

# Diferencijalna fotoelektrična fotometrija fizički promenljive DD Lacertae

---

*Tokom noći 12/13. i 13/14. avgusta, 1995. meren je sjaj fizički promenljive zvezde DD Lacertae. Merenja su vršena pomoću MEADE reflektorskog teleskopa (žične daljine  $f = 160$  cm, prečnika objektiva 25.4 cm) i SSP-3 fotometra. Na osnovu dobijenih podataka izračunata je izvanatmosferska razlika u magnitudama između poredbene i promenljive, kao i između zvezde za proveru i promenljive zvezde.*

---

## Uvod

DD Lac spada u fizički promenljive zvezde tipa  $\beta$  Cephei (ili  $\beta$  Canis Minoris). To su zvezde uglavnom spektralne klase B, kod kojih dolazi do veoma intenzivnih promena brzine rotacije i koje su, kao takve, veoma značajne za proučavanje evolucije zvezda. Smatra se da se kod zvezda spektralne klase B tokom evolucije povećava sjaj, a zatim smanjuje efektivna temperatura, tj. da kod promenljivih zvezda te spektralne klase dolazi do povećanja perioda, što je i potvrđeno posmatranjima. Osim promene sjaja, kod ovih zvezda dolazi i do promene indeksa boje i radijusa, tako da su sve zvezde plavlje u maksimumu nego u minimumu, imaju manji radijus u maksimumu i obrnuto. Sve zvezde ovog tipa su članovi bliskih dvojnih sistema. Takođe je utvrđena veza između promene brzine rotacije i promene fotografske magnitude – ako se sjaj zvezde poveća za jednu magnitudu brzina rotacije će se povećati 500 puta. Ovakva pojava primećena je i kod promenljivih tipa RR Lyr, patuljastih cefeida, Mire, cefeida [1].

DD Lac ima period promene sjaja  $p_1 = 0.19309$  dana, amplitudu promene sjaja  $4^m.9-5^m.1$  (u fotografskim magnitudama), indeks boje (B-V) = -0.15, početnu epohu  $T_0 = 2421914.200$ , rektascenziju  $22^h41^m.5$  i deklinaciju  $+14^\circ 14'$  za epohu 2000.0 [2]. Takođe postoji i superponirani period  $p_2 = 8.87601$  dana, tokom kojeg se menja indeks boje, amplituda

---

*Martina Vukasović (1977), Beograd, Svetozara Markovića 22, učenica 3. razreda Pete beogradske gimnazije*

*MENTOR:  
Mr Darko Jevremović,  
Astronomska opservatorija, Volgina 7, Beograd*

promene sjaja i brzina rotacije [2]. Kao poredbena zvezda korišćena je 13 Lac magnitudo  $5^m.08$ , indeksa boje  $(B-V) = 0.96$ , rektascenzije  $22^h44^m05^s.5$  i deklinacije  $+41^\circ49'$  za epohu 2000.0 [2]. Meren je sjaj i 10 Lac (magnitudo  $4^m.90$  indeksa boje  $(B-V) = -0.22$ , rektascenzije  $22^h39^m06^s.2$  i deklinacije  $+39^\circ03'$  za epohu 2000.0 [2]), kao zvezde za proveru stabilnosti poredbene.

## Metod

Diferencijalna fotoelektrična fotometrija se zasniva na upoređivanju sjaja poredbene i promenljive zvezde. Dobijena kriva sjaja je bolje određena nego pri vizuelnim posmatranjima, a upotrebom različitih filtera se mogu odrediti amplitude promene sjaja i u vizuelnim i fotografskim magnitudama.

Za karakteristike fotometra njegov način rada, šta zapisivati tokom posmatranja, kriterijume za biranje poredbene i zvezde za proveru vidi [4] ili [5].

Posmatranje i merenje tokom jedne posmatračke noći se sastoji od više serija merenja. Svaka serija se sastoji od merenja sjaja poredbene-neba-promenljive-neba-zvezde za proveru-neba, a na kraju jednog seta merenja se ponovo meri sjaj poredbene i neba jer se na grafik nanosi promena razlike u magnitudama između poredbene, čija je magnitudo dobijena interpolacijom podataka iz dve uzastopne serije merenja, i magnitudo promenljive.

Odbroje  $d$  dobijene pomoću fotometra treba pretvoriti u magnitudo:

$$m = -2.5 \log d + g \quad (1)$$

gde  $g$  predstavlja sumu grubog i finog podešavanja (grubo podešavanje je reda veličine 1 magnitudo, a fino podešavanje je reda veličine 0.01 magnitudo), tj. veličinu koja se dobija kalibracijom sistema. Jasno je da se kod izračunavanja razlike u magnitudama  $g$  gubi:

$$\Delta m = m_{por} - m_{prom} \quad (2)$$

Ova razlika u magnitudama jeste razlika u magnitudama izmerena sa površine Zemlje i treba je pretvoriti u izvanatmosfersku razliku u magnitudama:

$$\Delta m' = \Delta m - k_v \cdot \Delta x - k_v'' \cdot \bar{x} \Delta (B - V) \quad (3)$$

gde su:

$k_v'$  i  $k_v''$  – primarni i sekundarni koeficijent ekstinkcije (primarni zavisi od atmosferskih uslova i izračunava se za svaku noć posebno, a sekundarni zavisi od filtera koji se upotrebljava tokom posmatranja i iznosi  $k_v'' = 0.00 \pm 0.01$  za V filter koji je ovde korišćen). Detaljnije o tome kako se izračunava primarni koeficijent ekstinkcije – vidi [3], [4] ili [5];

$\Delta x$  i  $\bar{x}$  – razlika između vazdušne mase između posmatrača i poredbene zvezde i vazdušne mase između posmatrača i promenljive zvezde i srednja vrednost tih vazdušnih masa. Vazdušne mase se izračunavaju na osnovu vremena posmatranja koordinata mesta posmatranja i koordinata date zvezde (vidi [3], [4] ili [5]);

$\Delta(B - V)$  – razlika u indeksima boje između poredbene i promenljive.

Izvanatmosfersku razliku u magnitudama treba svesti na standardni UBV sistem:

$$\Delta m'' = \Delta m' + E_v \cdot \Delta(B - V) \quad (4)$$

gde su :

$\Delta m''$  – standardna razlika u magnitudama između poredbene i promenljive koja se nanosi na y-osu grafika;

$E_v$  – koeficijent transformacije karakterističan za instrumentalni sistem koji se koristi. Dobija se kalibracijom sistema.

Odgovarajuća vremena posmatranja treba svesti na fazu (vidi [3]) i rezultate prikazati na grafiku promene standardne razlike u magnitudama tokom jednog perioda promene sjaja.

## Rezultati, zaključak i komentar

Tokom dve posmatračke noći izvršeno je ukupno 18 serija merenja. Rezultati posmatranja su prikazani na slikama 1 i 2 Na slici 1 prikazana je promena izvanatmosferske razlike u magnitudama između poredbene o promenljive zvezde, a na slici 2 – promena razlike u izvanatmosferskim magnitudama između zvezde za proveru i promenljive zvezde.

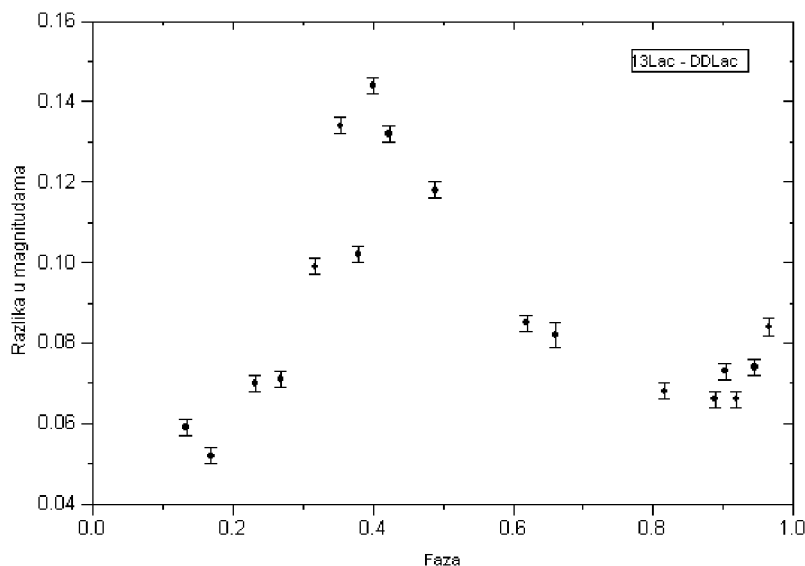
Osim 13 Lac, kao poredbena je uzeta i 10 Lac (zvezda za proveru stabilnosti poredbene - check-poredbena) jer se razlika u izvanatmosferskim magnitudama između 13 Lac i 10 Lac menja tokom noći. Razlika  $m_{pc}$  između poredbene i check-poredbene, merena u 20-minutnim intervalima, data je u tabeli. Ova razlika bi, inače, trebalo da bude konstantna.

Razlika u izvanatmosferskim magnitudama između 13 Lac i 10 Lac, merena u 20-minutnim intervalima u noćima 12/13 i 13/14 avgusta.

$m_{pc}$	$\Delta m_{pc}$	$m_{pc}$	$\Delta m_{pc}$	$m_{pc}$	$\Delta m_{pc}$	$m_{pc}$	$\Delta m_{pc}$
0.242	0.002	0.245	0.001	0.250	0.001	0.260	0.001
0.272	0.001	0.267	0.001	0.280	0.001	0.266	0.002
0.259	0.003	0.283	0.003	0.273	0.004	0.241	0.001
0.228	0.001	0.248	0.001	0.215	0.005	0.289	0.001

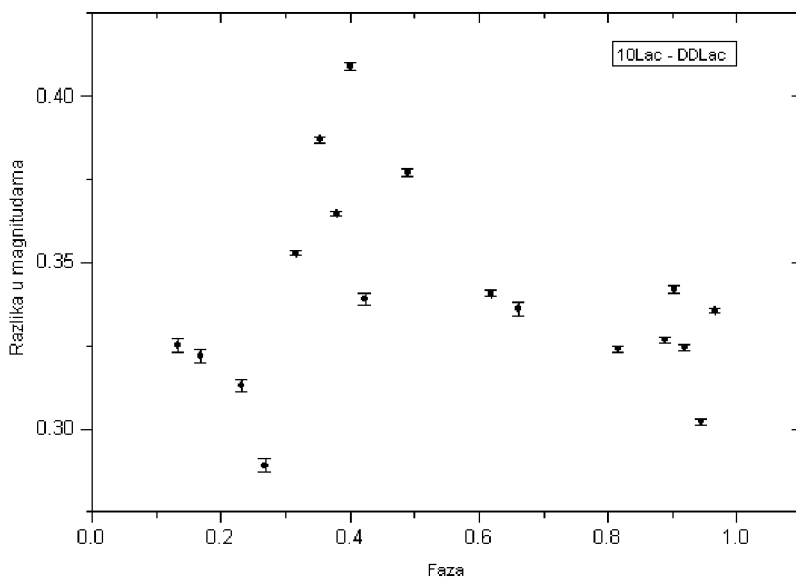
Smatra se da nije u pitanju greška pri merenju (izazvana pojavom cirusa ili turbulencija u atmosferi) jer su merenja sjaja svih zvezda vršena u veoma malom vremenskom razmaku i promene bi uticale na posmatranja svih zvezda. Kriva sjaja predstavljena na grafiku 1 više odgovara očekivanim rezultatima (kriva sjaja kod fizički promenljivih zvezda treba da bude sinusoidalnog oblika), što bi moglo da znači da je 10 Lac promenljiva zvezda. Međutim, da bi se pouzdano utvrdilo koja je zvezda (10 Lac ili 13 Lac) promenljiva i da bi se preciznije odredila kriva sjaja DD Lac potrebno je postojećoj seriji merenja dodati i merenje sjaja neke zvezde (fotometarskog standarda) za koju se pouzdano zna da je stabilna, a koja se nalazi u blizini posmatranih zvezda.

Sa grafika 1 se vidi da je došlo do pomeranja maksimuma (maksimum treba da je u  $\phi = 0$ ). S obzirom da je početna epoha  $T_0 = 2421914.200$  (trenutak maksimuma), moguće je da je došlo do povećanja perioda promene sjaja (što je već utvrđeno za neke promenljive ovog tipa, vidi uvod). Kako je tačnost perioda promene sjaja stohiljaditi deo dana, moguće je i da se tokom vremena ova greška nagomilala i da



Slika 1.  
Promena izvanatmosferske razlike u magnitudama između poredbene i promenljive zvezde

Figure 1.  
Variation of the extraterrestrial magnitude difference between the comparison and variable star.



Slika 2.  
Promena izvanatmosferske razlike između zvezde za proveru i poredbene zvezde.

Figure 2.  
Variation of the extraterrestrial magnitude difference between the check and variable star.

je ona uzrokovala pomeranje trenutka maksimuma. Potrebno je uzeti neku drugu, „skoriju“, početnu epohu ili ponovo odrediti period promene sjaja, ali je za tako nešto potreban veći broj merenja tokom više uzastopnih noći posmatranja. Na osnovu ovakvih posmatranja moglo bi se odrediti i kolika je promena amplitude promene sjaja tokom superponiranog perioda  $p_2$  (vidi uvod).

Primarni koeficijenti ekstinkcije su računati na osnovu posmatranja 10 Lac, 13 Lac i grupe fotometrijskih standarada u okolini (sjaj ovih zvezda je meren tokom istih posmatračkih noći u cilju kalibracije instrumentalnog sistema). Primarni koeficijent ekstinkcije je računat na ovakav način jer su posmatranja 10 Lac i 13 Lac bila isuviše blizu (vremenski) i razlika u vazдушnim masama između posmatrača i odgovarajuće zvezde nije bila dovoljno velika da bi se mogli precizno odrediti koeficijenti ekstinkcije za svaku noć posebno. Za posmatračku noć 12/13. 08. 1995, a za posmatračku noć 13/14. 08. 1995. Ovo su relativno visoki koeficijenti ekstinkcije, tj. noći nisu bile najpogodnije za posmatranje i merenje. Takođe, zbog niske temperature, teleskop se veoma brzo orošavao i bilo je potrebno sušiti ga (fenom) posle svake serije posmatranja, što je doprinelo visokim koeficijentima ekstinkcije.

Izvanatmosferska razlika u magnitudama nije svedena na standardni UBV sistem zbog nedostatka podataka. Rezultati dobijeni merenjem sjaja fotometrijskih standarada u okolini nisu bili zadovoljavajući. Potrebno je izvršiti preciznu kalibraciju instrumentalnog sistema, jer bi se onda mogla odrediti i amplituda promene sjaja DDLac u vizuelnim magnitudama.

## Literatura

- [ 1 ] Strohmeier W. 1972. *Variable stars*. Oxford: Pergamon Press.
- [ 2 ] Hirshfeld A., Sinnott R. W. and Ochsenbein F. 1991. *Sky catalogue 2000.0 vol. 2*. Cambridge: Sky Publishing Corporation and Cambridge University Press.
- [ 3 ] Vukasović M. and Živković M. 1995. Diferencijalna fotoelektrična fotometrija. U *Petničke sveske*, 38. Valjevo: Istraživačka stanica Petnica.
- [ 4 ] Hall S. D. and Genet M. R. 1985. *Photoelectric Photometry of Variable Stars*. I.A.P.P.P. Communications
- [ 5 ] Henden A. A. and Kaitchuck R. H. 1982. *Astronomical Photometry*. New York
- [ 6 ] Tirrion et al. 1988. *Uranometria 2000.0*. Richmond: Willmann-Bell Inc.

---

*Martina Vukasović*

### Differential Photoelectric Photometry of DD Lacertae

Intrinsic variable DD Lacertae was observed in PSC during the nights 12/13. and 13/14. august, 1995. The instrumental system consisted of Meade telescope ( $f = 160$  cm, the diameter of the primary mirror  $D = 25.4$  cm) and SSP-3 photometer. According to the data gained by measurements, extraterrestrial difference in magnitudes between the comparison and the variable star along with the extraterrestrial difference in magnitudes between the check and variable stars were calculated. The results (the variation in the extraterrestrial difference in magnitudes during one period) are shown on figures 1. and 2.

