

Detekcija tranzita ekstrasolarne planete TrES-3b i određivanje njihovih fizičkih parametara

Tranzit planete TrES-3b je detektovan fotometrijskom metodom. Analizom krive sjaja uz korišćenje podataka iz prethodnih radova određeni su trenutak minimuma, poluprečnik zvezde, poluprečnik planete i velika poluosa putanje planete. Dobijeni su rezultati: $T = 2455429.403545$ HJD, $R_* = 0.722 R_{Sun}$, $R_p = 1.25 R_{Jupiter}$ i $a = 0.01225$ A. J.

Uvod

U proteklih nekoliko godina otkriveno je preko 100 ekstrasolarnih planeta različitim metodama detekcije. Najveći broj do sada otkrivenih vansolarnih planeta pripadaju tipu veoma vrelih Jupitera. Dve najkorišćenije metode za detekciju ekstrasolarnih planeta su: metoda radijalnih brzina i metoda tranzita. Metoda tranzita zasniva se na analizi promene sjaja zvezde pri prelasku planete preko diska zvezde i tako je u određenom vremenskom intervalu pomračenje. Analizom krive sjaja moguće je odrediti neke fizičke osobine ekstrasolarne planete i zvezde.

U sazvežđu Herkul se nalazi zvezda TrES-3, oko koje orbitira ekstrasolarna planeta TrES-3b, koja je Jupiterovog tipa i čiji je orbitalni period 1.306 dana.

Podaci o zvezdi TrES-3
(USNOA2 1275-09618765):

rektascenzija	$17^h 52^m 07^s.020$
deklinacija	$+37^\circ 42' 46''.18$
udaljenost	400 ± 200 pc

prividna magnituda	$V = 12.4$
temperatura	5720 K
masa	0.924 M Sunca
spektralni tip	G5

Metod

Planetu je moguće detektovati metodom tranzita ako je ravan njene putanje približno normalna na ravan vizure. U tom slučaju planeta periodično pomračuje zvezdu, pri čemu dolazi do promene u njenom sjaju. Iz snimaka tranzita dobijamo krivu sjaja.

Funkcija koja pogodna za fitovanje krive sjaja i čijim se minimumom može predstaviti trenutak centralnog tranzita, ima oblik:

$$y = A_1 \exp\left(-\left|\frac{t-t_0}{T_1}\right|^{p_1}\right) + A_2 \exp\left(-\left|\frac{t-t_0}{T_2}\right|^{p_2}\right) + P_n(x) \quad (1)$$

Poluprečnik zvezde je dobijen korišćenjem formule:

$$M_{bol*} - 4.74 = -5 \log \frac{R_*}{R_{Sun}} - \frac{10 \log T_{ef*}}{T_{ef Sun}} \quad (2)$$

Efektivna temperatura i masa zvezde su procenjene na osnovu spektralne klase i položaja na H-R dijagramu. Bolometrijska magnituda je dobijena tako što je od vizuelne apsolutne magnitude oduzeta bolometrijska korekcija od 0.12 (Atanacković-Vukmanović i Vukićević-Karabin 2004).

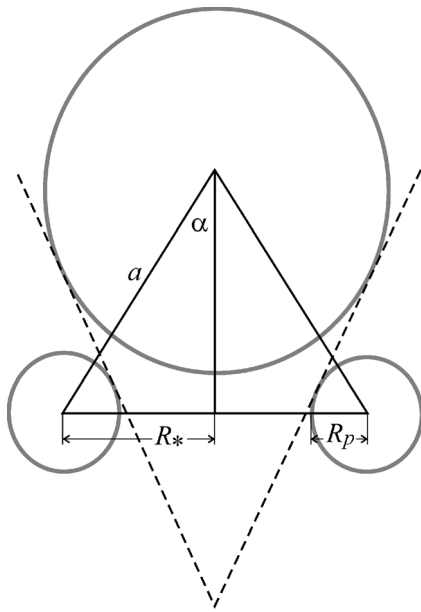
Vizuelna apsolutna magnituda je izračunata prema formuli:

$$M = m + 5 - 5 \log r \quad (3)$$

gde je M apsolutna magnituda, m prividna magnituda, pri čemu je uzato da rastojanje do zvezde iznosi $r = 228$ pc (Sozzetti *et al.* 2008).

Aleksandra Milošević (1991), Beograd, Mačvanska 38, učenica 4. razreda Matematičke gimnazije u Beogradu

Aleksandra Janješ (1992), Zrenjanin, Hilendarska 16, učenica 3. razreda Zrenjaninske gimnazije u Zrenjaninu



Slika 1.
Šematski prikaz prelaska planete preko diska zvezde;
 a – poluprečnik putanje planete, α – ugao pod kojim se vidi rastojanje između centara planete u položajima na početku i na kraju tranzita, R_p – poluprečnik planete, a R_* – poluprečnik zvezde

Figure 1. Geometry of the transit, where a is the major semiaxis of the planet orbit, α an angle between the positions of the planet center at the start and at the end of the transit, as seen from the center of the star, R_p is radius of the planet and R_* radius of the star

Poluprečnik planete je računat prema formuli koja se izvodi iz odnosa flukseva u slučajevima kada planeta pomračuje, odnosno ne pomračuje zvezdu:

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log \left(1 - \frac{R_p^2}{R_*^2} \right) \quad (4)$$

gde su m_1 i m_2 vrednosti minimalne i maksimalne prividne magnituda, očitane sa grafika.

Tabela 1. Poredbene zvezde

Naziv	magnituda	rektascenzija	deklinacija
USNOA2 1275-09619884	13.20	17h 52 ^m 14 ^s .30	37° 32' 09".90
USNOA2 1275-09622945	13.35	17h 52 ^m 32 ^s .79	37° 32' 54".50
USNOA2 1275-09621679	11.723	17h 52 ^m 25 ^s .16	37° 34' 22".10

Poluprečnik putanje je izračunat uz pomoć ugla pod kojim se vidi rastojanje između centra planete u položajima na početku i na kraju tranzita (slika 1). Sinus tog ugla se može izraziti kao:

$$\sin \alpha = 2\pi \cdot \frac{t_4 - t_2}{P} \quad (5)$$

gde je P period, a t_4 i t_2 trenuci kraja, odnosno početka tranzita.

Sa slike 1 se takođe vidi da važi:

$$\sin \alpha = \frac{R_* + R_p}{a} \quad (6)$$

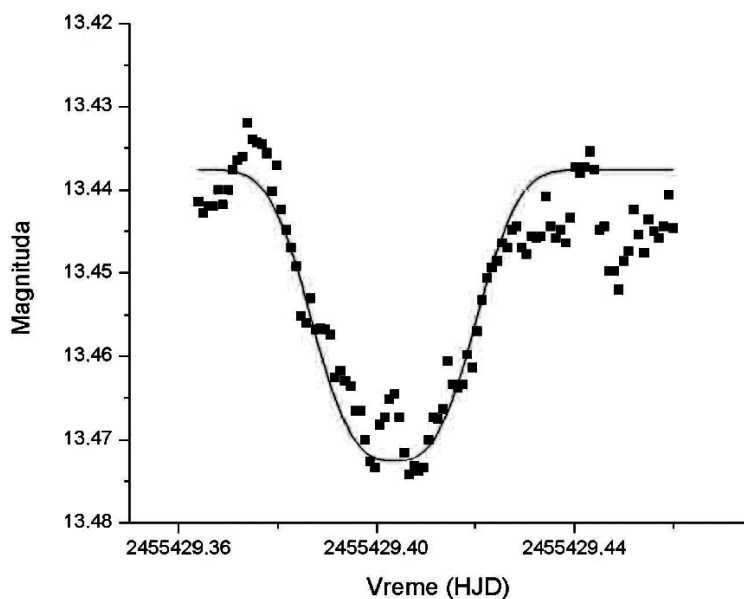
Kombinovanjem izraza (5) i (6), izračunat je poluprečnik putanje planete a .

Posmatranje

Tranzit ekstrasolarne planete posmatran je u noći između 20. i 21. avgusta 2010. godine u Istraživačkoj stanici Petnica. Za snimanje korišćen je teleskop Mead 178ED prečnika 178 mm, žižne daljine 1600 mm i CCD kamera SBIG-ST 7. Vreme ekspozicije za pojedinačne snimke iznosilo je 70 s. Korišćen je R filter. Dobijeni snimci obrađeni su u programu MaxIm DL 5.10 u kome je izvršeno fotometrijsko merenje promene sjaja posmatrane zvezde u odnosu poredbene zvezde. Poredbene zvezde moraju biti konstantnog sjaja i to se proverava poređenjem sa kontrolnom zvezdom (tabela 1).

Rezultati

Na slici 2 je prikazana dobijena kriva sjaja i fit funkcijom (1). Minimum te funkcije predstavlja trenutak minimuma sjaja. Vrednosti parametara ove funkcije su prikazane u tabeli 2. Dobijeni su rezultati $T = 2455429.403545$ HJD, $R_* = 0.722 R_{\text{Sun}}$, $R_p = 1.25 R_{\text{Jupiter}}$ i $a = 0.01225$ A. J.



Slika 2.
Kriva sjaja zvezde TrES-3b. Linijom je predstavljen fit funkcijom (1).

Figure 2.
Light curve of the transit. Best fit with function (1) is plotted with the continuous line.

Tabela 2. Dobijeni parametri funkcije kojom je fitovana kriva sjaja.

Parametar	Vrednost	Odstupanje
A_1	0.0350	/
A_2	0.0175	/
p_1	3.0	0.6
p_2	3.8	0.2
T_1	0.019	0.002
T_2	0.018	0.002

Zaključak

Dobijeni rezultati, upoređeni sa rezultatima koji se nalaze u radu (O'Donovan *et al.* 2007) ulaze u okvire očekivanih vrednosti, za poluprečnik planete, zvezde i rastojanje između planete i zvezde. Relativno velika greška fita (npr 20% za parametar p_2) ima nekoliko uzroka. Jedan od njih je slaba osetljivost CCD kamere kao i nedovoljno dobri snimci kojima se korijuju različitost u osetljivosti piksela i mehaničke prepreke na optičkom putu (flat field). Pretpostavlja se da se vrednosti na desnoj strani krive sjaja rasipaju (slika 2) jer je posmatrano telo zalazilo za objekat Istraživačke stanice Petnica. Razlog za to

je i prividna veličina zvezde, koja iznosi oko 13 magnituda, što je veoma teško detektovati korišćenom opremom. Preciznost bi se eventualno mogla povećati redukovanjem svetlosnog zagađenja i poboljšanjem kvaliteta flat field-ova.

Literatura

Atanacković-Vukmanović O., Vukićević-Karabin M. 2004. *Opšta astrofizika*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva

Obuljen A., Knežević B. 2006. Detekcija tranzita ekstrasolarne planete HD 189733b. *Petničke sveske*, 61: 26.

O'Donovan F., Charbonneau D., Bakos G. 2007. A nearby, massive, transiting hot Jupiter in a 31 hour orbit. *The Astrophysical Journal*, **663**: L37.

Southworth J. 2010. Homogeneous studies of transiting extrasolar planets. III. Additional planets and stellar models. *MNRAS*, **408**: 1689.

Sozzetti A., Torres G., Charbonneau D., *et al.* 2008. A New Spectroscopic and Photometric Analysis of the Transiting Planet Systems TrES-3 and TrES-4. arXiv:0809.4589v1

Transit Detection of Extra-Solar Planet TrES-3b and Calculation of Its Physical Parameters

In this paper we report the photometric observation of the transit of the extrasolar planet TrES-3b and the calculation of its physical parameters. In order to obtain the light curve, the method of differential photoelectrical photometry was used. To fit the transit light curve, an empirical function was used. From the light curve analysis, the time of central transit and brightness variation were determined. Radii of the star and the planet were calculated, as well as the radius of the planet's orbit. The results of our work, which are in accordance with results of previous analysis, are: $T = 2455429.403545$ HJD, $R_* = 0.722 R_{\text{Sun}}$, $R_p = 1.25 R_{\text{Jupiter}}$ and $a = 0.01225$ A.U.

