

INTEGRAL UYDUSUNUN OPTİK KAMERASI İLE ELDE EDİLEN BAZI ÖRTEN ÇİFT YILDIZLARIN IŞIK EĞRİLERİNİN ÇÖZÜMLERİ

**Ali Dönmez, Faruk Soyduğan, Ahmet Erdem, Esin Soyduğan,
Tunç Şenyüz,
Çağlar Püsküllü ve Mehmet Tüysüz**

*Çanakkale Onsekiz Mart Üni. Gözlemevi
Çanakkale Onsekiz Mart Üni. Fen- Edebiyat Fak., Fizik Bölümü
ali.fizik@gmail.com, aerdem, fsoyduğan, esoyduğan@comu.edu.tr*

Özet

INTEGRAL uydusundaki optik kamera ile elde edilmiş, ZZ Cas, DL Vel ve Z Nor örten çift yıldızlarının ışık eğrilerinin ilk çözümleri Monte Carlo yaklaşımı altında yapılmıştır. DL Vel'in ışık eğrisindeki asimetrikler, soğuk bileşen üzerindeki soğuk leke ile modellenmiştir. Her üç yıldızın da bileşenlerinin Roche loblarını doldurmaya yakın oldukları belirlenmiştir. DL Vel'in ise değmeye çok yakın bir dizge olduğu ortaya konmuştur.

***Anahtar Kelimeler:** örten çift yıldızlar: ZZ Cas, DL Vel, Z Nor- Teknik: ışıkölçüm*

Abstract

In this work, the first analyses of the optic light curves of ZZ Cas, DL Vel and Z Nor, which were obtained by INTEGRAL optic camera, made under the Monte Carlo approach, were given. The asymmetric structure in the light curve of DL Vel was modelled by using dark spot on the surface of the cooler component. It is found that the components of all targets are very close to their Roche lobes. Moreover, it is determined that DL Vel is a near-contact binary system.

***Keywords:** eclipsing binaries: ZZ Cas, DL Vel, Z Nor – Technique: photometry*

1. Giriş

Günümüzde yapılan astronomi ve astrofizik alanındaki gözlemsel çalışmalarda amaç, genellikle, farklı yollarla çok sayıda gök cisimi için elde edilmiş verileri kullanarak duyarlı genel sonuçlara ulaşmak ve böylece kuramsal çalışmalara yön vermektir. Bu tür veri almanın bir yolu, büyük yatırımlar sonucu yapılan bilimsel uyduların (özellikle NASA ve ESA tarafından) genellikle belirlenmiş özel amaçlar için atmosfer dışına gönderilmesidir. Bu uydulara, IUE, HUBBLE, HIPPARCOS, XMM-NEWTON, INTEGRAL, COROT örnek olarak verilebilir. Bunların amaçları incelendiğinde, her birinin veriyi aldığı dalgaboyu ve gözlediği nesnelere de olmak üzere, farklılık göstermektedir. Ancak, bu uydular kendi amaçlarını yerine getirirken bunun yanında gökyüzünde çok büyük alanlara yayılmış çok farklı gök cisimleri için de yan ürün diyebileceğimiz faydalı veriler elde etmektedirler. Örneğin, HIPPARCOS astrometri için atılmış ve veri üretmiş bir uydu iken aynı zamanda aldığı fotometrik veriler hala çözülmekte ve çok önemli sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır.

Önemli veri sağlayan atmosfer dışı uyduların yanında, uydulara göre çok daha küçük bütçelerle Yer yüzeyine kurulmuş gözlemevlerindeki teleskopların yaptığı sistematik gökyüzü taramaları da önemli sayıda gökcismi için önemli bir veri tabanı sağlamaktadır. Bu taramalara örnek olarak ASAS, ROTSE ve OGLE verilebilir. Bu tür taramalar ile gözlemevi sayısının kuzey yarım küreye göre oldukça az olan güney yarım kürede görülebilen çok sayıda gökcismi için birçok gözlemevinin üretebileceği veri alınabilmektedir. ASAS (The All Sky Automated Survey) ele alınacak olursa, çok küçük bütçe ile küçük bir teleskop ve CCD kameradan oluşan bu sistem, gökyüzünde 14^m 'den daha parlak yaklaşık 10^7 yıldızın V ve I süzgeçleri ile fotometrisini yapmak üzere planlanmış ve oldukça başarılı olarak binlerce yeni değişen yıldız ortaya çıkarmıştır. Bir ayağı da ülkemizde TUG'da bulunan ROTSE'de, amacı gamma ve x-ışını kaynaklarının optik gözlemlerini yapmak olsa da, bu amaç dışında planlanan gökyüzü bölgelerinde sürekli taramalar yaparak önemli veri tabanı sağlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, onbinlerce gözlenen yıldızın ışık eğrilerinden belli gruplara (Algol, W UMa, delta Scuti vb) ilişkin duyarlı veriye sahip olanları seçip daha güvenilir ve modern yöntemlerle çözerek istatistik çalışma yapmaktır. Bu çerçevede,

INTEGRAL uydusunun optik kamerası (OMC) ile elde edilmiş ışık eğrileri, ZZ Cas, DL Vel ve Z Nor için, bu veri tabanından işlenebilir şekilde elde edilmiş, duyarlı yöntemlerle ilk kez çözümleri yapılmış ve bileşenlerin fiziksel ve geometrik parametrelerine ulaşılmıştır.

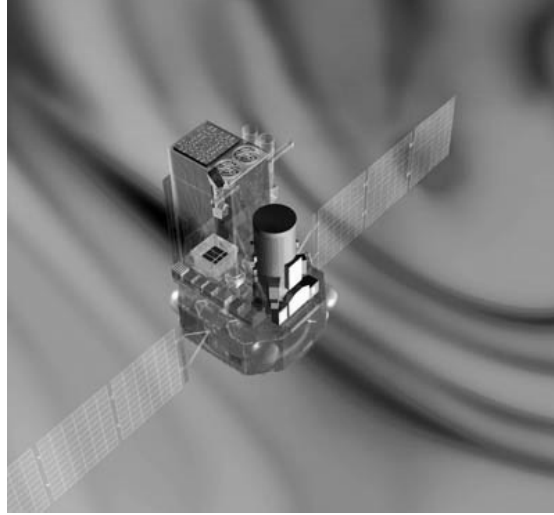
2. INTEGRAL Uydusu ve Optik Kamerası (OMC)

Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından tasarlanan INTEGRAL (International Gamma-Ray Astrophysics Laboratory) uydusu, hedef gökcisimlerini eş-zamanlı olarak gamma ışın, X-ışın ve optik bölgede gözleyebilen ilk uzay laboratuvarı olması açısından oldukça önemlidir. Başlıca amacı, evrendeki en şiddetli patlamalar olan gamma ışın patlamaları, süpernova patlamaları, karadelik içeren bölgeleri gözlemektir. Aynı zamanda, INTEGRAL, bugüne kadar uzay atılmış en ileri gamma ışın laboratuvarıdır. 17 Ekim 2002 tarihinde ESA'nın gönderdiği uydunun görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir.

INTEGRAL uydusu üzerinde yer alan optik kamera (OMC), uydunun gördüğü alan içerisinde çok sayıdaki optik değişeni V süzgeci ile gözleme yeteneğine sahiptir. Bu şekilde alınan optik veriler uydunun amacına uygun olarak öncelik sırasına göre aşağıdaki başlıklarda gruplandırılmıştır.

- Gamma ışını kaynakları
- X-ışını kaynakları
- Aktif gökada çekirdekleri
- Değişen yıldızlar (özellikle patlayan değişenler, novalar ve kataklismik değişenler).
- Çok sayıda farklı türden değişen yıldızlar
- Astrometrik ve fotometrik kalibrasyonlar yapmak üzere HIPPARCOS ve TYCHO referans yıldızları

Bu gruplarda alınan veriler, açık bir veritabanında yer almakta ve isteyen bu optik verileri alıp işleyebilmektedir.



Şekil 1. INTEGRAL uydusunun görüntüsü
<http://www.esa.int/esaMI/Integral/>)

Uydu ve OMC ile ilgili bazı temel teknik bilgiler şu şekilde verilebilir: Uydunun genel görünümüne dikkat edilirse (Şekil 1) çok büyük boyutta bir uydu olmamasına karşılık elde ettiği veriler açısından ne kadar önemli olduğunu görmek pek zor değildir. Uydu 17 Ekim 2002 de Rusya'nın Baikonur uzay üstünden proton roketi ile yörüngeye yerleştirilmiştir. Bu yörünge 72 saat dönemlidir ve Dünya'dan en beri uzaklığı 9000 km, enöte uzaklığı ise 154 000 km dir. Uyduya yerleştirilmiş OMC ile ilgili bilgilere gelecek olursak, üzerinde 1024 x 1024'lik EEV CCD 47-20 modelinde bir CCD bulunmaktadır. CCD çipinin boyutu 13.3 x 13.3 mm ve piksellerin boyutu ise 13 x 13 μm^2 'dir. CCD'nin 300 kHz frekansında görüntü indirme hızı da 2 ms'dir. CCD, 550 nm etkin dalga boyunda (Johnson V süzgeci) % 80 quantum etkinliğine ulaşmaktadır. CCD çipinin doyma kapasiteside 120 000 elektrondur. Uydunun maksimum FWHM değeri ise 1.4 pixel olup $5^0 \times 5^0$ 'lik bir alan görmektedir. Ulaştığı parlaklık sınırı yaklaşık 18^m yöresindedir.

Bu veritabanında, bizim amacımız içinde, farklı türlerde, bizim ulaşamayacağımız sönüklükte ve/veya gökyüzü bölgesinde yer alan, çok sayıda örten çift sistemin ışık eğrileri yer almaktadır. Uydunun veri tabanından yaptığımız taramalar sonucunda, ilk çalışma için belirlediğimiz, daha önce herhangi bir ayrıntılı çalışması olmayan ZZ Cas, DL Vel ve Z Nor'un V süzgecindeki verileri alınarak işlenebilecek biçime dönüştürülerek çözüme hazırlanmıştır.

3. Yöntem ve Örnek 3 Adayın (ZZ Cas, DL Vel ve Z Nor) Işık Eğrilerinin Çözümü

Işık eğrisi çözümleri yapılacak sistemler, ZZ Cas, DL Vel ve Z Nor, sırasıyla 1.24, 0.56 ve 2.56 gün yörünge dönemine sahip olup hiçbirinin daha önce yapılmış ışık eğrisi ve tayf verisi analizi yayınlanmamıştır. Bu nedenle sistemlere ilişkin ayrıntılı bilgi bulunmamaktadır. Ancak, SIMBAD veritabanında yer alan bilgiler ve 2MASS parlaklıkları kullanılarak sistemlerin yaklaşık renkleri belirlenmiştir. Daha sonra Bilir ve diğ. (2008) ve Bilir (2008) tarafından yayınlanan kalibrasyonlar kullanılarak, renk dönüşümleri yapılmış, kızıllaşma değerleri ve uzaklıklar kabaca tahmin edilmiştir. Hesaplanan bu parametreler kullanılarak Pickles (1998)'nin çizelgelerinden ZZ Cas, Z Nor ve DL Vel'in tayf türleri sırasıyla, A2-3, A0 ve A3-4 olarak kabaca belirlenmiştir.

Çizelge 1. Aday sistemlerin, renk, kızıllaşma, uzaklık değerleri ve belirlenmiş tayf türleri

Parametre/Sistem	ZZ Cas	Z Nor	DL Vel
P (gün)	1.24353	2.55694	0.56355
(J-H)	0.090	0.120	0.169
(H-Ks)	-0.026	0.036	0.059
Es(B-V)	1.856	1.201	1.739
Ed(B-V)	0.057	0.264	0.310
(B-V)_o	0.173	-0.081	-0.020
(J-H)_o	0.072	0.035	0.069
(H-Ks)_o	-0.036	-0.012	0.003
(B-V)_o	0.131	0.095	0.166
(R-I)_o	0.047	0.025	0.070
d (pc)	808	498	801
Tayf Türü	A2-3	A0	A3-4

Bu çalışmada ele alınan ışık eğrilerini çözmek için Wilson-Devinney yöntemi (WD: Wilson ve Devinney, 1973) kullanıldı. Seçilen yıldızlara ilişkin literatürde tayfsal ve fotometrik açıdan pek bilgi olmayışından dolayı, WD programının 1993 versiyonunu istatistik bir yöntem olan Monte Carlo (MC) algoritması ile

desteklenen biçimi (Zola ve ark., 1997) ele alınmıştır. MC çözüm arayışında, program, seçilen parametreler için belli girdi değerlerine gerek duymaz. Programa serbest parametreler için fiziksel anlama uygun olarak seçilen değer aralıkları belirtilir. Program çalıştığında her bir iterasyonda değişen serbest parametrelere göre yüzbinlerce iterasyondan oluşan bir çözüm uzayı oluşturur. Dolayısıyla en küçük χ^2 değerini veren çözüm seçilerek programa son verilir.

WD yöntemi ile ışık eğrisi çözümünde, her bir fit yönteminde olduğu gibi, bazı parametreler, ele alınan çift yıldızların fiziksel modellerine uygun olacak şekilde teorik çalışmalardan seçilen değerlerde, sabit tutulur. Bu çalışmada sabit alınan parametreler şunlardır: T_1 başyıldızın sıcaklığı; Çizelge 1'de belirlenmiş tayf türlerine karşın Picles (1998)'den alınmıştır. Kenar kararma katsayıları için sıcaklığa ve dalgaboyuna bağlı lineer olmayan (kareköklü) formül benimsenerek Díaz-Cordovés ve ark. (1995) ve Claret ve ark. (1995)'in çizelgelerinden yararlanılmıştır. Bileşenlerin bolometrik yansıma (albedo) katsayıları için $T > 7200$ K yıldızlarda ışınım dengesindeki (radyatif) atmosfer varsayımıyla 1; $T < 7200$ K yıldızlarda konvektif atmosfer varsayımıyla 0.5 değerleri (Rucinski, 1969) seçilmiştir. Bileşenlerin bolometrik çekim kararma katsayıları, ışınım dengesindeki atmosfere ve konvektif atmosfere sahip yıldızlar için, sırasıyla, 1 ve 0.32 (Lucy, 1967) olarak alınmıştır. Çözümlerde, bileşenlerin çember yörüngelerde eşdönme gösterdikleri, kabul edilmiştir.

MC çözüm arayışında, serbest bırakılan parametreler ve programa verilen değer aralıkları şöyledir: i , sistemin yörünge eğikliği, 50° ile 90° arasında; T_2 , yoldaş yıldızın bolometrik yüzey sıcaklığı, 4500 – 9000 K arasında; $\Omega_{1,2}$, bileşen yıldızların boyutsuz yüzey eşpotansiyel değerleri, 3.8 ile 7.0 arasında; $q = m_2/m_1$, sistemin kütle oranı, 0.2 – 1.0 arasında; l_1 , baş yıldızın kesirsel tek renk ışıması, 4 – 13 arasında; evre kayması, -0.02 – 0.02 arasında girilmiştir. DL Vel örten çift yıldızın ışık eğrisinde belirgin biçimde görülen asimetri için soğuk yoldaş yıldızın konvektif atmosfere sahip olduğu düşüncesiyle yoldaş yıldızın yüzeyinde soğuk leke modeli eklenmiş ve bu yıldız için leke parametreleri de programda serbest bırakılmıştır.

Ele alınan üç sistem (ZZ Cas, DL Vel ve Z Nor) için bulunan çözüm sonuçları Çizelge 2'de verilmektedir. Gözlem noktalarıyla

çözümlerden elde edilen kuramsal eğrilerin karşılaştırılması ve 0.75 evrede dizgelere ilişkin Roche gösterimi, Şekil 2, 3 ve 4'de gösterilmektedir.

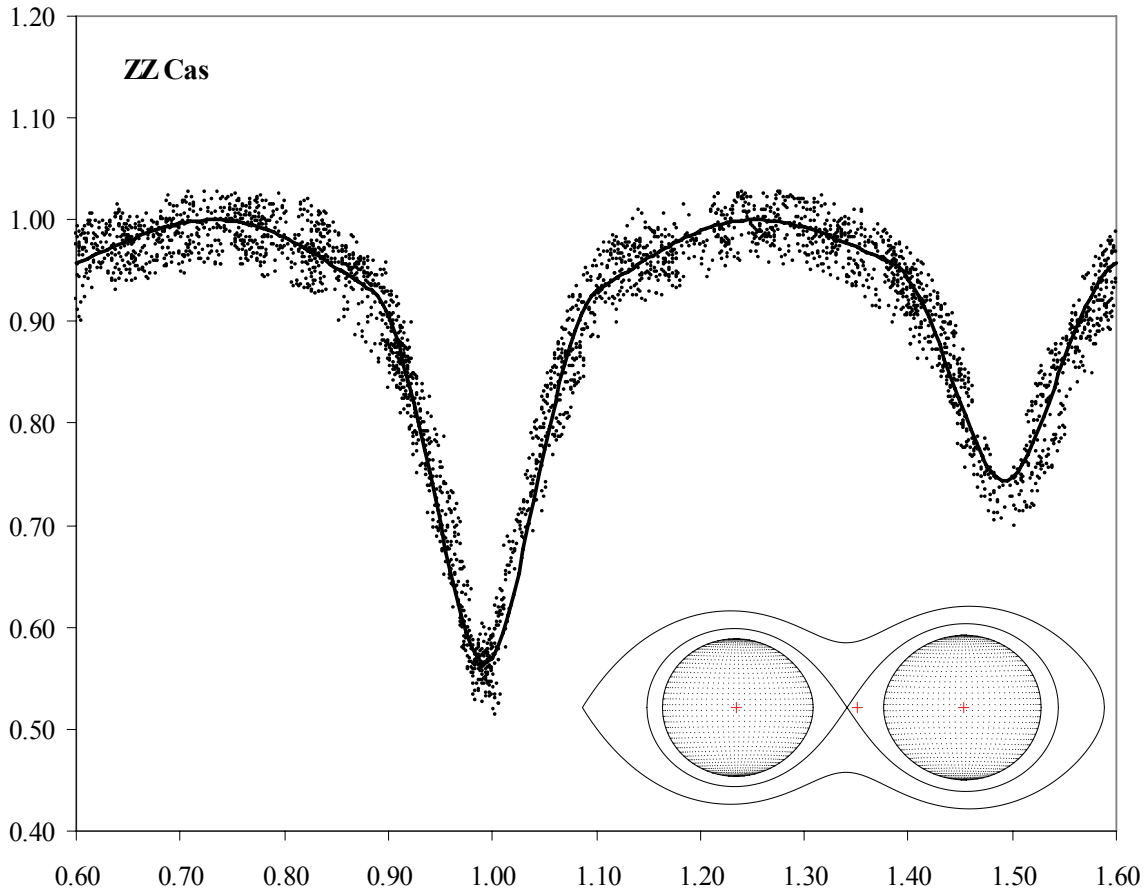
4. Sonuçlar

Bu çalışmada, INTEGRAL uydusunda yer alan OMC ile elde edilen ışık eğrilerinden seçilen üç aday yıldızın, ışık eğrileri WD-MC yöntemi ile çözülerek ilk ışık eğrisi çözümü yapılmış ve bileşenlerin fiziksel ve geometrik parametreleri belirlenmiştir. Dizgelerden DL Vel ve Z Nor'un kütle oranları bire çok yakın olup bu da bileşen kütlelerinin hemen hemen aynı olduğunu gösterir. DL Vel'in ışık eğrisinde 0.5 evre yakınında görülen asimetrik yapı, yoldaş bileşen üzerinde olası bir soğuk lekenin etkisi olarak düşünülmüş (Şekil 5) ve sistemin ışık eğrisi için lekeli çözüm yapılmıştır. Bileşenler arasındaki sıcaklık farkı, ZZ Cas için 1600 K yöresinde iken, DL Vel ve Z Nor'da sırasıyla yaklaşık 3500 K ve 3100 K olarak belirlenmiştir.

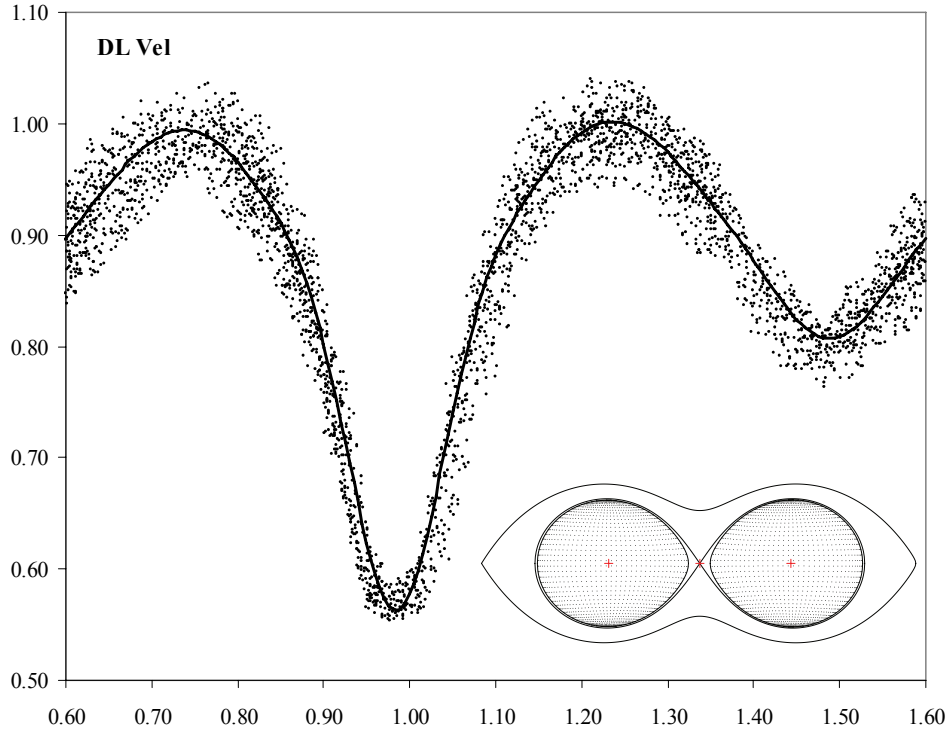
Çizelge 2. Işık eğrisi çözüm parametreleri.

Parametre	ZZ Cas	DL Vel	Z Nor
<i>Evre Kayması</i>	-0.0074(4)	-0.0160(4)	0.0032(4)
<i>i (derece)</i>	77.240(234)	70.370(83)	82.323(150)
<i>T₁ (K)</i>	8910	8790	9550
<i>T₂ (K)</i>	7202(20)	5207(23)	6388(23)
<i>Ω₁</i>	4.0025(500)	3.8031(110)	4.0293(91)
<i>Ω₂</i>	3.9455(574)	3.8127(270)	4.4071(255)
<i>q=m₂/m₁</i>	0.8795(397)	0.9979(21)	0.9999(32)
<i>L₁(V)</i>	8.4499(1481)	10.4305(358)	10.0902(436)
<i>r₁ (pole)</i>	0.3161(34)	0.3495(13)	0.3249(25)
<i>r₁ (side)</i>	0.3261(39)	0.3660(16)	0.3369(28)
<i>r₁ (back)</i>	0.3404(46)	0.3938(21)	0.3560(36)
<i>r₂ (pole)</i>	0.3004(40)	0.3480(48)	0.2901(36)
<i>r₂ (side)</i>	0.3097(45)	0.3643(58)	0.2976(40)
<i>r₂ (back)</i>	0.3250(55)	0.3916(78)	0.3087(46)
<i>Leke enlemi (derece)</i>		87(5)	
<i>Leke boylamı (derece)</i>		347(2)	
<i>Leke açısal çapı (derece)</i>		35(4)	
<i>Leke sıcaklık faktörü</i>		0.85(3)	
<i>χ²</i>	0.02285	0.01212	0.02062

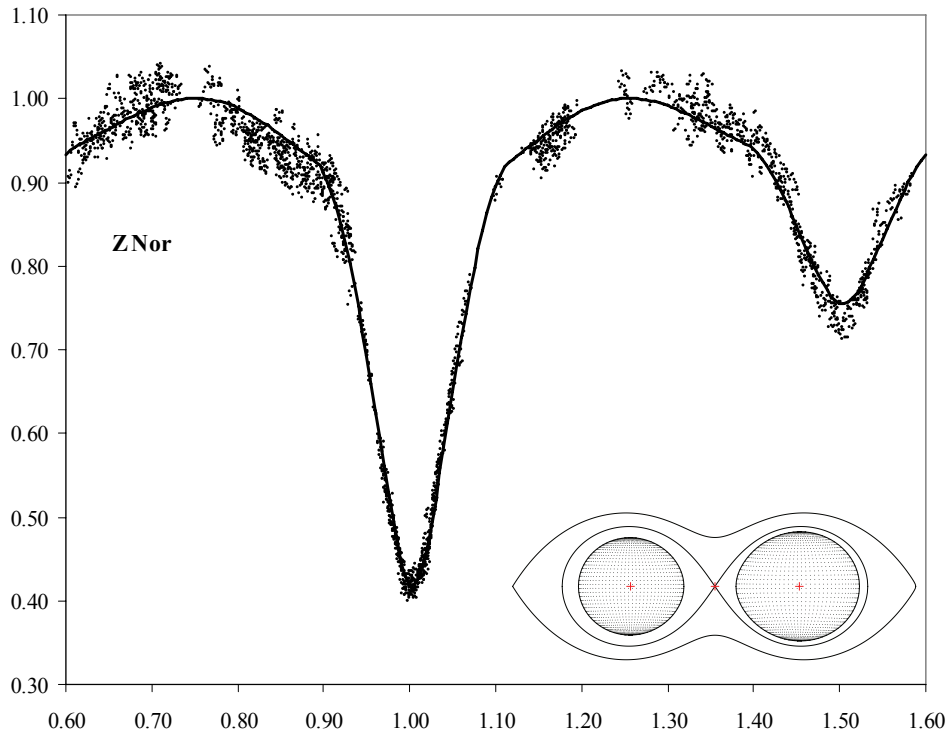
Dizgelerin bileşenlerine ilişkin kütle oranı ve eş potansiyel yüzey değerleri ele alınarak, ZZ Cas'ın bileşenlerinin her ikisinin de Roche loblarının yaklaşık %90'unu doldurduğunu (bakınız Şekil 2), DL Vel'in bileşenlerinin yine her ikisinin Roche loblarının yaklaşık %99'unu doldurduğu (bakınız Şekil 3), Z Nor'un ise birinci bileşeninin Roche lobunun ~ %93 doldururken ikinci bileşenin ise ~ %86'sını doldurduğu (bakınız Şekil 4) hesaplanmıştır. Burada, her üç sistemin bileşenlerinin Roche loblarının sınırlarına değin genişlediği görülmekte olup DL Vel'in ise değmeye çok yakın bir sistem haline geldiği açıktır.



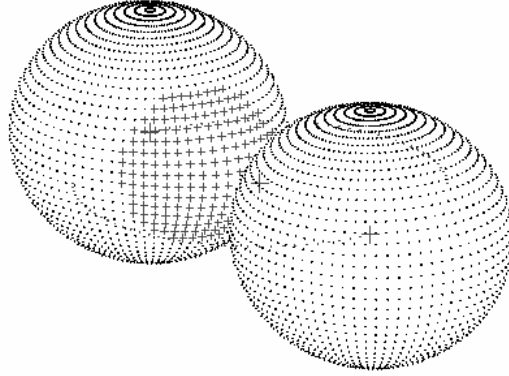
Şekil 2. ZZ Cas'ın V süzgecindeki ışık eğrisi ve WD-MC kullanılarak elde edilen çözüm parametreleri ile çizilen kuramsal eğri. Ayrıca 0.75 evrede Roche lobları ve bileşen yıldızlar gösterilmiştir.



Şekil 3. *DL Vel*'in *V* süzgecindeki ışık eğrisi ve *WD-MC* kullanılarak elde edilen çözüm parametreleri ile çizilen kuramsal eğri. Ayrıca 0.75 evrede Roche lobları ve bileşen yıldızlar gösterilmiştir.



Şekil 4. *Z Nor*'un *V* süzgecindeki ışık eğrisi ve *WD-MC* kullanılarak elde edilen çözüm parametreleri ile çizilen kuramsal eğri. Ayrıca 0.75 evrede Roche lobları ve bileşen yıldızlar gösterilmiştir.



Şekil 5. DL Vel'in bileşen yıldızları ile birlikte soğuk bileşen üzerindeki lekenin 0.60 evrede 3-boyutlu gösterimi.

Kaynaklar

- Bilir, S., 2008, özel iletişim
Bilir, S., Ak, T., Soyduğan, E., ve diğ.: 2008, AN, basımda.
Claret, A.; Diaz-Cordoves, J.; Gimenez, A.: 1995, A&AS 114, 247.
Diaz-Cordoves, J.; Claret, A.; Gimenez, A.: 1995, A&AS 110, 329.
ESA, 2002, INTEGRAL Mission, <http://www.esa.int/esaMI/Integral/>
Lucy, L. B.: 1967, ZA 65, 89.
Pickles, A. J.: 1998, PASP 110, 863
Rucinski, S. M.: 1969, "The Proximity Effects in Close Binary Systems. II. The Bolometric Reflection Effect for Stars with Deep Convective Envelopes", Acta Astronomica, 19, 245
Wilson, R. E.; Devinney, E. J.: 1973, ApJ 182, 539.
Zola, S.; Kolonko, M.; Szczech, M.: 1997, A&A 324, 1010.