

V776 Cas ve V842 Her Değişen Çift Yıldızlarının Işık Eğrisi Analizi

Hakan Volkan ŞENAVCI, Mesut YILMAZ, İbrahim ÖZAVCI, Ozan AKSU, Cem ÇETİNTAŞ, Aslı ELMASLI,
Arzu KARA, Taner TANRIVERDİ, Berahitdin ALBAYRAK, Selim Osman SELAM

Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100, Tandoğan, Ankara

Özet: HIPPARCOS uydusu keşfi V776 Cas ve 1955 yılında keşfedilen ancak ihmal edilmiş V842 Her yıldızlarının sırasıyla U, B, V ve B, V bandları ışık eğrileri, sistemlerin fiziksel parametrelerini elde etmek amacıyla Wilson-Devinney ve Djurasevic'in ışık eğrisi analiz programları kullanılarak çözüldü. Gözlemler TÜBİTAK ULUSAL GÖZLEM EVİ'nde 8-9 Ekim 2002 ve 3-4 Temmuz 2003 tarihleri arasında gerçekleştirildi. V776 Cas için varılan sonuçlar, sistemin yüksek değme oranına sahip A-türü bir W UMA olduğunu göstermektedir. V776 Cas ADS 1485 görsel çiftinin bir üyesi olduğundan, elde edilen ışık eğrileri üçüncü ışık katkısı içermektedir. Analizlerde üçüncü ışık etkisi de dikkate alındı. V842 Her için elde edilen sonuçlara göre sistemde, daha büyük kütleli bileşenin üzerinde bulunan soğuk leke nedeniyle daha küçük kütleli bileşene göre daha soğuk görüldüğü tipik bir W-türü W UMA olduğunu göstermektedir. Işık eğrisindeki O'Connell etkisi, daha büyük kütleli bileşenin üzerinde soğuk bir lekenin var olabileceğine işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: Örtün değişen çift yıldızlar, ışık eğrisi analizi, V776 Cas, V842 Her

Abstract: New photometric U, B, V and B, V light curves were obtained for the HIPPARCOS discovery V776 Cas and for the neglected contact binary V842 Her respectively to determine the physical parameters of the systems by Wilson-Devinney and Djurasevic's light curve analysis program. The light curves were obtained at the TÜBİTAK National Observatory during the nights October 8 and 9, 2003, July 3 and 4, 2003, respectively. The results for V776 Cas indicate that the system is a A-type W UMA binary with a high degree of overcontact configuration. Because V776 Cas is the brighter member of the visual binary ADS 1485, the light curves were contaminated by the third light. So the solutions includes the third light effect. The light curve solutions of V842 Her indicates that the system is a typical W-type W UMA which the more massive larger component is slightly cooler than the less massive smaller one due to a cool spot.

Key words: Eclipsing binary stars, Light curve analysis, V776 Cas, V842 Her

1. Giriş

V776 Cas (HIP 8821, BD +69 121) HIPPARCOS Astrometri Uydusu (ESA, 1997) tarafından keşfedilen bir örtün çift yıldız sistemidir. Sistem F0 tayf türünden ve $8^m.943$ den $9^m.090$ a değişen, birinci ve ikinci minimum derinlikleri neredeyse eşit olan bir değişim genliğine sahiptir (ESA, 1997). Duerbeck (1997), bu yıldızın gerçek periyodunun, HIPPARCOS periyodunun iki katı bir periyoda sahip olduğunu ve düşük genlikli EW türü bir sistem olduğunu belirtti. Sisteme ait yerden yapılan ilk gözlemler Gomez-Forrellad vd. (1999) tarafından gerçekleştirildi. 14 cm'lik bir teleskopla V bandında elde ettikleri ışık eğrisine göre birinci minimum derinliği $0^m.19$ iken ikinci minimum derinliği $0^m.137$ dir. Gomez-Forrellad vd, elde ettikleri düşük genlikli ışık eğrisine göre bu sistemin marjinal tutulmalara sahip bir çift yıldız veya bir elipsoidal değişen olabileceğini ileri

sürdüler. Rucinski vd. (2001) sisteme ait ilk radyal hız çalışmasında; $q = m_c/m_n = 0.130(4)$, $V\gamma(\text{km/sn}) = -24.71 \pm 0.69$, $M_n + M_c = 0.975 \pm 0.026 M_\odot$ parametrelerini belirledi. Yine aynı çalışmada sistemin F2 V tayf türünden bir A-türü WUMA olduğu tespit edildi. Bu çalışmada düşük kütle fonksiyonu ve özellikle düşük yörünge eğimi sebebiyle küçük genlikli ışık eğrisine sahip bu sisteme ait ilk fotometrik analiz gerçekleştirilmiştir.

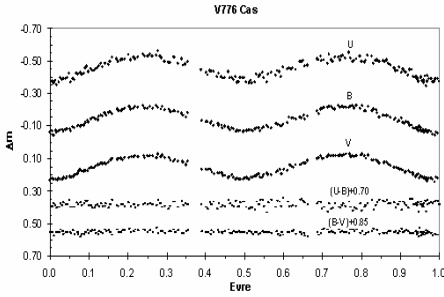
V842 Her yıldızının değişen bir yıldız olduğu ilk defa Geyer vd. (1955) tarafından fotoğrafik gözlemlerden bulundu. Sistem, Filatov (1960) tarafından RR Lyr türü bir değişen yıldız olarak tanımlandı ancak daha sonra Vandenbroere (1993) tarafından WUMA türü bir değişen olduğu anlaşıldı. Vandenbroere (1993) sistemin leke aktivitesi gösterdiğini belirtti. Torres-Melendo (1996), sisteme ait fiziksel parametreleri Binary Maker 2.0 programı kullanılarak belirlendiler ve sistemin ışık eğrisindeki asimetriyi (O'Connell etkisi) ikinci bileşen üzerinde yer alan bir sıcak leke ile açıklamaya çalıştılar. V842 Her yıldızına ait ilk

dikine hız gözlemleri Rucinski vd. (1999) tarafından yapıldı. Bu çalışmada sisteme ait dikine hız parametreleri $q = m_c/m_h = 3.852(24)$, $V\gamma(\text{km/sn}) = -57.98 \pm 1.55$ olarak belirlendi. Yine aynı çalışmada sistemin tayf türünün F9 V olduğu bulundu, ancak Rucinski vd. W-türü bir WUMa için bu tayf türünün erken ve 0.42 günlük dönemin biraz uzun olduğunu belirttiler.

2. Gözlemler

V776 Cas'a ait gözlemler 8-9 Ekim 2002 tarihlerinde TÜBİTAK ULUSAL GÖZLEMEVİ (TUG)'nde 40 cm lik Cassegrain teleskobuna bağlı SSP-5A fotometresi ile UBV bandlarında gerçekleştirildi. Gözlemlerde mukayese ve denet yıldızı olarak Gomez-Forrellad vd (1999)'nin de kullandığı sırasıyla K0 tayf türünden BD+69°0118 ve G5 tayf türünden BD+69°0122 yıldızları kullanıldı. Gözlem esnasında her filtrede 182 nokta alındı. Her bir geceye ait ve her renk için sönümlenme katsayıları mukayese yıldızı gözlemlerinden hesap edildi. Diferansiyel U, B, V ışık ve U-B ile B-V renk eğrileri Şekil 2.1.'de verildi. Her gözlemin olası hatası U, B, V bandları için sırası ile ± 0.017 , ± 0.005 ve ± 0.007 olarak bulundu. Bu gözlemlerden elde edilen minimum zamanları yardımıyla hesaplanan ışık elemanları Tanrıverdi vd (2003) tarafından yayımlandı:

$$\text{HJD MinI}=2452556.3106(5) + 0.^d44041618(1) \times E.$$



Şekil 2.1. V776 Cas'a ait diferansiyel U, B, V ışık, U-B ve B-V renk eğrileri

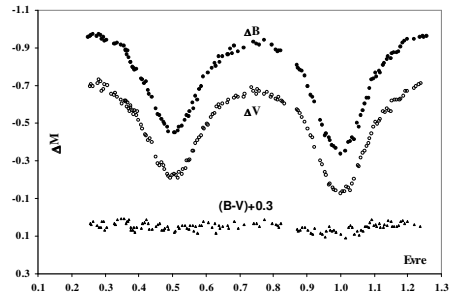
V776 Cas yıldızı ADS 1485 görsel çiftinin parlak bileşenidir. Diğer bileşenin ayrıklığı 5."38 olup V776 Cas'tan 2 kadir daha sönüktür. Ayrıklığın çok küçük olması nedeniyle bu yeni gözlemler süresince diğer bileşen diyafram dışında tutulamadı. Bu nedenle sisteme ait ışık eğrisi ayrık bileşene ait üçüncü ışık katkısını da içermektedir. HIPPARCOS verilerine göre V776 Cas'ın V bandı görünür parlaklığı 9.160 kadir ve daha sönük olan diğer bileşeninki ise 11.164 kadir olarak verilmektedir. Bu verilere göre Pogson formülü kullanılarak bulunan üçüncü ışık katkısı $L_3 = 0.136$ dir. Benzer şekilde CCDM kataloğunun (Dommanget & Nys,

2002) ikinci baskısından alınan verilere göre üçüncü ışık katkısı $L_3 = 0.091$ olarak hesaplandı.

V842 Her örten çiftine ait gözlemler 3-4 Temmuz 2003 tarihlerinde TÜBİTAK ULUSAL GÖZLEMEVİ (TUG)'nde yapıldı. Gözlemler 40 cm lik Cassegrain teleskobuna bağlı SSP-5A fotometresi ile B ve V bandlarında alındı. Gözlemlerde mukayese ve denet yıldızı olarak sırası ile GSC 03497-0031 ve GSC 03497-0349 yıldızları kullanıldı. Gözlem esnasında B ve V filtrelerinden sırasıyla 135 ve 154 nokta alındı. Her bir geceye ait ve her renk için sönümlenme katsayıları mukayese yıldızı gözlemlerinden hesaplandı. Diferansiyel B, V ışık ve B-V renk eğrileri Şekil 2.2.'de verildi. Her gözlemin olası hatası B ve V bandları için sırası ile ± 0.026 ve ± 0.013 olarak hesaplandı. Gözlemlerde elde edilen minimum zamanlarından ve daha önce sisteme ilişkin elde edilmiş minimum zamanlarından sistemin düzeltilmiş ışık elemanları :

$$\text{HJD MinI}=2450177.4857(19)+0.^d41903822(58)\times E.$$

Sistemin B ve V bandlarında elde edilmiş olan ışık eğrilerinde maksimumlar arasındaki fark B-bandında 0.031 ve V-bandında 0.023 kadirdir. Sisteme ilişkin B ve V bandı ışık eğrilerinin maksimumları arasında izlenen seviye farkının (asimetrisinin) bileşenlerden en az birinde bulunan leke veya lekelerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 2.2.'den de anlaşılacağı gibi sisteme ait B-V renginde birinci minimum civarında soğuk bileşenin sıcak bileşenin büyük bir kesrini örtmesinden kaynaklanan küçük bir kızarma etkisi görülmektedir. Bunun dışında B-V renginde kayda değer bir değişim görülmemesi, bileşenleri saran ortak zarf boyunca ısının düzgün olarak dağıtıldığının bir göstergesidir.



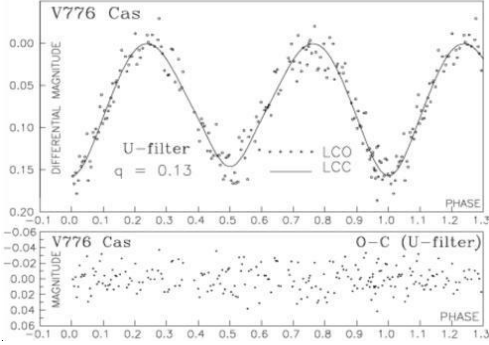
Şekil 2.2. V842 Her'e ait diferansiyel B, V ışık, ve B-V renk eğrileri

3. Işık Eğrisi Analizi

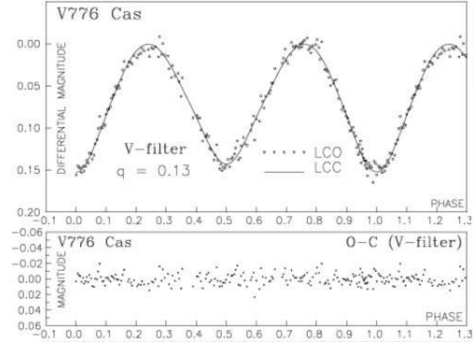
Bu çalışmada V776 Cas'a ait fiziksel parametreleri belirlemek için Roche modeli ve Wilson-Devinney programının prensiplerine dayanan Djurasevic (Djurasevic, 1992a, 1992b)'in ışık eğrisi analizi programı kullanıldı. Işık eğrileri ile dikine hız gözlemleri eş zamanlı olarak çözüldü. Işık eğrisi analizi için programa normal noktalar yerine direkt olarak gözlemsel veriler girildi. Rucinski vd. (2001)'nin belirlediği tayf türüne göre sisteme ait birinci bileşenin sıcaklığı Popper (1980)'ın sıcaklık kalibrasyon tablolarından $T_h = 6980^{\circ}\text{K}$ olarak belirlendi. Sisteme ilişkin sıcaklıklara bağlı olarak lineer olmayan kenar kararma katsayıları Claret (2000)'in tablolarından belirlendi. Çekim kararma katsayıları ve albedo değerleri sistemin fiziğine uygun bir şekilde sırası ile Lucy (1967) ve Rucinski (1969)'den alındı. Model atmosfer olarak Djurasevic'in programında Basal yıldız atmosferi modeli (Lejeune vd., 1997, 1998) kullanıldı. Sisteme ait fiziksel parametrelerin çözüm sonuçları, sistemin üç bantdaki gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri ve farkları ile sistemin 0.25 evresindeki geometrik modeli sırası ile Çizelge 3.1., Şekil 3.1. ve Şekil 3.2., Şekil 3.3. ve Şekil 3.4. de sunuldu.

Çizelge 3.1. V776 Cas'ın ışık eğrisi analizi sonuçları

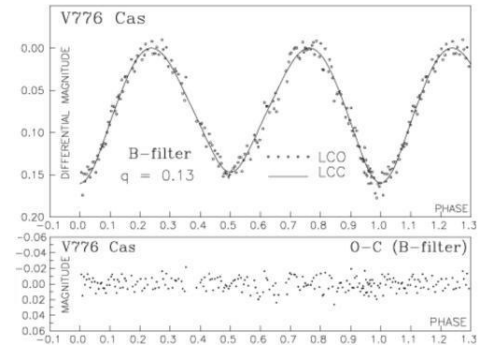
nicelik	U-filtresi	B-filtresi	V-filtresi
n	182	182	182
$\Sigma(O-C)^2$	0.0457	0.0138	0.0093
L_3	0	0	0.136
$q = m_c/m_h$	0.13		
T_h	6890		
$g_h = g_c$	0.32		
$A_h = A_c$	0.5		
T_c	6654 ± 90	6544 ± 49	6620 ± 46
i	53.9 ± 0.4	54.0 ± 0.2	55.8 ± 0.2
$a_{h,c}$	0.38, 0.34	0.31, 0.31	0.37, 0.38
$a_{2,h,c}$	0.90, 0.87	0.96, 0.82	0.87, 0.80
$a'_{h,c}$	-0.55, -0.4	-0.63, -0.38	-0.77, -0.64
$a''_{h,c}$	0.11, 0.04	0.17, 0.07	0.26, 0.20
$\Omega_{h,c}$	2.0149	2.0111	1.9984
$R_h(D=1)$	0.526	0.527	0.531
$R_c(D=1)$	0.216	0.217	0.221
$L_h / L_{h,c,3}$	0.875	0.881	0.748
$M_h(M_{\odot})$	1.63 ± 0.02		1.63
$M_c(M_{\odot})$	0.21 ± 0.02		0.21
$R_h(R_{\odot})$	1.71 ± 0.02		1.73
$R_c(R_{\odot})$	0.71 ± 0.02		0.74
log gh	4.18 ± 0.02		4.18
log gc	4.06 ± 0.02		4.03
Mbolh	2.86 ± 0.02		2.83
Mbolc	4.94 ± 0.03		4.86
aydör(R_{\odot})	2.985 ± 0.008		2.985



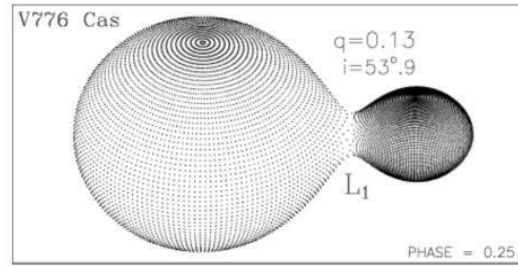
Şekil 3.1. V776 Cas'ın U-bandı gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri ile farkları.



Şekil 3.3. V776 Cas'ın V-bandı gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri ile farkları



Şekil 3.2. V776 Cas'ın B-bandı gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri ile farkları



Şekil 3.4. V776 Cas'ın 0.25 evresindeki geometrik modeli

V842 Her yıldızına ait fiziksel parametreleri belirlemek için WD-2003 programı kullanıldı. Işık eğrileri ile dikine hız gözlemleri eş zamanlı olarak

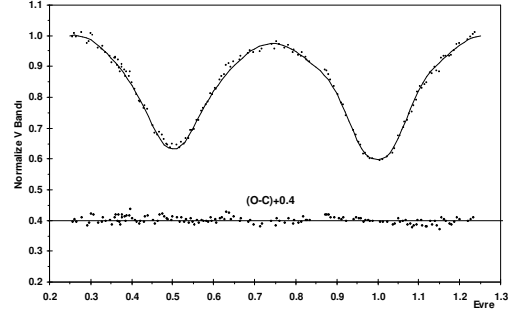
çözüldü. Işık eğrisi analizi için programa normal noktalar yerine direkt olarak gözlemsel veriler girildi. Sisteme ait ışık eğrilerindeki asimetri daha önce Nomen-Torres ve Garcia-Melendo (1996)'nın Binary Maker 2.0 programını kullanarak yaptığı analizde ikinci bileşen üzerine sıcak bir leke koyarak modellenmişti. Ancak sistemin dönem değişimi ile ilgili bilgilerin yetersiz olmasından ve güneş benzeri soğuk bileşenler içermesinden dolayı bu çalışmada soğuk leke ile modelleme tercih edildi.

Rucinski vd. (2001) nin belirlediği tayf türüne göre sisteme ait birinci bileşenin sıcaklığı Popper (1980)'ın sıcaklık kalibrasyon tablolarından $T_1 = 6000$ K olarak belirlenmiş, ancak Rucinski vd. (1999)'nin de irdelediği gibi sisteme göre yüksek olan bu sıcaklıkta uygun bir fit gerçekleştirilemedi. Ardışık denemeler sonucunda birinci bileşenin sıcaklığı $T_1 = 5700$ K'e çekilerek analize devam edildi. Sisteme ilişkin sıcaklıklara bağlı olarak lineer olmayan kenar kararma katsayıları van Hamme (1993)'nin tablolarından alındı. Çekim kararma katsayıları ve albedo değerleri sistemin fiziğine uygun bir şekilde sırası ile Lucy (1967) ve Rucinski (1969)'den alındı. Model atmosfer olarak WD-2003 programında kullanılan Kurucz (1993) yıldız atmosferi modeli kullanıldı.

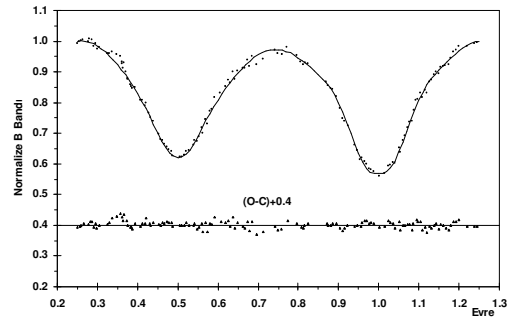
Sisteme ait fiziksel parametrelerin çözüm sonuçları, sistemin her iki bantdaki gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri ve farkları ile sistemin 0.75 evresindeki geometrik modeli sırası ile Çizelge 3.2., Şekil 3.5., Şekil 3.6., ve Şekil 3.7.' de sunuldu.

Çizelge 3.2. V842 Her'in ışık eğrisi analizi sonuçları

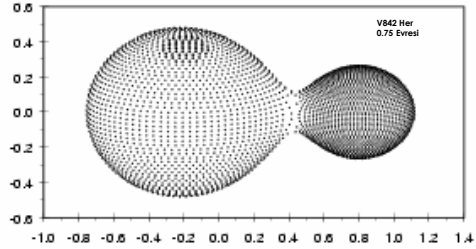
nicelik	B-filtresi	V-filtresi
n	135	154
$\Sigma(O-C)^2$	0.2479	
$q = mc/mh$	3.852	
T_1	5700	
$g_1 = g_2$	0.32	
$A1 = A2$	0.5	
T_2	5362 ± 20	5362 ± 20
i	77.74 ± 0.74	77.74 ± 0.74
X_1	0.539	0.275
X_2	0.347	0.568
$\Omega_{1,2}$	7.566 ± 0.02	7.566 ± 0.02
$L_1 / L_{1,2}$	0.297 ± 0.006	0.278 ± 0.005
$M1(M_\odot)$	0.38	
$M2(M_\odot)$	1.46	
$R1(R_\odot)$	0.82	
$R2(R_\odot)$	1.48	
$\log g_1$	4.19	
$\log g_2$	4.26	
$Mbol1$	5.28	
$Mbol2$	4.26	
$ayör(R_\odot)$	2.881 ± 0.01	



Şekil 3.5. V842 Her'in V bandı gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri ile farkları



Şekil 3.6. V842 Her'in B bandı gözlemsel ve kuramsal ışık eğrileri ile farkları



Şekil 3.7. V842 Her yıldızının 0.75 evresindeki geometrik modeli.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada V776 Cas ve V842 Her örten çift yıldızlarının sırası ile U, B, V ve B, V bandları ışık eğrileri elde edilmiş ve Djurasevic'in ışık eğrisi analiz programı ile Wilson-Devinney ışık eğrisi analiz programları kullanılarak ışık eğrisi çözümlerinden elde edilen ilk sonuçlar sunulmuştur.

V776 Cas'a ait elde edilen fiziksel parametrelere göre sistem, bileşenler arası sıcaklık farkının oldukça az olduğu yüksek değme derecesine sahip bir sistemdir. Yine elde edilen çözümlerden ikinci bileşenin, sistemin daha soğuk bileşeni olduğu ve

ortalama çekiminin birinci bileşene nazaran daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu özellikler de tipik bir A-türü WUMa örten çift sisteminin gösterdiği özelliklerdendir.

V842 Her'e ait elde edilen fiziksel parametrelere göre daha büyük kütleli bileşen, üzerindeki soğuk leke nedeniyle daha küçük kütleli bileşene nazaran 338°K daha soğuk olduğu görülmektedir. Dolayısıyla sistemde birinci minimumda örtülen yıldız daha küçük kütleli olan bileşendir. Bu özellik de tipik bir W-türü WUMa örten çift yıldızının gösterdiği özelliklerdendir.

Bu çalışma, Türkiye Bilimler Akademisi (BA/TÜBA-GEBİP/2001-2-2) ve 20040705090 proje numarasıyla Ankara Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.

5. Kaynaklar

Claret, A., 2000, A&A, 363, 1081
Djurasevic, G., 1992a, Ap&SS 197, 17
Djurasevic, G., 1992b, Ap&SS 196, 241
Dommanget, J., and Nys. O., 2002, Observations et Travaux 54, 2 (VizieR On-Line Data Catalogue: I/24)
Duerbeck, H., W., 1997, IBVS, No. 4513
ESA, 1997, The Hipparcos and Tycho Catalogues, SP-1200
Filatov, G.S., 1960, Astr. Circular, No. 215

Geyer, E., Kippenhahn, R., Strohmeier, W., 1955, Kleine Veröffentlichungen der Remeis-Sternwarte Bamberg, No. 11
Gomez-Forrellad, J.M., Garcia-Melendo, E., Guarro-Flo, J., 1999, IBVS, No. 4702
Kurucz, R., L., New Atmospheres for Modelling Binaries and Disks, in E., F., Milone (ed.), Light Curve Modelin of Eclipsing Binary Stars, pp93-102, Springer, New York
Lejuene, T., Cuisiner, F., Buser, R., 1997, A&AS, 125, 229
Lejuene, T., Cuisiner, F., Buser, R., 1998, A&AS, 130, 65
Lucy, L., B., 1967, Zeitschr. F. Astrophys., 65, 89
Popper, D.M., 1980, ARA&A, 18, 115P
Rucinski, S., M., 1969, Acta Astr., 19, 245
Rucinski, S.M., Lu, M., 1999, AJ, 118, 2451
Rucinski, S.M., Lu, M., Mochnacki, S., W., 2001, AJ, 122, 1974
Tanrıverdi T., Kutdemir E., Elmaslı A., Şenavcı H.V., Albayrak B., Selam S.O., Aydın C., Aksu O., Bulca I., Çınar D., Kara A., Demirhan M., Yılmaz M., Çetintaş C., Gözler A.P., Karakaş T., Sezgin A.S., Turhanoglu B., 2003, IBVS, No. 5407
Torres, J.N., Melendo, E.G., 1996 IBVS, No. 4365
van Hamme, W., 1993, AJ, 106, 2096
Vandenbroere, J., 1993, IBVS, No., 3946
Wilson, R.E., Devinney, E.J., 1971, ApJ, 166, 605