. Such variation of the orbital period have been examined in term of a plausible mechanism, namely a light time effect due to a third body. Modulation of the orbital period has been done and characteristics of third body have been found, such as its period (28.6 years), distance from XY UMa (1.27 AU), and its minimum mass ($0.21 M_{\odot}$). 