

UV Leonis Çift Yıldızının BV Işık Eğrisi Analizi

Berahitdin ALBAYRAK ve Mesut YILMAZ*

Özet

Algol türü bir örten çift yıldız olan UV Leo, 2005 gözlem sezonunda Ankara Üniversitesi Gözlemevi'nde 30 cm çaplı Maksutov-Cassegrain teleskobuyla B ve V renklerinde 2 gece gözlenmiş ve sistemin ışık ve renk eğrileri elde edilmiştir. UV Leo'nun her iki ışık eğrisi, güncel tayfsal kütle oranı dikkate alınarak Wilson-Deviney analiz programıyla ve ikinci bileşenin (soğuk) yüzeyinde iki farklı soğuk lekenin varlığı dikkate alınarak modellenmiştir. Her iki leke kendilerini çevreleyen fotosferden yaklaşık 678 ve 791 K daha soğuktur. Çift yıldızın yörünge eğim açısı yaklaşık 84 derece ve ikinci bileşenin birinci bileşenden yaklaşık 261 K daha soğuk olduğu bulunmuştur. Fotometrik analiz sonuçları Zwitter ve ark.'ın sunduğu tayfsal elementler ile birleştirilerek sistemin mutlak parametreleri için $M_1=1.11 \pm 0.05 M_{\odot}$, $M_2=1.02 \pm 0.04 M_{\odot}$, $R_1=1.08 \pm 0.03 R_{\odot}$, $R_2=1.33 \pm 0.04 R_{\odot}$ değerleri hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Çift Yıldızlar, Örten Çift Yıldızlar, Işık Eğrisi Analizi, UV Leo

Abstract

BV light and colour curves of the Algol type eclipsing binary UV Leo were obtained at the Ankara University Observatory during two nights in 2005, by using a 30 cm Maksutov-Cassegrain telescope. The light curves of UV Leo were analyzed using Wilson-Deviney code with the revised mass ratio. During the analysis, two dark spots on the secondary component's surface were assumed. Both spots are approximately 678 and 791 K cooler than their surrounding photosphere. The analysis yields that the orbital inclination for the system is 84 degrees and also the secondary component is approximately 261 K cooler than the primary one. The results of the photometric analysis were combined with Zwitter et al. (2003)'s spectroscopic elements and the following absolute parameters for the system were derived: $M_1=1.11 \pm 0.05 M_{\odot}$, $M_2=1.02 \pm 0.04 M_{\odot}$, $R_1=1.08 \pm 0.03 R_{\odot}$, $R_2=1.33 \pm 0.04 R_{\odot}$.

Key words: Binary Stars, Eclipsing Binary Stars, Light Curve Analysis, UV Leo

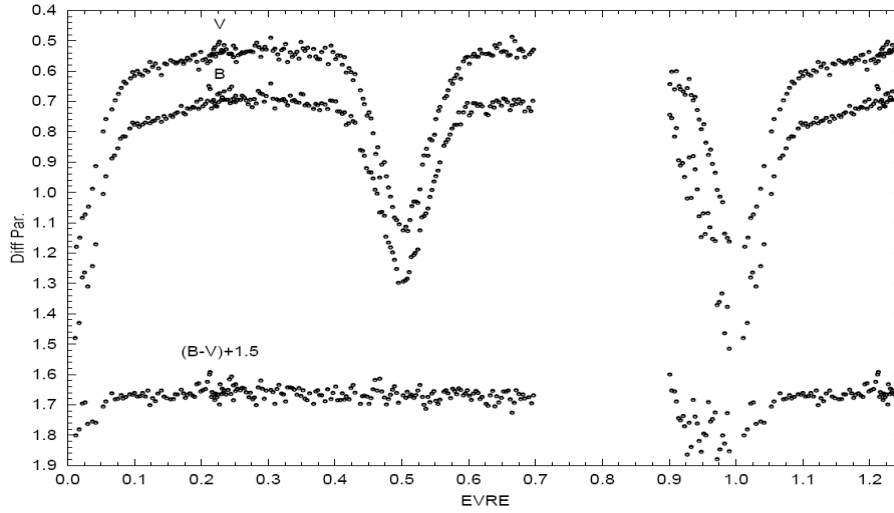
* Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü 06100 Tandoğan - Ankara
e-mail: albayrak@astrol.science.ankara.edu.tr

1. Giriş:

UV Leo (HD92109, BD+15 2330, SAO 9922, HIP 52066; $V_{\max}=8^m.98$); güneş benzeri (G0 V+G2 V) bileşen yıldızlardan oluşan, her iki minimumu hemen hemen eşit ve yaklaşık 0.6 kadir derinlikte olan, ve 0.6 günlük yörünge dönemine sahip bir örten çift yıldız sistemidir. UV Leo'nun bir değişen yıldız olduğu Hoffmeister (1934) tarafından belirlendi. Jensch (1935), ışık eğrisinden hareketle sistemi Algol türü bir çift yıldız olarak sınıflandırdı. Birçok araştırmacı tarafından incelenmeye değer görülen UV Leo'ya ilişkin yapılan başlıca yayınların ayrıntılı referansları Frederik ve Etzel (1996) ve Elmaslı ve ark.'da (2005) bulunabilir. UV Leo'nun kararsız bir ışık eğrisine sahip olduğu ve bu değişimin sistemdeki güneş benzeri etkinliklerin (yıldız lekelerinin) bir sonucu olabileceği ilk kez Broglia (1961) tarafından önerildi. Sistemdeki bu değişimin varlığı daha sonra Wunder (1995), Frederik ve Etzel (1996), Popper (1965, 1997), Mikuz ve ark. (2002) ve Zwitter ve ark. (2003) tarafından da teyit edildi. Zwitter ve ark. (2003), sistemin yüksek çözünürlüklü tayfsal gözlemlerinden radyal hız eğrisini belirlediler ve kütle oranını $q=m_2/m_1=0.917$ olarak hesapladılar. Bu sonuçlar ışığında UV Leo'nun HIPPARCOS fotometrik gözlemlerini WD programı yardımıyla analiz ederek sistemin fiziksel parametrelerini buldular. Ancak Zwitter ve ark.'nın araştırması UV Leo'nun ışık eğrisinin ana özelliği olan yıldız leke etkisini içermemektedir. Bu çalışmanın amacı, UV Leo'yu güncel kütle oranı yardımıyla yeni fotometrik gözlemler ışığında inceleyerek sistemin en gerçekçi fiziksel parametrelerini belirleyebilmektir.

2. Gözlemler:

UV Leo çift yıldız sistemi, Ankara Üniversitesi Gözlemevi'nde 11 ve 12 Ocak 2005 tarihlerinde fotometrik olarak gözlemlendi. Gözlemler 30 cm çaplı Maksutov-Cassegrain teleskobu ve ona bağlı SSP5-A fotometre başlığı ile yapıldı. Johnson standart sistemine yakın B ve V renklerinde yapılan gözlemlerden "değişen-mukayese" anlamında ve her bir renkte 231 nokta elde edildi. Gözlemlerde mukayese ve denet yıldızı olarak sırasıyla BD+14 2275 ve BD+14 2269 kullanıldı. Gözlemler süresince mukayese ve denet yıldızlarında her hangi bir ışık değişimi tespit edilmedi. Her gece için hesaplanan atmosferik sönmüleme katsayıları kullanılarak, gözlemler atmosferik sönmüleme etkisinden arındırıldı. Tek bir gözlemin standart hatası B ve V renkleri için sırasıyla ± 0.025 ve ± 0.028 olarak hesaplandı. Elde edilen BV ışık ve (B-V) renk eğrileri Şekil 1'de görülmektedir. Evre hesabı için T_0 (HJD)=2452307.5076 \pm 0.0007 (Borkovits ve ark. 2002) ve $P=0.6000864 \pm 0.0000012$ gün (Mikuz ve ark. 2002) değerleri kullanıldı. Şekil 1'de görüleceği üzere ışık eğrisinin yaklaşık 0.70-0.90 evre



Şekil 1: UV Leo'nun 2005 yılına ait ışık ve renk eğrileri

aralığı atmosferik olumsuzluklar nedeniyle bu gözlem mevsiminde tamamlanamadı. UV Leo'nun ışık eğrisi (özellikle maksimumlar), yıldız lekelerinin varlığının bir sonucu olarak kararlı olmayıp mevsimsel bir değişime sahiptir (en son gözlemler için bkz. Mikuz ve ark. 2002 ve Zwitter ve ark. 2003). Ancak, ikinci minimum çıkış kolundan hemen sonra 0.10'lık bir yörünge evre aralığının (0.60-0.70 evre aralığı) ve birinci minimuma girişin hemen öncesinin (0.90-0.93 evre aralığı) gözlenebilmiş olmasından hareketle her iki ışık eğrisinde bu kısım (0.70-0.90 evre aralığı) için parlaklık seviyesini ortalama değerler olarak kabul etmek ve bu kabul altında onların modellenmesiyle UV Leo için ulaşılabilecek sonuçların duyarlı olabileceğini söyleyebilmek mümkündür. Bu çift sistem için yayınlanmış ışık eğrileri (Frederik ve Etzel 1996, Mikuz ve ark. 2002, ESA, ve Djurasevic ve ark. 2005) incelendiğinde, bizim gözleyemediğimiz evre aralığıda herhangi bir ani değişimin varlığı tespit edilemedi. Her iki ışık eğrisinin 0.25 evresinde görülen düzensizlik (saçılma) gözlem verilerinin hata sınırları içerisindedir. Renk eğrisinde birinci minimuma karşılık gelen düşmenin (kızarma) bir karşıtı olarak ikinci minimumda bir artmanın (mavileşme) olmayışı, sistemin bileşen yıldızlarının (daha soğuk olan bileşenin) yıldız leke(leri/si)ne sahip olduğunun bir sonucu olarak yorumlanabilir.

3. Işık Eğrisi Analizi:

UV Leo'nun B ve V ışık eğrileri, WD2003 (Wilson 2003) programı kullanılarak Zwitter ve ark.'ın (2003) sistem için yayınladığı radyal hız eğrileriyle birlikte (Şekil 5)

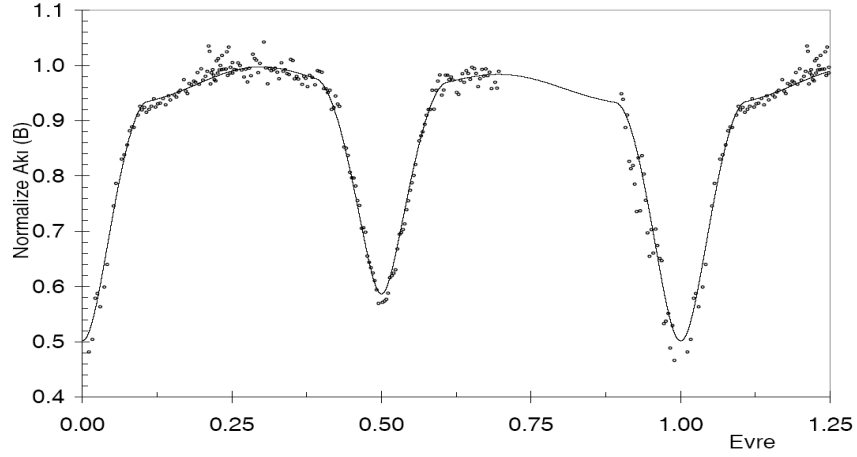
eş zamanlı olarak analiz edildi. Birinci bileşenin (sıcak) sıcaklığı tayf türüne uygun olarak Poper'ın (1980) sıcaklık kalibrasyonundan $T_1=5915$ K olarak belirlendi. Ayrıca analizde, tayfsal kütle oranı $q=0.917$ (Zwitter ve ark. 2003), konvektif atmosfer kabulü altında her iki bileşenin çekim kararması $g_{1,2}=0.32$ ve yansıma katsayıları $A_{1,2}=0.5$ kullanıldı. Lineer olmayan kenar kararına yasasına uygun olarak kenar kararına katsayıları van Hamme'nin (1993) tabloları kullanılarak belirlendi.

Gözlemsel ışık eğrileriyle en iyi uyumu sağlayan kuramsal çakıştırmalar ikinci bileşenin (soğuk) yüzeyinde iki farklı lekenin varlığının dikkate alınmasıyla mümkün olabilmektedir. Her iki leke yaklaşık 4975 ve 4862 K sıcaklığında ve bileşen üzerinde 110 ile 258 derece boylamlarında bulunmaktadır. Lekelerin açılal büyüklükleri ise sırasıyla 45 ve 38 derecedir. Daha önce de ifade edildiği üzere bu durum UV Leo'nun öne çıkan özelliklerinden biridir. B ve V ışık eğrileri için leke modeli yaklaşımıyla elde edilen çözümler Tablo 1'de listelendi. Bu çözüm parametrelerine göre elde edilen kuramsal ışık eğrileri ile gözlemsel ışık eğrilerinin uyumu Şekil 2 ve 3'te, ve bunlara uyan sistemin geometrik yapısı dört temel yörünge evresi için GNUPLOT¹ yardımıyla Şekil 4'te sunuldu.

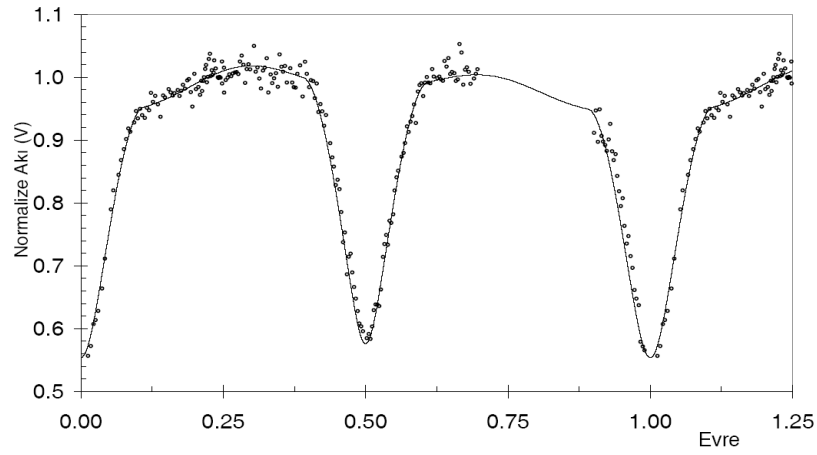
Tablo 1: UV Leo'nun Fotometrik Analiz Sonuçları

Parametre	B Rengi	V Rengi
T_1 (K)	5915	
T_2 (K)	5654 ± 85	
q (m_2/m_1)	0.917	
i ($^\circ$)	84.08 ± 0.56	
A	0.5	
G	0.32	
Ω_1	4.52162 ± 0.09958	
Ω_2	3.79061 ± 0.02549	
$L_1/(L_1+L_2)$	0.431 ± 0.017	0.385 ± 0.017
$L_2/(L_1+L_2)$	0.569 ± 0.019	0.615 ± 0.017
x_1	0.831	0.750
x_2	0.835	0.757
y_1	0.168	0.247
y_2	0.147	0.237
$F_{1,2}$	1.0	
1. Leke		
λ_1 ($^\circ$)	110.50 ± 1.47	
ϕ_1 ($^\circ$)	38.03 ± 0.48	
θ_1 ($^\circ$)	45.48 ± 0.91	
TF_1 (T_{eff}/T_{leke})	0.88 ± 0.02	
2. Leke		
λ_2 ($^\circ$)	258.64 ± 1.25	
ϕ_2 ($^\circ$)	48.96 ± 0.81	
θ_2 ($^\circ$)	37.72 ± 0.45	
TF_2 (T_{eff}/T_{leke})	0.86 ± 0.01	

¹ http://www.cs.dartmouth.edu/gnuplot_info.html



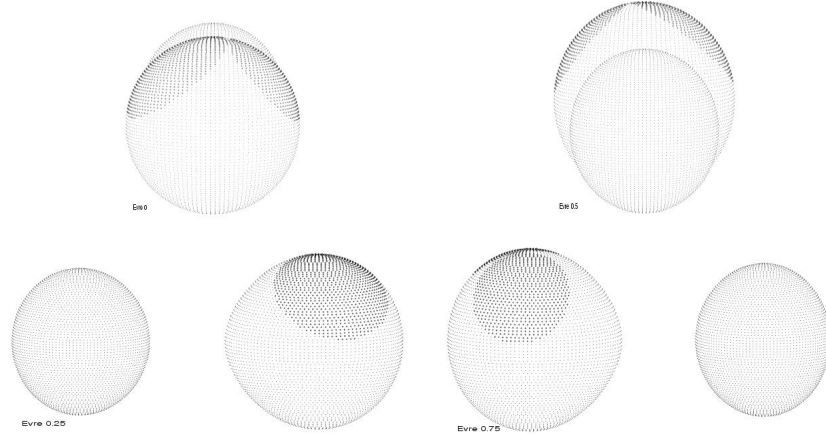
Şekil 2 : Wilson-Devinney yöntemiyle B rengi için elde edilen kurumsal ışık eğrisi (düz çizgi) ile gözlemsel ışık eğrisinin bir karşılaştırması



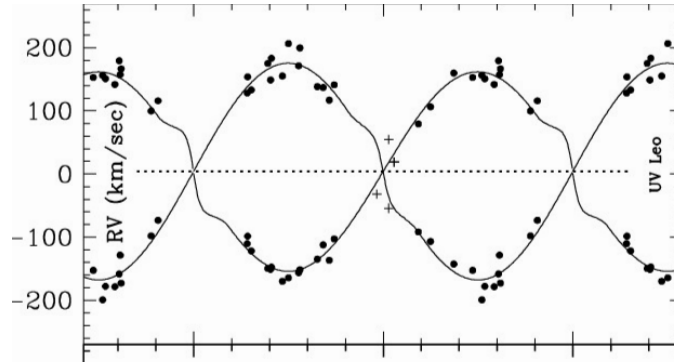
Şekil 3: Wilson-Devinney yöntemiyle V rengi için elde edilen kurumsal ışık eğrisi (düz çizgi) ile gözlemsel ışık eğrisinin bir karşılaştırması

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, UV Leo çift yıldızının 2005 gözlem sezonunda Ankara Üniversitesi Gözlemevi'nde elde edilen B ve V rengi ışık eğrileri, sistemin güncel radyal hız eğrileriyle birlikte eş zamanlı olarak WD2003 programı kullanılarak modellendi. Gözlemler ile kurumsal ışık eğrileri arasındaki uyum, ikinci (soğuk) bileşenin yüzeyinde iki farklı lekenin varlığıyla sağlanabildi. Her iki lekenin kendilerini



Şekil 4: UV Leo'nun dört temel yörünge evresi için şematik tasviri ve ikinci bileşenin yüzeyindeki lekelerin konumu



Şekil 5: UV Leo'nun radyal hız eğrisi (Zwitter ve ark. 2003)

çevreleyen fotosfere göre sıcaklık farkı yaklaşık 678 ve 791 K dir. Bu soğuk yıldız lekelerinin açılal büyüklüğü ise sırasıyla yaklaşık olarak 45 ve 38⁰ 'dir. Güneş benzeri bileşenlere sahip bir Algol çifti olan UV Leo'da bu büyüklükteki lekelerin varlığı, Güneş'e göre onun daha şiddetli manyetik aktivitenin varlığı ile açıklanabilir. UV Leo, çift olmasının doğası gereği aynı tayf türündeki tek yıldızlara oranla çok hızlı dönmektedir. Bu nedenle daha şiddetli bir manyetik aktiviteye sahip olması muhtemeldir. Ayrıca Broglia (1961), UV Leo'da güneş benzeri bir aktivitenin olduğunu belirledi. Benzer şekilde Popper (1965, 1993)'ın yaptığı tayfsal çalışmalarda da sistemin kromosferik bir aktivite gösterdiğini ortaya koydu. Djuraseviç ve ark.'nın

Tablo 2: UV Leo'nun Mutlak Parametreleri

Parametre	Değer
$a (R_{\odot})$	3.86 ± 0.05
$M_1(M_{\odot})$	1.11 ± 0.05
$M_2 (M_{\odot})$	1.02 ± 0.04
$R_1 (R_{\odot})$	1.08 ± 0.03
$R_2 (R_{\odot})$	1.33 ± 0.04
$\text{Log } g_1 \text{ (cgs)}$	4.41
$\text{Log } g_2 \text{ (cgs)}$	4.20
$M_{\text{bol}}^1 \text{ (kadir)}$	4.51
$M_{\text{bol}}^2 \text{ (kadir)}$	5.27

(2005) henüz yayınladığı bir çalışmada, UV Leo'nun 1997 yılında elde edilen V rengi ışık eğrisi için en iyi kuramsal çakıştırma ikinci (soğuk) bileşenin yüzeyinde iki farklı lekelerin varlığı dikkate alınarak gerçekleştirilebilmiş. Bu çok yeni makalede, söz konusu lekelerinin açısız büyüklükleri sırasıyla 40 ve 30^o olarak belirlenmiş. Bizim elde ettiğimiz sonuçlar Djuraseviç ve ark. (2005) ile karşılaştırıldığında, ikinci (soğuk) bileşenin yüzeyindeki karanlık yıldız lekelerinin açısız büyüklüklerinin arttığı ve böylece bu dönemdeki manyetik aktivitenin daha yaygın bir alanda gerçekleştiği görülmektedir. Bu çalışmada çift sistemin yörünge eğim açısı 84 derece olarak bulundu. Elde edilen fotometrik analiz sonuçları, Zwitter ve ark. (2003) tarafından verilen tayfsal sonuçlar ile birleştirilerek UV Leo'nun her iki bileşeni için hesaplanan mutlak parametreler Tablo 2'de sunuldu. Sonuçlar, sistem için daha önce Frederik ve Etzel (1996), Zwitter ve ark. (2003), ve Djuraseviç ve ark. (2005) tarafından yapılan benzer tür çalışmalarda elde edilenlerle uyumludur. İkinci bileşenin (soğuk) yüzeyinde karanlık leke olarak kendini gösteren güneş benzeri aktivitenin (sistemin leke aktivitesinin) özelliklerinin daha iyi belirlenebilmesi için UV Leo'nun tayfsal ve fotometrik olarak takibeden gözlem sezonlarında kesintisiz olarak gözlenmesine ihtiyaç vardır. Bu amaçla UV Leo'yu fotometrik olarak Ankara Üniversitesi Gözlemevi'nde ve tayfsal olarak da TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) gözlemeyi planlamaktayız.

REFERANSLAR

- P. Broglia, "Osservazioni fotoelettriche di due variabili a eclisse", *Memorie della Societa Astronomia Italiana*, 32 (1961) p. 43
- T. Borkovits, I. B. Biro, T. Hegeduest, S. Csizmadia, T. Kovacs, A. Kospl, A. Pal, V. Konyves and A. Moor, "New Times of Minima of Eclipsing Binary Systems", *Inform. Bull. Var. Stars*, (2002) No. 5313
- G. Djurasević, P. Rovithis, H. Rovithis-Livaniou and E. Fragouloupoulou, "UV Leo: The Binary With The Two Suns", *Astrophysics and Space Science*, 296 (2005) 311- 314
- A.Elmasli, O. Aksu, A. Kara, B. Albayrak, T. Ak and S.O. Selam, "The Ligh-Time Effect in UV Leonis", *The Light-Time Effect in Astrophysics, Proceedings of ASP Conference Series, Vol. 335, held in Brussels 19-22 July 2004. Edited b C. Sterken. San Francisco: Astronoical Society of the Pacific, (2005) pp. 287-*
- ESA, *The Hipparcos and Tycho Catalogs*, (1997), SP-1200
- M. C.G. Frederik and P. B. Etzel, "A Photometric Analysis and Spot Model of the Detached Eclipsing Binary UV Leonis", *The Astronomical Journal*, 111 (1996) pp. 2081-2089
- C. Hoffmeister, "132 neue Veränderliche", *Astronomische Nachrichten*, 253 (1934) p. 195
- A. Jensch, "Beobachtungen an Veränderlichen", *Astronomische Nachrichten*, 257 (1935) p. 139
- H. Mikuz, B. Dintinjana, A. Prsa, U. Munari and T. Zwitter, "Period change and Surface Activity of the Eclipsing Binary UV Leonis", *Inform. Bull. Var. Stars*, (2002) No. 5338
- D. M. Popper, "Rediscussion of Eclipsing Binaries. VII. WZ Ophiuchi and Other Solar-Type Stars", *The Astrophysical Journal*, 141 (1965) pp. 126-144
- D. M. Popper, "Stellar Masses", *Annual Review of Astronom and Astrophysics*, 18 (1980) pp. 115-164
- D. M. Popper, "Orbits of Detached Main-Sequence Eclipsing Binaries of Types Late F to K. II. UV Leonis, UV Piscum and BH Virginis", *The Astronomical Journal*, 114, iss. 3, (1997) pp. 1195-1205
- W. van Hamme, "New Limb-Darkening Coefficients for Modeling Binary Star Light Curves", *The Astronomical Journal*, 106 (1993) pp. 2096-2117
- R. E. Wilson, *Computing Binary Star Observables*, Uni. of Florida, Astronomy Dept., (2003)
- E. Wunder, "The First Period Change Discovered in the Bright Algol System UV Leonis", *Inform. Bull. Var. Stars*, (1995) No. 4179
- T. Zwitter, U. Munari, P.M. Marrese, A. Prsa, E.F. Milone, F. Boschi, T. Tomov and A. Siviero, "Evaluating GAIA Performances on Eclipsing Binaries II. Orbits and Stellar Parameters for V71 Tau, UV Leo and GK Dra", *Astronomy and Astrophysics*, 404 (2003) pp. 333-340