

ASAS 25832+0552.4 ÖRTEN ÇİFT YILDIZ SİSTEMİNİN İLK TAYFSAL VE FOTOMETRİK ANALİZİ

**Yahya DEMİRCAN, Birol GÜROL, Gökhan GÖKAY, Ethem
DERMAN ve Zahide TERZİOĞLU**

*Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri,
Beşevler, 06100 Ankara,
Tel:312.2126720/1352, e-posta: demircan@ankara.edu.tr*

Özet

Kısa dönemli W UMa türü örten değişen sistem olan ASAS 25832+0552.4'ün BVR bandlarındaki yeni ışık eğrileri ve dikine hız eğrisi analizinden sisteme ilişkin ilk fiziksel ve geometrik parametreler elde edildi. Fotometrik ve tayfsal gözlemler, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG)'nde bulunan T40 ve RTT150 teleskopları kullanılarak 10-11 Eylül 2007 tarihleri arasında fotometrik ve 18-24 Aralık 2007 tarihleri arasında ise TFOSC 9+11 eşel tayfçekerisiyle elde edilmiştir. Sistemin ASAS tarafından 2002 ile 2006 yılları arasında yayınlanmış fotometrik gözlemlerinden belirlenmiş ışık elemanları ve *NOMAD* kataloğunda yayınlanmış BVRJHK bandlarındaki parlaklıkları dışında literatürde bilgi bulunmamaktadır. Fotometrik ve dikine hız eğrileri analizi Wilson-Devinney 2003 kodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerimiz sonucunda ASAS 25832+0552.4'ün tayfsal kütle oranı $q=1.356$ ve W-türü degen bir sistem olduğu ortaya çıkmıştır. Sisteme ait mutlak ve geometrik parametreler çalışma içerisinde verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: çift yıldız: örten değişen, yıldız: ASAS 25832+0552.4, mutlak parametreler, dikine hız eğrisi.

Abstract

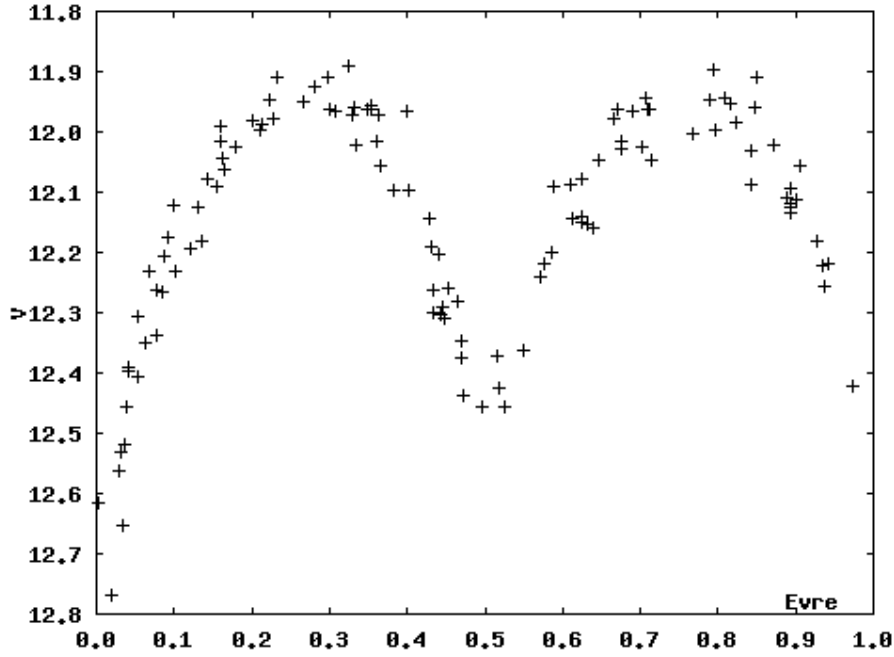
New BVR and Radial Velocity curves were analyzed for the short period W UMa type eclipsin binary system ASAS 25832+0552.4 to derive the first physical and geometrical parameters. The photometric and spectral observations were obtained at TUBITAK National Observatory (TUG) using T40 and RTT150 telescopes during 10-11 September 2007 using BVR filters and 18-24 December 2007 using the TFOSC 9+11 Echelle Spectrograph. There is no any information except the published photoelectric observations by ASAS (The All Sky Automated Survey Data) between the years 2002 and 2006 and BVRJHK magnitudes by *NOMAD* catalogue. The analysis of the light and radial velocity curves is made using the Wilson-Devinney 2003 code. The present solution reveals that ASAS 25832+0552.4 has an spectral mass ratio $q=1.356$ and W-type contact binary. The derived absolute and geometric parameters of the system are given in the text.

Key Words: *binaries: eclipsing, stars: individual (ASAS 25832+0552.4), absolute parameters, radial velocity curve*

1. Giriş

ASAS robotik teleskopu[1] ile keşfedilen ASAS 25832+0552.4 (GSC 00575-00429, NOMAD 0958-0641136) çift sistemi; ASAS-3(V)[2] veritabanında $\alpha=22^{\text{sa}}58^{\text{d}}32.0^{\text{s}}$, $\delta=+05^{\circ}52'23''.9$ koordinatlarına ve görsel parlaklığı $V=11^{\text{m}}.89$ (ASAS) olan bir sistemdir. Sistemin JHK parlaklıkları sırasıyla $10^{\text{m}}.22$, $9^{\text{m}}.73$, $9^{\text{m}}.63$ (2MASS) olarak verilmiştir. ASAS tarafından verilen ışık elemanı $HJD(\text{Min.I})=2451875.7+0^{\text{d}}.234277$ dir. 2002-2006 yılları arasında ASAS tarafından gözlenen ışık eğrisi Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1'den sistemin değen veya değmeye yakın bir sistem olduğu anlaşılmaktadır. Minimum seviyeleri arasındaki farktan bileşen yıldızların sıcaklıklarının veya ışınım güçlerinin birbirinden önemli derecede farklı olması gerektiğini göstermektedir. Sisteme ilişkin NOMAD[3] kataloğunda BVRJHK bandları için verilen parlaklıkları sırasıyla; $13^{\text{m}}.029$, $11^{\text{m}}.646$, $10^{\text{m}}.790$, $10^{\text{m}}.224$, $9^{\text{m}}.732$ ve $9^{\text{m}}.631$ şeklindedir.



Şekil 1. ASAS tarafından V bandında 2002 ile 2006 yılları arasındaki gözlemlerinden oluşturulmuş ışık eğrisi. Uzun bir zaman aralığına dağılmış gözlemsel noktalardan oluşturulan ışık eğrisinde saçılmanın da fazla olduğu dikkati çekmektedir. Birinci minimum ile ikinci minimum seviyeleri arasındaki fark bariz bir şekilde görülebilirken, maksimum seviyeleri arasında saçılmadan dolayı seviye farklılığı belirgin değildir.

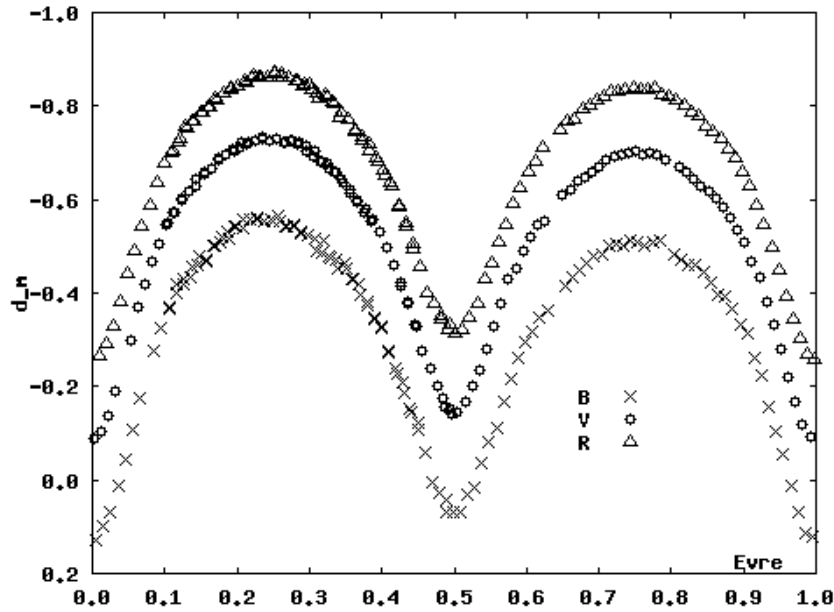
2. Gözlemler

2.1. Fotometrik Gözlemler

ASAS 25832+0552.4 sistemi, TUG'da bulunan 40 cm'lik Schmidt-Cassegrain türü teleskop'a bağlı Apogee ALTA U47 CCD'si kullanılarak 10-11 Eylül 2007 tarihlerinde B, V ve R bandlarında 60 sn poz süresi verilerek gözlenmiştir. B, V ve R bandlarında sırasıyla 131, 132 ve 134 adet görüntü alınmıştır. Diferansiyel parlaklık değerleri, ham CCD görüntülerinden bias, dark ve flat etkisi giderildikten sonra açıklık fotometrisi yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Mukayese yıldızı olarak GSC 00575-00086 ($\alpha=22^{\text{sa}} 58^{\text{d}} 42^{\text{sn}}.02$, $\delta=+05^{\circ}51'33''.22$) kullanılmış ve indirgemeler sırasında farklı denet yıldızları seçilerek sistematik bir değişime sahip olup olmadığı incelenmiştir. Şekil 2'de B, V ve R bandlarındaki diferansiyel parlaklık değerlerinin değişimi gösterilmiş, ayrıca B-V renk değişimi şeklin altında verilmiştir.

Şekil 2'nin ASAS gözlemleri ile karşılaştırılması sonucunda birinci minimum seviyesi ile ikinci minimum seviyeleri arasında çok büyük bir farkın bulunmadığı açık bir şekilde görülmektedir. Ayrıca gözlemsel verinin kalitesinin artması nedeniyle birinci maksimum seviyesi ile ikinci maksimum seviyesi arasında seviye farklılığının bulunduğu açık bir şekilde görülmektedir. Bu çıkarım ise Şekil 1 dikkate alınarak yapılan çıkarıma göre tam aksi bir durumu göstermektedir.

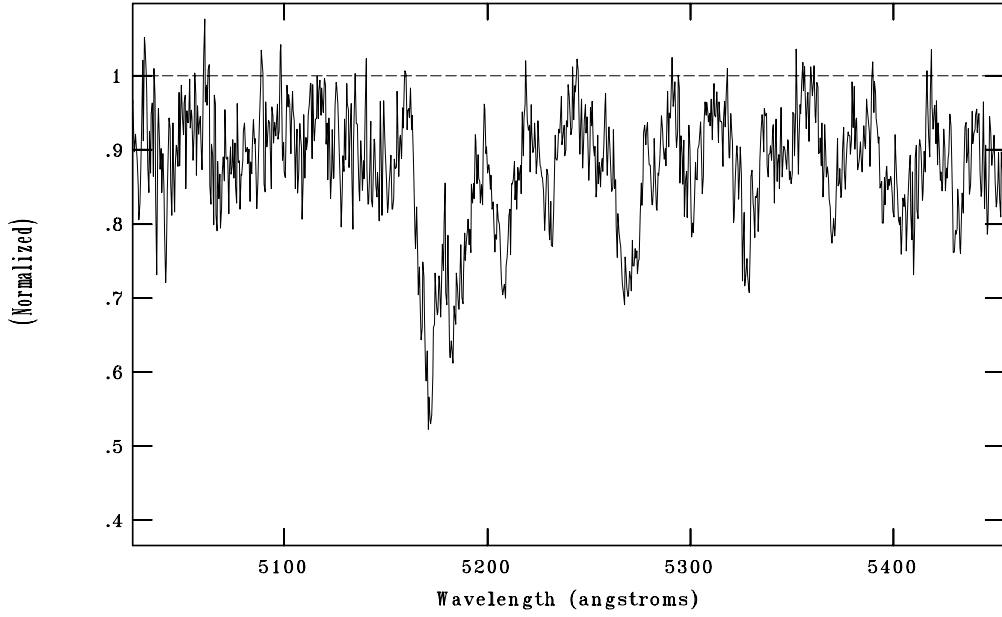


Şekil 2. ASAS 25832+0552.4 örten değişen çift sisteminin B, V ve R bandlarında gözlenen ışık eğrisi görülmektedir.

2.2. Tayfsal Gözlemler

Sistemin ilk tayfsal gözlemleri 18-24 Aralık 2007 tarihleri arasında TUG'da bulunan RTT150 teleskopuna bağlı TFOSC 9+11 Eşel tayf çekeri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu tarihlerde sistemin 6 adet tayfsal gözlemi yapılmıştır. Tayfsal indirgeme işlemleri IRAF programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tayfsal görüntüler üzerinde ham düzeltmeler gerçekleştirildikten sonra tayflar tek boyutlu hale getirilmiş ve dalgaboyu kalibrasyonu FeAr lambda tayfları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca dalgaboyu kalibrasyonu gerçekleştirilmiş tayfsal gözlemlerimiz üzerinde hız düzeltmesi uygulanarak Güneş merkezine taşınmıştır. Şekil 3'de ASAS 25832+0552.4 sistemine ilişkin tayfin bir kesiti verilmiştir.

NOAO/IRAF V2.14EXPORT gurol@derman.science.ankara.edu.tr Tue 11:37:50 19
[21_asas2004.ec[*],6]: asas4 600. ap:6 beam:13



Şekil 3. ASAS 25832+0552.4 örten değişen sisteminin 6 nolu açıklığa karşılık gelen normalize edilmiş tayfın bir kesiti (Poz süresi = 600 sn ve S/N ~ 25 civarındadır).

Gözlemlerimizde bulunan ve S/N değeri en yüksek olan tayfsal gözlemlerimizin, çeşitli tayfsal kataloglarda verilen tayflar ile karşılaştırılması sonucunda sistemin tayf türünün K0V civarında olduğu belirlenmiştir. Özellikle kısa dönemli çift yıldızlarda dönme/dolanma kilitlenmesi nedeniyle bileşen yıldızların hızlı dönmeleri nedeniyle soğurma çizgilerinin aşırı genişlemiş olmaları ve buna ilaveten hızlı dolanmaları nedeniyle bu genişlemiş çizgilerin daha geniş blend çizgiler oluşturmaları, tayf türü belirleme işleminde çeşitli güçlükler neden olmaktadır. Bu nedenle yoğun emek harcamamıza rağmen karşılaştırmada kullandığımız tek yıldızların tayfları ile tam bir örtüşme sağlanmıştır. Bu durumda genel olarak tayfta aynı soğurma çizgilerinin bulunup bulunmadığı gibi bazı kriterler dikkate alınarak sistemin K0V tayf türünden bir sistem olduğuna karar verilmiştir. K0V tayf türüne karşılık literatürde verilen sıcaklık değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. K0V tayf türüne karşılık gelen sıcaklık değerleri

| | Allen[4] | Popper[5] | Straizys[6] |
|--------|-----------------|------------------|--------------------|
| T (°K) | 5150 | 5188 | 5047 |

Çizelge 2’de farklı araştırmacılar tarafından K0V tayf türünden bir yıldız için vermiş oldukları sıcaklık değerleri görülmektedir. Birbirlerinden çok farklı olmayan bu sıcaklık değerlerinin ortalaması alınarak ($T_1=5128$ °K) ışık eğrisi analizinde kullanılması tercih edilmiştir.

3. Yeni Işık Elemanı

Fotometrik gözlemlerimizden B, V ve R bandlarında olmak üzere üç adet birinci ve üç adet ikinci minimum zamanı, Kwee van Woerden[7] yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca ASAS gözlemlerinden yararlanarak (survey gözlemleri olması nedeniyle) gözlemler ortak bir zamana taşınarak bir adet minimum zamanı hesaplanmıştır. Çizelge 3’de hesaplanan minimum zamanları hataları ile birlikte verilmiştir. Sistemin dönemi, Demircan ve Derman[8] tarafından internet ortamı için Java diliyle hazırlanmış olan programda Dwortsky[9] yöntemi kullanılarak $P=0^g.234275$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3. Sisteme ait hesaplanan minimum zamanları

| HJD $\pm \sigma$ | Min. Türü | Band | Kaynak |
|------------------------------------|------------------|-------------|---------------|
| 2451875.7 | I | - | ASAS |
| 2454354.304288 \pm 0.000235 | II | B | Bu çalışma |
| 2454354.304464 \pm 0.000307 | II | V | Bu çalışma |
| 2454354.304583 \pm 0.000204 | II | R | Bu çalışma |
| 2454354.422006 \pm 0.000102 | I | B | Bu çalışma |
| 2454354.422080 \pm 0.000170 | I | V | Bu çalışma |
| 2454354.422074 \pm 0.000166 | I | R | Bu çalışma |

Çizelge 3’de verilen minimum zamanları dikkate alınarak gerçekleştirilen O-C analizi sonucu sisteme ilişkin yeni ışık elemanları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\text{Min I (HJD)} = 2454354.422036 + 0.^g234284 \times E$$

4. Işık Eğrisi Analizi

Sistemin ışık eğrisi analizinde Wilson-Devinney[10] (WD) kodlarını kullanan Phoebe 0.29d[11] arayüzü kullanılmıştır. Şekil 2'den de görülebileceği gibi O'Connell etkisi görülmektedir. İkinci maksimum yaklaşık olarak birinci maksimumdan $0^m.05$ (B bandı) daha sönüktür. Bu etkinin bileşen yıldızlardan biri üzerinde bulunan ve manyetik alan kaynaklı soğuk lekeden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Baş bileşenin sıcaklığı K0V tayf türüne karşılık $5128 \text{ }^\circ\text{K}$ olarak alındı. Kenar kararma katsayıları, Phoebe programı tarafından Van Hamme[12] tablolarından alınmaktadır. Çekim kararma sabitleri $g_{1,2}=0.32$ Lucy 1967 [13] (konvektif atmosferler), yansıma katsayıları $A_{1,2}=0.5$ Rucinski[14] (konvektif atmosferler) olarak alındı. Analiz sırasında dairesel yörünge ($e=0$) ve senkronize dönme ($F_{1,2}=1$) kabul edilmiştir.

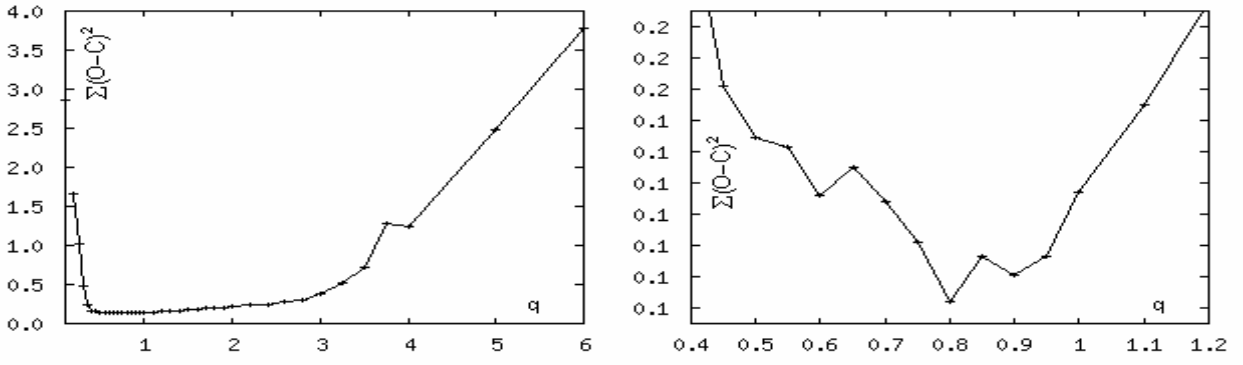
Kütle oranı taraması için WD'de Mod-3'e karşılık gelen "Overcontact binary not in thermal contact" mod seçildi.

Sistemin ışık eğrisindeki asimetric yapıyı leke ile modelleyebilmek için, sisteme ait başlangıç parametreleri elde edilerek, ışık eğrisinde asimetric yapıyı en iyi temsil eden leke modeli gerçekleştirildi. İkinci bileşen üzerinde konulan leke modeline ait parametreleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Sistem üzerinde çalışma gerçekleştirilirken elimizde tayfsal gözlemleri yoktu bu nedenle fotometrik kütle oranı taraması gerçekleştirilmiştir.

Kütle oranı taramasında B, V ve R bandları kullanılarak q değeri $0.1 < q < 9.0$ aralığında 0.1 artımlarla i , T_2 , Ω_1 ve L_1 parametreleri serbest bırakılarak çözümler elde edildi.

Kütle taramasına ilişkin fark kareler toplamı ile q değerleri Şekil 3'de verilmektedir. Bu tarama sonucuna en iyi q değeri, 0.8 de olabileceği görülmektedir. Bu kütle oranı değeri ve buna ilişkin (i , T_2 , Ω_1 ve L_1) parametrelerle iterasyon sayısı artırılarak çözümler yapıldı. Başlangıçta 0.8 olarak alınan kütle oranı değeri, çözüm sonucunda 0.74 elde edilmiştir.



Şekli 3. Fotometrik kütle oranı taraması sonucu, q ile $\Sigma(O-C)^2$ değişimi

5. Tayf Çözümü

Sistemin tayf gözlemlerinden “broadening functions” yöntemini kullanan ve Bob Nelson tarafından programlanmış olan BRAOD15[15] yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir.

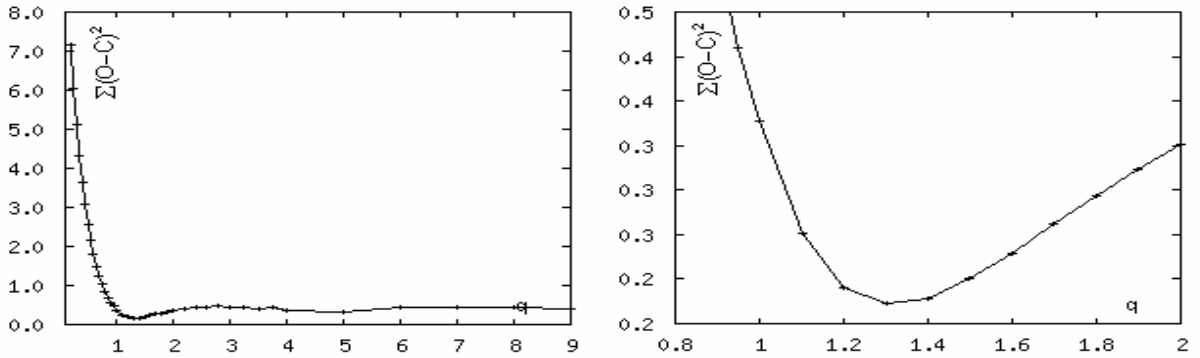
Çizelge 5. Broadening Function programı kullanılarak hesaplanan dikine hız değerleri

| HJD | Evre | V_1 (km/sn) | V_2 (km/sn) |
|----------------|-------|---------------|---------------|
| 2454453.241616 | 0.809 | -58.67 | 240.36 |
| 2454456.177280 | 0.340 | 174.90 | -108.06 |
| 2454456.242146 | 0.617 | -76.26 | 196.55 |
| 2454458.162470 | 0.814 | -65.07 | 236.63 |
| 2454458.190801 | 0.935 | 7.35 | 178.31 |
| 2454459.209522 | 0.283 | 196.32 | -110.89 |

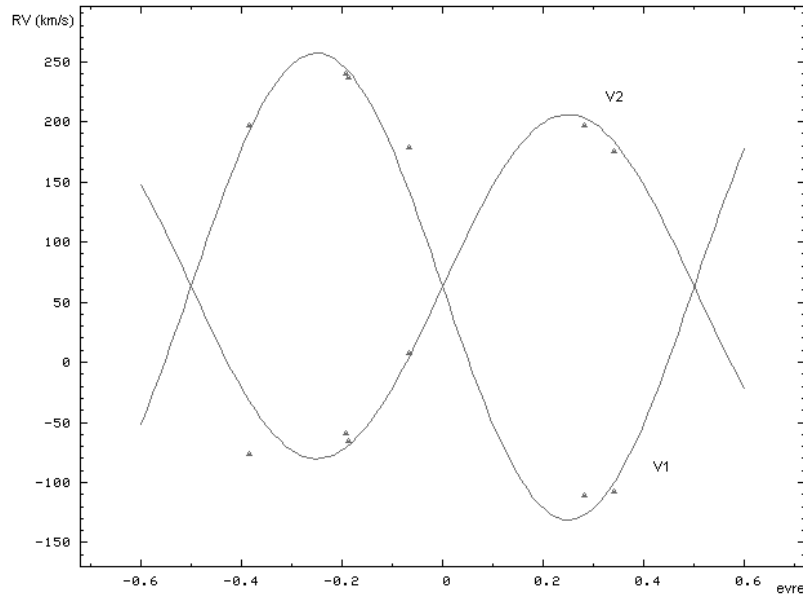
Fotometrik B, V ve R süzgeçleri ile radyal hız değerleri beraber alınarak yeniden phoebe’de kütle taraması, $0.1 < q < 9.0$ aralığında 0.1 artımlarla i , T_2 , Ω_1 , L_1 ve a parametreleri serbest bırakılarak çözümler elde edildi. Bu tarama sonucu elde edilen fark kareler toplamı ($\Sigma(O-C)^2$) ile q değerleri Şekil 4’de verilmektedir. Bu çözümler sonucunda en iyi q değerinin 1.3 olduğu görülmektedir.

Radyal hız değerlerinin de kullanılmasıyla elde edilen tarama sonucundaki kütle oranının, fotometrik kütle taraması ile elde edilen kütle oranını desteklediği görülmektedir. Tarama sonucunda elde edilen en iyi q değerine karşılık gelen i , T_2 , Ω_1 , L_1 ve a değerleri phoebe programına konuldu. Bu parametreler (q , i , T_2 , Ω_1 , L_1 ve a)

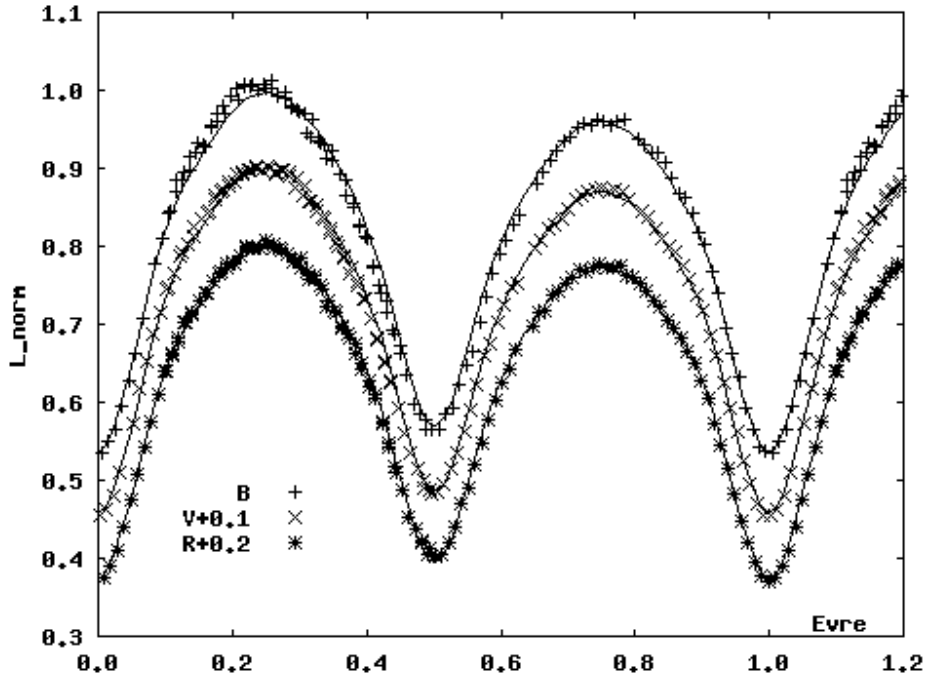
serbest bırakılarak yapılan iterasyon sonucunda sistemin mutlak parametreleri hesaplandı. Sistemin kütle oranının 1.356 ve W-türü bir örten sistem olduğu görüldü. Sistemin gözlemsel ve kuramsal radyal hız eğrisi Şekil 5’de, fotometrik gözlemsel verilerle kuramsal verilerden oluşan eğri Şekil 6’de, 0.25 evresi için sistemin geometrik yapısıyla modellenen leke, Şekil 7’de verilmiştir. Sisteme ilişkin hesaplanan parametreler Çizelge 6’da verilmiştir.



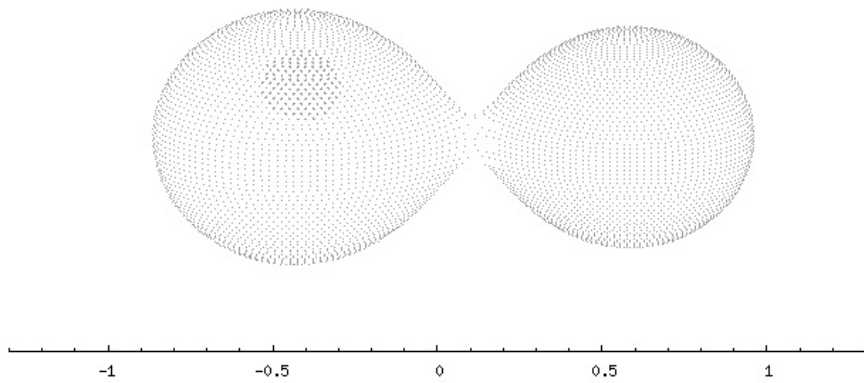
Şekli 4. Fotometrik ve Tayfsal kütle oranı taraması sonucu, q ile $\Sigma(O-C)^2$ değişimi



Şekil 5. Sistemin gözlemsel ve kuramsal dikine hız eğrisi



Şekil 6. Fotometrik gözlemsel verilerle kuramsal verilerden oluşan eğri



Şekil 7. Sistemin 0.75 evresi için geometrik yapısı ve 2. bileşen üzerindeki leke konumu

Çizelge 6. Işık eğrisi analizi sonuçları

| | B | V | R |
|---------------------------------------|---------------|--------------|--------------|
| Sabit Tutulan Parametreler | | | |
| $T_1^{\circ}K$ | 5128 | | |
| $A_1=A_2$ | 0.5 | | |
| $F1=F2$ | 1.0 | | |
| $g_1=g_2$ | 0.32 | | |
| X_1, X_2 | 0.826, 0.875 | 0.489, 0.532 | 0.291, 0.321 |
| Y_1, Y_2 | 0.029, -0.026 | 0.353, 0.308 | 0.479, 0.449 |
| Serbest Bırakılan Parametreler | | | |
| a | 1.605 ±0.047 | | |
| q | 1.356 ±0.0189 | | |
| i | 76.317 ±1.506 | | |
| $T_2^{\circ}K$ | 5030 ±366 | | |
| $\Omega_1=\Omega_2$ | 4.247 ±0.278 | | |
| $L_1/(L_1+L_2)$ | 0.459±0.097 | 0.453±0.077 | 0.448±0.061 |
| $L_2/(L_1+L_2)$ | 0.541 | 0.547 | 0.552 |
| Vg (km/sn) | 0.629 ±0.009 | | |
| Kesirsel Yarıçaplar | | | |
| r₁ (pole) | 0.270 ±0.038 | | |
| r₁ (side) | 0.283 ±0.039 | | |
| r₁ (back) | 0.326 ±0.058 | | |
| r₂ (pole) | 0.470 ±0.031 | | |
| r₂ (side) | 0.509 ±0.039 | | |
| r₂ (back) | 0.538 ±0.055 | | |
| $\Sigma(O-C)^2$ | 0.331 | 0.150 | 0.137 |
| Leke Parametreleri | | | |
| Enlem(rad) | 0.9 | | |
| Boylam(rad) | 4.75 | | |
| Yarıçap(rad) | 0.31 | | |
| Sıcaklık Faktörü | 0.87 | | |

6. Sonuçlar

ASAS 25832+0552.4 sisteminin, TUG da yapılan fotometrik gözlemlerinden elde edilen minimum zamanları kullanılarak yeni ışık elemanı bulundu.

Bu çalışmada, phoebe de yazdığımız programda fotometrik kütle oranı değerini 0.74 ($1/q=1.35$) değeri elde edildi. Dikine hız verileri ile birlikte kütle oranı taraması yapıldığında da kütle oranı 1.356 hesaplandı. Bu da fotometrik kütle oranı taramasının başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir. Sistemin TUG da yapılan tayfsal gözlemleri kullanılarak, W UMa W-türü örten bir sistem olduğu ve mutlak parametreleri ilk kez hesaplanarak Çizelge 7'de verildi. Gözlenen tayfsal verilerin S/N oranının düşük olması sebebiyle, sistemin daha duyarlı tayflarının gözlenmesiyle, bulunan bu parametrelerin teyit edilmesi sağlanmalıdır.

Çizelge 7. ASAS 25832+0552.4 sisteminin mutlak parametreleri

| Parametre | Değer |
|---------------------|-------------------|
| $a(R_{\odot})$ | 1.605 ± 0.010 |
| $R_1(R_{\odot})$ | 0.580 |
| $R_2(R_{\odot})$ | 0.670 |
| $M_1(M_{\odot})$ | 0.431 |
| $M_2(M_{\odot})$ | 0.585 |
| Log g_1 | 4.54 |
| Log g_2 | 4.55 |
| M_{bol}^1 (kadir) | 6.48 |
| M_{bol}^2 (kadir) | 6.26 |

Kaynaklar

- [1] Pojmanski, G., Pilecki, B., Szczygiel, D.(2005), 'The All Sky Automated Survey. Catalog of Variable Stars. V. Declinations 0 arcd - +28 arcd of the Northern Hemisphere', *Acta Astronomica*, v.55, pp.275-301.
- [2] Pojmanski, G.(1997), 'All Sky Automated Survey', *Acta Astronomica*, 47, 467

- [3] Zacharias, N., Monet, D., Levine, S., Urban, S., Gaume, R., Wycoff, G. (2005), 'The Naval Observatory Merged Astrometric Dataset (NOMAD)', *AAS meeting in San Diego*
- [4] Cox, Arthur N.(2000), 'Allen's astrophysical quantities', 4th ed. Publisher: New York: AIP Press; Springer, 2000. Edited by Arthur N. Cox. ISBN: 0387987460
- [5] Popper, D. M., 'Stellar masses', *Annual Review of Astronom and Astrophysics*, 18 (1980) pp. 115-164
- [6] Straizys, V.; Kuriliene, G.(1981), 'Fundamental stellar parameters derived from the evolutionary tracks', *Astrophysics and Space Science*, vol. 80, no. 2, Dec. 1981, p. 353-368
- [7] Kwee, K.K., van Woerden, H., (1956), 'A method for computing accurately the epoch of minimum of an eclipsing variable', *BAN*, V12, 327.
- [8] Demircan, Y., Derman, E.,(2007), 'Period Search Application', <http://derman.science.ankara.edu.tr/Contact-Binary/period/>
- [9] Dworteky, M. M., 1983, "A period-finding method for sparse randomly spaced observations or How long is a piece of string?", *Mnthly Not. R. Astron. Soc.*, **203**, 917–924.
- [10] Wilson, R.E., Devinney, E.J.,(1971), 'Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni', *The Astrophysical Journal*, 166, 605
- [11] Prša., Zwitter T., (2005), 'A Computational Guide to Physics of Eclipsing Binaries. I. Demonstrations and Perspectives', *The Astrophysical Journal*, 628, 426
- [12] W. van Hamme,(1993) 'New Limb-Darkening Coefficients for Modeling Binary Star Light Curves', *The Astronomical Journal*,106 (1993) pp. 2096-2117
- [13] Lucy L. B., 1967, 'Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes' *Zeitschr. F. Astrophys.*,65, 89
- [14] Rucinski S. M., 1969, 'The Proximity Effects in Close Binary Systems. II. The Bolometric Reflection Effect for Stars with Deep Convective Envelopes', *Acta Astr.*, 19, 245
- [15] Nelson, 2005 Nelson, R.H., 2005. 'Software by Bob Nelson', <http://members.shaw.ca/bob.nelson/software1.htm>