

Seçilen Bazı Algol Türü Çift Sistemlerde Toplanma Yapılarının Modellenmesi

Hicran Bakış¹★, Özlem Taşpınar¹, Volkan Bakış¹, Zeki Eker¹

¹Akdeniz Üniversitesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Antalya, Türkiye

Özet

Yakın çift yıldız sistemlerinde evrim sonucu Roche lobunu dolduran bileşen birinci Lagrange noktasından (L_1) yoldaş bileşene madde aktarmaya başlar. Akan madde başlangıç hızına, doğrultusuna ve yoğunluğuna bağlı olarak yoldaş bileşene çarparak bir sıcak bölge oluşturur veya yıldızı sıyrarak yıldız etrafında bir disk oluşturabilir. Tüm bu yapılar kendini sistemin tayfında salma veya ek soğurma olarak gösterir. Bu tür sistemlerdeki, bu karmaşık salma/soğurma yapılarının hız uzayında üst üste binmesi nedeniyle, bu etkileri kolayca birbirinden ayırmak mümkün olmamaktadır. Bu salma bileşenlerini çalışmak amacıyla, yıldız, disk ve gaz akışlarını birlikte ele alarak sentetik tayfları üretilmekte ve hazırlanan sentetik tayflar yıldızın gözlenen tayfı ile karşılaştırılmaktadır. Böylece, sistemin tayfsal verisine yapılan modellemeler ile sistem için disk, gaz akışı ve/veya sıcak lekenin fiziksel özellikleri belirlenebilmektedir. Bu çalışmada seçilen Algol türü R Ara ve U Sge sistemlerinin H_α bölgesinde elde edilen tayfları kullanılarak madde aktarımı sonucunda oluşan toplanma yapıları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: stars: mass-loss, Yıldız Tayfı

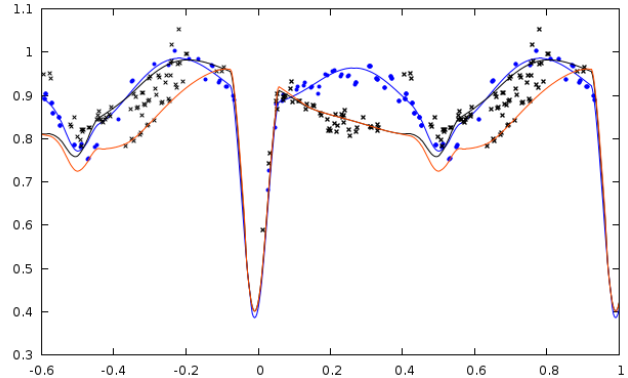
1 Giriş

Yörünge dönemi $4^g.42$ olan R Ara sistemi (B9V+F2III) ile ilgili hem fotometrik (Forbes vd (1988), Banks (1990)) hem de tayfsal (Sahade (1952), Sahade vd (1996), Arias vd (2008), Reed vd (2010)) olarak, sistemde bileşenler arası madde aktarımı ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. En son çalışmasında, Reed vd (2010), IUE verisini kullanarak, sistemdeki toplanma yapılarının olası geometrisinin fotometrik ve tayfsal delillerini sunmuşlardır. Tüm çalışmalar R Ara'nın oldukça karmaşık bir evrim aşamasından geçtiğini göstermektedir.

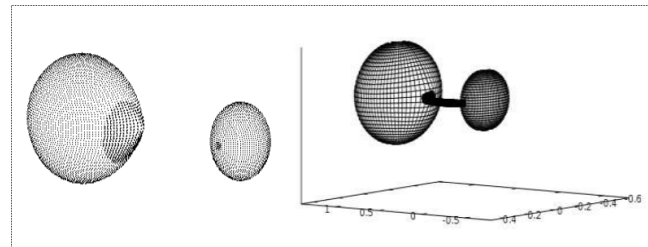
U Sagittae (B7--B8V+G2--G4III--IV) yörünge dönemi $3^g.38$ olan, tam tutulma gösteren Algol--türü sistemlerin en parlak ve değişen yıldız olarak keşfedilmesinden bu yana aktif olarak çalışılmaktadır. Birçok yazar sistemde kütle aktarımı, halka veya disk olabileceğine dair delilleri sunmuştur (Struve (1949); McNamara (1951), McCluskey vd (1991), Albright ve Richards (1995), Richards ve Albright (1999), Richards (2003), Richards (2004)). Sistemin en son çalışmasında (Richards vd (2014)) 2-- boyutlu hız görüntüleri oluşturularak sistemde birçok fiziksel aktivitenin etkisinin birlikteliği gösterilmiştir. Bu çalışmada, 1993 yılında elde edilen tayflarda akan madde, akan maddenin yıldız çarpma bölgesi, toplanma diski, ek soğurma bölgesi ve yoldaş bileşenden kaynaklanan kromosferik etkinin var olduğu vurgulanırken, 1994 yılında elde edilen tayflarda ise bir önceki yıldan farklı olarak akan maddenin yıldız çarpma bölgesi ve toplanma diski etkileri belirlenememiştir.

2 Gözlemler

R Ara görel olarak ($V \sim 7^m$) parlak bir sistem olmasına rağmen literatürdeki çalışmaları azdır. Sistemin yayınları arasında özellikle optik bölgede elde edilmiş yüksek çözünürlüklü tayfı bulunmamaktadır. R Ara'nın optik tayfları Mt John gözlemevindeki (Yeni Zelanda) 1 m çaplı McLennan teleskopuna bağlı HERCULES tayfçekeri ile alınmıştır (Bakış (2007)). 41000 çözümü

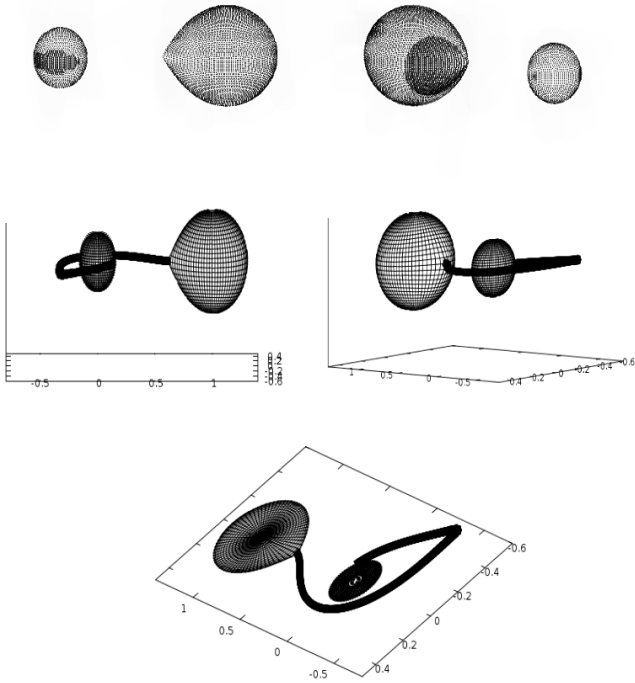


Şekil 1. R Ara sisteminin Hipparcos ışık eğrisi ve ona yapılan uygun model fitleri. Mavi noktalar ve fit birinci model, siyah yıldızlar diğer tüm gözlem noktaları, siyah fit ikinci model ve kırmızı fit ise üçüncü modeldir.



Şekil 2. Sağda birinci model sonucunda bileşenlerin sahip olacakları potansiyel yüzeyleri ve baş bileşen üzerindeki sıcak leke, akan maddenin yoldaş üzerine izdüşümü sonucu oluşan soğuk leke, solda ise 0.65 yörünge evresi için akan maddenin hesaplanan yolu.

★ hicranbakis@akdeniz.edu.tr



Şekil 3. (Üstte) İkinci model sonucu elde edilen potansiyel yüzeylerin iki farklı evrede (0.25(sol) ve 0.65(sağ)) görünümü. (Ortada) akan maddenin izlediği yol. (Altta) Akan maddenin izlediği yol ancak eğim açısı 0 derece alınmıştır.

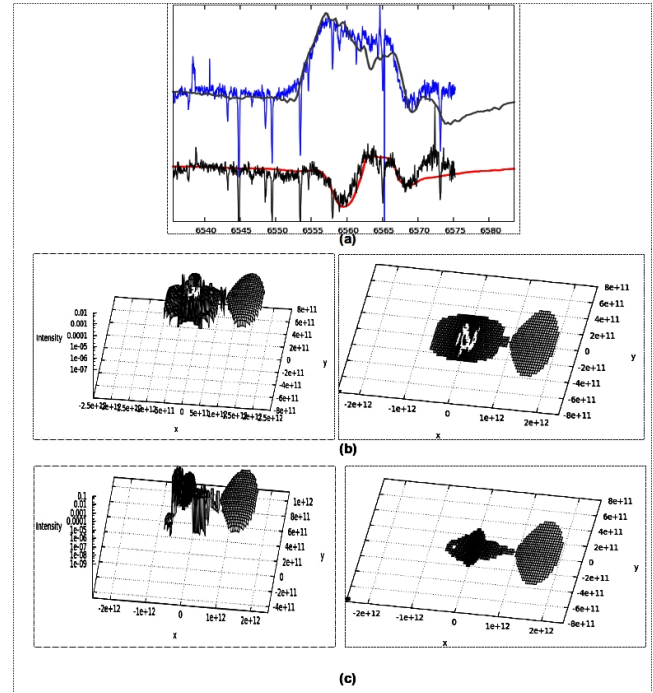
gücüne sahip 29 tayf elde edilmiştir. Yapılan gözlemlerde ortalama 1400 s poz süresi ile 500 nm'de ortalama S/G oranı ~ 100 elde edilmiştir. Fotometrik gözlemleri ise, Hipparcos uydusu (ESA, 1997) tarafından 1989–1992 yılları arasında yapılarak toplam 187 verisi elde edilmiştir. Bu ölçümlerin ortalama standart hatası $0^m.008'$ 'dir.

U Sge sisteminin gözlemleri, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevinde bulunan 1.5 m çaplı teleskop (RTT150) ve ona bağlı Coude-Echelle tayfçakeri (CES) ile yapılmıştır. U Sge'nin toplamda 53 adet yüksek çözünürlüklü ($R \sim 40000$) tayfı elde edilmiştir. Yapılan gözlemlerde 3600 saniye poz süresi ile elde edilen tayfların H_α civarında ortalama S/G oranı $\sim 150'$ 'dir.

3 İncelenen sistemlerdeki Toplama Yapılarının Modellenmesi

3.1 Aktif Sistem R Arae

Sistemdeki toplama yapılarının araştırılması için öncelikle sistemin mutlak parametrelerinin duyarlı bir şekilde bulunması gerekmektedir. Bu amaçla Bakış (2007) tarafından belirlenen sistemin yörünge parametreleri ve bileşenlerin mutlak parametreleri kullanılmıştır. Sistemin hem ışık eğrisi hem de tayf verisi kullanılarak sistemdeki maddenin özellikleri araştırılmıştır. Öncelikle sistemin ışık eğrisi göz önüne alınmıştır. R Ara sisteminin ışık eğrisi bir yörünge çevriminden diğerine değişebilmektedir. Şekil 1'de sistemin Hipparcos uydusu tarafından elde edilen ışık eğrisi gösterilmektedir. Bu ışık eğrisi incelendiğinde gözlem zamanına göre en azından 3 farklı durum sergilenmektedir. Bu nedenle ışık eğrisi üç farklı model için, elde edilen dikine hız eğrisi de kullanılarak Wilson Devinney (Wilson (1994)) programı ile yarı-ayrık konfigürasyon için çözümler her bir model için sis-



Şekil 4. $\phi=0.26$ evrede alınmış farklı zamanlara ait tayflar

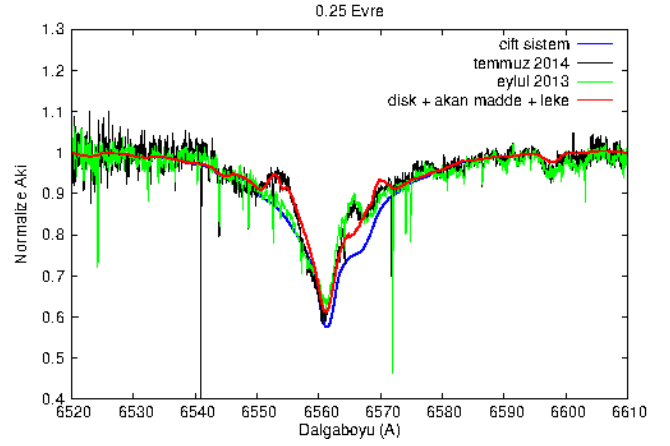
temin parametreleri oluşturulmuştur. Şekil 1'de 3 farklı senaryo için yapılan modeller de gösterilmektedir. Mavi renkle gösterilen birinci model, sistemde varolan maddenin etkisinin en az olduğu ışık eğrisine yapılmıştır. Bu modelde akan madde doğrudan baş bileşene çarpmakta ve bir sıcak leke oluşturmaktadır. Sıcak lekenin etkisi birinci minimuma girişteki maksimum seviyesinin yükselmesi şeklinde kendini göstermektedir. Aynı zamanda, akan madde ise bazı evrelerde yoldaş bileşeni örterek ışığının azalmasına neden olmaktadır. Bu sebeple modellemeye akan maddenin yoldaş üzerindeki izdüşümü leke ile modellenmiştir. Bu etki de ikinci minimumdan sonra olan düşmeden anlaşılabilir. Ayrıca, Şekil 2'de ışık eğrisine yapılan modelden varsayılan bileşenlerin sahip olacakları potansiyel yüzeyleri (solda) ve bu etkiyi oluşturan yapıyı görmek amacıyla akan maddenin izleyeceği yol 0.65 evre için çizdirilmiştir. Akan maddenin izlediği yol hesaplamalarında Plavec ve Kříž (1965) tarafından verilen üç cisim problemine ilişkin formüller kullanılmıştır. Birinci Lagrange noktasından ayrılan maddenin baş bileşene çarptığı yer ve akan maddenin yoldaş bileşeni örtmesi Şekil 2'de görülmektedir. Şekil 1'de birinci minimumdan sonra eğrinin iki eğilim gösterdiği görülmektedir, bunlar herhangi bir sönümlenimin olmadığı ve büyük miktarda sönümlenimin olduğu durumlardır. Ancak ikinci minimumdan sonra ışık eğrisinde minimum ve maksimum soğurmalar arasında dağılmış verilerin de olduğu göze çarpmaktadır. Bu da bize sistemde ikinci minimumdan sonra en düşük ve en yüksek soğurma arasında geçiş olduğunu gösterir. İkinci modelde, akan maddenin, baş bileşenin etrafını sardığı ve bu nedenle de saran maddenin baş bileşen üzerindeki izdüşümünün leke şeklinde düşünülmesi ile ışık eğrisini modellenmiştir. Yıldızı saran maddenin baş bileşenin etrafında izlediği yolun sonunda baş bileşen üzerine düştüğü görülmektedir (Şekil 3). Maddenin düştüğü yer sıcak leke ile temsil edilmiştir. Şekil 1'de siyah fit ikinci modeli kırmızı fit ise üçüncü modeli göstermektedir. Birinci modeldeki gibi yoldaş bileşen için leke tanımla-

yoldaş bileşenin akan madde ile örtülmesini temsil etmektedir. İkinci model, akan maddenin ve çarpma bölgesinin hangi evrelerde nasıl etki yaptığını göstermek amacıyla 0.25 ve 0.65 evreler için Şekil 3'de çizdirilmiştir. Şekiller çizdirilirken yörünge eğimi (80°) olarak göz önüne alınmıştır. Üçüncü modelde yoldaştan çıkan madde yine yıldızın etrafını sarmaktadır ancak çıkan maddenin yoğunluğu daha büyük olduğundan ışık eğrisinde daha büyük soğurmalarla yol açmaktadır. Yapılan modellerden madde aktarım hızının çevrimsel olarak değiştiği anlaşılmaktadır. Birinci Lagrange noktasından çıkan madde hem hız hem de yoğunluk bakımından farklılık göstermekle birlikte baş ve yoldaş yıldızlar üzerindeki leke modellerinden çıkan maddenin izlediği yolun çizgisel olmadığı, bunun yerine daha dağınık bir yapı sergilediği anlaşılmaktadır.

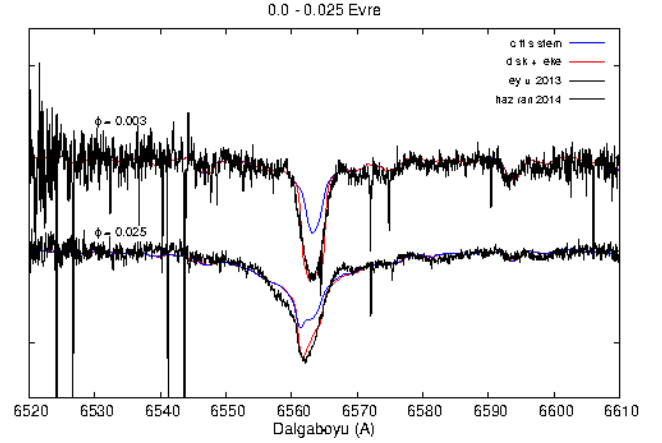
Sistemin fotometrik verisinden elde edilen bilgilerle, sistemdeki toplanma yapılarını, gaz akışını ve baş bileşen üzerindeki olası sıcak lekenin parametrelerini belirlemek amacıyla sistemin bileşke tayfları (baş bileşen, yoldaş bileşen, akan madde, toplanma diski ve sıcak leke) SHELLSPEC programı (Budaj ve Richards (2004)) ile modellendi. Baş ve yoldaş bileşen için sıcaklık ve çekim ivmeleri sırasıyla $T_{e1}=12400$ K, $\log g_1=4.0$ ve $T_{e2}=7000$ K, $\log g_2=3.0$ olarak kullanılmıştır. Işık eğrisinde olduğu gibi sistemin tayfları da oldukça değişken bir yapı sergilemektedir. Şekil 4'de aynı evrede ($\phi=0.26$) fakat farklı zamanlarda elde edilmiş iki tayfı karşılaştırıyoruz Şekil 4 (a)'da üstteki tayfta yoldaş bileşenden akan madde baş bileşeni 210 dereceli boylama kadar sarmakta, baş bileşene çaptığı yerde bir sıcak bölge oluşturmaktadır ve baş bileşenin etrafında oldukça kalın bir disk bulunmaktadır. Şekil 4 (a)'da alttaki tayfta ise yine akan madde baş bileşeni aynı ölçüde sarmakta fakat baş bileşenin etrafında daha ince bir disk oluşturmaktadır ve dolayısıyla sıcak bölgede daha baskın olmaktadır. Bu durum, ışık eğrisi modellerinde önerilen 2. ve 3. senaryoya karşılık gelmektedir. Yani, akan gazın değişen akış hızı ve yoğunluğu hem ışık hem de tayfta çevrimsel değişimlere neden olmaktadır. Şekil 4'de aynı zamanda bu modeller için oluşturulan geometriye göre yeşil dağılımı 3--boyutlu olarak gösterilmektedir. Bu şekillerden de aynı evrede olmasına rağmen diskin nasıl değiştiği açıkça görülmektedir. Yapılan modellerde disk, akan madde ve akan maddenin baş bileşene çarpması sonucu oluşan sıcak leke bulunmaktadır.

3.2 U Sagittae

Richards vd (2014), 1993-1994 yıllarında U Sge için elde ettikleri tayfların analizinden sistemdeki salmayı ve ek soğurmaya oluşturan yapıların bu iki yıl içinde değiştiğini modellemişlerdir. U Sge'nin 2013-2014 yıllarında elde ettiğimiz tayfları, bu değişkenliği belirleme ve değişken yapının modellenmesi nedeniyle önemli olmaktadır. Şekil 5'de U Sge sisteminin Eylül 2013 ile Temmuz 2014 tarihlerinde 0.25 evrede alınan tayfları ve bu tayflara yapılan modeli gösterilmektedir. Şekil 5'de model, disk, akan madde ve sıcak leke varsayımı ile çözülmüştür. Eylül 2013 tayfının kısa dalgaboyu tarafındaki düşme ise bu dönem U Sge sistemindeki diskin etkisinin azaldığını göstermektedir. Sistemde yoldaş bileşenin G tayf türünde olması, bu bileşenden kaynaklanan özellikle H_α çizgisinde görülen aktivite etkilerinin de gözönüne alınmasını gerektirmektedir. Bilindiği gibi geç tür yıldızlarda lekeler, manyetik ilmekler ve kromosferik aktivite bu yıldızların H_α çizgisinde salma ve ek soğurmalarla neden olmaktadır. U Sge sistemi tam tutulma gösterdiği için, baş bileşenin tam örtüldüğü evrede yalnızca baş bileşenin etrafındaki disk ve yoldaşın ışık katkısı tayfa katkıda bulunur. Şekil 6'da tam tutulma evresinde, yalnızca bileşenlerin katkısını gösteren çift sis-



Şekil 5. (a) U Sge sisteminin Eylül 2013 ile Temmuz 2014 tarihlerinde $\phi=0.25$ evrede alınan tayfları ve bu tayflara yapılan model.



Şekil 6. U Sge sisteminin Eylül 2013 ile Haziran 2014 tarihlerinde sırasıyla $\phi=0.0-0.03$ evrelerdeki tayfları ve yapılan model.

tem modeli gözlemlerden oldukça farklı çıkmaktadır. Bu evrede ek bir soğurma gerektiği açıkça görülmektedir. Şekilde kırmızı ile gösterilen modelde düşük yoğunluklu disk ve soğuk leke ile ifade edilen ve yoldaş bileşenin kromosferinin katkısı modele dâhil edildiğindeki durum gösterilmektedir. Buna göre sistemde disk, akan madde, çarpma bölgesi (sıcak leke) ve yoldaş bileşenin kromosferik katkısı bulunmaktadır.

4 Sonuçlar ve Tartışma

İncelenen sistemlerden R Ara sisteminde baş bileşen etrafında oldukça değişken yapıda geçici toplanma diskinin izlerine rastlanmıştır. U Sge sisteminin etrafındaki yapı, çok düşük yoğunluklu bir disk, akan madde, bu maddenin baş bileşene doğrudan çarpmasıyla oluşan sıcak leke ve yoldaş bileşenin kromosferinin katkısından oluşmaktadır.

Teşekkür

Bu araştırma 112T928 no'lu TÜBİTAK Kariyer projesi ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Albright, G. E. ve Richards, M.T.: The transient accretion disk in the Algol-type binary U Sagittae. *ApJ* **441** (1995) 806–820
- Arias, M. L., Sahade, J., Barbá, R. H.: A high resolution spectroscopic study of the interacting binary R Arae. *RMxAC* **33** (2008) 118
- Bakış, H.: Be Bileşenli Etkileşen Çift Sistemler. Doktora Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (2007)
- Banks, T.: Light Curves for R Arae. *IBVS* (1990) 3455
- Budaj, J., Richards, M.T.: A description of the Shellspec code. *CoSka* **34** (2004) 167–196
- Forbes, M., Budding, E. ve Priestley, J.: Photometric Fluctuations in the Light Curves of R Arae. *IBVS* (1988) 3278
- McNamara, D. H.: The Spectrum of U Sagittae at Minimum Light. *PASP* **63** (1951) 38
- McCluskey, G. E. Jr., McCluskey, C. P. C. ve Kondo, Y.: IUE investigation of mass flow in the interacting binary U Sagittae. *ApJ* **378** (1991) 281-285
- Plavec, M., Kříž, S.: Trajectories of ejected particles in close binaries. *BALCz* **16** (1965) 297
- Reed, P. A., McCluskey, G. E. Jr., Kondo, Y., Sahade, J., Guinan, E. F., Giménez, A., Caton, D. B., Reichart, D. E., Ivarsen, K. M. ve Nysewander, M. C.: Ultraviolet study of the active interacting binary star R Arae using archival IUE data. *MNRAS* **401** 913
- Richards, M. T. ve Albright, G. E.: Morphologies of H α Accretion Regions in Algol Binaries. *ApJ* **123** (1999) 537-626
- Richards, M. T.: Images of Active Mass Transfer in Direct Impact Close Binary Systems. *ASPC* **293** (2003) 120
- Richards, M. T.: Doppler tomography of Algols. *AN* **325** (2004) 229-232
- Richards, M. T., Cocking, A. S., Fisher, J. G., Conover, M. J.: Images of Gravitational and Magnetic Phenomena Derived from Two-dimensional Back-projection Doppler Tomography of Interacting Binary Stars. *ApJ* **795** (2014) 18
- Sahade, J.: The Spectrum of the Eclipsing Variable R Arae. *ApJ* **116** (1952) 27-34
- Sahade, J., Ferrer, O. E., ve Barba, R. H.: R Arae in the Visual Region of the Spectrum. *RMxAC* **5** (1996) 131
- Struve, O.: Spectroscopic Binaries (George Darwin Lecture). *MNRAS* **109** (1949) 487-506
- Wilson, R. E.: Binary-star light curve models: *PASP* **106** (1994) 921–941

Erişim:

O34-1615: [UAK-2015 Program](#) --- [UAK Bildiri](#) --- [Turkish J.A&A](#).