

15997

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ
ANABİLİM DALI

YAKIN ÇİFT YILDIZLARDA ROCHE MODELİ YARDIMIYLA
FOTOMETRİK KÜTLE ORANININ BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

HAZIRLAYAN : VAROL KESKİN

DANIŞMAN : Prof. Dr. NECDET GÜDÜR

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Bornova - İZMİR

1991

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ
ANABİLİM DALI

YAKIN ÇİFT YILDIZLARDA ROCHE MODELİ YARDIMIYLA
FOTOMETRİK KÜTLE ORANININ BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

HAZIRLAYAN : VAROL KESKİN

DANIŞMAN : Prof. Dr. NECDET GÜDÜR

Bornova - İZMİR

1991

Ö N S Ö Z

Örten çift yıldızlar, kuruluşundan beri Ege Üniversitesi Rasathanesinin başlıca araştırma konusunu oluşturmaktadır. Bileşenleri birbirine değercesine yakın olan örten çiftler, genellikle kısa dönemlidirler ve gözlenmeleri kolaydır. Ancak, yakınlık etkileri nedeniyle ışık eğrilerinin çözümlenmesi zordur ve bu yüzden 1970'li yıllara kadar bu eğriler çözümlenmeden bırakılıyordu. Roche modeline dayalı yeni yöntemlerle, günümüzde bu tür ışık eğrileri çözümlenebilir duruma gelmiştir. Bileşenlerin kütlelerinin oranı ($=q=m_2/m_1$), çözüm yöntemlerinin en önemli parametresidir. Yakın zamana kadar, çözümlerde, tayftan bulunan kütle oranı değerleri kullanılmaktaydı. Bu çalışmada, yakın çiftler için fotometrik ışık eğrisinden kütle oranı değerinin bulunması araştırılmış ve örnekler verilmiştir. Böylece, tayf analizi ve dikine hız eğrisi çözümü yapılmamış olan yakın çiftlerin ışık eğrilerinin çözümlenebileceği ve kütle oranı değerinin duyarlı olarak belirlenebileceği gösterilmiştir.

Bu çalışmayı bana öneren ve bir çok aşamasında değerli önerileriyle katkıda bulunan ve yöneten Sayın hocam Prof. Dr. Necdet GÜDÜR'e, çalışmam sırasında öneri ve yardımlarıyla bana destek olan değerli bölüm elemanlarına içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ABSTRAKT ve ABSTRACT	
1. GİRİŞ ve LİTERATÜR ÖZETİ	1
1.1. Yakın Çiftlerin Genel Özellikleri	1
1.2. Gözlemlerin Kuramsal Sonuçları	5
1.3. Değen Çiftlerin Denge Modelleri	8
(a) Evrimleşmiş başyıldız	10
(b) Farklı entropiler	11
1.4. DSC (Contact Discontinuity=Değme Süreksizliği) Kuramı	11
1.5. Isısal Zaman Eşelinde Evrim	14
1.6. TRO (Thermal Relaxation Oscillations=Isısal Durulma Salınımları) Kuramı	15
1.7. Enerji Aktarımı	24
1.8. Açısal Momentum Kaybı	27
1.9. Sonuçlar	29
2. MATERYAL ve YÖNTEM	33
2.1. Roche Modeli	33
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	42
3.1. Yakın Çiftlerin Gözlem Verileri ve Kataloğu	42
3.2. Fotometrik ve Tayfsal Kütle Oranı Değerleri Arasındaki İlişki	117
3.3. Yarı-Ayrık Çiftlerde Fotometrik Kütle Oranının Bulunması	122

3.4.	Değen iftlerde Fotometrik Kütle Oranının Bulunması	135
3.5.	V535 Ara Değen iftinin Işık Eğrisi zerine Uygulama	145
3.6.	V781 Tau Değen iftinin Işık Eğrisi zerine Uygulama	160
4.	E K - 1	189
	Roche Loblarının izdirilmesi için Hazırlanan BASIC Programı	189
5.	E K - 2	196
5.1.	Wilson - Deviney Yöntemi	196
5.1.1.	L C (Light Curve) Işık Eğrisi Programı	197
5.1.2.	D C (Differential Corrections) Programı	206
5.2.	işlemlerin Temeli - Koşul Denklemlerinin Kullanılışı	213
5.3.	zellikler	214
5.4.	Yıldız Atmosfer Koşulu	215
5.5.	Leke Hesaplamaları	215
6.	E K - 3	217
6.1.	rnek L C (Light Curve = Işık Eğrisi Programı) Giriş Verileri	217
7.	E K - 4	218
7.1.	rnek L C (Light Curve = Işık Eğrisi Programı) ıktısı	218
8.	E K - 5	221
8.1.	rnek D C (Differential Corrections = Diferansiyel Düzeltmeler) Programı Giriş Verileri	221

9.	E K - 6	222
9.1.	Örnek D C (Differential Corrections = Diferansiyel Düzeltilmeler) Programı Çıktısı	222
10.	S O N U Ç L A R v e Ö N E R İ L E R	228
	Ö Z E T	232
	S U M M A R Y	235
	L İ T E R A T Ü R L İ S T E S İ	238



A B S T R A K T

Bu çalışmada, Roche modeline dayanan Wilson-Devinney yöntemi kullanılarak, yakın çift yıldızlarda fotometrik kütle oranlarının belirlenmesine ilişkin bir yöntem ortaya konmuştur. Yöntem önce bir yarı-ayrık ve bir değen çift sistemin öğeleriyle elde edilen yapay ışık eğrileri üzerinde denenmiş, daha sonra literatürden alınan ışık eğrisi kullanılarak, gerçek bir değen sisteme uygulanmıştır. Son olarak da bir değen çiftin ışık eğrisi gözlenerek çözümü yapılmıştır. Tüm bu çalışmalarda güvenilir sonuçlar alınmıştır.

A B S T R A C T

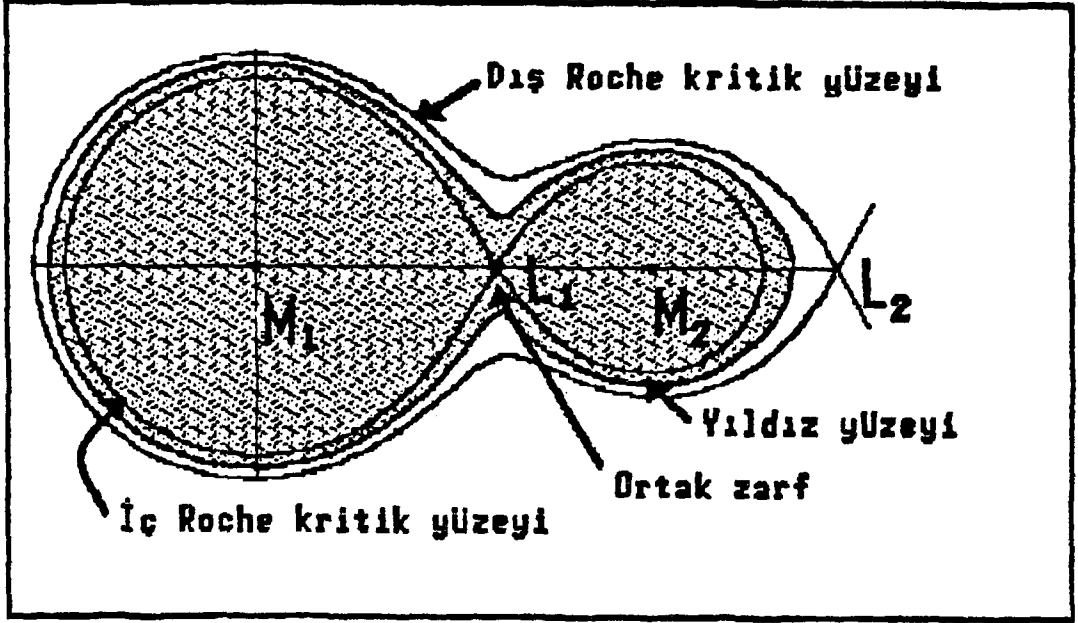
In this study, a method has been presented to obtain the photometric mass ratio of the close binaries, using Wilson-Devinney method which is based on the Roche model. In the first step, the method was applied to the artificial light curves of a semi-detached and a contact system which were obtained by using their parameters. Later, it was applied to the data of a contact system taken from the literature. Finally, the light curve of a contact system was observed and solved. Reasonable results were obtained in these studies.

1. GİRİŞ ve LİTERATÜR ÖZETİ

1.1. Yakın Çiftlerin Genel Özellikleri

Değen çift yıldızlar, her ikisi de Roche lobunu dolduracak kadar ve etraflarında ortak bir zarf oluşacak derecede yakın olan iki yıldızdan oluşurlar (Şekil 1). Yıldızlar birbirlerine yakın olduklarından, tutulma olasılığı ayrı çiftlere göre daha yüksektir. Ayrıca, yıldızlar genel olarak küresel yapıda olmadıklarından ve yüzey parlaklıkları eşdağılımlı olmadığından, kenar ve çekim kararmalarının da etkisiyle tutulmalar dışında sürekli bir ışık değişimi gözlenmektedir. Bu özellikleri gösteren, Erken tür (E türü) değen çift yıldızlar (Eggen, 1978 ve Webbink, 1979) ve W UMa türü değen çift yıldızlar olmak üzere iki tür sistem vardır (Smith, 1984). W UMa türü yıldızlar, çok rastlanan yıldızlardır. Güneş komşuluğunda bulunan örten değişenlerin %95'i (Shapley, 1948) ve aynı tayf türü aralığındaki her 1000-2000 yıldızdan biri W UMa yıldızıdır (Eggen, 1967). Bu yüzden bu tür yıldızlar, yakın çift sistemlerin evrimi ve kökenlerinin anlaşılması açısından oldukça önemlidirler.

W UMa sistemlerinin yaşları tam olarak belirlenememektedir. Bu konudaki kaynaklarda verilen yaşlar (Eggleton, Mitton ve Whelan, 1976) 5×10^7 ile 5×10^9 yıl arasındadır. Değen çiftlerin kökeni, anakol öncesi fizyonla (Roxburgh, 1966), ya da açısal momentum kaybı yoluyla veya bile-



Şekil 1. Kütleleri M_1 ve M_2 olan ($M_1 > M_2$) bir değen çift için Roche eşpotansiyel yüzeyleri. L_1 ve L_2 iç ve dış Lagrange noktalarıdır (Smith, 1984).

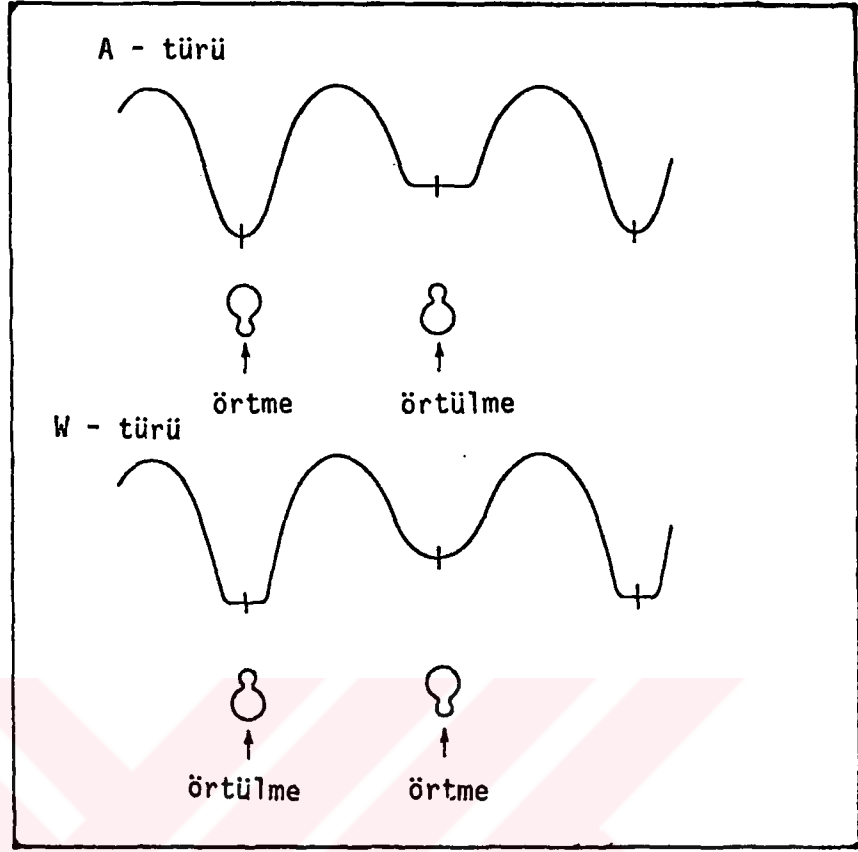
şenlerden birinin evrimle ilgili genişlemesi sonucu sistemin değme durumuna geçmesiyle açıklanmaktadır (Smith, 1984). Bu değme evresi, ya iki bileşenin tümüyle birleşip hızlı dönen tek bir yıldıza dönüşmesi ile, ya ortak zarf oluşturma evresiyle, veya sistemin kalıcı olarak ayrık ya da yarı-ayrık duruma gelmesiyle sona erer (Smith, 1984). Örneğin, G-K tayf türünden hızlı dönen dev yıldızlar olan FK Comae türü yıldızlar, W UMa türü yıldızlardan oluştuklarını gösteren özelliklere sahiptirler (Bopp ve Rucinski, 1981; Bopp ve Stencel, 1981; Ramsey, Nations ve Barden, 1981; Rucinski, 1981; Collier, 1982; Walter ve Basri, 1982).

Minimumlar dışında sürekli ışık değişimi gösteren örten çift yıldızların ışık eğrileri, iki minimumun göreceli derinliklerine göre iki sınıfa ayrılırlar :

EW türü olarak adlandırılan ışık eğrileri gösteren ve minimum derinlikleri hemen hemen eşit olan W Ursae Majoris sistemleri, ve

EB türü olarak adlandırılan ışık eğrileri gösteren farklı derinlikteki minimumlara sahip Beta Lyrae sistemleri.

W UMa türleri, özellikleri bakımından A-türü, W-türü ve B-türü sistemler olarak üç gruba ayrılırlar (Smith, 1984). B türü sistemler, ışık eğrilerinde bazı bozulmalar gösteren, bileşenleri zayıf ısıl değme gösteren ve ışık eğrileri Beta Lyrae tip ışık eğrilerine benzediği için B-türü olarak adlandırılmış olan yarı-ayrık sistemlerdir (Lucy ve Wilson, 1979). Birçok durumda, yalnızca ışık eğrisine bakılarak sistemin A türü ya da W türü olduğu söylenebilir (Şekil 2). Bu iki tür, baş minimumda, daha doğrusu derin olan minimumda tutulan bileşene göre belirlenir. Normal değen sistemlerde, daha kütleli bileşenin tutulmasıyla oluşan minimum daha derindir. A türü sistemler bu gruba girmektedir. W türü sistemlerde daha kütleli olan bileşenin örtülmesiyle gözlenen minimum daha sığdır. A türü sistemlerde örtme (transit) olarak adlandırılan I. minimumda, kenar kararması gösteren iki tane disk gözlenmekte, ve buna bağlı olarak minimum derin olmaktadır. Çekim kararması da minimum derinliğini arttırıcı yönde etki yapar. W türü sistemlerde düşük kütleli olan bileşenin parlaklığı, modellerden belirlenen değere göre daha büyüktür. Bu parlaklık farkı, bileşenler arasındaki sıcaklık farkıyla açıklanabilir, fakat modellerden belirlenen değere göre bu fark 2000°K kadar olmalıdır. Gözlenen sıcaklık farkları genellikle bu derece yüksek değildir. Bu konuda ikinci bir-



Şekil 2. A ve W türü örnek ışık eğrileri. Bu eğrileri sınıflandırmak için göreceli örtme ve örtülme derinliklerinin karşılaştırılması gerekir (Rucinski, 1985).

açıklama da yıldızların üzerinde karanlık lekelerin olmasıdır. Kütle oranına bakılarak da bir sistemin W ya da A türü olduğuna karar verilebilir. A türü sistemler, W türlerine göre daha kararlıdır. Aktif ışık eğrileri ve dönem değişimleri W türlerinde görülür. A türü sistemler daha uzun dönemli, daha sıcak, daha büyük toplam kütleyle sahip, daha küçük kütle oranlı ve değme dereceleri daha yüksek olan sistemlerdir. Diğer önemli bir fark da, W türlerinin dönem değişimine neden olan daha büyük aktivite göstermeleridir. Fakat, moröte bölgede kromosferle ilgili salma ile belirlenen yüzey etkinliği, her iki alt grup için de hemen hemen aynıdır (Smith, 1984). W türü sistemlerin geniş

bir kütle oranı aralığına dağılmış olmalarına karşın, A türü sistemler genellikle 0.54 değerinden daha küçük değerlerde olan kütle oranı değerlerine sahiptirler (Rucinski, 1974).

Işık eğrilerinin çözümlenmesi, W UMa sistemlerinin bileşenlerinin hemen hemen aynı sıcaklıklara sahip olduğunu göstermektedir (Binnendijk, 1977). A türlerinde başyıldız biraz daha sıcak iken, W türlerinde yol-
daş yıldız daha sıcaktır. Bu farkın, bileşenlerden birinin üzerinde karanlık lekelerin varlığı ya da yokluğu nedeniyle olduğu düşünülmektedir (Mullan, 1975; Stepien, 1980). Bu konuda yapılan moröte gözlemleriyle bununla ilgili bazı bulgular elde edilmiştir (Eaton, Wu ve Rucinski, 1980; Eaton ve Wu, 1981).

Gözlemlerden, W UMa sistemlerinin genellikle düşük toplam kütleyle sahip olduğu belirlenmiştir. Eşit kütleli sistem hemen hemen hiç yoktur. Kütle-Işıtma bağıntıları normal yıldızların bağıntılarından farklıdır. Bazı W türü sistemler ise evrimleşmemişlerdir. Bu gözlemler, bu sistemlerin yapısı hakkında, kuramsal çalışmalar açısından önemli ipuçları sağlar.

1.2. Gözlemlerin Kuramsal Sonuçları

Yıldız yüzeylerindeki büyük bozulmaları gözönüne alan ışık eğrisi çözümlenmeleri, W UMa yıldızlarının değme durumunda olduklarını ve hemen hemen eşit sıcaklıktaki bileşenlere sahip olduklarını ortaya koymaktadır (Mochnecki ve Doughty, 1972a; Mochnecki ve Doughty, 1972b; Lucy, 1973; Rucinski, 1973; Wilson ve Devinney, 1973; Rucinski, 1974;

Rucinski, 1976; Anderson ve Shu, 1977). Hemen hemen eşit olan sıcaklıklar,

$$\frac{L_1}{L_2} \cong \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2$$

bağıntısına uyarlar. Burada L_1 ve L_2 , baş ve yoldaş yıldızların gözlenen (ya da yüzey) parlaklıkları, R_1 ve R_2 , eşpotansiyel yüzey alanı $4\pi R^2$ ye eşit olacak şekilde yarıçaplarıdır.

Değme koşulu, iki yıldızın aynı yüzey eşpotansiyeline sahip olmasıdır. Bu geometrik koşul, Kütle-Yarıçap bağıntısı olarak,

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^\beta$$

şeklinde gösterilebilir (Smith, 1984). Burada β 'nin değeri, yüzey olarak alınan eşpotansiyel değerine ve daha fazla bozulmuş yıldız için kullanılan yarıçapa bağlıdır. İç Roche lobu için $\beta=0.45-0.50$ yöresindedir. Buna göre Kütle-Işıtma bağıntısı,

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^\alpha, \quad \alpha = 0.9 - 1.0$$

şeklinde dir. Bu bağıntı, anakol için elde edilen bağıntıdan biraz farklıdır. Anakolda $M=M_\odot$ için $\alpha=4$ tür (Smith, 1984).

Enerji aktarımının nereden ve nasıl olduğu henüz açık değildir. Aktarımın, yıldızların iyi değme durumunda olduğu Roche kritik yüzeyinin

üzerinde, ortak zarfta olması mümkün görünmektedir. Fakat bu aktarımın nasıl olduğu henüz belirlenebilmiş değildir. Bunun dışında yıldızların geometrisi, Coriolis kuvvetleri ve FO'dan daha geç tür yıldızlarda konveksiyonun önemli duruma gelmesi de, problemin çözümünü zorlaştırmaktadır. Ortak zarf, tümüyle konvektif kabul edilmektedir. Kromosferik salma gözlemleri, radyatif olmayan ısıtmanın tüm W UMa yıldızlarında bulunduğunu göstermektedir. Bu, A türü W UMa yıldızlarının radyatif zarfa sahip olduğu, W türü W UMa'ların ise konvektif zarfa sahip olduğu düşüncesine ters düşmektedir. Bu iki tür de en azından çalkantı (türbülans) göstermektedir. Çünkü enerji aktarımı nispeten yüzeye yakın bölgede olmaktadır.

Bu tür belirsizlikler yüzünden modellerde, sistemin değme durumunda ve dengede olmasını sağlayacak biçimde, yapay bir ΔL enerji kaynağı kullanılmaktadır. Bu şekilde varsayımlar kullanarak, modeller yapmak mümkündür. Fakat bir sıfır yaşı denge modeli yapmak bu derece kolay değildir. İlk olarak Kuiper (1941) tarafından ortaya konan bu sorun, **Kuiper Paradoksu** olarak bilinmektedir. Değme koşulu,

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^\beta \quad \beta = 0.45 - 0.50$$

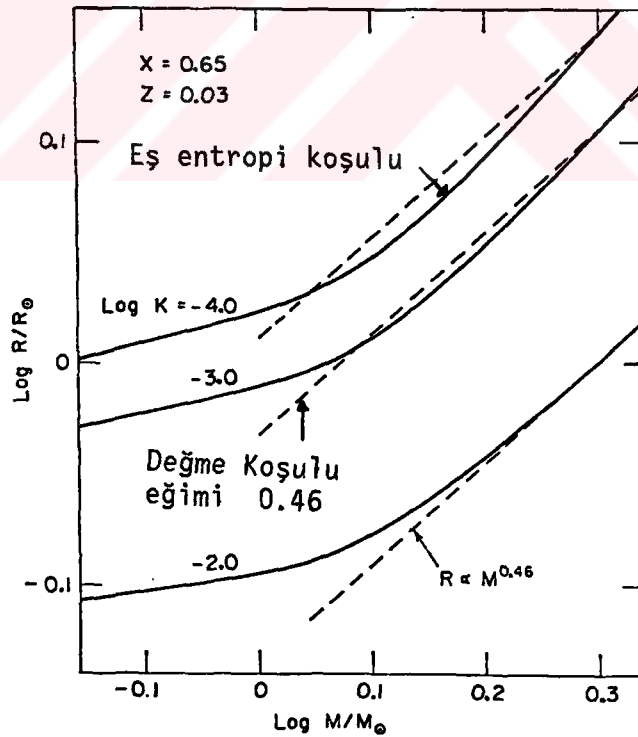
geometrik bağıntısını sağlar. Anakol yıldızlarında, $0.5-1.2 M_\odot$ aralığı için, $\beta=0.6-1.6$ yöresindedir. Bu iki Kütle-Yarıçap bağıntısı, ancak $M_1=M_2$ olması durumunda birbirine uymaktadır. Paradoks, eşit kütleli hiç bir W UMa sisteminin bulunmamasıdır. Bu paradoks için üç mümkün çözüm vardır :

- (1) Yıldızlardan biri evrimleşmiştir ve bu yüzden anakol için olan Kütle-Isıtma bağıntısı bu yıldızlar için geçerli değildir. Bu düşünceye göre başyıldızın yarıçapı açısından tüm A türü W UMa sistemleri evrimleşmiştir (Wilson, 1978). Mochnacki (1981), ortalama yoğunluklar ve açısal momentumlardan W türü sistemlerin evrimleşmemiş olduğunu söylemiştir. Van Hamme (1982) de, tayf türlerine dayanarak A türlerinin de tümünün evrimleşmemiş olduğunu söylemiştir.
- (2) Sistem dengede değildir. Bu konuyla ilgili ısısız dengeye sahip olan ve olmayan modelleri daha sonra inceleyeceğiz.
- (3) Yıldızlar sıfır yaş ana kolu (ZAMS) üzerindedir ve dengededir, fakat iki bileşen farklı yapılara sahiptir. Bu yaklaşım ilk kez, W UMa sistemleri ile ilgili model kuran Lucy (1968a, 1968b) tarafından önerilmiştir.

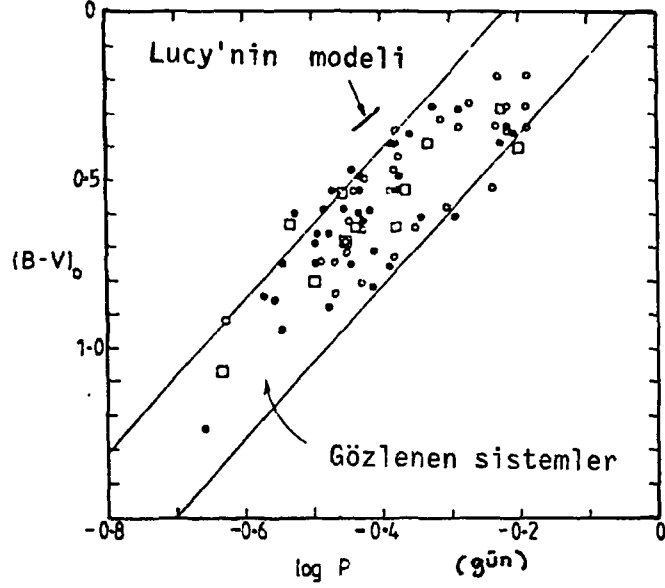
1.3. Değın Çiftlerin Denge Modelleri

Lucy (1968a)'nin ilk modelinde, farklı nükleer enerji üretim yasalarına uyan iki yıldız seçilmiştir. Başyıldız enerji üretimini CN çevrimi ile, yoldaş yıldız ise pp zinciri yoluyla yapmaktadır. Yıldızların ayrıca, $K=P/T^{5/2}$ şeklinde düzgün bir adyabatik sabite sahip ortak bir zarfları vardır. Bu eş entropi koşulu, CN çevrimi yoluyla enerji üreten yıldızların değme koşulundan daha dik eğimli ve pp zinciri yoluyla enerji üreten yıldızların değme koşulundan daha az eğimli bir Kütle-Yarıçap bağıntısı tanımlar. Bu da, iki farklı kütlede kesişen, iki

farklı Kütle-Yarıçap bağıntısını sağlamaktadır (Şekil 3). Ne yazık ki, $1.2 M_{\odot}$ yöresindeki eş entropi Kütle-Yarıçap bağıntısının eğiminin değişimi, yüksek toplam kütleyle sahip olan ve Dönem-Renk bağıntısının aşırı mavi olan sonunda küçük bir bölgede bulunan sistemlerin çözümünü sınırlar (Şekil 4). Diagramın gözlemle ilgili bölgesini elde etmek için, ya fiziksel olmayan bir şekilde arttırılmış CN yanma oranları, ya da aşırı populasyon I kompozisyonu kullanmak gerekir (Moss ve Whelan, 1970; Moss ve Whelan, 1973). Ayrıca, genel opasitede (donuklukta), olması gerekenin dışında bir artış da, modelleri, çok olmakla birlikte daha kırmızı bölgeye kaydırır (Whelan, 1971). Modellerle elde edilen ışık eğrileri gözlemlerle uyumlu olduğu halde, Dönem- Renk bağıntısı gözlemlere uymamaktadır. Bu zorluk, gözlemlerdeki sı-



Şekil 3. Belirli adyabatik sabit K için Kütle-Yarıçap bağıntısı (Lucy, 1968a).



Şekil 4. Dönem-Renk bağıntısı. İçi dolu yuvarlaklar Mochnacki (1981), içi boş yuvarlaklar Eggen (1967), kareler Whyte ve Eggleton (1984)'dan alınmıştır (Smith, 1984).

nırlamalar yüzünden artar. Tek bir yıldız için kütle ve kompozisyonun belirlenmiş olması, tek bir denge modeli verir. Ayrık bir çift için de aynı koşul geçerlidir. Yarı-ayrık sistemlerde, verilen bir kompozisyon için iki serbest öge vardır. Bunlar, kütle oranı ($q=M_2/M_1$) ve toplam küttedir. Fakat değen bir çift için değme koşulu ve eş entropi koşulu olmak üzere iki tane daha sınırlama kullanılması gerekmektedir. Bu yüzden de serbest parametre kullanılamaz. Sonuç, Dönem-Renk diyagramının küçük bir bölgesi için, M ve q 'nın tek bir takımına bağlıdır. Bu, Dönem-Renk diyagramını doldurmak için bir sınırlamanın kaldırılması gerektiğini göstermektedir.

(a) Evrimleşmiş başıyıldız :

Sistemin yaşının serbest bir öge olarak bırakılması, başıyıldızın evrimine oldukça yakın denge modelleri kurulabilmesine izin verir.

Hazlehurst (1970) ve Rahunen (1982b) tarafından bulunan büyük değme derinliği değeri, A türü sistemleri hatırlatmaktadır fakat, diğer bazı sınırlamalar kaldırıldığında bulunan yaşı (3×10^9 yıl) bazı W türü sistemleri açıklamak için oldukça büyüktür.

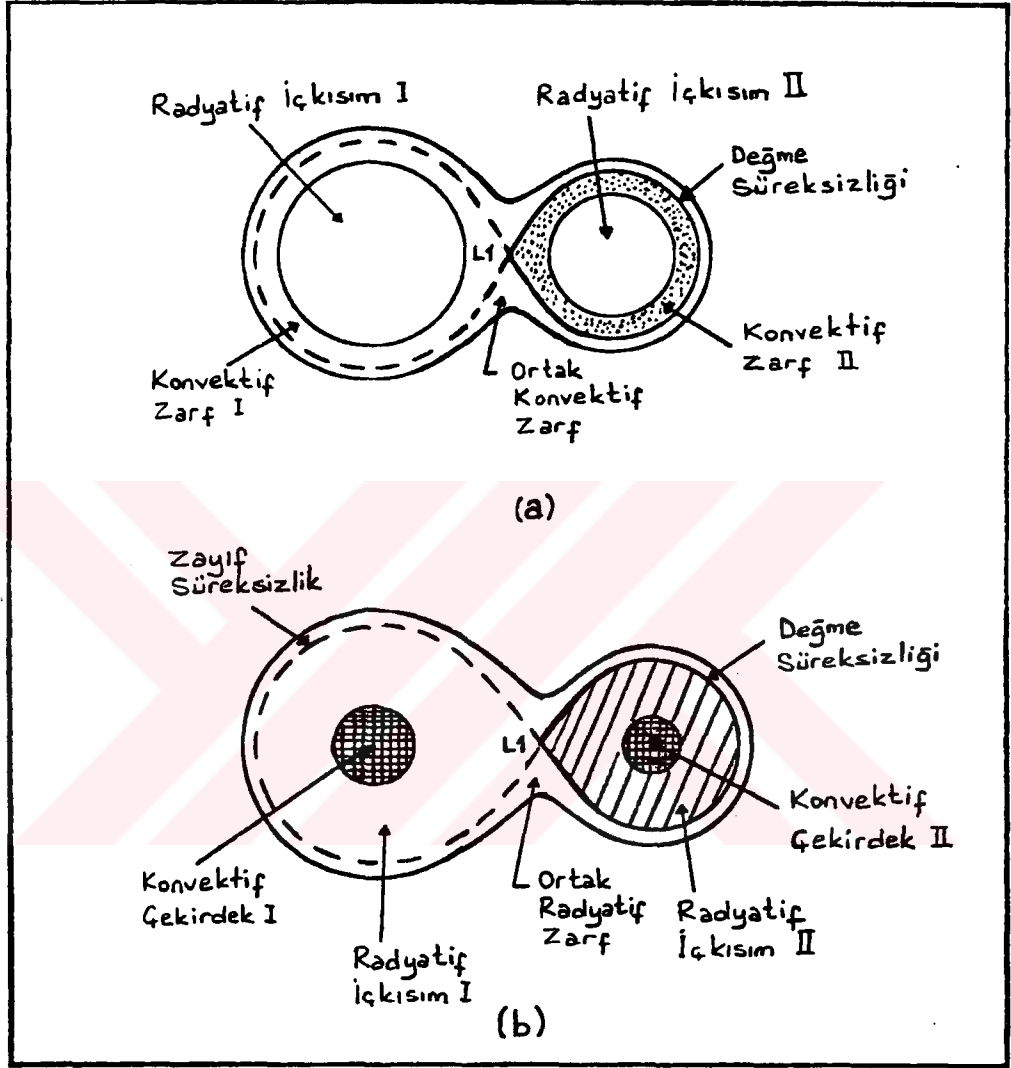
(b) Farklı entropiler :

Biermann ve Thomas (1972, 1973), enerji aktarımının, konvektif zarflar arasındaki entropi farkları tarafından idare edildiğini tartışmışlardır: $\Delta S = S_1 - S_2 \propto -\ln(K_1/K_2) > 0$. Eğer ΔS serbest bir parametre olarak alınırsa, onun alacağı değer, gereken denge tarafından belirlenebilir. Burada K_1 ve K_2 , bileşenlerin adyabatik sabitleridir. Ne yazık ki, eşit olmayan adyabatik sabitler, farklı etkin sıcaklıkların olduğunu gösterir ve bu modeller de EB türü (Beta Lyrae türü) ışık eğrileri vermektedir. Bu yüzden bu modeller, Dönem-Renk diyagramını doldurur fakat ışık eğrisi sınırlamasına uymazlar.

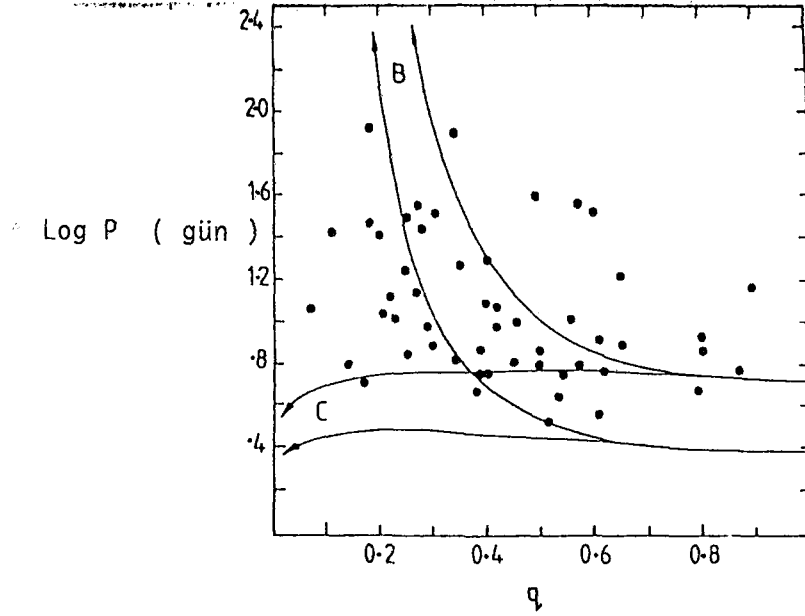
1.4. DSC (Contact Discontinuity = Değme Süreksizliği) Kuramı

Shu ve arkadaşları (Lubow ve Shu, 1977; Lubow ve Shu, 1979; Shu, Lubow ve Anderson, 1976; Shu, Lubow ve Anderson, 1979; Shu, Lubow ve Anderson, 1980), eşit olmayan entropi modelini, modele eşit entropili bir ortak zarf eklemek yoluyla genişlettiler. Bu zarfın üst bölgelerinde eşit entropi olmadığını varsaydılar. Bu varsayım ışık eğrisi için uygundur fakat, ortak zarfla ikinci bileşen arasında sıcaklık süreksizliği olması gerekmektedir. Bu süreksizliğin ısısız bir zaman eğelinde azaldığı düşünülebilir ve bu nedenle DSC kuramı (buradan itibaren Değme

Süreksizliği Kuramı, DSC kuramı olarak belirtilecektir) olarak adlandırılan kuram, burada kullanılabilir (Hazlehurst ve Refsdal, 1978; Papaloizou ve Pringle, 1979). Bu kuramdaki değme konfigürasyonunda bulunan modeller ortak zarfta düzgün öz entropiye sahiptirler (Şekil 5). Süreksizlik, yoldaş yıldızın iç değme yüzeyinde (yani iç Roche Lobunda) başlar (Shu ve arkadaşları, 1976; Shu ve arkadaşları, 1979; Lubow ve Shu, 1977). Shu ve arkadaşlarının kuramına göre, radyatif ve konvektif zarflara sahip, ısısız dengede bulunan değen çift sistem modelleri kurulabilir. Bununla birlikte Shu ve arkadaşları (1980), sıcaklık değişim katmanının derinliklerinde, bölgesel olarak, dinamik zaman eşelinin ısısız zaman eşelinden çok daha kısa olması nedeniyle, bir sıcaklık değişim katmanının, dinamik enerji aktarımıyla sürdürüldüğünü ortaya koymuşlardır. Bununla ilgili çalışmalar, yerin atmosferi ve güneş koronası üzerine yapılmış, fakat dinamik işlem için belirli bir model kurulamamıştır ve genel düşünceye göre bu yolla, gerçek bir denge modeli kurulamaz. Gerçekte, DSC modeli herhangi bir durumda başarılıdır. Ayrıca fazladan bazı varsayımlar kullanmadan, evrim basamaklarının nasıl kurulacağını görmek kolay değildir. Sabit değme derecesi varsayımı, bir derece iyi bir yaklaşımdır. Bu şekilde evrim, Whyte ve Eggleton (1984) tarafından tartışılan basamaklara benzer olacaktır. Buna göre, eğer kabaca sabit dönemde açısal momentum kaybı baskın olursa, ya da artan dönemde nükleer evrim baskın olursa, evrim daha küçük kütle oranlarına doğru olur (Şekil 6).



Şekil 5. Değme süreksizliği modeli. Düşük (a) ve yüksek (b) kütleli değen çiftlerin iç yapıları farklı olabilir fakat, süreksizlikle ilgili genel özellikleri çok benzerdir (Rucinski 1985).



Şekil 6. Dönem-Kütle oranı diyagramı. (B) sabit açısal momentumda nükleer evrimi ve (C) açısal momentum kaybının daha az baskın olduğu durumda evrimi gösterir. Her iki durumda da altta kalan çizgiler $1 M_{\odot}$ 'lik toplam kütle ve üstte kalan çizgiler $2 M_{\odot}$ 'lik toplam kütleye karşılıktır (Smith, 1984).

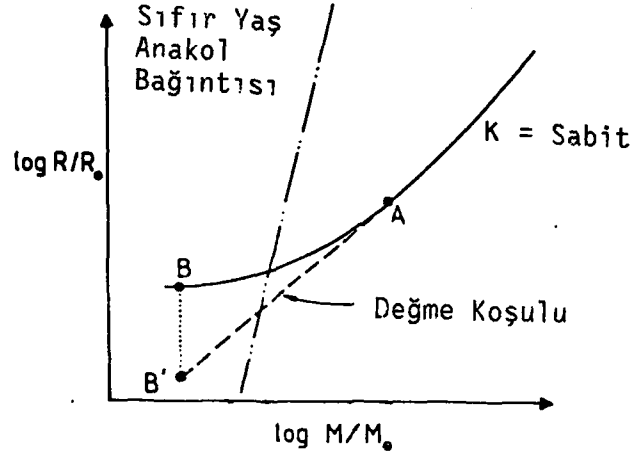
1.5. Isısal Zaman Eşelinde Evrim

Tartışmalara göre, değen sistemler tümüyle dengede bulunamazlar fakat, ısısal bir zaman eşelinde evrimlerini sürdürebilirler. Gözlemler günümüzde tümüyle farklı olarak yorumlanmasına rağmen, Rucinski (1974) bunu gözlemsel olarak önermiştir. İlk kuramsal öneri Hazlehurst (1974) tarafından yapılmıştır. Ona göre, eş olmayan entropi modelleri, ısısal olarak kararsız olmalıdır. Daha sonraki bir çalışmada (Hazlehurst ve Refsdal, 1980; Hazlehurst, Hoppner ve Refsdal, 1982), orijinal tartışma önemini kaybetmiş fakat sonuç, en azından bazı modeller için onaylanmıştır. Bununla birlikte, test edilen modellerin sayısı oldukça azdır. Daha genel sonuçlar için, çok daha geniş bir parametre uzayının

bulunmuş olması gerekmektedir. Eğer DSC kuramı denge durumu için uygulanamazsa, sistem kesinlikle ısısal bir zaman eşelinde evrimleşecektir ve kararsızlıklar nedeniyle, evrim sonucunda ulaşabileceği kararlı bir denge durumunun olup olmadığı açık değildir. Lucy (1976) ve Flannery (1976) tarafından bağımsız olarak ortaya konduğu gibi, süreksizliği olmayan eş entropiye sahip modeller, denge durumunda bile genel modeller değildir. Lucy ve Flannery, deşme durumunun bozulmasına doğru giden, ısısal bir zaman eşelinde evrim sonucunu buldular ve bunun periyodik (dönemli) bir davranış olması gerektiğini öne sürdüler. Bu, daha sonra ayrıntılı olarak yapılan sayısal hesaplamalarla onaylandı (Robertson ve Eggleton, 1977; Rahunen, 1982b; Rahunen, 1983). İlginçtir ki, bu modellerin bazıları, çevrimin bazı evrelerinde, yoldaş yıldızın zarfında sıcaklık değişimi göstermektedir. DSC modelinden farkları, bu modellerin ısısal dengede olmayışı ve bu yüzden ısı değişiminin yıldızın kalıcı bir özelliği olmamasıdır.

1.6. TRO (Thermal Relaxation Oscillations=Isısal Durulma Salınımları) Kuramı

Çevrim modeli ya da TRO modeli (buradan itibaren Isısal Durulma Salınımları Kuramı, TRO kuramı olarak belirtilecektir), basitleştirilmiş Kütle-Yarıçap bağıntısının incelenmesiyle anlaşılabilir (Şekil 7). Bu kuramın temel özelliği, W UMa sistemlerinin, marjinal bir deşme durumu yöresinde, periyodik (dönemli) salınımlara başlamasıdır. Bu modelde, deşme durumunda yoldaş yıldızdan başyıldıza net bir kütle aktarımı vardır. Bu yüzden, evrim sırasında bileşenler arasındaki ayrıklığın artması nedeniyle, deşme durumu ortadan kalkar. Deşme durumunun orta-



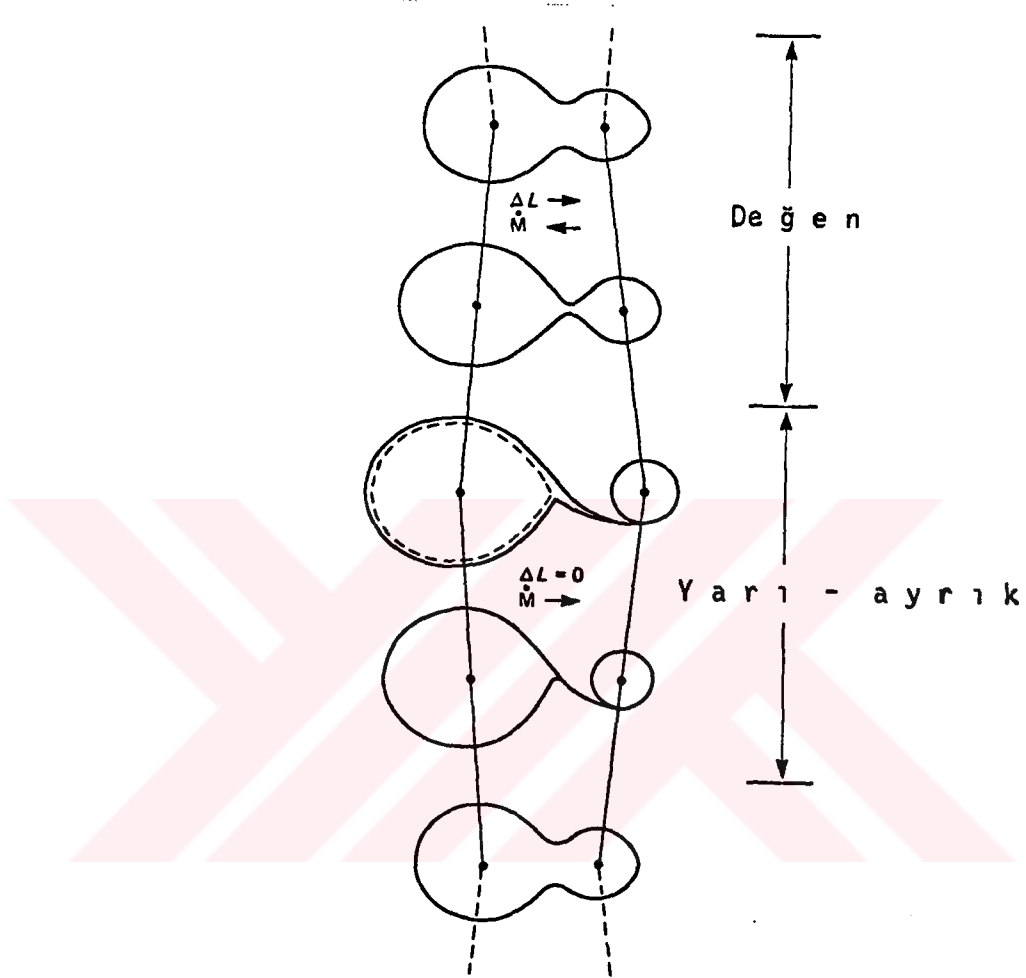
Şekil 7. Isısal dengede olmayan bir değen çift için şematik Kütle-Yarıçap bağıntısı (Smith, 1984).

dan kalkmasından sonra sistem, başyıldızdan yoldaş yıldızla kütle aktarımı yaparak gelişir (yarı-ayrık evre). Bu evre sırasında, bileşenler arasında enerji aktarımı yoktur. Bundan sonra yeniden değme durumuna ulaşılır ve sistemin evrimi, birbirini izleyen yarı-ayrık ve değme durumu evrelerinden oluşan çevrimlerle sürer (Flannery, 1976; Lucy, 1976; Rahunen ve Vilhu, 1977; Robertson ve Eggleton, 1977; Rahunen, 1982a). Şekil 7'deki düz çizgi, eş entropili Kütle-Yarıçap bağıntısına karşılık gelmektedir. Isısal denge durumunda her iki yıldız da bu çizgi üzerinde yer alacaktır. Kesikli çizgi, değme koşuluna karşılık gelmektedir ve dinamik denge her iki yıldızın bu çizgi üzerinde olmasını gerektirir. Şekilde noktalı çizgiyle gösterilen eğri, tek yıldızlar için, (ZAMS olarak tanımlanan) sıfır yaş ana kolunu temsil etmektedir. Başyıldızın, A noktasında, dinamik ve ısısal dengede bulunduğunu var-

sayalım. Dinamik denge, ikinci yıldızın B' noktasında bulunmasını gerektirir. Bu durumda bu yıldız sısal dengede olmayacak ve B noktasına doğru genişleyerek dengeye gelmeye çalışacaktır. Bu hafifçe genişleme, ikinci yıldızın başyıldızla kütle aktarımı yapmasına neden olacaktır. Toplam kütle ve yörünge açısal momentumunun korunduğu varsayılırsa bu olay, iki yıldız arasındaki ayrıklığı, sonuçta değme durumu tümüyle ortadan kalkıncaya kadar yavaş bir biçimde arttıracaktır. Bundan sonra kütle ve enerji aktarımı duracak ve yıldızlar, birbirinden ayrı tek yıldızlar durumuna geçecektir. Fakat bu durumda yıldızların yarıçapları, tek yıldız olarak sahip olmaları gereken yarıçaplardan oldukça farklı olacaktır. Başyıldız büyürken, yoldaş yıldız hızla kendi sıfır yaş anakol (ZAMS) yarıçapına doğru büzülecektir ve bu yarıçapa ulaşmadan, Roche lobunu dolduracaktır. Bu olay, kütle aktarımının yeniden başlamasına neden olur. Fakat bu durumda aktarım başyıldızdan yoldaş yıldızla doğrudur. Bu durum, yine yıldızların arasındaki uzaklığın azalmasına ve değme durumunun yeniden ortaya çıkmasına neden olur. Eğer yoldaş yıldız geniş olarak konvektif olmak için, yeterince düşük kütleli ise ($\leq 0.6-0.7 M_{\odot}$) yarıçapını küçülterek, başlangıçta kütle aktarımından sorumlu olacak ve genişleme yoluyla toplanmadan (accretion) sorumlu olan radyatif bir yoldaşa göre çok daha yavaş bir biçimde değme durumu yeniden oluşturulacaktır. Değme dışındaki zaman oranı bu yüzden, kütle oranının düşük değerlerine doğru artacaktır. Değme durumu dışında geçirilen duyarlı bir çevrim kesrinin zamanı, toplanma enerjisinin nasıl salındığının ayrıntılarına bağlıdır. Eğer enerji fotosferin altında dağıtılırsa, her iki durumda da, yoldaş yıldızın genişlemesine neden olmaya ve böylece değme durumu dışında geçirilen za-

manı azaltmaya eğilimli olacaktır (Robertson ve Eggleton, 1977). Değme durumu bir kez kurulduğunda, yoldaş yıldız, ısıl denge durumundaki yarıçapına ulaşmak üzere şişmeye çalışır. Kütle aktarımının yönü tekrar tersine döner ve çevrim, daha önce olduğu biçimde yinelenir (Şekil 8). TRO kuramıyla ilgili ana sorun, gözlenen tipik W UMa sistemlerinin kütle oranları için, çevrimin büyük bir kesrinin kötü değme evresinde ya da sıfır değme evresinde geçirilmesidir. Bu en azından, EB türü ışık eğrilerine sahip olan kısa dönemli çiftlerin sayısının, EW türü ışık eğrilerine sahip olan kısa dönemli çiftlerin sayısı kadar olmasını gerektirir. Gözlemler, 0.4 günden daha kısa dönemli EB sistemlerinin olmadığını göstermektedir (Linnaluoto ve Vilhu, 1973; Giuricin, Mardirossian ve Mezzetti, 1983). Bu sorunun olası bir çözümü, W UMa sistemlerinde açısal momentum kaybı için, durumla ilgili belirtilerin olmasıdır. Düşük açısal momentum, daha küçük ayrıklığın belirteci olduğundan, daha iyi bir değme durumunun sürdürülebileceği akla uygundur. Bununla ilgili bazı belirtiler, Robertson ve Eggleton (1977) tarafından bulunmuştur. İyi bir değme durumu, verimli bir enerji aktarımı gerektirdiğinden, diğer bir yaklaşım, aktarım oranı için kesin bir gösterimin bu duruma katılıp katılamayacağını sormaktır.

DSC ve TRO kuramlarının ana hatları Hazlehurst ve Refsdal (1978), Lucy ve Wilson (1979), Papaloizou ve Pringle (1979), Smith ve arkadaşları (1980), Shu ve arkadaşları (1980) ve Shu (1980) tarafından oldukça ayrıntılı olarak tartışılmıştır. Rahunen (1981), W UMa türü (EW) ve Beta Lyrae türü (EB) ışık eğrilerine sahip, salınım (pulsasyon) yapan sistemleri karakterize eden evrelerin zaman eşellerinin belirlenen oranı-



Şekil 8. Toplam kütle ve açısal momentum korunduğu zaman sistem, hiç bir zaman ulaşamayacağı bir marjinal değme durumu yöresinde çevrimlere girmek zorundadır. Değme evresinde kütle aktarımı, değme durumu bozuluncaya kadar sistemi, daha büyük ayrıklığa ve daha küçük kütle oranına doğru götürür (Rucinski, 1985).

nın, $0.5 \leq q \leq 0.7$ aralığında $t_{EW}/t_{EB} \neq 1$ olması gerektiğini söylemiştir. Gözlemler bu oranı yaklaşık 5-6 olarak vermektedir.

TRO kuramı, W UMa türü sistemlerde gözlenen dönem değişimini açıklamakta güçlük çekmektedir. Çünkü, artan ve azalan dönemlere sahip gözlenen sistemlerin sayısı hemen hemen aynıdır (Kreiner, 1977; Glownia, 1986). Yaşlı (A türü) W UMa sistemlerinin gözlemsel özelliklerine uyan TRO modelleri kurulabilir fakat, W türü sistemlerinin açıklanmasında henüz bazı sorunlar vardır.

Shu ve arkadaşları, yıldızlardan birinin Roche lobunun altındaki öz entropinin (mekanik kararlılık için), (sıcaklığın tersine döndüğü katman olan) ortak zarf tabanına karşılık gelen değerden küçük olduğunu varsaymaktadırlar. Onların modelleri, dengede olan konfigürasyonları açıklamaktadır. Hazlehurst ve Refsdal (1978), ve Rahunen (1982b)'nin tartıştıkları gibi, böylesi bir modelde, yoldaş yıldızın Roche lobu boyunca olan sıcaklık (entropi) süreksizliği, görelî olarak kısa bir zamanda (yaklaşık olarak yoldaş yıldızın dış konvektif bölgesinin ısısal zaman eşeli kadar bir zamanda) altta bulunan bölgelerin üst katmanları ısıtması nedeniyle kaybolur. Diğer yandan Shu ve arkadaşları (1980), bu olayın DSC modeli için ciddi zorluklar ortaya çıkarmayacağını göstermişlerdir. Bu değme konfigürasyonunun, bir sıcaklık değişim katmanıyla birlikte evrimleştiği çok açık bir konu değildir. Tüm bu zorluklar ve açıklanamayan olaylar Shu (1980)'ya DSC ve TRO kuramlarının birbirinin tamamlayıcısı olduğu varsayımında bulunması için yol göstermiştir.

W türü W UMa sistemlerinin gözlemsel verilerini yorumlamak istediğimiz

zaman başka zorluklar ortaya çıkmaktadır. Mochnacki (1981) tarafından gösterildiği gibi, A türü sistemlerin başyıldızları, W türü sistemlerin başyıldızlarından daha az yoğundur. W türü sistemler genellikle, sıfır yaş anakoluna A türü sistemlerden daha yakındır ve büyük bir olasılıkla ters kütle oranı ($q=M_1/M_2$ ya da $1/q$) değerlerine sahip değillerdir. W türü sistemlerin yoldaş yıldızları, aynı kütleyle sahip normal ZAMS (sıfır yaş anakolu) yıldızlarından daha büyük yarıçaplara ve büyük bir olasılıkla kalın konvektif zarflara sahiptirler. Tümüyle konvektif olan ya da kalın bir konvektif zarfa sahip olan bir yıldızla ilgili, bu yıldızın üzerine kütle yığılımı hesaplamaları (Webbink, 1977a; Webbink, 1977b; Whyte and Eggleton, 1985), toplanan maddenin entropisinin, orijinal yıldızın yüzey entropisiyle aynı olduğu varsayımı altında, maddenin toplandığı yıldızın yarıçapını büyüttüğünü göstermektedir.

Ana soru, W türü bir konfigürasyonun hangi yolla başladığıdır. Sarna ve Fedorova (1989)'ya göre, yakın yarı-ayrık çiftlerde yoldaş yıldızın fotosferi, üzerine düşen madde tarafından ısıtıldığı için (Shu ve Lubow, 1981; Sarna, 1987 ; Stahler ve arkadaşları, 1980) yeni toplanan madde orijinal yıldızdan çok daha fazla entropiye sahip olmalıdır. Bunun gibi bir işlem nedeniyle üzerinde madde toplanan yoldaş yıldız, yarıçapını epeyce arttırabilir (Priainik ve Livio, 1985; Sarna ve Ziolkowski, 1987).

W ve A türleri arasındaki (boş) bölge nispeten gerçek dışıdır. Başyıldızın evrimsel ilerleyişi, sıcaklık artışı ΔT nin işareti, ya da ışık eğrilerinin incelenmesi yeterli kriterleri vermez. Evrimle ilgili bir

kriterin W türü özelliklere uyması mümkündür, fakat sıcaklık farkının sıfırdan küçük olması A türü sistemlerin bir özelliğidir. Bu yüzden sınıflandırılması zor olan pek çok sistemin orta tür W UMA sistemlerini temsil ettiği önerilmektedir (Sarna ve Fedorova, 1989). Daha önceki çalışmalar ve Sarna ve Fedorova (1989)'nın çalışmalarının sonuçlarına göre, W UMA sistemlerinin oluşumuyla ilgili mümkün yolların aşağıdakiler gibi olması beklenir :

- 1) Isısal kararsızlık çevrimleriyle sıfır yaş sistemlerinden evrimle (yukarıda anlatılan TRO kuramı),
- 2) A evreli kütle aktarımı yapan çift sistemlerden (Moss, 1971). Case A (A evreli) olarak tanımlanan kütle aktarımı, çekirdeklerinde hidrojen yakmakta olan yıldızlarda olmaktadır (Plavec, 1973). Bu durumdaki çift sistemlerin her iki bileşeni de, kütle oranının tersine dönmesinden (yani $q=M_2/M_1$ değerinin, kütle aktarımı nedeniyle 1'den büyük olması ve bu nedenle yine 1'den küçük bir değer olarak kullanılabilmesi için, $q=M_1/M_2$ olarak kullanılmasından) önce ve sonra birlikte bulunmuşlardır. Başlangıç kütle oranları 0.2-0.3 değerlerinden küçük olan sistemlerin, bir ortak zarf evresine doğru evrimleşebilmeleri ve açısal momentum ve kütle kaybetmeleri mümkündür.,
- 3) W UMA çiftlerinin olası bir kaynağı, kütle aktarımının B evresinin yavaş bölümüdür. Case B (B evreli) olarak tanımlanan kütle aktarımı, kabuklarında hidrojen yakmakta olan yıldızlarda olmaktadır (Plavec, 1973). Bu sistemler için orijinal kütle oranı bir derece

daha küçüktür [$q_0=0.2$ (Budding, 1984)].

- 4) Manyetik yıldız rüzgarları yoluyla daha çok açısal momentum kaybeden ayrık ya da yarı-ayrık sistemlerden (Rahunen, 1981; Rahunen ve Vilhu, 1982; Rucinski ve Vilhu, 1983).

Sarna and Fedorova (1989) W ve A türlerinin aşağıdaki yollardan ortaya çıktıklarını önermektedirler :

W türü sistemler : Kütle oranı değerinin tersine dönmesinden önce A evreli kütle alışverişi yapmakta olan düşük kütleli sistemlerden oluşmuşlardır. Burada başyıldız ZAMS'a (sıfır yaş anakola) yakındır (yukarıdaki 2. madde).

A türü sistemler ($q \leq 0.25$) : A evreli ya da B evreli kütle aktarımının olduğu ortak zarf evrimi yoluyla (yukarıdaki 2. ve 3. maddeler) oluşmuşlardır. B evreli kütle alışverişinde bulunan değen bir çift için, yoldaş yıldızın küçük bir helyum çekirdeğine sahip olması mümkündür ($M_{He}=0.14 M_{\odot}$).

A türü sistemler ($q \geq 0.25$) : Bir marjinal değme durumu yöresinde periyodik (dönemli) salınımlara giren (TRO kuramı) sıfır yaş değen sistemlerden oluşmuşlardır (yukarıdaki 1. madde). Di-

ğer oluşum yolları ise :

(i) kütle oranının tersine dönmesinden önce A evreli kütle alışverişi (yukarıdaki 2. madde),

(ii) manyetik yıldız rüzgarları yoluyla açısai momentum kaybeden kısa dönemli ayrık sistemler (yukarıdaki 4. madde) olarak önerilmektedir.

1.7. Enerji Aktarımı

Genel olarak, enerji aktarımının büyük bir olasılıkla ortak zarfta, büyük ölçekli sıvı hareketleriyle olduğuna inanılmaktadır (Webbink, 1977). Genellikle bu dolaşımın, ortak konvektif zarfın adyabatik bölümünün derinliklerinde olduğu varsayılır ve bu zaten DSC kuramının bir gereğidir. Whelan (1972)'in süperadyabatik katmanlarda aktarımla ilgili düşüncelerini, Eaton (1983)'nin son çalışmaları desteklemektedir. Ona göre, bu katmanlarda yoğunluk çok düşüktür (Hazlehurst, 1974) ve bu yüzden, yeterli enerjinin taşınması için, çok büyük hızların olması gerekmektedir.

Genel hidrodinamik problem, karmaşık bir geometrik yapıda koriolis kuvvetlerinin, konveksiyonun, ve muhtemelen ayrıca akış içindeki kararsızlıklardan ortaya çıkan şok ve çalkantıların da gözönüne alınmasıyla, ses hızında ya da ona yakın hızlarda akışlarla ortaya çıkar. Bazı basitleştirilmiş modeller yapılmıştır (Hazlehurst ve Meyer-

Hofmeister, 1973; Moses, 1976; Nariai, 1976; Robertson, 1980). Bunların içinde yalnızca ilki, $\Delta S \neq 0$ 'dan doğan yatay basınç gradyenti tarafından yönetilen bir akışı kullanarak, ΔL için bir ifade oluşturmuştur :

$$\Delta L = K d^m \Delta S^n$$

Burada K , m , n sabitler ve d de değmenin derinliğidir. Bu gösterim, daha sonra Hazlehurst ve arkadaşları (1982) tarafından, kararlılık analizi çalışmalarında kullanılmıştır. Diğer yazarlar (Robertson ve Eggleton, 1977; Rahunen 1981), $L \propto M$ gözlediğimizden, tam anlamıyla verimli bir aktarım için,

$$\frac{L_1 - \Delta L_0}{M_1} = \frac{L_2 + \Delta L_0}{M_2}$$

denkleminin geçerli olduğunu söylemektedirler. Burada L_1 , L_2 bileşenlerin nükleer+ısısal olmak üzere parlaklıklarıdır. Bu,

$$\Delta L_0 = \frac{M_2 L_1 - M_1 L_2}{M_1 + M_2}$$

olmasını gerektirir. Aktarım, tüm evrelerde tümüyle verimli olmadığından, çevrim boyunca değişen ve değme derinliği ile sıfıra giden, keyfi bir f faktörü eklenmiştir. Böylece,

$$\Delta L = f \Delta L_0, \quad 0 \leq f \leq 1$$

yazabiliriz. Flannery (1976), iki yıldızın etkin sıcaklıklarının aynı olması şartına bağlı, benzer bir eşitlik kullanmıştır.

Rahunen (1982b, 1983), bu iki yaklaşıımı karşılaştıran bir seri hesaplamayla benzer sonuçlar elde etmiştir. Bunun iki nedeni vardır :

- (1) ΔS 'ye bağımlılık çevrimler üzerinde küçük bir etki yapar. $\Delta L \propto d^3$ denklemi, $\Delta L \propto d^3 \Delta S$ denkleminde çok az farklıdır,
- (2) pratik olarak $f=f(d)$ 'dir ve çevrimin ortaya çıkması d 'ye bağımlılıktan kaynaklanır. $\Delta L \propto \Delta S$ durumu daha fazla çevrimin olmadığını gösterir.

Çevrimin ortaya çıkmasının ayrıntıları, değme durumunun başlangıçtaki d_0 derinliğine, yani açısal momentuma bağlıdır. Büyük d_0 değerine sahip sistemlerde, değme durumunun bozulmadığı görülmektedir ve toplam kütleleri büyük olan sistemler, çok aşırı çevrimler göstermektedir. Kütleye bağımlılık, her iki yıldızın ısıl enerji üretim oranlarının, düşük toplam kütleler için ($\leq 1.6 M_\odot$) ΔL ile karşılaştırılabilir olması, daha yüksek toplam kütleler için ($\geq 1.8 M_\odot$) ΔL den çok daha düşük olması gerçeğiyle bağlantılıdır (Smith, 1984). Bununla birlikte, bütün durumlar için ana sorun, çevrimin büyük bir kesri için ΔS 'nin büyük olması ve bu yüzden en azından, daha basit bir yorum olarak, ışık eğrilerinin eşit olmayan minimumlara sahip olması olarak kalmaktadır. Bu yüzden, ısıl çevrimin olmasının, kaçınılmaz olup olmadığını sormak zorundayız. Rahunen (1982b), nükleer evrimin etkileri üzerine Refsdal ve Stabell (1981) tarafından yapılan tartışmaları genişletti ve gerçek dışı olarak hızlandırılmış bir evrim kullanarak, çevrimlerin erken anakol yaşamı içinde 1.5×10^9 yıl (başyıldızdaki merkez Hidrojen miktarı $X_{cp} = 0.53$, başlangıçtaki 0.7) civarındaki bir yaş-

ta yavaşça bastırıldığını, fakat $\Delta T_{eff}=250^{\circ}K$ ve model, A türü sistemlere benziyorsa, anakol yaşam süresinin ($X_{cp}=0.2$, yaş= 3.5×10^9 yıl) sonuna kadar ΔT_{eff} değerinin büyük kaldığını göstermiştir. W türü sistemlerin bulunması, bu yolla kolaylıkla anlaşılabilir. Bu yüzden, açısal momentum kaybının muhtemel etkilerini incelemeliyiz.

1.8. Açısal Momentum Kaybı

Açısal momentum kaybının değen çift sistemlerdeki önemi, van't Veer (1979) tarafından vurgulanmıştır. Onun tartışması, Mochnacki (1981) tarafından ortaya atılan akla yatkın mekanizmaya göre, daha kısa zaman eşeli ($<10^8$ yıl) içindir. Rahunen (1981), bir sistemde değme durumunun kurulması için gerekli olan, açısal momentum kayıp oranı J'/J 'ü görmek için, ilginç bir gerçek dışı hesaplama yapmıştır. Model, J' değerini sabit tutarak, marjinal evrime göre yapılmıştır ve bundan sonra J' değeri, marjinal değme durumunun kurulması için gerekli, belirli değerlerde olacak şekilde her adımda arttırılmıştır. Evrim sistemi, bir (J,q) diyagramında belirgin olarak gözlenen bir dağılımın ortasına doğru götürmektedir (Rahunen, 1981; Şekil 6). Dönem-Renk diyagramında evrim, gözlenen bölgenin kısa dönem ve daha mavi sistemlerin tarafına doğruydü. Zaman eşeli J/J' , 5×10^8 yıl yöresindeydi. Bundan sonra gelen nükleer evrim, Dönem-Renk bağıntısı boyunca daha uzun dönemlere doğru olacaktır. Bazı A türü sistemler kısa dönem bölgesi yakınında olduğundan, bütün A türü sistemler evrimleşmiş olmayabilir.

Zaman eşeli ilginç duruma gelirken, Rahunen'in modeli iki soruyu cevapsız bırakmaktadır :

(i) Kayıp mekanizması nedir ?,

(i i) Değme durumunun kurulması için gereken kayıp oranını korumak için, nasıl bir sistem vardır ?

En geçerli açısal momentum kayıp mekanizması, manyetik frenleme mekanizmasıdır (Huang, 1966; Mestel, 1968). Einstein uydusuyla yapılan yumuşak X-ışın gözlemleri ve IUE uydusuyla yapılan moröte gözlemleri, W UMa yıldızlarının, güneşte gözlediğimiz türde yüzey etkinliği ve bu yüzden ortaya çıkan manyetik alanların olması gerektiğini öneren, kuvvetli kaynaklar olduğunu göstermektedir (Vaiana, 1980; Vilhu, 1983; Eaton, 1983). Yıldız rüzgarları, bu nedenle manyetik frenleme olayına neden olabilir.

Bununla birlikte, bir besleme mekanizması, bu modelin başarısını kesinleştirecektir. Çok küçük bir kayıp oranı, ışık eğrisi problemini çözmeye başarısız olurken, çok büyük bir kayıp oranı, iki yıldızın hızlı bir biçimde birleşmesine öncülük edecektir. Manyetik alanlar, şimdi tekrar bir rol oynayabilir. Vilhu (1981), artan değme derinliğinin, kuvvetli yüzey manyetik alanlarını gizlemeye eğilimli ortak zarfta, karışımın artmasına neden olduğu bir durumu ortaya çıkardı. Böylece manyetik frenleme, tekrar azalan kayıp oranı ve azalan değme derinliği ortaya çıkararak zayıflatılır. Bununla birlikte, bu model oldukça tartışmalıdır. Rucinski (1982), çok hızlı bir manyetik frenleme evresi sonucunda, ayrı sistemlerin değme durumuna geldiği değen çiftlerden, biraz daha uzun dönemlerde görülen dönem boşluğunu açıkladı. Bununla birlikte, bu mekanizmanın, sabit değme derinliğini kurmak için, yeterince duyarlı olmadığı açıktır.

1.9. Sonuçlar

Lucy (1968a)'nin ortak konvektif zarf modeli kurulduktan sonra, değen çift yıldızlar üzerine hemen hemen mümkün bütün yaklaşımlar denenmiştir. Buna rağmen, henüz genel olarak kabul edilen bir model kurulamamıştır. Ancak, olası modeller hakkında söylenebilecek bazı sonuçlar da vardır :

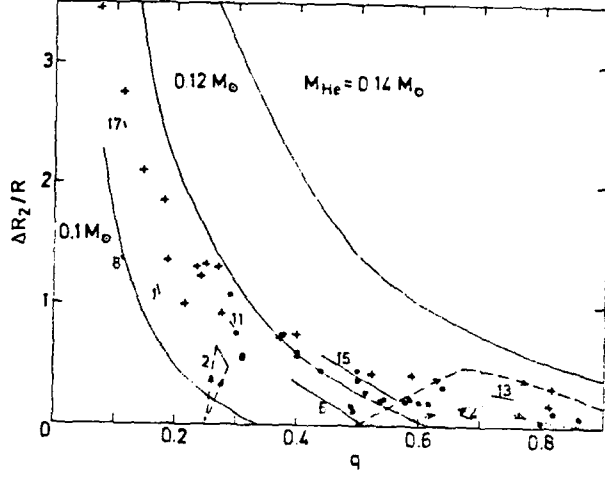
- (1) Denge modelleri yok görünmektedir ya da ısısız kararsızlıklarla ilgilidir. Bu yüzden, en azından sıfır yaş sistemleri için, değen bir çiftin, temel olarak zamana bağlı bir olay olduğu düşünülebilir.
- (2) Bir evrim boyunca, ışık eğrilerini iyi tanımlamak için gereken koşulları sağlayacak doyurucu bir ısısız çevrim modeli henüz yapılamamıştır. Bu, gerçek değen sistemlerin bile yaşamlarının önemli bir bölümünde çevrimlere girmediğini, ya da enerji aktarımı için bugün kabul edilen mekanizmaların, yetersiz olduğunu göstermektedir. Belki de her ikisi de doğrudur.
- (3) Açısal momentum kaybı yoluyla evrim, bugün için en geçerli yaklaşım olarak görünmektedir. Bu yaklaşım, kuramla uyuaan ışık eğrilerinin oluşturulabilmesi için gereken iyi bir değme durumunu sağlamanın en iyi yoludur ve değişken manyetik etkinliğe bağlı ışık eğrisi değişimleri ve kısa zaman eşeli dönemlerinin açıklanmasını mümkün duruma getirir. Büyük belirsizlik, doğal bir besleme mekanizmasının olup olmadığıdır.

(4) Nükleer evrim, bazı A türü sistemleri açıklayabilir fakat W türü sistemler açısından çok yardımcı görünmemektedir.

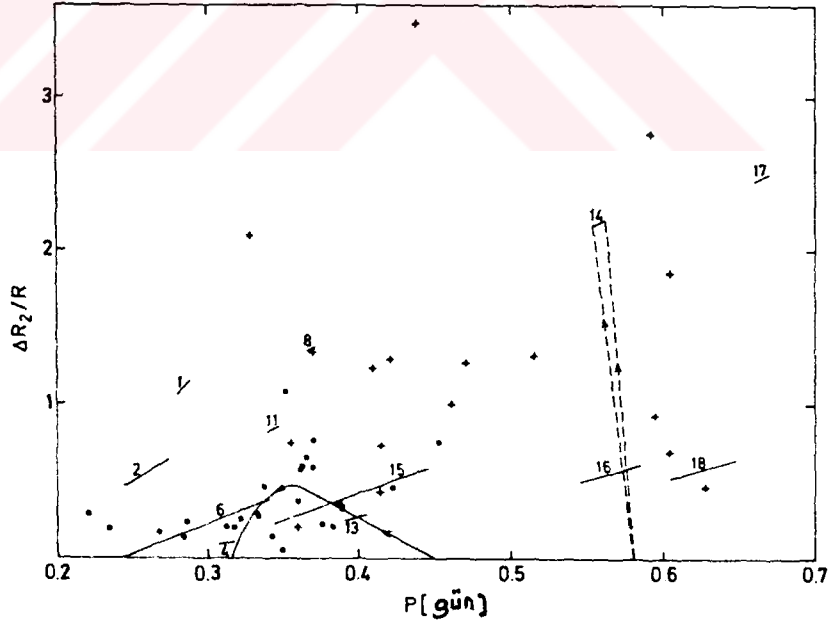
A evreli kütle alış verişi yapan düşük kütleli bir yakın çift sistemden değen bir sistem elde edilebilmektedir (Sarna ve Fedorova, 1989). Yoldaş yıldızın etkileşmelere gösterdiği tepki (yani yarıçapını büyütmesi) yıldızın yüzeyinin altında ($\alpha \neq 0$ ve $M_{2,0} \leq 0.55 M_{\odot}$ olduğunda) sıcaklık değişim katmanının oluşumuyla belirlenir. Değme durumuna geldiğinde ikinci bileşenin entropisinde (sıcaklık değişim bölgesinde) bir süreksizlik görülür. Bu süreksizlik, yıldızın iç Roche lobunun ($R_{cr,2}$) altında görülür.

Sarna ve Fedorova (1989)'un çalışmasında yapılan hesaplamalar gözlemsel verilerle uyumludur. Çalışma, tek bir yıldız kompozisyonu ele alınarak yapılmıştır. Kompozisyon (karışım) değiştirildiğinde elde edilen sonuçlar da bir miktar değişecektir. Genel bir sonuç olarak, başyıldızı $2 M_{\odot}$ 'den ve yoldaş yıldızı $0.55 M_{\odot}$ 'den küçük olan düşük kütleli sistemler, yarı-ayrık evrelerini değen çiftler olarak tamamlarlar. Değme durumuna kütle oranı tersine dönmeye önce ulaşılır. Şekil 9 ($\Delta R^2/R-q$ diyagramı) ve Şekil 10 ($\Delta R^2/R-P$ diyagramı)'da $M_2=0.35 M_{\odot}$ ($q \leq 0.25$) bölgesinde yalnızca A türü sistemler vardır. Bu şöyle açıklanabilir:

(i) Evrimleri sonucunda burada olması gereken bazı sistemler, büyük bir olasılıkla ortak zarf evresinden geçerek evrimleşmişler ve olması gerekenden parlak değen çift sistemler ya da tek yıldızlar olarak yaşamlarını bitirmişlerdir.



Şekil 9. Yoldaş yıldızın yarıçap artışı-Kütle oranı diyagramı. Kesikli çizgiler helyum çekirdeğine sahip yoldaşın yarıçapını göstermektedir. Noktalı çizgi, değme durumundaki yarı-ayrık sistemleri ve düz çizgiler sistemlerin değme durumuna ulaştıkları yerleri göstermektedir (Sarna ve Fedorova, 1989).



Şekil 10. Tüm W UMa türü sistemler için, yoldaş yıldızın yarıçap artışı-Dönem diyagramı. Numaralanmış çizgiler değme durumuna ulaşma anlarını göstermektedir. (+) ve (·) işaretleri, A ve W türü sistemleri göstermektedir (Sarna ve Fedorova, 1989).

(ii) $q_0=0.2-0.3$ olan bazı sistemler değme durumuna ulaştıklarında sıcaklık değişim katmanı ($0.01-0.1 M_2$)'nın üzerinde çok ince bir zarfa ve çok büyük bir sıcaklık artığına sahiptirler. Bu durumdaki sistemler bu sıcaklık artığını, yoldaş yıldızın zarfının sıcaklık zaman eşeli kadar bir sürede, ışınım yoluyla ve diğer başka mekanizmalarla kaybeder ve A türü olarak sınıflandırılırlar.

Kraicheva ve arkadaşları (1986)'na göre bu sistemlerin (hatta bütün W UMa sistemlerinin) yoldaş yıldızları, düşük kütleli bir helyum çekirdeğine sahiptir. Sarna ve Fedorova (1989)'ya göre, bu genel olarak doğru değildir.

Bu sonuçlar, gelecekte bu konu üzerine yapılacak olan araştırmalar için, birkaç önemli noktayı ortaya koyar. Zamana bağlı evrimle ilgili bilgisayar çalışmaları pahalıdır ve bu yüzden parametreler üzerine yapılacak olan geniş aralıklı araştırmaların yapılması ancak daha basitleştirilmiş modeller üzerine yapılabilecektir. Bir sıvı içinde enerji aktarım sorunu, yalnızca daha basit modellerin sonuçlarının kullanılması ile çözülebilecek çok karmaşık bir çalışmayı gerektirir. Örneğin meteorolojide kullanılan teknikler burada uygulanabilir.

Bir manyetik alanın, açısal momentum kaybıyla birlikte ele alınması, değen çiftlerle güneş fiziği arasındaki bağlantı ve diğer soğuk yıldızlarda dönme gibi, yanında çözümlmesi güç büyük sorunları da getirir.

2. M A T E R Y A L v e Y Ö N T E M

2.1. Roche Modeli

Yakın çift yıldızların çözümlerinde, Roche modeli oldukça önemlidir. Çözümler bu modele dayandırılarak yapılmaktadır. Plavec(1964) tarafından verilen Roche Modeli varsayımlarını ve modeli burada kısaca açıklayalım :

Roche modeli aşağıdaki varsayımlar üzerine kurulmuştur:

- 1) Bileşenlerin kütleleri bir nokta olarak temsil edilmektedir.
- 2) Bileşenler sistemin çekim merkezi etrafında dairesel yörüngelerde dönmektedir.
- 3) Bileşenlerin dönme eksenleri yörünge düzlemine diktir.
- 4) Eksene göre dönme dönemi, yörüngedeki dolanma dönemine eşittir.

Bu varsayımları gözönüne alarak, daha kütleli olan birinci bileşen M_1 'in çekim merkezini origin (başlangıç noktası) olarak alan bir dik koordinat sistemi ele alalım. Koordinat sistemi, daha düşük kütleli olan M_2 , her zaman x-ekseni üzerinde kalacak biçimde, çift sistemle birlikte dönüyor olsun. y-ekseni yörünge düzlemi üzerinde olsun ve saat yönünde dönüyor olsun. z-ekseni de yörünge düzlemine dik olsun.

Herhangi bir P (x,y,z) noktasında kütlesi sıfıra çok yakın olan bir parçacık alalım. Bunun üzerine etkiyen kuvvetlerin toplam potansiyeli:

$$U = g \frac{m_1}{r_1} + g \frac{m_2}{r_2} + \frac{1}{2} \omega^2 (x^2 + y^2) - \frac{m_2}{m_1 + m_2} \omega^2 x$$

Burada, g çekim sabiti, m_1 ve m_2 bileşenlerin kütleleri, r_1 ve r_2 , M_1 ve M_2 'den P noktasına olan uzaklıklar, $\omega^2 = g(m_1 + m_2)/R^3$ açısal dönme hızının karesidir.

Potansiyel, bileşenler arasındaki uzaklık birim alınarak ($R=1$) ve,

$$\Omega = \frac{U \cdot R}{g \cdot m_1}$$

yazılarak normalize edilebilir. Kopal buna benzer olarak :

$$C = \frac{2}{1+m} \frac{1}{r_1} + \frac{2m}{1+m} \left(\frac{1}{r_2} - x \right) + (x^2 + y^2) + \frac{m^2}{(1+m)^2}$$

olacak şekilde,

$$C = \frac{2}{1+m} \Omega$$

denklemini kullanmıştır. Burada :

$$r_1^2 = x^2 + y^2 + z^2 \quad ; \quad r_2^2 = (x - 1)^2 + y^2 + z^2$$

ve $m = m_2/m_1$ kütle oranıdır. ($0 < m \leq 1$)

Eşpotansiyel yüzeyler $C = \text{sbt.}$ sınırlı üç cisim probleminden bilinen Jacobian yüzeylere karşılık gelir. Bu problemin Jacobi integrali genellikle,

$$C = \frac{2(1-\mu)}{r_1} + \frac{2\mu}{r_2} + \xi^2 + y^2$$

biçiminde yazılır. Burada, $\xi = x - m_2/(m_1+m_2)$ ve $\mu = m_2/(m_1+m_2)$ dir. sistemin çekim merkezinden ölçülür. Roche modelinin geometrik özellikleri tek bir biçimde bileşenlerin kütle oranıyla belirlenir. İlk olarak gözönüne alınan üç parametre, ilk üç Lagrange noktasının x koordinatlarıdır. Bu koordinatlar,

$$\frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial C}{\partial z} = 0$$

koşullarını sağlar. Gözönüne alacağımız üç Lagrange noktası x ekseninde yerindedir ve son iki koşul kendiliğinden sağlanır.

$$\frac{\partial C}{\partial x} = -\frac{2}{1+m} x r_1^{-3} - \frac{2m}{1+m} [(x-1) r_2^{-3} + 1] + 2x$$

olur.

Üç L_1 noktasının x koordinatları x_1 olsun. L_1 noktası, M_1 ve M_2 noktaları arasında kalır. Burada $r_1=x$ ve $r_2=1-x$ 'tir.

$\partial C / \partial x = 0$ koşulu,

$$(x^{-2}-x)+m[(1-x)-(1-x)^{-2}]=0$$

denklemini verir. C_1 kritik potansiyel yüzeyi,

$$C_1 = C(x_1, 0, 0)$$

denkleminde bulunur. Bu, potansiyel iç değme yüzeyi olarak tanımlanır.

Bu yüzey L_1 noktasında birbirine değen iki lobdan oluşur. Lobların x-ekseni boyunca olan koordinatları $P_1'(x_1',0,0)$ ve $P_1''(x_1'',0,0)$ noktalarının koordinatlarıyla belirlenir. x_1' ve x_1'' 'nin değerleri :

$$C = \frac{-2}{1+m} \frac{1}{x_1'} + \frac{2m}{1+m} \left(\frac{1}{1-x_1'} - x_1' \right) + (x_1')^2 + \frac{m^2}{(1+m)^2}$$

ve,

$$C = \frac{2}{1+m} \frac{1}{x_1''} + \frac{2m}{1+m} \left(\frac{1}{x_1''-1} - x_1'' \right) + (x_1'')^2 + \frac{m^2}{(1+m)^2}$$

denklemleriyle bulunur. İkinci Lagrange noktası L_2 , ve ona karşılık gelen kritik yüzey C_2 dış değme yüzeyi olarak tanımlanır. Bu nokta x-ekseni üzerinde M_2 'nin ötesine uzanır ve x koordinatı x_2 aşağıdaki formülle belirlenir :

$$(x-x^{-2})+m[(x-1)-(x-1)^{-2}]=0$$

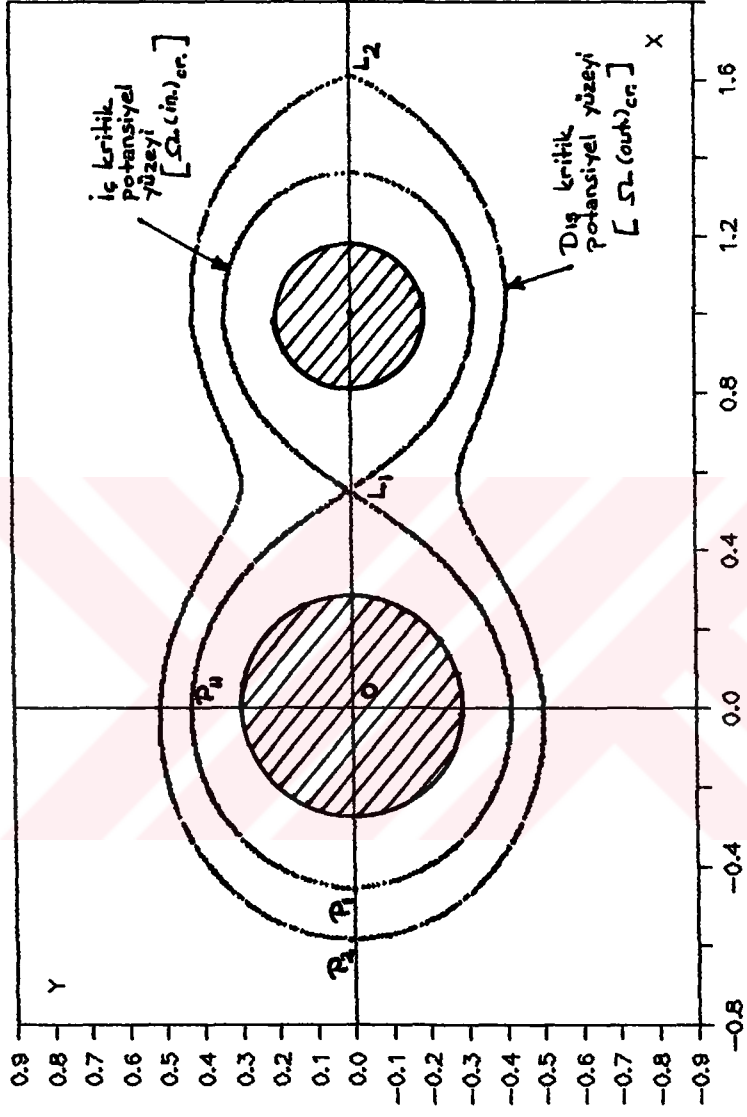
Kritik potansiyel,

$$C_2=C(x_2,0,0)$$

dir.

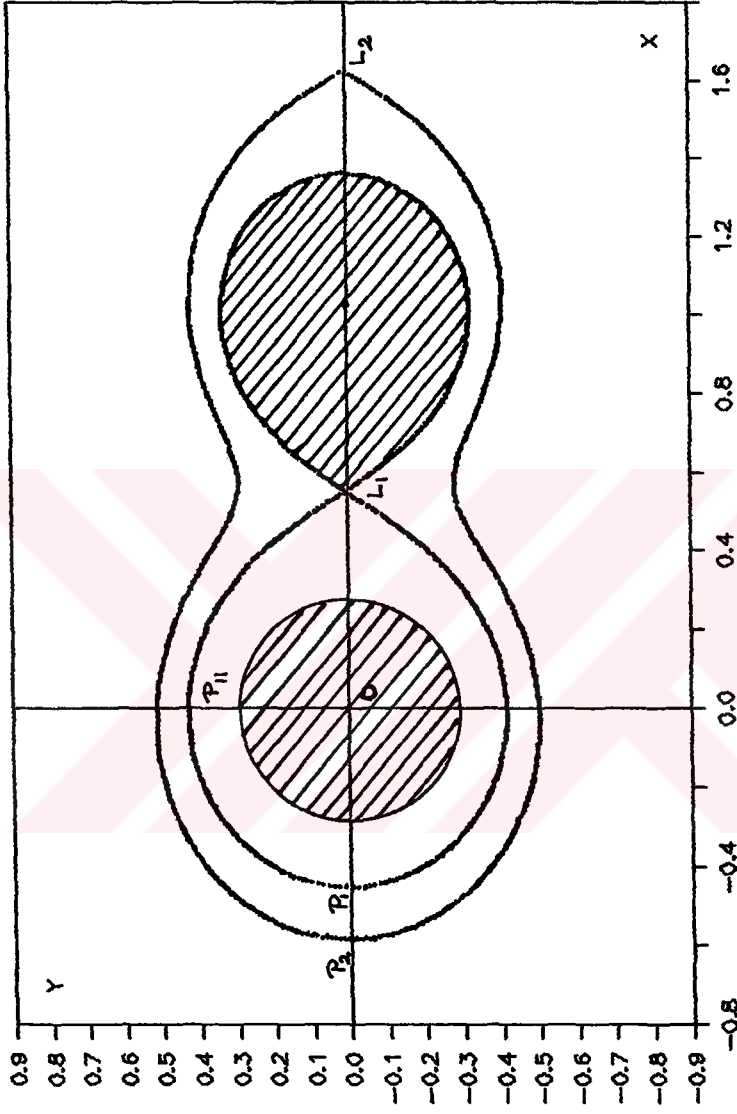
Bu model kullanılarak, BASIC dilinde yazılmış bilgisayar programıyla, çift yıldızların ayrık, yarı-ayrık ve değen türlerine birer örnek olmak üzere, kütle oranı değeri $q=0.6$ alınarak, Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13 çizilmiştir. Ayrıca yine örnek olarak $q=0.1$ ve $q=1.0$ gibi birbirinden oldukça farklı iki kütle oranı değeri için de birer örnek çizim, Şekil 14 ve Şekil 15'te verilmiştir. Programın listesi EK1'de verilmiştir.

$$Q = 0.6$$



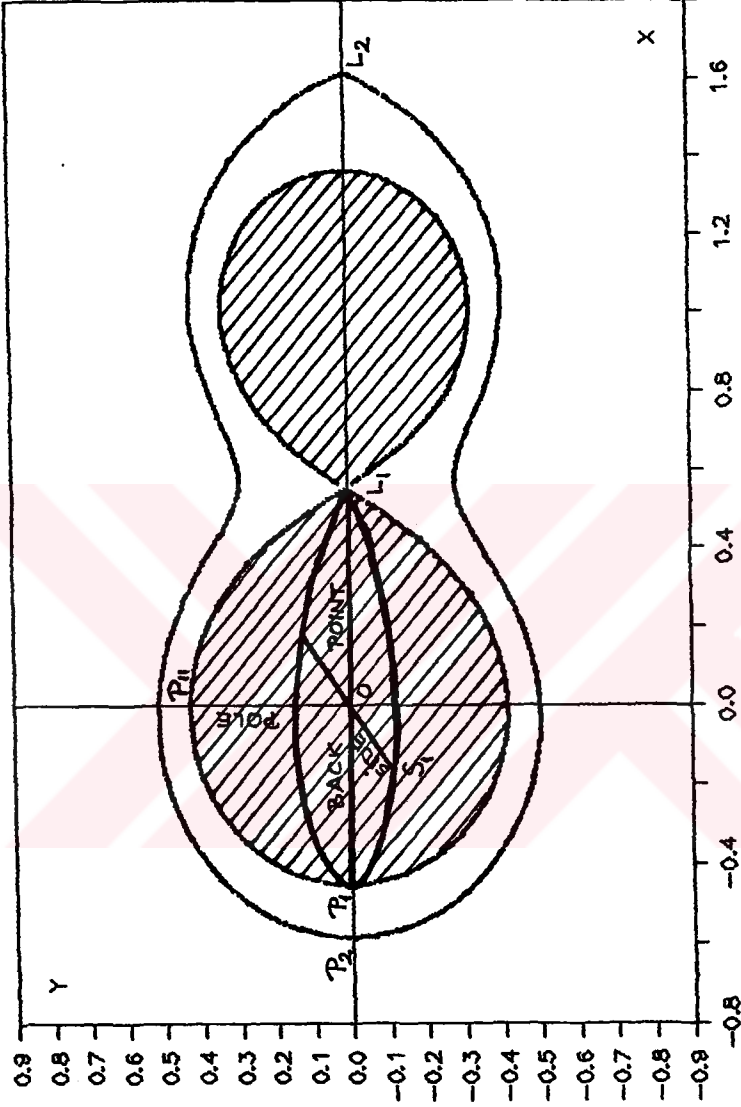
Şekil 11. $q = m_2/m_1 = 0.6$ kütle oranı ve $r_1 = 0.29$, $r_2 = 0.20$ ke-sirsel yarıçaplarına karşılık gelen ayrık bir sistemin konfigürasyonu. L_1 ve L_2 Lagrange noktalarıdır.

$$Q = 0.6$$



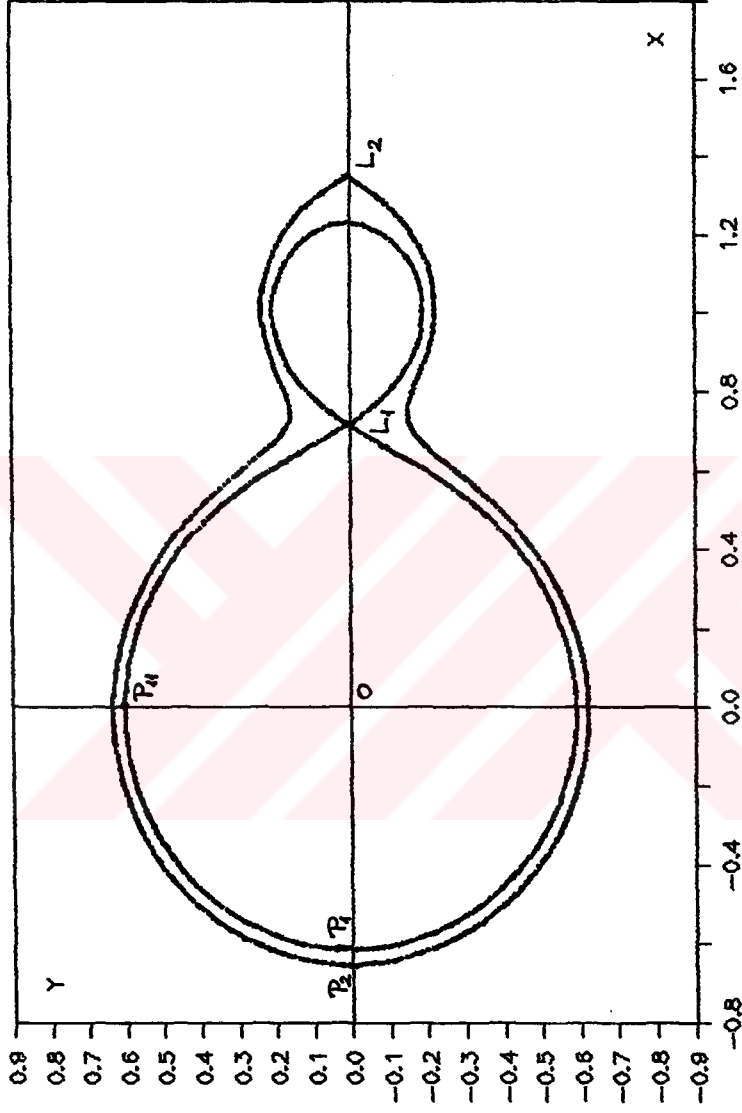
Şekil 12. $q = m_2/m_1 = 0.6$ kütle oranı değerine karşılık gelen yarı-ayrık bir sistemin konfigürasyonu. Burada ikinci bileşen iç kritik Roche lobunu doldurmuş olup baş yıldıızın kesirsel yarıçapı $r_1 = 0.28$ 'dir.

$$Q = 0.6$$

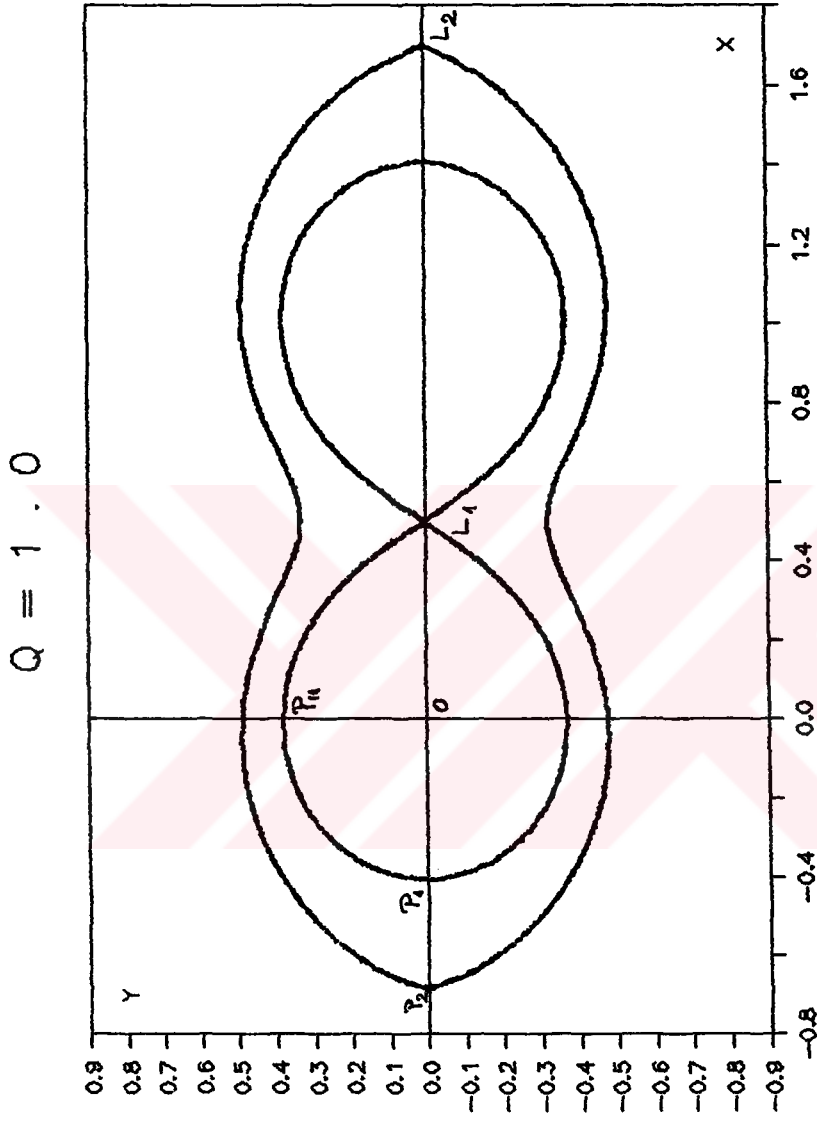


Şekil 13. $q = m_2/m_1 = 0.6$ kütle oranı değerine karşılık gelen değen bir sistemin konfigürasyonu. Şekilde, $OS_1 = r_{c,h}$ (side=yan), $OL_1 = r_{c,h}$ (point=uç), OP_{11} (pole=kutup), $OP_1 = r_{c,h}$ (back=geri) değerleri, iç değme lobunun yarıçaplarıdır.

$$Q = 0.1$$



Şekil 14. $q = m_2/m_1 = 0.1$ gibi küçük kütle oranı değerine karşılık gelen iç ve dış Roche eşpotansiyel yüzeyleri.



Şekil 15. $q = m_2/m_1 = 1$ kütle oranı değerine karşılık gelen iç ve dış Roche eşpotansiyel yüzeylerinin çizimi.

3. B U L G U L A R V E T A R T I Ő M A

3.1. Yakın Çiftlerin Gözlem Verileri ve Kataloğu

Bu çalışmada, Wilson-Devinney yöntemi kullanılmıştır. Yöntemle ilgili geniş bilgi ve açıklamalar, Wilson ve Devinney (1971), Wilson ve Biermann (1976), Wilson (1979) ve Wilson (1984) kaynaklarında yapılmıştır. Yöntemin temel özellikleri EK 2'de verilmiştir. Bu çalışmada amaç, yakın çiftlerin, özellikle de değen çift sistemlerin fotometrik verilerini kullanarak, kütle oranlarının sağlıklı bir biçimde belirlenmesidir.

Çözümlere başlamadan önce, yarı-ayrık ve değen sistemler için bazı istatistik verilerin önceden belirlenmesi, çalışma açısından ve çalışma sırasında kullanılacak parametrelerin daha uygun değerler olarak ele alınması açısından yararlıdır. Bunun için, öncelikle yakın çift sistemlerin bilinen parametrelerini içeren bazı kaynaklardan yararlanılarak, bu sistemlerin en çok hangi kütle oranı aralıklarında buldukları saptanmaya çalışılmıştır. İlk olarak, Cester ve arkadaşları (1979) nın çift yıldızlarla ilgili çözüm kataloğu taranarak, burada yarı-ayrık ve değen sistemler olarak sınıflandırılmış olan sistemlerin kütle oranı değerleri, çizelge haline getirilmiştir (Çizelge 1). Daha sonra aynı işlem, Brancewicz ve Dworak (1980)'dan alınan aynı tür sistemler için yapılarak, Çizelge 2'de verilmiştir. Yıldızların en çok dağılmış oldukları kütle oranı aralıklarını saptamak amacıyla, bu iki çizelgeden Çizelge 3 oluşturulmuş ve dağılım grafikleri, Şekil 16 ve

Şekil 17'de verilmiştir. Şekil 16'da yarı-ayrık sistemlerin $q=0.25$ yöresinde, Şekil 17'de ise $q=0.65$ yöresinde en çok sayıda bulunduğu görülmektedir.

Çözümle ilgili işlere başlamadan önce, özellikle degen çiftlerle ilgili bazı dağılımları belirlememiz uygun olacaktır. Bu amaçla, literatürde degen çift sistem olarak çözümü yapılmış olan sistemler taranmış ve bu sistemlerle ilgili çizelgeler oluşturulmuştur. W Uma türü sistemlerden W türü olarak bilinen yıldızların, çözümle ilgili bazı parametreleri, Çizelge 4'te, listelenmiştir. Çizelgede, en sağda verilen sayılar, bir sistem için parametrelerin çoğunun alınmış olduğu kaynağın numarasıdır. Bu kaynaklar da, A türü, B türü ve Erken tür yakın çift yıldızlar için aynı biçimde oluşturulan Çizelgelerden (Çizelge 8, Çizelge 12, ve Çizelge 13) sonra verilmiştir. Çizelgelerdeki r_h ve r_c değerleri, kütle oranı değerleri kullanılarak, Plavec (1970)'den alınan ve bir degen sistemin bileşenlerinin ortalama Roche limit yarıçaplarını veren,

$$r_j = 0.38 + 0.20 * \text{Log} (m_j / m_{3-j}) \quad , \quad j = 1 , 2$$

denklemleriyle hesaplanmıştır. Tayf türleri ve dönem değerlerinin bir bölümü tayfsal çalışmaları içeren kaynaklardan, bir bölümü de G.C.V.S. (1985)'den alınmıştır. Kaynak numarası olmayan sistemlerin değerlerinin bazıları, kataloglardan alındığından ve bazıları da bir çok kaynak kullanılarak çizelgelere konduğundan, yanlarına kaynak numarası yazılmamıştır. Çizelge 4 ve Çizelge 8'den, bağıntıların hesaplanması için kullanılmak üzere, A ve W türü sistemlerin seçilen bazı parametreleri,

Çizelge 5 ve Çizelge 9'da listelenmiştir. Çizelge 6 ve Çizelge 10'da, Batten ve arkadaşları (1989)'ndan alınan tayfsal değerler verilmektedir. Bu çizelgelerin kullanılmasıyla yapılan hesaplamalar sonucu sistemlerin belirlenen bazı salt boyut değerleri, Çizelge 7 ve Çizelge 11'de verilmiştir. B türü ve E türü (erken tür) W UMA sistemlerinin çizelgeleri (Çizelge 12 ve Çizelge 13), veri azlığı nedeniyle, bu biçimde yeni çizelgelerin oluşturulması için kullanılamamıştır. Çizelge 7 ve Çizelge 11'deki değerlerin kullanılmasıyla, W türü ve A türü sistemler için, $\text{Log}(L_1/L_2)-\text{Log}(M_1/M_2)$ bağıntıları (Şekil 18 ve Şekil 19), $\text{Log}(L_1/L_2)-\text{Log}(R_1/R_2)$ bağıntıları (Şekil 21 ve Şekil 22), $\text{Log}(R_1/R_2)-\text{Log}(M_1/M_2)$ bağıntıları (Şekil 24 ve Şekil 25), en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmıştır. Şekil 19'da sol üstte görülen sapmış noktanın değerleri kaynaklardan yeniden denetlenmiş ve TY Pup adlı bu sistemin ışık eğrisinin geceden geceye çok değişim gösterdiği ve değme derecesinin %68 gibi oldukça büyük bir değer olduğu görülmüştür. Ayrıca sistem, oldukça basık (eccentric) bir yörüngeye sahiptir ve tayfsal çalışmaları çok sağlıklı yapılabilmemiş değildir (Maceroni, Milano ve Russo, 1982). Dolayısıyla bu özellikler yüzünden sistemin yörünge elemanları sağlıklı bir biçimde bulunamamıştır.

Bu bağıntılarda kullanılan değerler, Çizelge 14 te her iki tür için ayrı ayrı listelenmiştir. Aynı bağıntılar, bir de, A ve W türü sistemlerin verileri birleştirilerek tümü için hesaplanmıştır (Şekil 20, Şekil 23 ve Şekil 26). İlgili bağıntılar, hata değerleriyle birlikte aşağıda verilmektedir :

A türü sistemler : $\text{Log } (L_1/L_2) = 0.9111 * \text{Log } (M_1/M_2) + 0.1107$
 $\pm 1347 \qquad \qquad \qquad \pm 940$

$\text{Log } (L_1/L_2) = 2.0493 * \text{Log } (R_1/R_2) + 0.0376$
 $\pm 899 \qquad \qquad \qquad \pm 409$

$\text{Log } (R_1/R_2) = 0.4423 * \text{Log } (M_1/M_2) + 0.0276$
 $\pm 464 \qquad \qquad \qquad \pm 324$

W türü sistemler : $\text{Log } (L_1/L_2) = 0.8661 * \text{Log } (M_1/M_2) + 0.0336$
 $\pm 391 \qquad \qquad \qquad \pm 293$

$\text{Log } (L_1/L_2) = 1.7490 * \text{Log } (R_1/R_2) + 0.0196$
 $\pm 757 \qquad \qquad \qquad \pm 281$

$\text{Log } (R_1/R_2) = 0.4955 * \text{Log } (M_1/M_2) + 0.0081$
 $\pm 48 \qquad \qquad \qquad \pm 36$

A ve W türü sistemler : $\text{Log } (L_1/L_2) = 0.9728 * \text{Log } (M_1/M_2) + 0.0682$
 $\pm 289 \qquad \qquad \qquad \pm 670$

$\text{Log } (L_1/L_2) = 2.0149 * \text{Log } (R_1/R_2) + 0.0590$
 $\pm 421 \qquad \qquad \qquad \pm 557$

$\text{Log } (R_1/R_2) = 0.4817 * \text{Log } (M_1/M_2) + 0.0049$
 $\pm 81 \qquad \qquad \qquad \pm 200$

Burada, A ve W türleri için hesaplanan $\text{Log } (L_1 / L_2) - \text{Log } (M_1 / M_2)$ ortak bağıntısında $\text{Log } (M_1 / M_2)$ nin başına gelen katsayı, yalnız A türü ve yalnız W türü sistemler için bulunan bağıntılardaki katsayı değerlerinin arasında bir değer olması beklenirken her ikisinden de büyük bir değer olarak bulunmuştur. Bu değer yeniden denetlenerek hesaplanmış, fakat aynı değer bulunmuştur. Bunun nedeni, A ve W türleri için hesaplanan bağıntılar için kullanılan değerlerin birbiri ile iç-içe geçmiş değerlerden değil, ayrı ayrı gruplaşmış değerlerden hesaplanmış olmasıdır. A ve W türü sistemlerin kütle oranı değerleri ters

olduğundan (yani A türü sistemler için, $q=M_2/M_1$ iken W türü sistemler için $q=M_1/M_2$ olarak hesaplandığından) değerlerin bir bölümü 1'den küçük ve diğerleri ise 1'den büyük olmaktadır. Bu yüzden bu iki bağıntının her ikisinin de eğimi, ortak eğim değerinden büyük ya da küçük olabilmektedir. Burada elde edilen değerler, Smith (1984)'in verdiği değerlere oldukça yakındır. Bu bağıntılar için korelasyon katsayıları, her iki türün verilerinin birleştirilmesiyle yapılan hesaplamalarda, daha iyi değerlere sahiptir.

Yukarıda sözedilen çizelgelerin kullanılmasıyla, ayrıca, W türü ve A türü sistemlerin kütle oranı dağılımları (Şekil 27 ve Şekil 28), W türü sistemler için baş ve yoldaş yıldızların sıcaklık dağılımları (Şekil 29 ve Şekil 30), A türü sistemler için başyıldızların sıcaklık dağılımı (Şekil 31), W türü sistemlerin baş ve yoldaş yıldızlarının tayf dağılımları (Şekil 32 ve Şekil 33) ve A türü sistemlerin başyıldızlarının tayf dağılımı (Şekil 34) belirlenmiştir.

W türü sistemler en çok, $q=0.5$ kütle oranı değeri yöresinde dağılmışlardır. A türü sistemler ise, $q=0.2$ yöresinde en büyük sayıya ulaşmaktadır. W türü sistemlerinin başyıldızlarının sıcaklıkları en çok, $T=5500-6000^{\circ}\text{K}$ değerleri yöresindeyken, A türü sistemlerde maksimum değer $T=8000^{\circ}\text{K}$ yöresindedir. Yoldaş yıldızların sıcaklık dağılımında ise, W türü sistemlerde, yine başyıldızlarda olduğu gibi, $T=5500-6000^{\circ}\text{K}$ yöresinde ve A türü sistemlerde $T=8000^{\circ}\text{K}$ yöresinde, yoğunlaşma en fazladır. Tayf türlerine baktığımızda, W türü sistemlerin başyıldızlarının, en çok G5 tayf türü yöresinde, A türü sistemlerin başyıldızlarının ise, A7 tayf türü yöresinde en çok bulduklarını görüyoruz.

Ayrıca, W türü sistemlerin yoldaş yıldızları da, G5 ve K0 yöresinde, en büyük yığılmalara sahiptir.

Yukarıda yapılmış olan çizelgelerin dışında, değen çift sistemlerin kütle oranı değerlerinin, hangi aralıklarda en fazla olduğunu daha sağlıklı olarak belirlemek amacıyla, Cester ve arkadaşları (1979)'nın çözüm kataloğundan alınan yıldızların değerleri Çizelge 15'te, Brancewicz ve Dworak (1980)'tan alınan yıldızların değerleri Çizelge 16'da, sayı dağılım tablosu da Çizelge 18'de verilmiştir. İlgili grafikler Şekil 35 ve Şekil 36'da çizilmiştir. Bunlardan başka ayrıca, Batten ve arkadaşları (1978)'nin tayfsal sistemlerin yörünge elementleriyle ilgili kataloğundan da aynı işlem, yarı-ayrık ve değen çift sistemler için yapılmış ve Çizelge 17'de verilmiştir. Bununla ilgili sayı dağılım tablosu Çizelge 18'e eklenmiş ve kütle oranı dağılım grafiği de, Şekil 37'de verilmiştir. Çizelgedeki kütle oranı değerleri, $m_2 \cdot \sin^3 i$ değerlerinin $m_1 \cdot \sin^3 i$ değerlerine bölünmesiyle bulunmuştur. Bu değere sahip olmayan yıldızlar çizelgeye katılmamıştır. Şekil 35'e bakıldığında, değen çift yıldızlar için, yığılmanın daha çok $q=0.25$ değerinde olduğu görülmektedir. O halde, değen çiftlerde çözümlere, bu olası kütle oranı değeriyle başlanması uygun olabilir. Şekil 36'da ise, yığılmanın $q=0.65$ 'de olduğu görülmektedir. Üstelik, burada sayılamaya giren yıldız sayısı daha da çok olduğundan, $q=0.65$ değeri, $q=0.25$ değerinden daha olası görünmektedir. Öyleyse önce $q=0.65$ değeriyle çözüme başlamak daha uygundur. Yarı-ayrık ve değen tayfsal çift yıldızlar için elde edilmiş olan Şekil 37'ye bakıldığında ise, yığılmanın $q=0.95$ değerinde olduğu görülmektedir. Demek ki bir başka olası

değer de, bu olabilir. Eğer $q=0.65$ ve $q=0.25$ yöresinde uygun çözümlere ulaşılamazsa, bu kez $q=0.95$ değeri ile çözüm aranabilir.

Bu aşamadan sonra, tayfsal kütle oranı değeri bilinen bir değen çiftin ışık eğrisi, bu değer bilinmiyormuş gibi kabul edilerek, çözüm aranabilir. Eğer sonuçta uyuşma sağlanırsa, kütle oranını bulma yöntemimiz de belirlenmiş olur. Yöntem belirlendikten sonra, tayfsal kütle oranı değerleri bilinmeyen, bir ya da birkaç değen çift yıldızın ışık eğrisi çözülerek, fotometrik kütle oranı ($q_{ptm}=m_2/m_1$) değeri elde edilebilir.



ÇİZELGE 1.

Işık eğrisi çözümü yapılmış yarı-ayrık sistemler
Cester ve arkadaşları (1979)

1. sütun bu çizelgedeki sıra numarası, 2. sütun yıldız adını, 3. sütun yıldızın 4. sütunda verilen yöntemle bulunmuş kütle oranını, 4. sütun çözüm yöntemini, 5., 6., 7. ve 8. sütunlar 3. ve 4. sütunlarda olduğu gibi kütle oranı ve yöntemleri, 9. sütun tayfsal kütle oranını, 10. sütun çözümlerde kullanılan ışık eğrilerinin hangi dalgaboylarında elde edildiğini ve 11. sütun da bu değerlerin, kataloğun kaçınıcı sayfasından alındığını göstermektedir.
Yöntem sütunlarında kullanılan harflerin anlamları da şunlardır :
W = Wood, WD = Wilson-Devinney, HH = Hutchings ve Hill yöntemleri.

No	Yıldız	q ₁	Y.	q ₂	Y.	q ₃	Y.	q ₄ (sp)	LAMBDA	SAYFA
1	TW And	0.18	W	0.18	W	0.2	W	----	5310,4330	563
2	RW Ara	0.2	W	0.22	W	0.22	W	----	VBU	568
* 3	SX Aur	0.599	WD	----	----	----	----	0.534	VBU	572
* 4	BF Aur	0.831	WD	----	----	----	----	1.00	VBU	577
5	IM Aur	0.26	W	0.26	W	----	----	----	5410,4250	579
6	SU Boo	0.14	W	0.1	W	----	----	----	5300,4250	589
7	Y Cam	0.24	W	0.24	W	----	----	----	VB	591
8	SZ Cam	0.34	W	0.34	W	0.34	W	----	VBU	593
9	RZ Cnc	0.18	W	0.18	W	----	----	0.18	VB	596
		0.17	W	----	----	----	----	0.18	VB	597
10	R CMa	0.18	W	0.17	W	0.16	W	----	VBU	602
11	RZ Cas	0.35	W	0.35	W	0.35	W	----	VBU	610
12	TV Cas	0.34	W	0.44	W	0.40	W	----	VBU	611
		0.40	W	0.43	W	----	----	----	5400,V	612
		0.42	W	0.40	W	----	----	----	BU	613
13	TW Cas	0.41	W	0.43	W	0.40	W	----	Yel,Blue,V	614
		0.41	W	0.42	W	----	----	----	BU	615
		0.644	WD	----	----	----	----	----	VBU	632

ÇİZELGE 1 (devam)

No	Yıldız	q ₁	Y.	q ₂	Y.	q ₃	Y.	q ₄ (sp)	LAMBDA	SAYFA
*14	U Cep	0.67	W	----		----		0.67	B	631
15	XX Cep	0.17	W	----		----		----	4300	634
16	U CrB	0.38	W	0.38	W	----		0.38	VB	649
17	RW CrB	0.22	W	0.22	W	----		----	5500,5500	650
		0.21	W	0.21	W	----		----	4400,3700	651
18	SW Cyg	0.19	W	0.21	W	----		----	5310,4330	655
19	VW Cyg	0.28	W	0.31	W	----		----	4400,4400	657
20	WW Cyg	0.31	W	0.31	W	0.31	W	----	VBU	659
21	V548 Cyg	0.29	W	----		----		----	5150	668
22	W Del	0.18	W	0.18	W	----		----	5300,4300	672
23	Z Dra	0.23	W	----		----		----	5300	673
24	AI Dra	0.43	W	0.43	W	0.44	W	----	5200,VB	675
25	S Equ	0.12	W	0.12	W	----		----	VB	679
26	AS Eri	0.11	W	0.11	W	----		0.11	VB	680
		0.13	HH	0.18	HH	----		----	VB	681
27	RW Gem	0.29	W	----		----		----	V	683
28	AL Gem	0.09	W	0.10	W	0.10	W	----	VBU	685
29	UX Her	0.21	W	0.21	W	----		----	5500,4400	688
30	AD Her	0.33	W	0.33	W	----		----	VB	689
31	V338 Her	0.16	W	0.16	W	0.16	W	---	5400,4300,5310	694
32	U Her	0.32	W	0.32	W	----		0.32	RB	696
33	T LMi	0.09	W	0.10	W	0.12	W	----	VBU	709
34	K Lib	0.35	W	0.35	W	0.35	W	0.35	5400,4300,3700	710

ÇİZELGE 1 (devam)

No	Yıldız	q ₁	Y.	q ₂	Y.	q ₃	Y.	q ₄ (sp)	LAMBDA	SAYFA
35	RW Mon	0.33	W	----		----		----	7000	713
36	TU Mon	0.21	W	0.21	W	0.21	W	0.21	VBU	714
37	RV Oph	0.10	W	0.09	W	----		----	5310,4330	720
38	AW Peg	0.16	W	----		----		0.16	B	729
39	RT Per	0.244	W	0.244	W	----		----	V,V	731
40	ST Per	0.13	W	0.15	W	0.18	W	----	V,B,6900	732
41	IZ Per	0.25	W	0.26	W	0.41		----	VBU	735
*42	A Per	0.20	WD	----		----		0.22	4350,5500	736
		0.20	WD	----		----		----	16000	737
		0.25	HH	----		----		----	4500,5500,6000	
								6562,8660,16000	738	
43	Y Psc	0.24	W	0.25	W	----		----	5310,4330	739
44	V Pup	0.54	W	0.53	W	0.56	W	0.57	3370,3530,3750	742
		0.56	W	0.56	W	0.56	W	----	4020,4590,5180	743
		0.54	W	0.56	W	0.54	W	----	5830,6350,INT	744
		0.60	W	0.60	W	0.55	W	----	5180-5830	
								3370-3530,INT	745	
45	XZ Pup	0.42	W	0.40	W	----		----	VB	746
46	U Sge	0.33	W	0.33	W	0.33	W	0.33	VBU	749
47	XZ Sgr	0.14	W	0.14	W	----		----	VB	750
*48	V356 Sgr	0.38	W	0.38	W	----		0.38	VB	751
		0.3884	WD	----		----		----	VB	752
49	V505 Sgr	0.50	W	0.49	W	0.48	W	----	5000,4400,4100	753
*50	V453 Sco	1.74	WD	----		----		1.7	Yellow,Blue	756
*51	μ1 Sco	0.66	W	0.674	WD	----		0.66	B,3970	758

ÇİZELGE 1 (devam)

No	Yıldız	q ₁	Y.	q ₂	Y.	q ₃	Y.	q ₄ (sp)	LAMBDA	SAYFA
52	RW Tau	0.16	W	0.20	W	----	----		RV	759
		0.20	W	0.15	W	----	----		BU	760
		0.18	W	0.20	W	0.17	W	----	VBU	761
53	Lam Tau	0.27	W	0.27	W	0.28	W	0.27	VB,44-55-4500	766
54	X Tri	0.57	W	0.49	W	----	----		VB	767
55	TX UMa	0.30	W	0.30	W	0.30	W	0.30	VBU	769
		0.35	HH	----	----	----	----		VB	770
*56	VV UMa	0.22	HH	0.20	W	0.20	W	----	VBU	771
		0.21	W	0.20	W	----	----		VB	772
		0.23	WD	0.402	WD	----	----		V,V	773
		0.23	WD	0.404	WD	----	----		B,B	774
57	S Ve1	0.26	W	0.27	W	0.25	W	----	VBU	779
58	Z Vu1	0.43	W	0.43	W	0.43	W	0.42	VBU	784
59	RS Vu1	0.31	W	0.31	W	0.28	HH	0.31	V,B,4275-6500	785
60	BE Vu1	0.37	W	0.43	W	----	----		VB	786
*61	HD47732	0.79	WD	0.73	WD	----		0.73	Yellow,Blue	787

ÇİZELGE 2.

Brancewicz ve Dworak (1980) ' dan alınan yarı-ayrık sistemlerin kütle oranları.

Burada q ile gösterilen sütundaki değerler, M_2/M_1 olarak tanımlanan kütle oranı değerleridir.

Yıldız Adı	q	Yıldız Adı	q	Yıldız Adı	q	Yıldız Adı	q
TW	And 0.20	AC	Boo 0.68	RZ	Cen 0.60	W	Cru 0.70
UU	And 0.25	44 i	Boo 0.50	SS	Cen 0.25	ZZ	Cyg 0.55
BX	And 0.15	SS	Cam 1.33	SV	Cen 0.40	AE	Cyg 0.60
ST	Aqr 0.30	AY	Cam 0.86	VZ	Cen 0.70	BR	Cyg 0.90
AO	Aqr 0.87	RZ	Cnc 0.15	BF	Cen 0.56	CG	Cyg 0.63
CX	Aqr 0.70	RV	CVn 0.63	LW	Cen 0.86	GG	Cyg 0.75
CZ	Aqr 0.50	UX	CVn 0.42	MN	Cen 0.51	GM	Cyg 0.47
DD	Aqr 0.74	R	CMa 0.16	MQ	Cen 0.52	LN	Cyg 0.70
EE	Aqr 0.69	SX	CMa 0.79	V 380	Cen 0.40	MR	Cyg 0.85
FK	Aql 0.35	FF	CMa 0.80	V 621	Cen 0.50	V 345	Cyg 0.68
QS	Aql 0.17	UZ	CMi 0.75	V 752	Cen 0.78	V 346	Cyg 0.78
V 346	Aql 0.30	XZ	CMi 0.55	U	Cep 0.49	V 367	Cyg 0.70
V 415	Aql 0.83	YY	CMi 0.76	SU	Cep 0.60	V 442	Cyg 0.62
V 417	Aql 0.67	ST	Car 0.60	VW	Cep 0.35	V 448	Cyg 0.66
V 599	Aql 0.63	CV	Car 0.20	WY	Cep 0.74	V 470	Cyg 0.88
V 694	Aql 0.69	DV	Car 0.60	DW	Cep 0.49	V 505	Cyg 0.87
V 804	Aql 0.67	EZ	Car 0.61	GS	Cep 0.61	V 548	Cyg 0.58
V1182	Aql 0.60	HI	Car 0.50	SS	Cet 0.20	V 699	Cyg 0.54
RW	Ara 0.30	KQ	Car 0.67	TT	Cet 0.59	V 753	Cyg 0.69
UW	Ara 0.50	RZ	Cas 0.34	TX	Cet 0.69	V 909	Cyg 0.56
AH	Aur 0.90	TX	Cas 0.50	AA	Cet 0.43	V1073	Cyg 0.34
AK	Aur 0.60	ZZ	Cas 0.32	T	Cir 0.50	V1141	Cyg 0.75
AM	Aur 0.25	AO	Cas 0.82	RS	Col 0.67	V1305	Cyg 0.70
CY	Aur 0.69	CW	Cas 0.58	RZ	Com 0.48	W	Del 0.20
EO	Aur 1.00	EY	Cas 0.81	SS	Com 0.61	TY	Del 0.40
FP	Aur 0.58	IV	Cas 0.48	UU	CrA 0.68	DM	Del 0.30
IU	Aur 0.66	LR	Cas 0.59	Eps.	CrA 0.11	Z	Dra 0.27
TU	Boo 0.75	V 375	Cas 0.61	W	Crv 0.10	PR	Dra 0.25
TZ	Boo 0.17	V 380	Cas 0.68	PV	Crv 0.74	RZ	Dra 0.46
XY	Boo 0.61	RR	Cen 0.21	SX	Crv 0.43	SX	Dra 0.50

ÇİZELGE 2 (devam)

Yıldız Adı q			Yıldız Adı q			Yıldız Adı q			Yıldız Adı q		
TW	Dra	0.43	TZ	Lyr	0.68	X	Pic	0.40	WY	Tau	0.47
AR	Dra	0.73	UZ	Lyr	0.20	Y	Psc	0.24	CT	Tau	0.52
SV	Equ	0.60	TY	Men	0.17	SX	Psc	0.62	CU	Tau	0.67
YY	Eri	0.62	UX	Mon	0.44	RW	PsA	0.66	EQ	Tau	0.67
AS	Eri	0.11	AS	Mon	0.68	V	Pup	0.55	ET	Tau	0.45
CT	Eri	0.60	FW	Mon	0.45	TY	Pup	0.15	RV	Tri	0.47
AC	Gem	0.61	V 380	Mon	0.43	UZ	Pup	0.85	EQ	TrA	0.62
AF	Gem	0.60	TV	Mus	0.61	VY	Pup	0.70	WN	UMa	0.58
V	Gru	0.62	Z	Nor	0.80	XZ	Pup	0.30	TX	UMa	0.30
RV	Gru	0.70	IT	Nor	0.79	AU	Pup	0.84	VV	UMa	0.31
TT	Her	0.35	SW	Oph	0.33	AV	Pup	0.60	AA	UMa	0.75
TU	Her	0.30	UU	Oph	0.24	MQ	Pup	0.60	AW	UMa	0.10
AK	Her	0.35	V 501	Oph	0.47	TT	Pyx	0.60	BH	UMa	0.57
MT	Her	0.70	V 839	Oph	0.67	SW	Ret	0.67	W	UMi	0.48
U	Her	0.40	V 943	Oph	0.66	EL	Sge	0.61	RU	UMi	0.13
RX	Hya	0.25	V 947	Oph	0.69	WY	Sgr	0.58	S	Vel	0.17
SX	Hya	0.35	V 969	Oph	0.60	XY	Sgr	0.20	RX	Vel	0.47
WY	Hya	0.64	ER	Ori	0.61	ZZ	Sgr	0.15	CW	Vel	0.56
DI	Hya	0.68	ET	Ori	0.77	BN	Sgr	0.90	UW	Vir	0.24
EZ	Hya	0.67	BT	Pav	0.70	DV	Sgr	0.75	AG	Vir	0.32
SW	Lac	0.85	MW	Pav	0.64	V 497	Sgr	0.70	AH	Vir	0.42
VY	Lac	0.35	U	Peg	0.80	V 505	Sgr	0.51	AW	Vir	0.61
V	Leo	0.38	BG	Peg	0.51	V 525	Sgr	0.51	BD	Vir	0.35
VZ	Leo	0.81	BK	Peg	0.71	V2509	Sgr	0.80	BF	Vir	0.60
XY	Leo	0.80	BX	Peg	0.67	V2617	Sgr	0.60	Z	Vul	0.43
AM	Leo	0.30	DI	Peg	0.68	μ1	Sco	0.66	XZ	Vul	0.60
AP	Leo	0.31	FH	Peg	0.72	RT	Sc1	0.75	BI	Vul	0.70
T	LMi	0.22	RT	Per	0.25	CT	Sct	0.47	BO	Vul	0.25
Z	Lep	0.73	RV	Per	0.15	RS	Ser	0.60	CD	Vul	0.63
SS	Lib	0.83	RY	Per	0.20	A0	Ser	0.45	FR	Vul	0.75
VZ	Lib	0.60	XZ	Per	0.69	AU	Ser	0.66			
Delta	Lib	0.44	AB	Per	0.25	CX	Ser	0.69			
GG	Lup	0.61	IT	Per	0.72	Y	Sex	0.51			
SW	Lyn	0.50	KW	Per	0.61	RW	Tau	0.19			
RV	Lyr	0.35	Beta	Per	0.22	RZ	Tau	0.55			

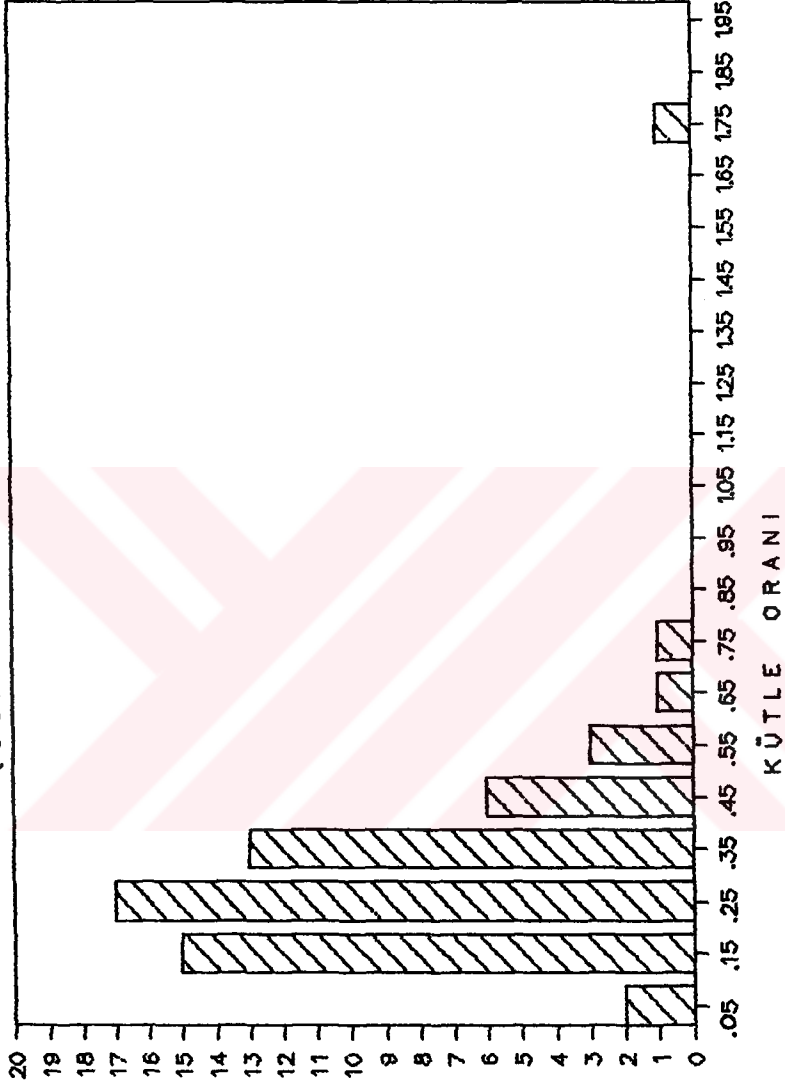
ÇİZELGE 3.

Cester ve ark. (1979) ve Brancewicz ve Dworak (1980)'dan seçilen yarı-ayrık sistemlerin q (kütle oranı) aralıklarına göre dağılımları.

Bu çizelgede 1. ve 4. sütunlar, seçilen kütle oranı q ($q=m_2/m_1$) değer aralıkları, 2. ve 5. sütunlardaki C, bu sütunlardaki değerlerin Cester ve arkadaşlarından alındıklarını, 3. ve 6. sütunlardaki B ise, bu sütunlardaki değerlerin Brancewicz ve Dworak'tan alındıklarını belirtmektedir.

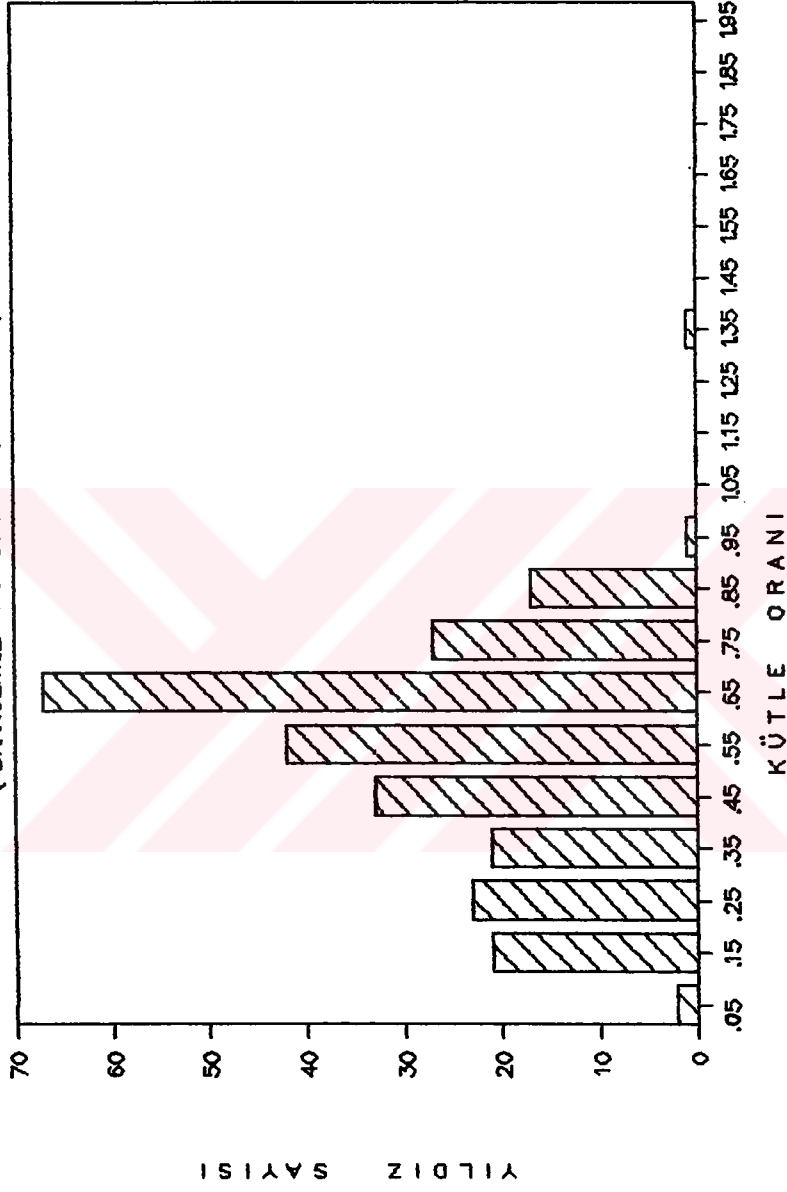
q aralığı	C	B	q aralığı	C	B
0.00 - 0.10	2	2	1.00 - 1.10	0	0
0.10 - 0.20	15	21	1.10 - 1.20	0	0
0.20 - 0.30	17	23	1.20 - 1.30	0	0
0.30 - 0.40	13	21	1.30 - 1.40	0	1
0.40 - 0.50	6	33	1.40 - 1.50	0	0
0.50 - 0.60	3	42	1.50 - 1.60	0	0
0.60 - 0.70	1	67	1.60 - 1.70	0	0
0.70 - 0.80	1	27	1.70 - 1.80	1	0
0.80 - 0.90	0	17	1.80 - 1.90	0	0
0.90 - 1.00	0	1	1.90 - 2.00	0	0

YARI-AYRIK ÇİFTLERİN Q DAĞILIMI
(CESTER ve ARK., 1978)



Şekil 16. Cester ve arkadaşları(1979)'nın çözüm kataloğundan alınan yarı-ayrık çift sistemlerin kütle oranı dağılım grafiği. En çok yığılma, $q=0.25$ değeri yöresindedir.

YARI-AYRIK ÇİFTLERİN Q DAĞILIMI
(BRANCEWICZ ve DWORAK . 1980)



Şekil 17. Brancewicz ve Dworak(1980)'dan alınan yarı-ayrık çift sistemlerin kütle oranı dağılım grafiği. En çok yığılma, $q=0.65$ değeri yöresindedir. Bu şekilde, bir önceki şekile göre daha fazla sayıda yıldız kullanılmıştır.

ÇİZELGE 4.

W türü degen çiftlerin fotometrik verileri

Bu çizelgede 1. sütun, yıldızın adını, 2. sütundaki P(gün), gün cinsinden yörünge dönemini (G.C.V.S., 1985), 3. sütundaki q_{ph} , fotometrik (ya da çözüm sonucu bulunan) kütle oranı değerini ($q_{ph}=m_2/m_1$), 4. sütundaki q_{sp} , yıldızın tayfsal (spektroskopik) kütle oranı değerini ($q_{sp}=m_2/m_1$), 5. sütundaki %f, Roche lobu dolurma yüzdesini, 6. sütundaki i, derece cinsinden yörünge eğikliği değerini, 7. ve 8. sütunlardaki r_h ve r_c , kütle oranı değerine göre, bir degen sistemin bileşenlerinin ortalama Roche limiti yarıçaplarını veren (Plavec, 1970), $r_j=0.38+0.20*\text{Log}(m_j/m_3-j)$; (j=1,2) denklemiyle hesaplanmış, sırasıyla sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin yarıçap değerleri, 9. ve 10. sütunlardaki $T_h(B)$ ve $T_c(B)$, B (mavi) renginde sırasıyla sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin σ_K cinsinden sıcaklıkları, 11. ve 12. sütunlardaki $L_h(B)$ ve $L_c(B)$, B (mavi) renginde sırasıyla sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin kesirsel ışıtmaları, 13. sütundaki tayf türü, yıldızların çeşitli kaynaklardan alınmış tayf türlerini ve 14. sütundaki Kyn. de, o satırdaki bilgilerin çoğunun alınmış olduğu kaynağın numarasını belirtmektedir.

Adı	P(gün)	q_{ph}	q_{sp}	%f	i	r_h	r_c	$T_h(B)$	$T_c(B)$	$L_h(B)$	$L_c(B)$	Tayf türü	Kyn.
AB And	0.3319	1.89	2.04	6		0.435	0.325					G5+G5	
		3.33	2.04	22	84.4	0.485	0.275						[10]
		1.908	1.545	13	85.8	0.436	0.324	5450	5798	0.580	0.42		[14]
		1.901	1.61	45	86.0	0.436	0.324	5559					[23]
S Ant	0.6483	1.695	1.694	9	69.5	0.426	0.334	7800	7340	0.317	0.683	A8+A9V	[12]
00 Aq1	0.5068	1.214		6	87.2	0.397	0.363	6267				G5V	[23]
AC Boo	0.3524	3.57		6		0.491	0.269					F8V	[10]
		3.3		34	87.5	0.485	0.275	6375					[23]

ÇİZELGE 4 (devam)

Adı	P(gün)	q _{ph}	q _{sp}	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
44İ Boo	0.2678	2.020	1.974	70.5	0.441	0.319	5800	5520	0.415	0.585	G2V+G2V	[17]	
		2.030	1.974	71.2	0.442	0.319	5800	5501	0.415	0.585		[19]	
		1.961	2.00	3	76.0	0.439	5648		0.199	0.801		[23]	
		2.02	2.010	70.5	0.441	0.319	5800	5520				[26]	
TY Boo	0.3171	2.63		14		0.464	0.296				G5+G3	[10]	
TZ Boo	0.2972	4.55				0.512	0.248	6246			G2V	[23]	
		7.692	1.328	66.9	0.557	0.203	5272	4900	0.097	0.903			
VW Boo	0.3423	2.94		18		0.474	0.286				G5	[10]	
A0 Cam	0.3299	0.769		1	75.0	0.357	0.403	5520	5826	0.517	0.483	G5	[28]
		1.220			77.2	0.397	0.363	5520	4995	0.670	0.330		[29]
		0.750			76.9	0.355	0.405	5520	5179	0.670	0.330		[29]
CW Cas	0.3188		2.50		75.0	0.460	0.300				G8P	[23]	
V523 Cas	0.2337	1.639		11		0.423	0.337				K4	[10]	
		1.649	2.400	15	80.8	0.423	0.337	4400	4225		K5V	[26]	
V757 Cen	0.3432	1.490	1.468	14	69.3	0.415	0.345	6000	5927		G0V+G0V	[26]	
BE Cep	0.4244	1.150		26	77.6	0.392	0.368	5900	5040	0.610	0.390		[1]
		1.150		23	76.9	0.392	0.368	5900	5030	0.679	0.321		[1]

ÇİZELGE 4 (devam)

Ad1	P(gün)	qph	qsp	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
ER Cep	0.2857		1.515	15	77.8			5853				G9	[23]
		1.695				0.426	0.334						[25]
		1.820		1	78.1	0.432	0.328	5330	5061				[26]
GW Cep	0.3188	2.703		88	83.9	0.466	0.294	5800				G3	
VW Cep	0.2783	2.08	2.44	18	65.4	0.444	0.316			0.914	0.086	G8+G5	[10]
		3.04	2.44		65.4	0.477	0.283					G5+KOV	[17]
					67.0			5548					[23]
TW Cet	0.3169	1.664		4	83.7	0.424	0.336	5600	5470	0.417	0.583	G5+G5	[12]
		1.722	1.912	3	83.2	0.427	0.333	5600	5470	0.417	0.583		[17]
		1.927	1.88		88.0	0.437	0.323	6150		0.713	0.287		[23]
		1.722	1.888	3	83.2	0.427	0.333	5600	5460				[26]
TX Cnc	0.3829	1.67		7		0.424	0.336					F8V+F7V	[10]
			1.61	21	63.1	0.421	0.339	6523				G0	[23]
		1.754	1.886			0.429	0.331						[25]
		1.678	1.614	8	62.4	0.425	0.335	6400	6431	0.378	0.622		[26]
AH Cnc	0.3604	2.00	1.875	15	67.0	0.440	0.320	7236				F5+F7	[23]
		2.000		44	63.6	0.440	0.320	6500	6314				[26]
		2.000		44	63.6	0.440	0.320						

ÇİZELGE 4 (devam)

Ad1	P (gün)	q _{ph}	q _{sp}	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
CC Com	0.2207	1.704	2.156	24	87.7	0.426	0.334	4300	4265	0.622	0.378	K5+K6V	[9]
		1.96		20		0.439	0.322	4500					[10]
		1.930	2.128	22	87.9	0.437	0.323	4500	4317	0.432	0.568		[20]
			1.92	24	90	0.437	0.323	4553					[23]
		1.932	1.934	20	87.9	0.437	0.323	4500	4302				[26]
RZ Com	0.3385	2.326	2.326			0.453	0.307					K0+G9	[10]
		2.292	2.340	7	86.0	0.452	0.308					G2V	[17]
		2.33	2.101		86	0.453	0.307	6814					[23]
		2.292	2.077	7	86.0	0.452	0.308	5500	5564				[26]
RW Dor	0.2855	1.10		15	77.1	0.388	0.372	5400	5050	0.563	0.437	G	[13]
BV Dra	0.3501	1.250	2.459	8	74.6	0.399	0.361	6200	6099	0.471	0.529	F9V+F8V	[21]
		1.250	1.251	10	74.5	0.399	0.361	6200	6086			F7V	[26]
BW Dra	0.2922	2.551	3.591	22	74.2	0.461	0.299	5980	5827	0.334	0.622	G3V+G0V	[7]
		1.2		10	67.0	0.396	0.364	6000	5887	0.487	0.513		[21]
		1.2		10	70.0	0.396	0.364	6000	5917				[26]
YY Eri	0.3215	1.705	2.456	24	79.2	0.426	0.334	5600	5417	0.431	0.569	G5+G5	[20]
		1.696	1.043	18	79.0	0.426	0.334	5600	5417	0.431	0.569		[23]
			1.69	20	84.0	0.426	0.334	6224		0.571	0.429		[26]
		1.705	1.538	24	79.2	0.426	0.334	5600	5407	0.431	0.569		[30]
		2.494		15	82.5			5600	5362	0.637	0.363		

ÇİZELGE 4 (devam)

Adı	P (gün)	q _{ph}	q _{sp}	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
EM Lac	0.3891	1.662		28	74.3	0.424	0.336	5500	5426	0.425	0.575	F	[21]
		1.59		28	74.4	0.420	0.340	5500	5450	0.409	0.591		[26]
		1.560		28	74.4	0.419	0.341	5500	5438				
SW Lac	0.3207	1.150	1.172	24	80.0	0.392	0.368	5400	5372	0.477	0.523	G3+G3	[22]
		1.15	1.179	37	81.8	0.392	0.368	5630		0.562	0.438	G8V+G8V	[23]
		1.160	1.173	26	80.6	0.393	0.367	5400	5379				[26]
AM Leo	0.3658		2.410	22	85.8	0.456	0.304	6803				F8V	[23]
XY Leo	0.2841	1.219	1.625	9	67.7	0.397	0.363			0.750	0.250	K0V+K0	[23]
		1.22	1.27		68.0	0.397	0.363	5221					[26]
		1.219	1.259	9	67.7	0.397	0.363	4600	4300				
VW Leo	0.2841	1.923	2.000			0.437	0.323						[25]
V502 Oph	0.4534	2.650	2.683	24	71.3	0.465	0.295	6200	5982	0.338	0.662	G2V+F9V	[10]
		2.50		10		0.460	0.300					F5	[20]
		2.653		25	70.9	0.465	0.295	6200	5982	0.338	0.662		[23]
		2.94		10	74.0	0.474	0.286	6359					[26]
	2.650	2.473	24	71.3	0.465	0.295	6200	5968					

ÇİZELGE 4 (devam)

Adı	P(gün)	q _{ph}	q _{sp}	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
ER Orı	0.4234	1.990 1.85	1.654	16	80.9	0.440 0.434	0.320 0.327	5800	5650	0.380	0.380	G1 F8V	[10] [12] [23] [26]
		1.990 1.321 1.990		1 6 0	80.9 81.1 80.9	0.440 0.404 0.440	0.320 0.356 0.320	5800 6961 5800	5650 5650 5650	0.380			
BB Peg	0.3615	2.490		37	79.9	0.459	0.301	6200	5883			F8	[26]
BX Peg	0.2804	2.695		84	87.8	0.466	0.294	5700				G4+G5	
U Peg	0.3748	1.861 1.833	3.125	16	74.9	0.434 0.433	0.326 0.327	6800 6800	6630 6630	0.396 0.396	0.603	G2+G2 F3+F3	[12] [23] [26]
		1.861	1.24 1.242	10 16	75.0 74.9	0.399 0.433	0.361 0.327	6213 6800	6615				
AE Phe	0.3624	2.514 2.5	2.258	20	89.0	0.460	0.300	6100 6100	5890 5890	0.344 0.340	0.656	GOV+GOV	[19] [19] [26]
		2.514	2.000	20	89.0	0.460	0.300	6100	5871				
RW PsA	0.3605	1.230 2.56		8 5	77.5	0.398 0.462	0.362 0.298	5752				G7	[23] [10]
AU Ser	0.3865	1.493		13	87.0	0.415	0.345	5704				G5	[23]

ÇİZELGE 4 (devam)

Adı	P(gün)	q _{ph}	q _{sp}	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
W UMa	0.3336	2.33		13		0.453	0.307				0.604	G2	[10]
		1.85		13	84.0	0.434	0.327	6226				F8V+F8V	[23]
AH Vir	0.4075	2.924	2.44	76	86.5	0.473	0.287	5400		0.72	0.28	K0V+K0V	[18]
	0.4075				74.8	0.458	0.303						[23]
		2.38		13	79.1	0.455	0.305	5859			0.656		[23]
HD101799	0.3702	3.344		7	83.2	0.485	0.275	6338					[23]
		3.334	3.211	6	83.2	0.485	0.275	6234	6210				[26]

ÇİZELGE 5.

Çizelge 4'ten bağıntılarda kullanılmak üzere seçilen W türü sistemler ve bazı parametreleri.

Bu çizelgede 1. sütun, yıldızın adını, 2. sütundaki q_{ph} , fotometrik (ya da çözüm sonucu bulunan) kütle oranı değerini ($q_{ph}=m_2/m_1$), 3. sütundaki q_{sp} , yıldızın tayfsal (spektroskopik) kütle oranı değerini ($q_{sp}=m_2/m_1$), 4. sütundaki i , derece cinsinden yörünge eğikliği değerini, 5. ve 6. sütunlardaki r_h ve r_c , kütle oranı değerine göre, bir degen sistemin bileşenlerinin ortalama Roche limit yarıçaplarını veren (Plavec, 1970), $r_j=0.38+0.20*\text{Log}(m_j/m_{3-j})$; ($j=1,2$) denklemiyle hesaplanmış, sırasıyla sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin yarıçap değerleri, 7. ve 8. sütunlardaki $T_h(B)$ ve $T_c(B)$, B (mavi) renginde sırasıyla sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin $^{\circ}K$ cinsinden sıcaklıklarını belirtmektedir.

Yıldız Adı	q_{ph}	q_{sp}	i	r_h	r_c	$T_h(B)$	$T_c(B)$
AB And	1.908	1.545	85.8	0.3239	0.4361	5798	5450
S Ant	1.695	1.694	69.5	0.3342	0.4258	7800	7340
44i Boo	2.020	1.974	70.5	0.3189	0.4411	5800	5520
TZ Boo	7.692	1.328	66.9	0.2028	0.5572	5272	4900
V523 Cas	1.649	2.400	80.8	0.3366	0.4234	4400	4225
V757 Cen	1.490	1.468	69.3	0.3454	0.4146	6000	5927
TW Cet	1.722	1.912	83.2	0.3328	0.4272	5600	5470
AH Cnc	2.000	1.875	63.6	0.3198	0.4402	6500	6314
TX Cnc	1.678	1.614	62.4	0.3350	0.4250	6431	6400
CC Com	1.704	2.156	87.7	0.3337	0.4263	4300	4265
RZ Com	2.292	2.340	86.0	0.3080	0.4520	5564	5500
BV Dra	1.250	2.459	74.6	0.3606	0.3994	6200	6099

ÇİZELGE 5 (devam)

Yıldız Adı	q_{ph}	q_{sp}	i	r_h	r_c	$T_h(B)$	$T_c(B)$
BW Dra	1.200	3.591	70.0	0.3642	0.3958	6000	5917
YY Eri	1.705	2.456	79.2	0.3337	0.4263	5600	5407
SW Lac	1.150	1.173	80.0	0.3679	0.3921	5400	5372
V502 Oph	2.650	2.683	71.3	0.2954	0.4646	6200	5968
ER Ori	1.990	1.654	80.9	0.3202	0.4398	5800	5650
U Peg	1.861	3.125	74.9	0.3261	0.4339	6800	6615
AE Phe	2.514	2.258	89.0	0.2999	0.4601	6100	5890

ÇİZELGE 6.

W türü sistemlerin, Batten ve arkadaşları (1989)'dan bağıntılarda kullanılmak üzere seçilen bazı tayfsal değerleri.

Bu çizelgedeki değerler, Batten ve arkadaşları(1989)'nın kataloğundan alınmış değerlerdir. 1. sütun yıldızın adını, 2. sütun $f(m)=m_2^3 \sin^3 i / (m_1+m_2)^2$ olarak tanımlanan kütle fonksiyonunu, 3. ve 4. sütunlardaki $m_1 \sin^3 i$ ve $m_2 \sin^3 i$ değerleri, güneş kütlesi biriminde, yörünge eğikliği i 'nin tam olarak belirlenemediği durumlarda yıldızın dikine hız çözümünden elde edilen, bileşenlerin kütlelerinin i 'ye bağlı değerlerini, 5. sütundaki $a \sin i$, kilometre biriminde, bileşenlerin merkezleri arasındaki uzaklığın i 'ye bağlı değeri, 6. ve 7. sütunlardaki $a_1 \sin i$ ve $a_2 \sin i$ değerleri, kilometre biriminde, bileşenlerin kütlelerinin ayrı ayrı belirlenemediği durumlarda, bileşenlerin yörünge yarıçaplarının i 'ye bağlı değerlerini belirtmektedir.

Yıldız Adı	f(m)	$m_1 \sin^3 i$	$m_2 \sin^3 i$	a Sin i	$a_1 \sin i$	$a_2 \sin i$
AB And		1.700	1.100		753000	1210000
S Ant	0.053			823000		
44i Boo		0.770	0.390		425000	851000
TZ Boo		0.610	0.810		135000	1020000
V523 Cas		0.600	0.250		309000	742000
V757 Cen		0.690	0.470		614000	897000
TW Cet		1.300	0.680		588000	1110000
AH Cnc		0.600	0.320		503000	937000
TX Cnc		0.710	0.440		618000	1000000
CC Com		0.690	0.320		343000	731000
RZ Com		1.100	0.470		498000	1150000
BV Dra		0.910	0.370		452000	1120000
BW Dra		0.790	0.220		283000	1010000
YY Eri		0.570	1.400		1240000	495000

ÇİZELGE 6 (devam)

Yıldız Adı	f(m)	$m_1 \sin^3 i$	$m_2 \sin^3 i$	a Sin i	$a_1 \sin i$	$a_2 \sin i$
SW Lac		0.810	0.950		893000	761000
V502 Oph		1.100	0.410		536000	1450000
ER Ori		0.430	0.260		553000	902000
U Peg		1.000	0.320		1270000	622000
AE Phe		1.400	0.620		589000	1280000



ÇİZELGE 7.

W türü sistemlerin, Çizelge 5 ve Çizelge 6'dan, bağıntılarda kullanılmak üzere hesaplanan, salt boyutlarıyla ilgili bazı değerleri.

Bu çizelgede, 1. sütun yıldızın adını, 2. ve 3. sütunlardaki R_h ve R_c değerleri, santimetre biriminde, sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin yarıçap değerlerini, 4. ve 5. sütundaki L_h ve L_c değerleri, saniyede erg biriminde sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin ışıyım gücü değerlerini, 6. ve 7. sütunlardaki L_h/L_\odot ve L_c/L_\odot değerleri, bileşenlerin güneş biriminde ışıyım gücü değerlerini, 8. ve 9. sütunlardaki M_1/M_\odot ve M_2/M_\odot değerleri, güneş biriminde, bileşenlerin kütle değerlerini belirtmektedir.

Yıldız Adı	R_h	R_c	L_h	L_c	L_h/L_\odot	L_c/L_\odot	M_1/M_\odot	M_2/M_\odot
AB And	6.4E10	8.6E10	3.3E33	4.6E33	0.8544	1.2092	1.7138	3.2706
S Ant	2.9E10	3.7E10	2.3E33	2.9E33	0.5937	0.7558	0.0962	0.1630
44i Boo	4.3E10	6.0E10	1.5E33	2.4E33	0.3923	0.6157	0.9193	1.8570
TZ Boo	2.5E10	7.0E10	3.6E32	2.0E33	0.0932	0.5250	0.7838	6.0292
V523 Cas	3.6E10	4.5E10	3.4E32	4.6E32	0.0895	0.1205	0.6238	1.0286
V757 Cen	5.6E10	6.7E10	2.9E33	3.9E33	0.7504	1.0296	0.8429	1.2560
TW Cet	5.7E10	7.3E10	2.3E33	3.4E33	0.5925	0.8888	1.3278	2.2865
AH Cnc	5.1E10	7.1E10	3.4E33	5.7E33	0.8777	1.4807	0.8349	1.6698
TX Cnc	6.1E10	7.8E10	4.6E33	7.2E33	1.1903	1.8791	1.0201	1.7118
CC Com	3.6E10	4.6E10	3.1E32	4.9E32	0.0818	0.1292	0.6917	1.1786
RZ Com	5.1E10	7.5E10	1.8E33	3.6E33	0.4616	0.9491	1.1081	2.5397
BV Dra	5.9E10	6.5E10	3.6E33	4.2E33	0.9503	1.0916	1.0155	1.2694
BW Dra	5.0E10	5.4E10	2.3E33	2.6E33	0.6054	0.6763	0.9521	1.1425
YY Eri	5.9E10	7.5E10	2.4E33	3.5E33	0.6356	0.9014	0.6014	1.0254
SW Lac	6.2E10	6.6E10	2.3E33	2.6E33	0.6039	0.6718	0.8481	0.9753

ÇİZELGE 7 (devam)

Yıldız Adı	R_h	R_c	L_h	L_c	L_h/L_\odot	L_c/L_\odot	M_1/M_\odot	M_2/M_\odot
V502 Oph	6.2E10	9.7E10	4.0E33	8.6E33	1.0544	2.2393	1.2944	3.4300
ER Ori	4.7E10	6.5E10	1.8E33	3.0E33	0.4686	0.7962	0.4467	0.8888
U Peg	6.4E10	8.5E10	6.2E33	9.9E33	1.6243	2.5753	1.1112	2.0679
AE Phe	5.6E10	8.6E10	3.1E33	6.3E33	0.8094	1.6561	1.4006	3.5212

ÇİZELGE 8.

A türü deġen çiftlerin fotometrik verileri

Bu çizelgede 1. sütun, yıldızın adını, 2. sütündeki P(gün), gün cinsinden yörünge dönemini (G.C.V.S., 1985), 3. sütündeki qph, fotometrik (ya da çözüm sonucu bulunan) kütle oranı deġerini ($q_{ph}=m_2/m_1$), 4. sütündeki qsp, yıldızın tayfsal (spektroskopik) kütle oranı deġerini ($q_{sp}=m_2/m_1$), 5. sütündeki %f, Roche lobu doldurma yüzdesini, 6. sütündeki i, derece cinsinden yörünge eğikliği deġerini, 7. ve 8. sütunlardaki r_h ve r_c, kütle oranı deġerine göre, bir deġen sistemin bileşenlerinin ortalama Roche limiti yarıçaplarını veren (Plavec, 1970), $r_j=0.38+0.20*\text{Log}(m_j/m_3-j)$; (j=1,2) denklemiyle hesaplanmış, sırasıyla sıcak (h) ve soġuk (c) bileşenlerin yarıçap deġerleri, 9. ve 10. sütunlardaki T_h(B) ve T_c(B), B (mavi) renginde sırasıyla sıcak (h) ve soġuk (c) bileşenlerin σ_K cinsinden sıcaklıkları, 11. ve 12. sütunlardaki L_h(B) ve L_c(B), B (mavi) renginde sırasıyla sıcak (h) ve soġuk (c) bileşenlerin kesirsel ışıtmaları, 13. sütündeki tayf türü, yıldızların çeşitli kaynaklardan alınmış tayf türlerini ve 14. sütündeki Kyn. de, o satırdaki bilgilerin çoğunun alınmış olduğu kaynağın numarasını belirtmektedir.

Adı	P(gün)	qph	qsp	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
S Ant	0.6483	0.590	0.590	9	69.5	0.334	0.426	7800	7340	0.317	0.683	A9V	[12]
V535 Ara	0.6293	0.36		22		0.291	0.469					A5	[10]
		0.361		3	82.0	0.292	0.469					A8V	[23]
		0.361	0.293	3	82.1	0.292	0.469	8750	8572				[26]
XY Boo	0.3705	0.18		50		0.231	0.529					F5V	[10]
		0.185		55	68.4	0.233	0.527	6970				F7	[23]
		0.183	0.16			0.221	0.539					F8	[25]
		0.182	0.158	5	69.0	0.232	0.528	7200	7102				[31]

ÇİZELGE 8 (devam)

Ad1	P(gün)	qph	qsp	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
VW Boo	0.3423	0.55		16		0.328	0.432					G5	[10]
RR Cen	0.6057	0.18		34		0.231	0.529					A9+F0V	[10]
		0.180		40	78.7	0.231	0.529	7702				F5	[23]
		0.180	0.206	35	78.7	0.231	0.529	7250	7188				[26]
Eps CrA	0.5914	0.113		32	72.3	0.191	0.569	7279				F0V	[23]
		0.112	0.112	30	72.3	0.190	0.570	7100	6639			F2V	[26]
W Crv	0.3881	0.78		26		0.358	0.402					F5	[10]
		0.817		25	86.5	0.358	0.402	5892					[23]
			0.78	35	86.0	0.362	0.398	5600	4937				[26]
DK Cyg	0.4707	0.33		35		0.284	0.476					A7V	[10]
		0.271		55	80.3	0.267	0.493	8215					[23]
		0.33		35	84	0.284	0.476	8289					[23]
		0.271		55	80.3	0.267	0.493	7351	7200				[26]
V1073 Cyg	0.7859	0.34		7		0.286	0.474					A3V	[10]
		0.24		13	69.6	0.256	0.504					F1	[23]
AK Her	0.4215	0.23	0.233	10		0.252	0.508					F2+F6	[10]
		0.233		10	80.8	0.254	0.507	6613				F8V	[23]
		0.233		10	80.8	0.254	0.507	6400	6033	0.834			[16]

ÇİZELGE 8 (devam)

Adı	P(gün)	q _{ph}	q _{sp}	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
FG Hya	0.3278	0.15		59		0.215	0.545					G0	[10]
		0.142		80	85.2	0.211	0.550	6195					[23]
		0.145		50	88.0	0.212	0.548	6191					[23]
		0.142		78	85.2	0.105	0.655	5900	5816				[26]
UZ Leo	0.6180	0.24		17		0.256	0.504					A7	[10]
		0.249		96	82.4	0.259	0.501	7729					[23]
UV Lyn	0.4150	0.526		14	67.7	0.324	0.436	6709	6290			F8	[26]
TY Men	0.4617	0.22		17		0.249	0.512					A3+A4V	[10]
		0.215		10	79.5	0.247	0.514	8164	7183			A9	[26]
UZ Oct	1.1494	0.276		22	78.5	0.268	0.492	6605	6577				[26]
		0.250		15	77.4	0.260	0.500	5900	5900	0.740			[32]
V566 Oph	0.4096	0.239	0.243	41	79.8	0.256	0.504	6700	6618			F4V+F4V	[10]
		0.23		25		0.252	0.508						[23]
		0.238	0.24	25	80.0	0.255	0.505	7470					[26]
		0.239	0.341	41	79.8	0.256	0.504	6700	6618				[26]
V1010 Oph	0.6614	0.46		18		0.313	0.447					A5V	[10]
		0.489		18	85.1	0.318	0.442						[23]

ÇİZELGE 8 (devam)

Adı	P(gün)	q _{ph}	q _{sp}	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
MW Pav	0.7950	0.18		47		0.231	0.529					F3V	[10] [26]
		0.183		44	85.2	0.233	0.528	7620	7565				
AE Phe	0.3624	0.400	0.443	15	89.0	0.301	0.460	6100	5890	0.340	0.656	GOV+GOV	[19]
RW PsA	0.3605	0.81		7		0.362	0.398					G7	[10] [26]
		0.813		7	77.4	0.362	0.398	5600	5325				
TY Pup	0.8192	0.326	0.326	59	67.8	0.283	0.477	7800	7564	0.754	0.246	A9	[20] [26]
		0.326		63	67.8	0.283	0.477	7800	7658				
Y Sex	0.4198	0.175	0.18			0.229	0.531					F8	[25]
RZ Tau	0.4157	0.37	0.540	55		0.294	0.466					A8	[10]
		0.372		55	82.9	0.294	0.466	6987				A7V+A7V	[23] [26]
		0.372	0.538	55	82.9	0.294	0.466	7200	7146				
AQ Tuc	0.7398	0.277	0.350	29	78.6	0.269	0.492	8810	8784	0.761	0.239	F2	[19]
		0.277		29	78.6	0.269	0.492	8810	8784	0.761	0.239		[26]
AW UMa	0.4387	0.08		30		0.161	0.599					A9	[10]
		0.072	0.07	75	79.1	0.152	0.609	7419				F0+F2	[23]
		0.079	0.923	50	80.0	0.160	0.601	7428					[23]
		0.072	0.069		79.1	0.152	0.609	7175	6875				[26]

ÇİZELGE 8 (devam)

Adı	P(gün)	q _{ph}	q _{sp}	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
TY UMa	0.3545	0.400		12	83.3	0.300	0.460	5500	5361			F7+F0	[26]
W UMa	0.3336	0.430	0.490			0.307	0.453					F8V+F8V	
BU Ve1	0.5163	0.40		25		0.300	0.460					F0	[10]
		0.251		61	84.9	0.260	0.500	8134					[23]
		0.251		61	84.9	0.260	0.500	7500	7448				[26]
AG Vir	0.6427	0.28	0.280	11	80.7	0.269	0.491	7700	6520	0.8743	0.1257	A2	[2]
			0.29		72.5	0.273	0.488					A7+A9V	[18]
BV845	0.5372	0.40		26		0.300	0.460					A5	[10]

ÇİZELGE 9.

Çizelge 8'den bağıntılarda kullanılmak üzere seçilen A türü sistemler ve bazı parametreleri.

Bu çizelgede 1. sütun, yıldızın adını, 2. sütundaki q_{ph} , fotometrik (ya da çözüm sonucu bulunan) kütle oranı değerini ($q_{ph}=m_2/m_1$), 3. sütundaki q_{sp} , yıldızın tayfsal (spektroskopik) kütle oranı değerini ($q_{sp}=m_2/m_1$), 4. sütundaki i , derece cinsinden yörünge eğikliği değerini, 5. ve 6. sütunlardaki r_h ve r_c , kütle oranı değerine göre, bir değen sistemin bileşenlerinin ortalama Roche limit yarıçaplarını veren (Plavec, 1970), $r_j=0.38+0.20*\text{Log}(m_j/m_{3-j})$; ($j=1,2$) denklemiyle hesaplanmış, sırasıyla sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin yarıçap değerleri, 7. ve 8. sütunlardaki $T_h(B)$ ve $T_c(B)$, B (mavi) renginde sırasıyla sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin °K cinsinden sıcaklıklarını belirtmektedir.

Yıldız Adı	q_{ph}	q_{sp}	i	r_h	r_c	$T_h(B)$	$T_c(B)$
S Ant	0.590	0.590	69.5	0.4258	0.3342	7800	7340
V535 Ara	0.361	0.293	82.1	0.4685	0.2915	8750	8572
XY Boo	0.182	0.158	69.0	0.5280	0.2320	7200	7102
RR Cen	0.180	0.206	78.7	0.5289	0.2311	7250	7188
Eps CrA	0.112	0.112	72.3	0.5702	0.1898	7100	6639
AK Her	0.233	0.233	80.8	0.5065	0.2535	6400	6033
V566 Oph	0.239	0.243	79.8	0.5043	0.2557	6700	6618
AE Phe	0.400	0.443	89.0	0.4596	0.3004	6100	5890
TY Pup	0.326	0.326	67.8	0.4774	0.2826	7800	7564
RZ Tau	0.372	0.538	82.9	0.4659	0.2941	7200	7146
AQ Tuc	0.277	0.350	78.6	0.4915	0.2685	8810	8784
AW UMa	0.072	0.923	79.1	0.6085	0.1515	7175	6875
AG Vir	0.280	0.280	80.7	0.4906	0.2694	7700	6520

ÇİZELGE 10.

A türü sistemlerin, Batten ve arkadaşları (1989)'dan bağıntılarda kullanılmak üzere seçilen bazı tayfsal değerleri.

Bu çizelgedeki değerler, Batten ve arkadaşları(1989)'nın kataloğundan alınmış değerlerdir. 1. sütun yıldızın adını, 2. sütun $f(m)=m_2^3 \sin^3 i / (m_1+m_2)^2$ olarak tanımlanan kütle fonksiyonunu, 3. ve 4. sütunlardaki $m_1 \sin^3 i$ ve $m_2 \sin^3 i$ değerleri, güneş kütlesi biriminde, yörünge eğikliği i 'nin tam olarak belirlenemediği durumlarda yıldızın dikine hız çözümünden elde edilen, bileşenlerin kütlelerinin i 'ye bağlı değerlerini, 5. sütundaki $a \sin i$ kilometre biriminde, bileşenlerin merkezleri arasındaki uzaklığın i 'ye bağlı değeri, 6. ve 7. sütunlardaki $a_1 \sin i$, $a_2 \sin i$ değerleri, kilometre biriminde, bileşenlerin kütlelerinin ayrı ayrı belirlenemediği durumlarda, bileşenlerin yörünge yarıçaplarının i 'ye bağlı değerlerini belirtmektedir.

Yıldız Adı	$f(m)$	$m_1 \sin^3 i$	$m_2 \sin^3 i$	$a \sin i$	$a_1 \sin i$	$a_2 \sin i$
S Ant	0.053			823000		
V535 Ara		1.500	0.440		615000	2050000
XY Boo		0.760	0.120		199000	1250000
RR Cen		1.800	0.370		466000	2220000
Eps CrA	0.001			209000		
AK Her	0.021			452000		
V566 Oph		1.400	0.340		377000	1570000
AE Phe		1.400	0.620		589000	1280000
TY Pup	0.010			552000		
RZ Tau		1.600	0.860		772000	1430000
AQ Tuc		1.800	0.630		724000	2040000
AW UMa		1.300	1.200		7170000	7950000
AG Vir	0.023			620000		

ÇİZELGE 11.

A türü sistemlerin, Çizelge 9 ve Çizelge 10'dan, bağıntılarda kullanılmak üzere hesaplanan, salt boyutlarıyla ilgili bazı değerleri.

Bu çizelgede, 1. sütun yıldızın adını, 2. ve 3. sütunlardaki R_h ve R_c değerleri, santimetre biriminde, sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin yarıçap değerlerini, 4. ve 5. sütundaki L_h ve L_c değerleri, saniyede erg biriminde sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin ışınım gücü değerlerini, 6. ve 7. sütunlardaki L_h/L_\odot ve L_c/L_\odot değerleri, bileşenlerin güneş biriminde ışınım gücü değerlerini, 8. ve 9. sütunlardaki M_1/M_\odot ve M_2/M_\odot değerleri, güneş biriminde, bileşenlerin kütle değerlerini belirtmektedir.

Yıldız Adı	R_h	R_c	L_h	L_c	L_h/L_\odot	L_c/L_\odot	M_1/M_\odot	M_2/M_\odot
S Ant	3.7E10	2.9E10	3.7E33	1.8E33	0.9638	0.4656	0.7939	0.4684
V535 Ara	1.3E11	7.8E10	6.6E34	2.4E34	17.3258	6.1780	1.5435	0.4528
XY Boo	8.2E10	3.6E10	1.3E34	2.4E33	3.3573	0.6136	0.9340	0.1475
RR Cen	1.4E11	6.3E10	4.1E34	7.6E33	10.7864	1.9898	1.9089	0.3924
Eps CrA	1.3E10	4.2E09	2.8E32	2.4E31	0.0740	0.0063	1.0180	0.1140
AK Her	2.3E10	1.2E10	6.4E32	1.3E32	0.1679	0.0332	2.6239	0.6114
V566 Oph	1.0E11	5.1E10	1.4E34	3.5E33	3.7309	0.9131	1.4685	0.3566
AE Phe	8.6E10	5.6E10	7.3E33	2.7E33	1.9011	0.7060	1.4006	0.6203
TY Pup	2.8E10	1.7E10	2.1E33	6.6E32	0.5578	0.1729	0.6394	0.2084
RZ Tau	1.0E11	6.5E10	2.0E34	7.9E33	5.3432	2.0660	1.6374	0.8801
AQ Tuc	1.4E11	7.6E10	8.2E34	2.4E34	21.5228	6.3475	1.9109	0.6688
AW UMa	9.4E11	2.3E11	1.7E36	8.7E34	432.8022	22.6150	1.3730	1.2674
AG Vir	3.1E10	1.7E10	2.4E33	3.7E32	0.6212	0.0963	1.7861	0.5001

ÇİZELGE 12.

B türü degen çiftlerin fotometrik verileri

Bu çizelgede 1. sütun, yıldızın adını, 2. sütündeki P(gün), gün cinsinden yörünge dönemini (G.C.V.S., 1985), 3. sütündeki q_{ph} , fotometrik (ya da çözüm sonucu bulunan) kütle oranı değerini ($q_{ph}=m_2/m_1$), 4. sütündeki q_{sp} , yıldızın tayfsal (spektroskopik) kütle oranı değerini ($q_{sp}=m_2/m_1$), 5. sütündeki %f, Roche lobu dolurma yüzdesini, 6. sütündeki i , derece cinsinden yörünge eğikliği değerini, 7. ve 8. sütunlardaki r_h ve r_c , kütle oranı değerine göre, bir degen sistemin bileşenlerinin ortalama Roche limiti yarıçaplarını veren (Plavec, 1970), $r_j=0.38+0.20*\text{Log}(m_j/m_3-j)$; ($j=1,2$) denklemlerle hesaplanmış, sırasıyla sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin yarıçap değerleri, 9. ve 10. sütunlardaki $T_h(B)$ ve $T_c(B)$, B (mavi) renginde sırasıyla sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin $^{\circ}K$ cinsinden sıcaklıkları, 11. ve 12. sütunlardaki $L_h(B)$ ve $L_c(B)$, B (mavi) renginde sırasıyla sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin kesirsel ışıtmaları, 13. sütündeki tayf türü, yıldızların çeşitli kaynaklardan alınmış tayf türlerini ve 14. sütündeki Kyn. de, o satırdaki bilgilerin çoğunun alınmış olduğu kaynağın numarasını belirtmektedir.

Adı	P(gün)	q_{ph}	q_{sp}	%f	i	r_h	r_c	$T_h(B)$	$T_c(B)$	$L_h(B)$	$L_c(B)$	Tayf türü	Kyn.
BL And	0.7224	0.31			88.0	0.278	0.482	7500	5370	0.952		A8	[1]
		0.311				0.278	0.482					A0	[39]
CN And	0.4628	0.7		39	68.5	0.349	0.411	6200	4552	0.910	0.128	F5	[1]
		0.579		43	70.3	0.333	0.428	6200	4680	0.912	0.088		[24]
		0.450				0.311	0.449	6200					[24]
LY Aur	4.0025	0.560			86.6	0.330	0.430	32100	28800	0.620			[40]
BH Cen	0.7916	0.969		21	90.0	0.377	0.383	17900	17840	0.507		G5V	[34]
		0.844		48	90.0	0.365	0.395	17431	17431	0.546			[8]

ÇİZELGE 12 (devam)

Adı	P(gün)	q _{ph}	q _{sp}	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
V747 Cen	0.5372	0.40				0.300	0.460					F2	[1]
BE Cep	0.4244	1.15		26	78.0	0.392	0.368	5900	5040			F2	[1]
		1.145		23	76.9	0.392	0.368		5030	0.321			[1]
GK Cep	0.9362	0.89			72.5	0.370	0.390						[23]
WZ Cep	0.4174	0.333		45	86.3	0.285	0.476	7000	6100	0.834	0.166	F2	[1]
		0.33				0.284	0.476					F5	[3]
		0.335		45	87.0	0.285	0.475	7000	6100	0.8339	0.1661		[3]
		0.333			86.3	0.285	0.476	7000	5940	0.857			[3]
UW CMa	4.3934	0.751		24	70.2	0.355	0.405	43000	39194	0.596			[36]
W Crv	0.3881	0.92		17	87.0	0.373	0.387					G5	[1]
		0.757				0.356	0.404	5600	4982	0.715	0.285		[16]
V1073 Cyg	0.7859	0.34				0.286	0.474					F1	[1]
AK Her	0.4215	0.23		10	80.8	0.254	0.507	6400	6033	0.834	0.166	F6	[1]
		0.233				0.252	0.508						[16]
TT Her	0.9121	0.439			82.3	0.309	0.452	7239	4690	13	0.069	F2V	[11]
		0.439			82.3	0.309	0.452	7239	4690	0.931	0.069		[17]

ÇİZELGE 12 (devam)

Adı	P(gün)	q _{ph}	q _{sp}	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
FT Lup	0.4701	0.43	0.466		90.0	0.307	0.453	6700	3840	0.985	0.015	F2V+K5 F3	[1] [5]
V1010 Oph	0.6614	0.49				0.318	0.442					A8	[1]
RW PsA	0.3605	0.8	0.813	7	77.5	0.361	0.399	5600	5325	0.615	0.385	G8	[1] [16]
AU Ser	0.3865	1.	0.80	9	80.2	0.380	0.380	5100	4780	0.6457	0.354	K0	[1] [4]
AG Vir	0.6427	0.28				0.269	0.491					A8	[1]

ÇİZELGE 13.

Erken tür değen çiftlerin fotometrik verileri

Bu çizelgede 1. sütun, yıldızın adını, 2. sütündeki P(gün), gün cinsinden yörünge dönemini (G.C.V.S., 1985), 3. sütündeki qph, fotometrik (ya da çözüm sonucu bulunan) kütle oranı değerini ($q_{ph}=m_2/m_1$), 4. sütündeki qsp, yıldızın tayfsal (spektroskopik) kütle oranı değerini ($q_{sp}=m_2/m_1$), 5. sütündeki %f, Roche lobu doldurma yüzdesini, 6. sütündeki i, derece cinsinden yörünge eğikliği değerini, 7. ve 8. sütunlardaki rh ve rc, kütle oranı değerine göre, bir değen sistemin bileşenlerinin ortalama Roche limiti yarıçaplarını veren (Plavec, 1970), $r_j=0.38+0.20*\text{Log}(m_j/m_3-j)$; (j=1,2) denklemiyle hesaplanmış; sırasıyla sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin yarıçap değerleri, 9. ve 10. sütunlardaki Th(B) ve Tc(B), B (mavi) renginde sırasıyla sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin ρ_K cinsinden sıcaklıkları, 11. ve 12. sütunlardaki Lh(B) ve Lc(B), B (mavi) renginde sırasıyla sıcak (h) ve soğuk (c) bileşenlerin kesirsel ışıtmaları, 13. sütündeki tayf türü, yıldızların çeşitli kaynaklardan alınmış tayf türlerini ve 14. sütündeki Kyn. de, o satırdaki bilgilerin çoğunun alınmış olduğu kaynağın numarasını belirtmektedir.

Adı	P(gün)	qph	qsp	%f	i	rh	rc	Th(B)	Tc(B)	Lh(B)	Lc(B)	Tayf türü	Kyn.
V535 Ara	0.6293	0.361	0.36	3	82.1	0.292	0.469	8750	8642	8642	8570	A5+A5	[16] [22]
LY Aur	4.0025	0.62	0.66	3	88.9	0.339	0.422	32100	28780	0.656	0.344	09III+80III	[27] [40]
SX Aur	1.2101	0.599	0.550		82.0	0.335	0.425	19200	14804	0.748			[33]
A0 Cas	3.5235	1.186	1.	3	0.395	0.365	34700	34760				09III+09III	[16] [25]

ÇİZELGE 13 (devam)

Adı	P(gün)	q _{ph}	q _{sp}	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
BH Cen	0.7916	0.8435		48	90.0	0.365	0.395	17782	17378	0.545	0.455	B3+B3	[8]
		0.844		48	90.0	0.365	0.395	17900	17431	0.546			[8]
		0.969		21		0.377	0.383	17900	17890				[16]
		0.84		48	90.0	0.365	0.395	17900	17430				[22]
		0.969		21	90.0	0.377	0.383	17900	17840	0.507			[34]
SV Cen	1.6585	1.15		67		0.392	0.368	23000	16053	0.664	0.336	B1+B6	[6]
		1.15		67		0.392	0.368	23000	23125				[16]
		1.25	1.25	92	84.0	0.399	0.361	23000	14000				[22]
		0.84		90	84.0	0.365	0.395						[23]
		0.7		82		0.349	0.411	23000	16053				[25]
AH Cep	1.7788	0.867	0.880		68.0	0.368	0.392	31500	29614	0.560		B0.5+B0.5	[27]
			0.880		70.0	0.369	0.391	31500	30377	0.551			[27]
CQ Cep	1.6412	0.75		51		0.355	0.405	45000	41783			06	[25]
V367 Cyg	18.5972	0.600		0	77.9	0.336	0.424	11600	9440	0.730		B8I+F4III	[35]
		0.612		5	76.8	0.337	0.423	11600	9290	0.726			[35]
		0.605		9	76.0	0.336	0.424	11600	9200	0.740			[35]
V382 Cyg	1.8955	0.71		6		0.350	0.410					07+08	[25]
V729 Cyg	6.5978	0.237		31		0.255	0.505	11565	10482			07I+07I	[16]
		0.23		31		0.252	0.508	34300	22733				[25]

ÇİZELGE 13 (devam)

Adı	P(gün)	qph	qsp	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.
V1073 Cyg	0.7859	0.340		7		0.286	0.474	8750	8621			A3+A5	[16] [22]
		0.34	0.34	7	68.3	0.286	0.474	8700	8200				
UW CMa	4.3934	0.751		24		0.355	0.405	43000	42772			07+07	[16] [36]
		0.75		24	70.2	0.355	0.405	43000	39194	0.596			
AW Lac	1.1428	1.00		71		0.380	0.380	20500	16750			B2+B4	[22] [25]
		1.0		71		0.380	0.380	20500	16750				
BR Mus	0.7952	0.63		13		0.340	0.420	18000	17270			B3+B3	[25]
TU Mus	1.3873	0.72		6		0.352	0.409	33600	29225			08+08	[25]
V1010 Oph	0.6614	0.489				85.1	0.318	8200	5671	0.927	0.073	A	[15] [16]
		0.489		18		0.318	0.442	8200	8106				
Delta Pic	1.6725	0.551				64.7	0.328	25200	22090	0.649		B3III+09V	[37]
RZ Pyx	0.6563	0.82	0.82	2		87.1	0.363	17000	16700			B4+B4	[22] [25]
		0.753		6		0.355	0.405						
AU Pup	1.1264	0.644		72		0.342	0.418	9600	9442			A0+A1	[16] [22] [23]
		0.64		72	81.0	0.341	0.419	9600	9100				
		0.644		72	81.0	0.342	0.418						

ÇİZELGE 13 (devam)

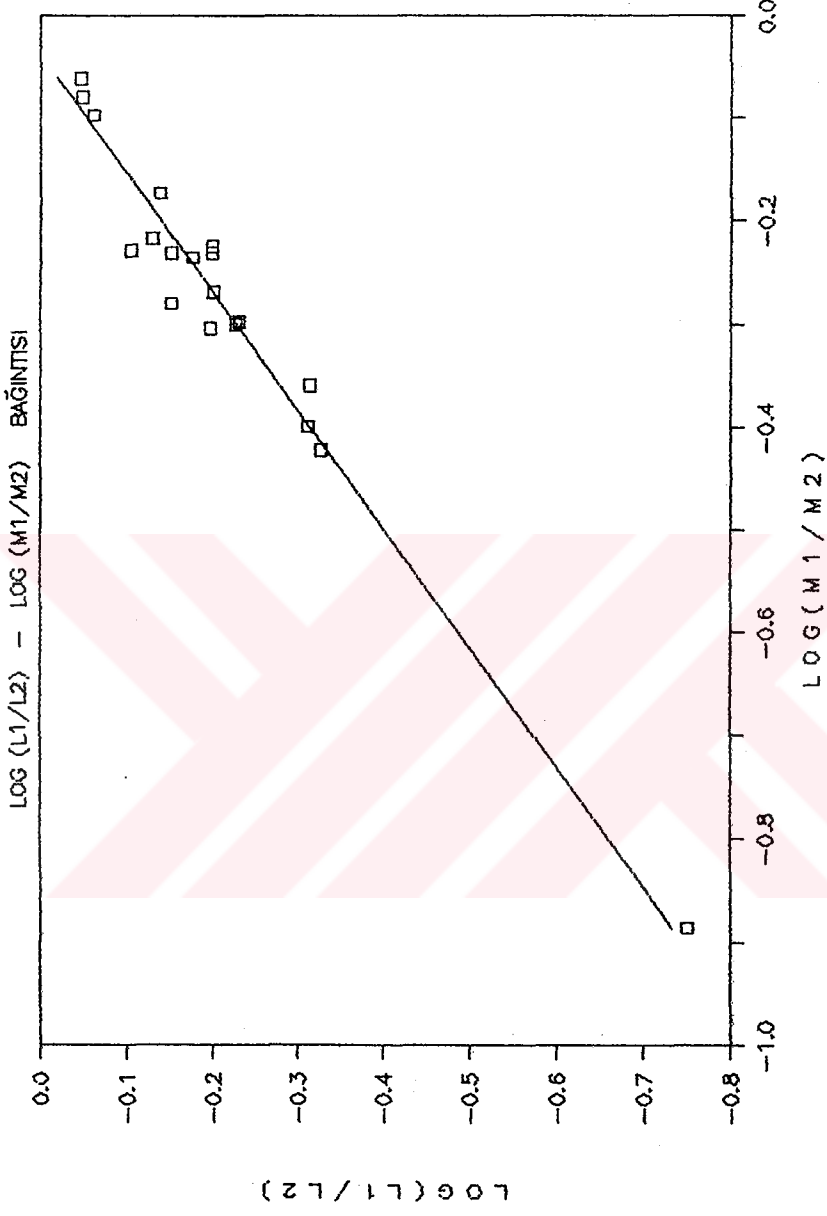
Adı	P(gün)	q _{ph}	q _{sp}	%f	i	r _h	r _c	T _h (B)	T _c (B)	L _h (B)	L _c (B)	Tayf türü	Kyn.		
V Pup	1.4545	0.521	0.550		78.4	0.323	0.437	23000	21357	0.617		B1V+B3:	[38]		
V701 Sco	0.7619	1.00	0.99	51	0.380	0.380	0.380	20500	20500			B2+B2	[16]		
				51	0.379	0.381	0.381	23500	23300					[22]	
				50	0.380	0.380	0.380								[23]
				51	0.380	0.380	0.380	23442	23442						[25]
Mu1 Sco	1.4463	0.674			63.2	0.346	0.414	21500	16242	0.689		B1.5V+B6.5V	[38]		
RY Sct	1.1248	1.25		41	0.399	0.361	43000	32000				06+09	[25]		
BV 845		0.399		3	0.300	0.460	8500	8243					[16]		

Çizelge 11, Çizelge 12, Çizelge 13 ve Çizelge 14'te ki verilerin kaynakları :

- [1] Kaluzny, J.: 1986, Publ. Astr. Soc. Pac. 98, 662.
- [2] Kaluzny, J.: 1986, Acta Astron., 36, 121.
- [3] Kaluzny, J.: 1986, Acta Astron., 36, 105.
- [4] Kaluzny, J.: 1986, Acta Astron., 36, 113.
- [5] Lipari, S.L. and Sistero, R.F.: 1986, Monthly Not. Roy. Astr. Soc., 220, 883.
- [6] Wilson, R.E. and Starr, T.C.: 1976, Monthly Not. Roy. Astr. Soc., 176, 625.
- [7] Zhou, H.N. and Leung, K.C.: 1988, Astrophys. Space Sci., 148, 289.
- [8] Leung, K.C., Sistero, R.F., Zhai, D.S., Grieco, A. and Candellero, B.: 1984, Astron. J., 89, 872.
- [9] Zhou, H.N.: 1988, Astrophys. Space Sci., 141, 199.
- [10] Van Hamme, W.: 1982, Astron. Astrophys., 105, 389.
- [11] Milano, L., Barone, F., Mancuso, S., Russo, G. and Vittone, A.A.: 1989, Astron. Astrophys., 210, 181.
- [12] Russo, G., Sollazzo, C., Maceroni, C. and Milano, L.: 1982, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 47, 211.
- [13] Kaluzny, J. and Caillaud, J.P.: 1989, Acta Astron., 39, 27.
- [14] Hrivnak, B.: 1988, Astrophys. J., 335, 319.
- [15] Leung, K.C. and Wilson, R.E.: 1977, Astrophys. J., 211, 853.
- [16] Lucy, L.B. and Wilson, R.E.: 1979, Astrophys. J., 231, 502.
- [17] Giannone, P. and Giannuzzi, M.A.: 1974, Astrophys. Space Sci., 26, 289.
- [18] Rovithis-Livaniou, H.: 1989, NATO - ASI, Özel Haberleşme.
- [19] Maceroni, C., Milano, L., Russo, G. and Sollazzo, C.: 1981, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 45, 187.
- [20] Maceroni, C., Milano, L. and Russo, G.: 1982, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 49, 123.

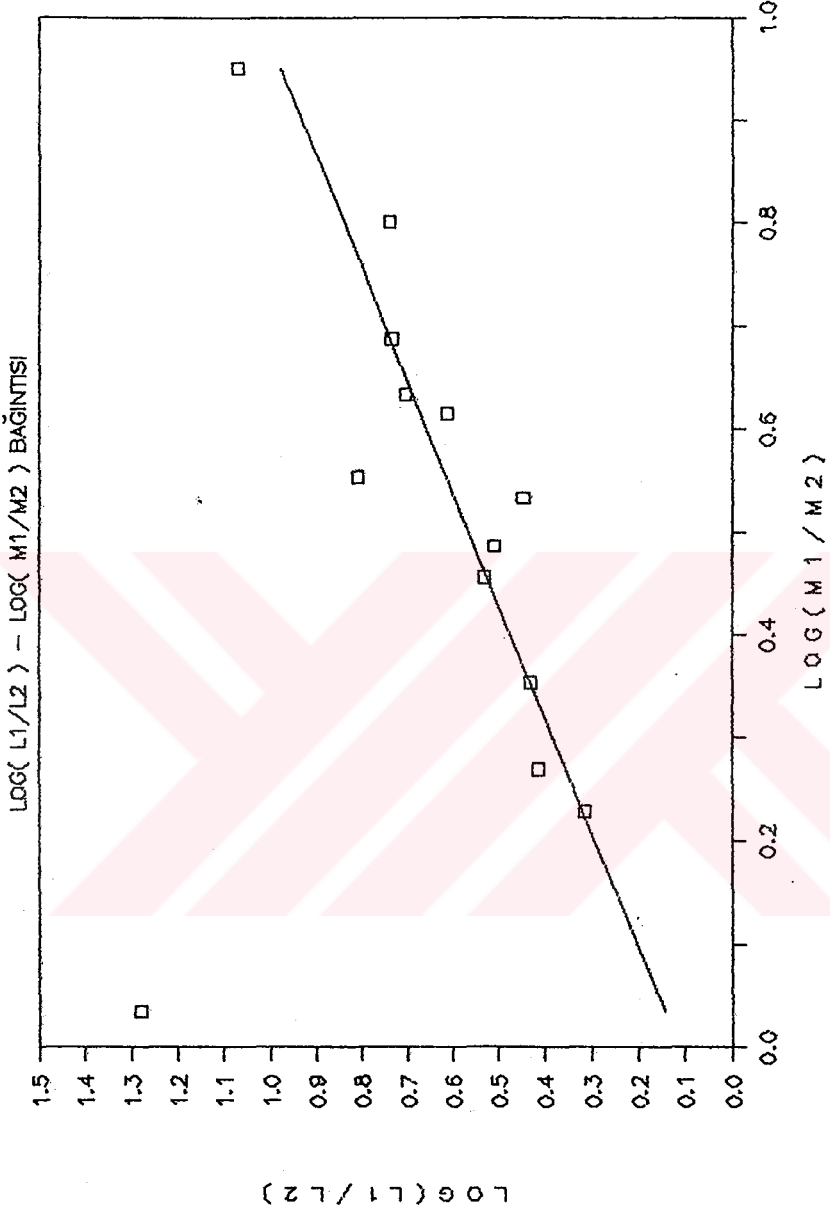
- [21] Maceroni, C., Milano, L. and Russo, G.: 1983, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 51, 435.
- [22] Kitamura, M. and Nakamura, Y.: 1988, *Annals of Tokyo Astron. Obs.*, 22, 31.
- [23] Mochnecki, S.W.: 1981, *Astrophys. J.*, 245, 650.
- [24] Rafert, J.B., Markworth, N.L. and Michaels, E.J.: 1985, *Publ. Astr. Soc. Pac.*, 97, 310.
- [25] Leung, K.C.: 1988, *Critical Observations vs. Physical Models*, Gordon & Breach, Ed. K.C. Leung, p.93.
- [26] Maceroni, C., Milano, L. and Russo, G.: 1985, *Monthly Not. Roy. Astr. Soc.*, 217, 843.
- [27] Drechsel, H., Lorenz, R. and Mayer, P.: 1989, *Astron. Astrophys.*, 221, 49.
- [28] Cooke, D.B. and Leung, K.C.: 1985, *Astrophys. Space Sci.*, 113, 25.
- [29] Evans III, E.E., Grosseohme, D.H. and Moyer Jr., E.J.: 1985, *Publ. Astr. Soc. Pac.*, 97, 648.
- [30] Nesci, R., Maceroni, C., Milano, L. and Russo, G.: 1986, *Astron. Astrophys.*, 159, 142.
- [31] Winkler, L.: 1977, *Astron. J.*, 82, 648.
- [32] Wolfschmidt, G.: 1980, *Mitt. Astron. Ges.*, 50, 30.
- [33] Chambliss, C.R. and Leung, K.C.: 1979, *Astrophys. J.*, 228, 828.
- [34] Leung, K.C. and Schneider, D.P.: 1977, *Astrophys. J.*, 211, 844.
- [35] Li, Y.F. and Leung, K.C.: 1987, *Astrophys. J.*, 313, 801.
- [36] Leung, K.C. and Schneider, D.P.: 1978, *Astrophys. J.*, 222, 924.
- [37] Wilson, R.E. and Rafert, J.B.: 1981, *Astrophys. Space Sci.*, 76, 23.
- [38] Scheneider, D.P., Darland, J.J. and Leung, K.C.: 1979, *Astron. J.*, 84, 236.
- [39] Kaluzny, J.: 1985, *Acta Astron.*, 35, 327.
- [40] Li, Y.F. and Leung, K.C.: 1985, *Astrophys. J.*, 298, 345.

W TÜRÜ SİSTEMLER



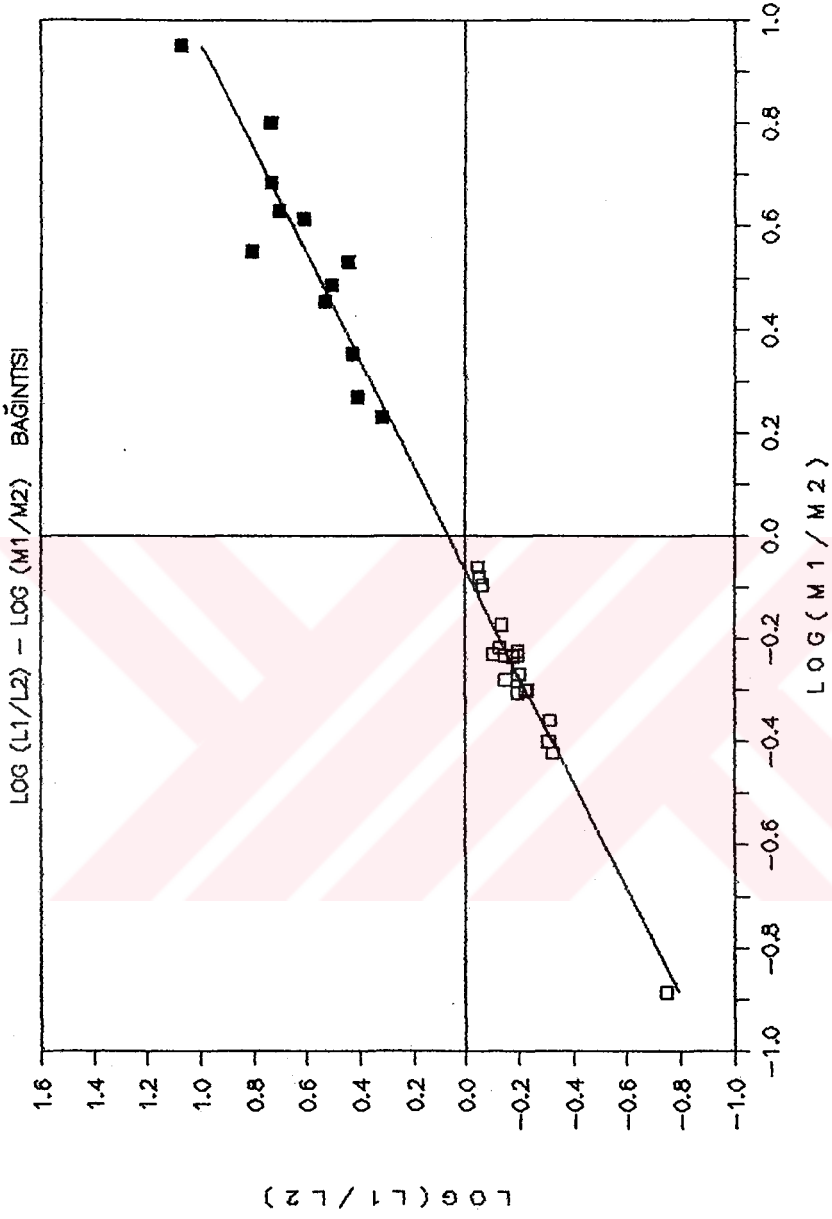
Şekil 18. Çizelge 7'deki W türü sistemlerin Log (L₁/L₂) - Log (M₁/M₂) grafiği. Şekildeki doğrunun denklemi Log (L₁/L₂) = 0.8661 * Log (M₁/M₂) + 0.0336 biçimindedir.

A TÜRÜ SİSTEMLER



Şekil 19. Çizelge 11'deki A türü sistemlerin $\text{Log}(L_1/L_2) - \text{Log}(M_1/M_2)$ grafiği. Şekildeki doğrunun denklemi $\text{Log}(L_1/L_2) = 0.9111 \cdot \text{Log}(M_1/M_2) + 0.1107$ biçimindedir. Sol üstte görülen nokta, bu dağılımdan saptığı için hesaplamaya katılmamıştır.

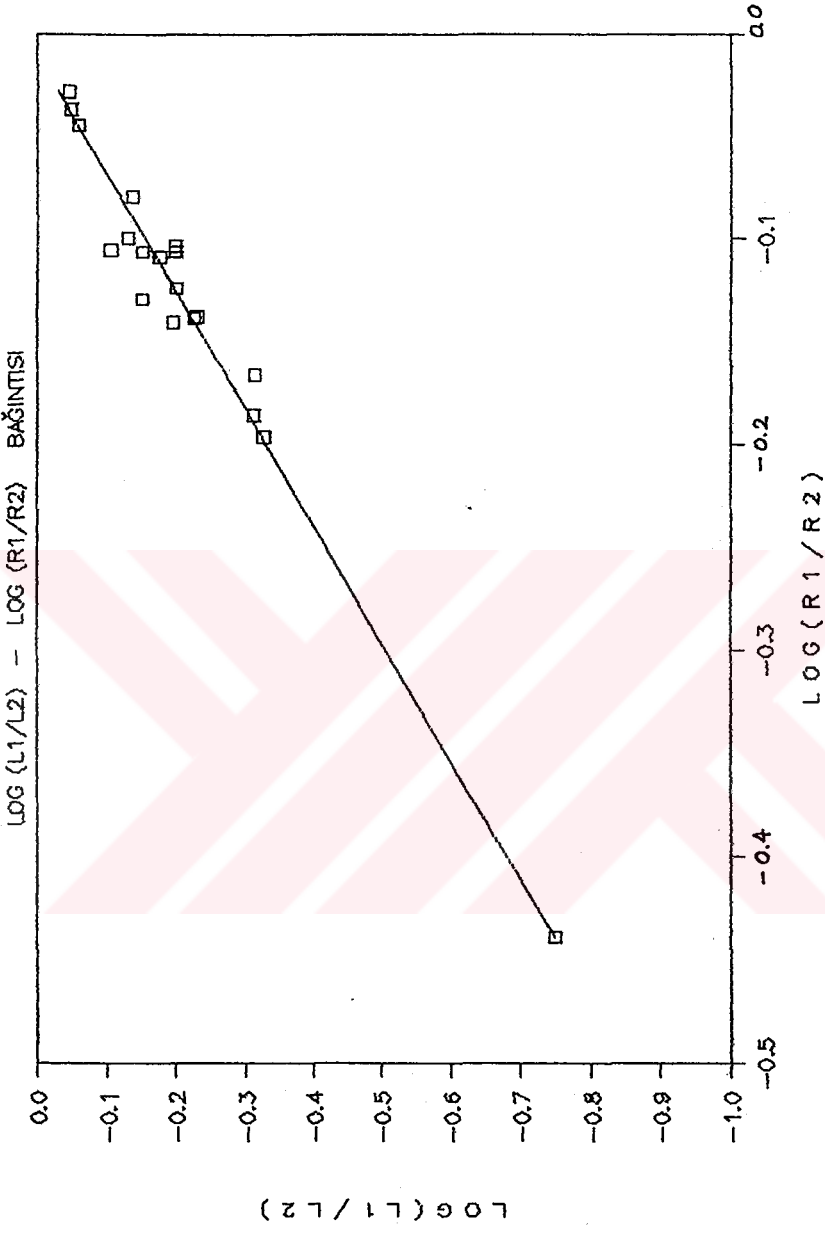
A ve W TÜRÜ SİSTEMLER



Şekil 20.

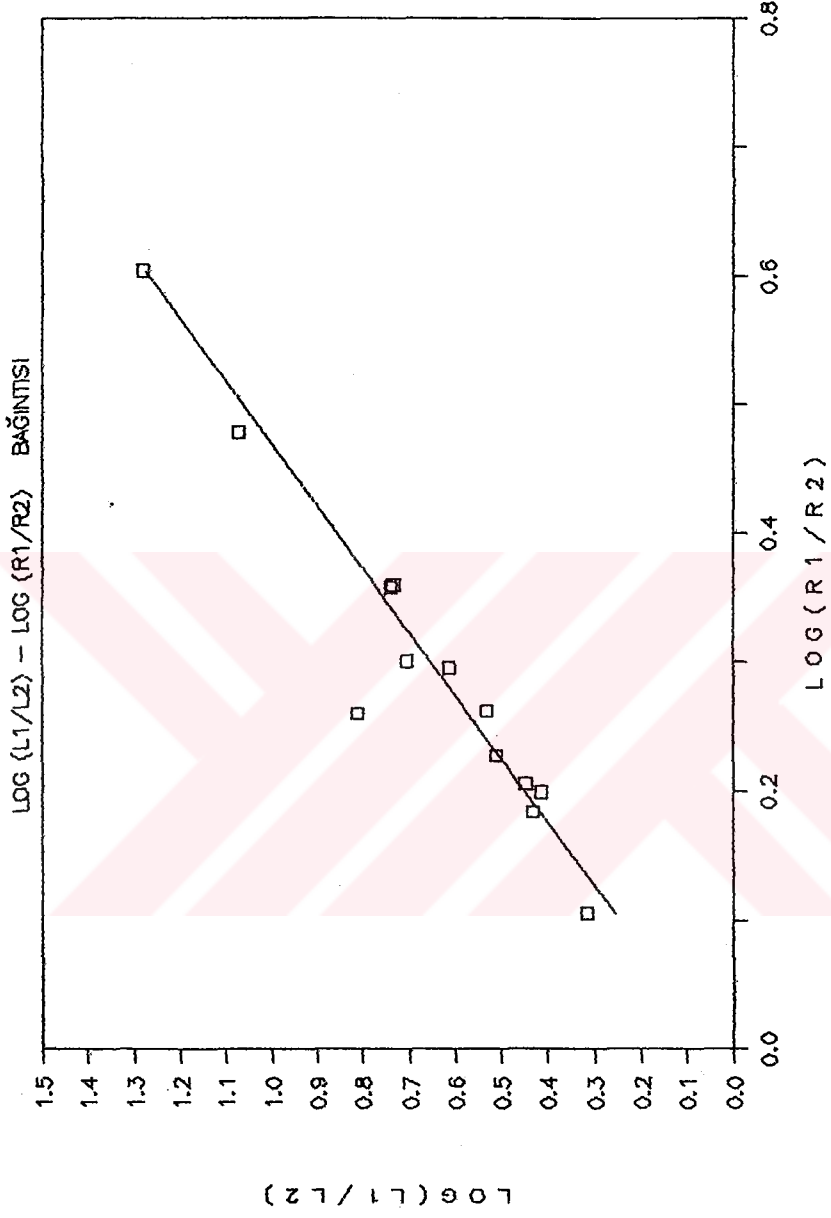
Çizelge 7 ve Çizelge 11'deki W ve A türü sistemlerin, birlikte elde edilen $\text{Log} (L_1/L_2) - \text{Log} (M_1/M_2)$ grafiği. Şekilde içi dolu karelerle gösterilenler A türü sistemleri, içi boş karelerle gösterilenler de W türü sistemleri göstermektedir. Şekildeki doğrunun denklemi $\text{Log} (L_1/L_2) = 0.9728 * \text{Log} (M_1/M_2) + 0.0682$ biçimindedir. Şekil 19'daki sapan nokta, burada da hesaplamaya katılmamıştır.

W TÜRÜ SİSTEMLER



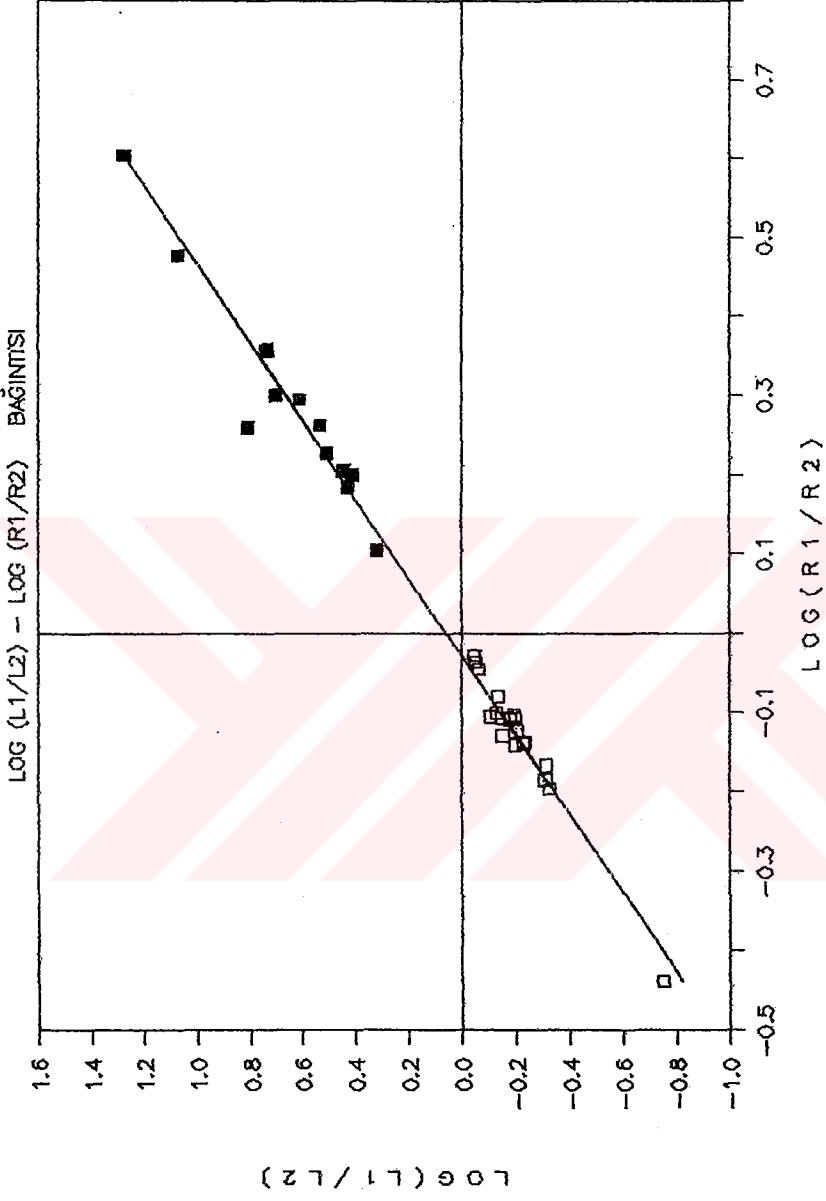
Şekil 21. Çizelge 7'deki W türü sistemlerin $\text{Log} (L_1/L_2) - \text{Log} (R_1/R_2)$ grafiği. Şekildeki doğrunun denklemi $\text{Log} (L_1/L_2) = 1.7490 * \text{Log} (R_1/R_2) + 0.0196$ biçimindedir.

A TÜRÜ SİSTEMLER



Şekil 22. Çizelge 11'deki A türü sistemlerin $\text{Log} (L_1/L_2) - \text{Log} (R_1/R_2)$ grafiği. Şekildeki doğrunun denklemi $\text{Log} (L_1/L_2) = 2.0493 * \text{Log} (R_1/R_2) + 0.0376$ biçimindedir.

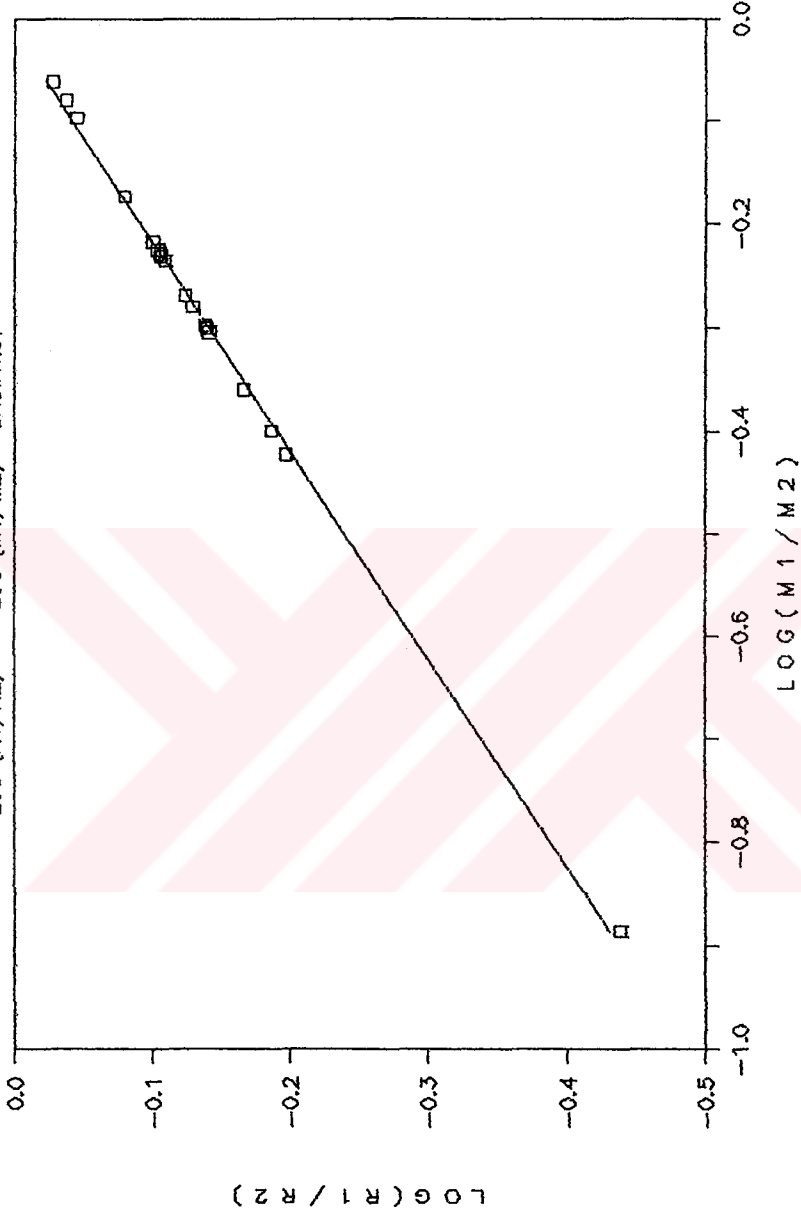
W ve A TÜRÜ SİSTEMLER



Şekil 23. Çizelge 7 ve Çizelge 11'deki W ve A türü sistemlerin, birlikte kullanılmasıyla elde edilen $\text{Log}(L_1/L_2) - \text{Log}(R_1/R_2)$ grafiği. Şekilde içi dolu karelerle gösterilenler A türü sistemleri, içi boş karelerle gösterilenler de W türü sistemleri göstermektedir. Şekildeki doğrunun denklemi $\text{Log}(L_1/L_2) = 2.0149 * \text{Log}(R_1/R_2) + 0.0590$ biçimindedir.

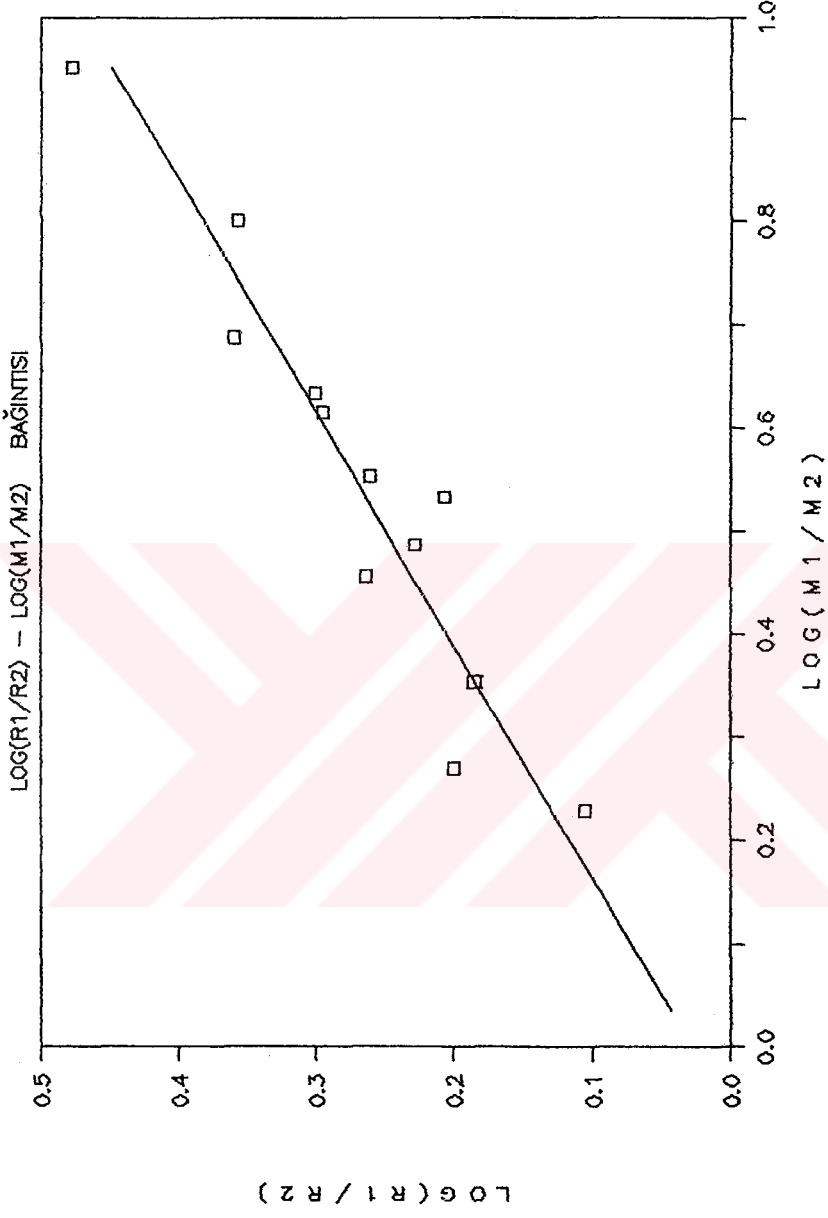
W TÜRÜ SİSTEMLER

LOG (R1/R2) - LOG (M1/M2) BAĞINTISI



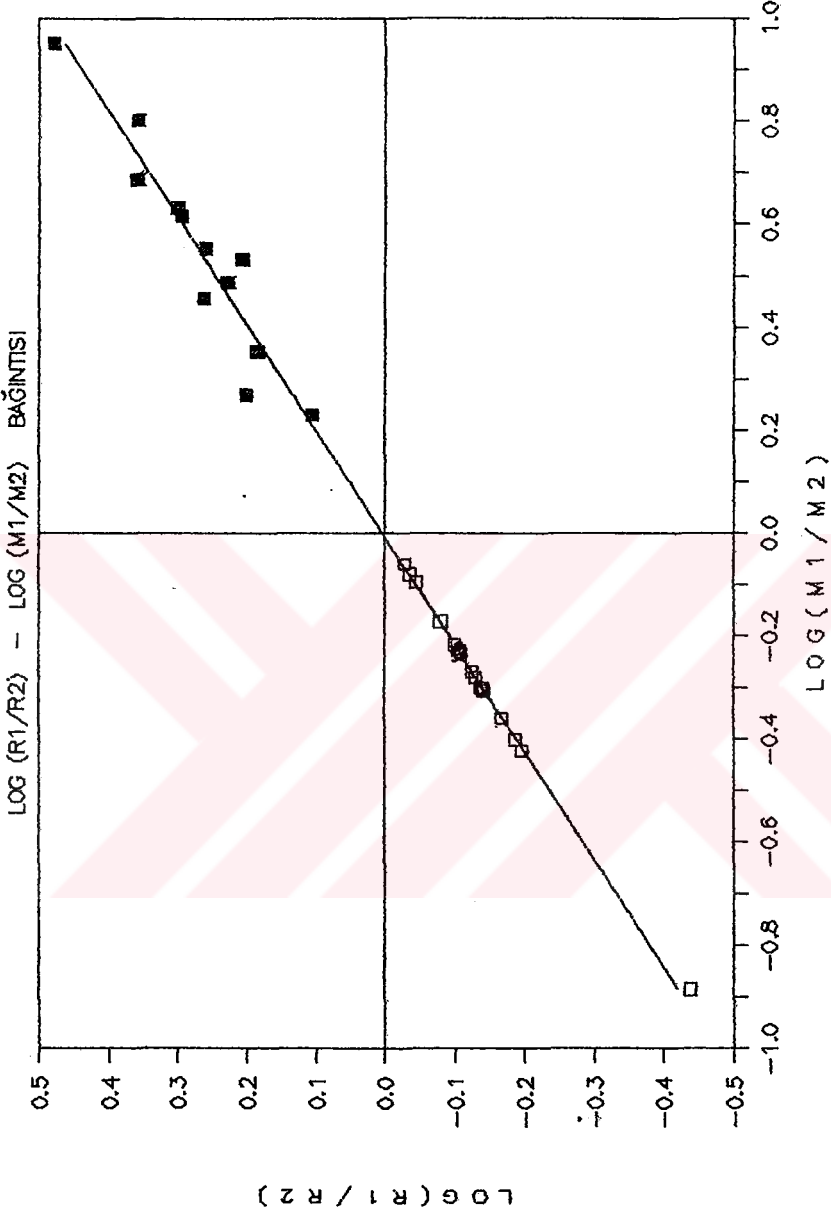
Şekil 24. Çizelge 7'deki W türü sistemlerin Log (R₁/R₂) - Log (M₁/M₂) grafiği. Şekildeki doğrunun denklemi $\text{Log } (R_1/R_2) = 0.4955 \cdot \text{Log } (M_1/M_2) + 0.0081$ biçimindedir.

A TÜRÜ SİSTEMLER



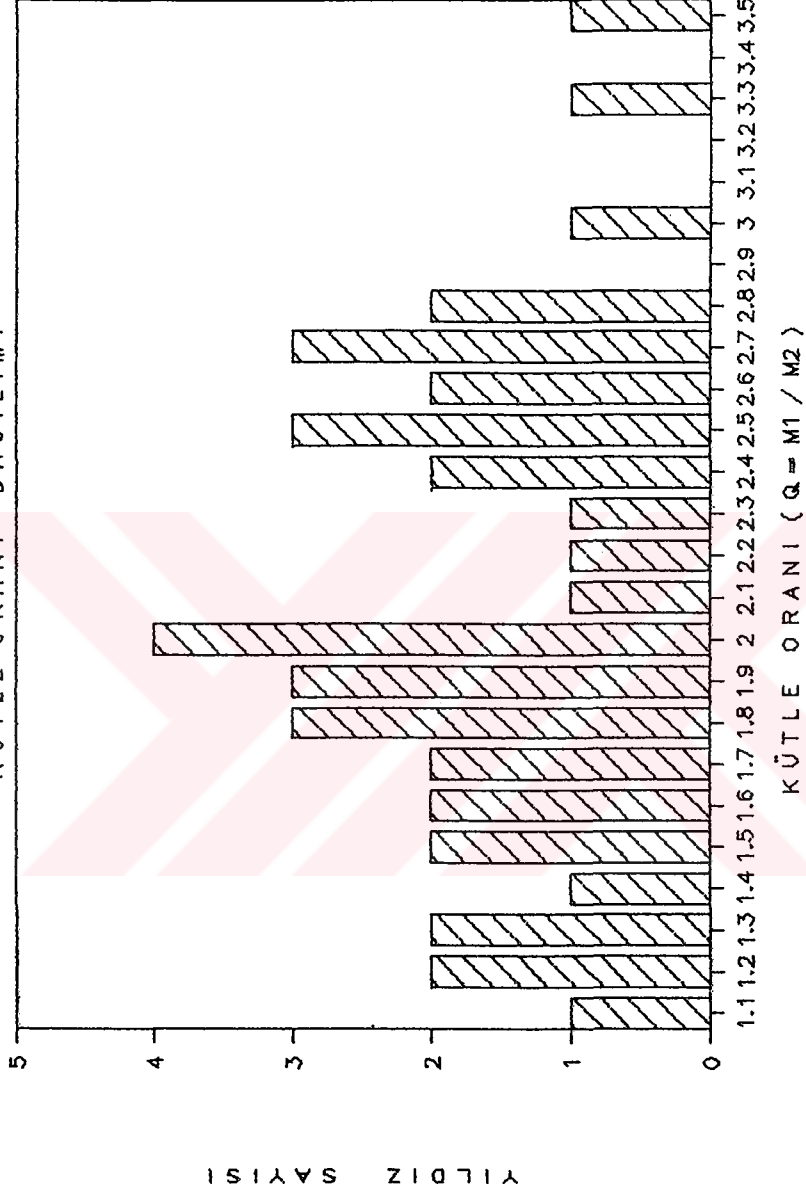
Şekil 25. Çizelge 11'deki A türü sistemlerin Log (R1/R2) - Log (M1/M2) grafiği. Şekildeki doğrunun denklemi $\text{Log } (R_1/R_2) = 0.4423 * \text{Log } (M_1/M_2) + 0.0276$ biçimindedir.

W ve A TÜRÜ SİSTEMLER



Şekil 26. Çizelge 7 ve Çizelge 11'deki A ve W türü sistemlerin, bir-likte kullanılmasıyla elde edilen $\text{Log } (R_1/R_2) - \text{Log } (M_1/M_2)$ grafiği. Şekilde içi dolu karelerle gösterilenler A türü sistemleri, içi boş karelerle gösterilenler de W türü sistemleri göstermektedir. Şekildeki doğrunun denklemi $\text{Log } (R_1/R_2) = 0.4817 * \text{Log } (M_1/M_2) + 0.0049$ biçimindedir.

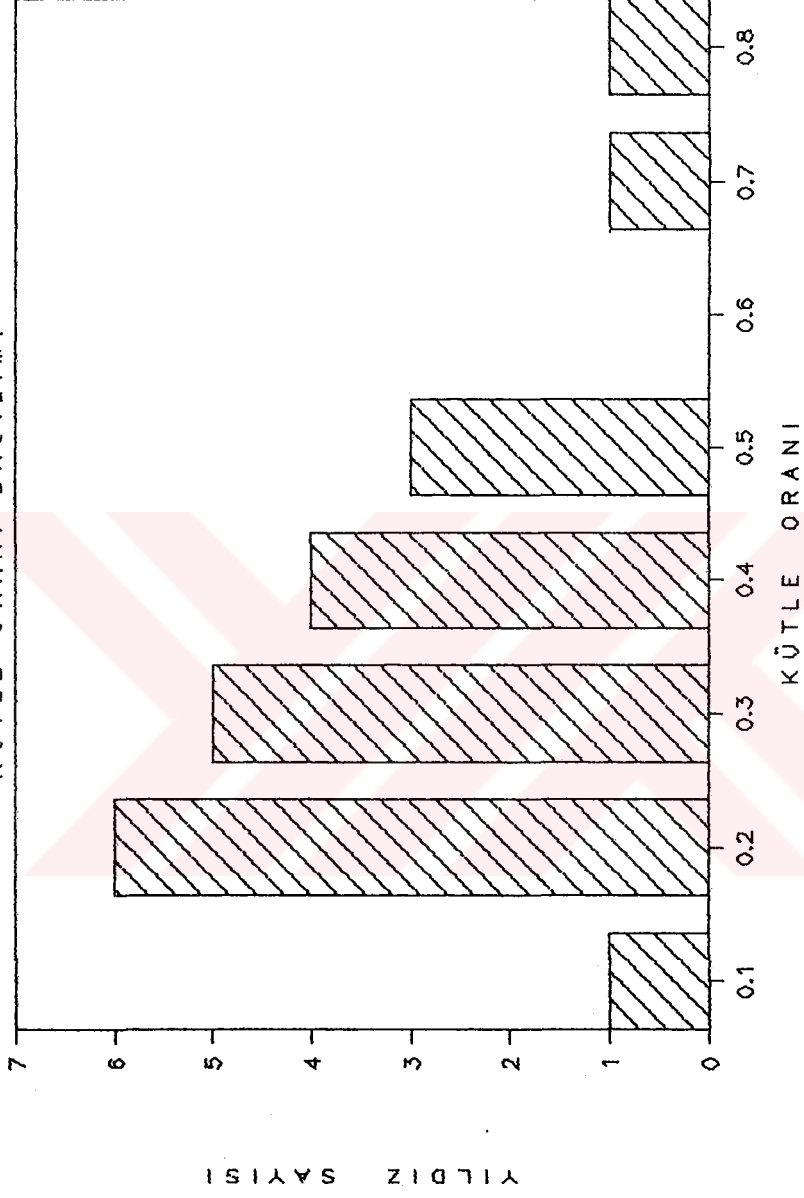
W TÜRÜ SİSTEMLER KÜTLE ORANI DAĞILIMI



Şekil 27. Çizelge 4'teki W türü sistemlerin kütle oranı ($q=M_1/M_2$) dağılımı. En çok yığılma, $q=2.0$ değeri yöresindedir.

A TÜRÜ SİSTEMLER

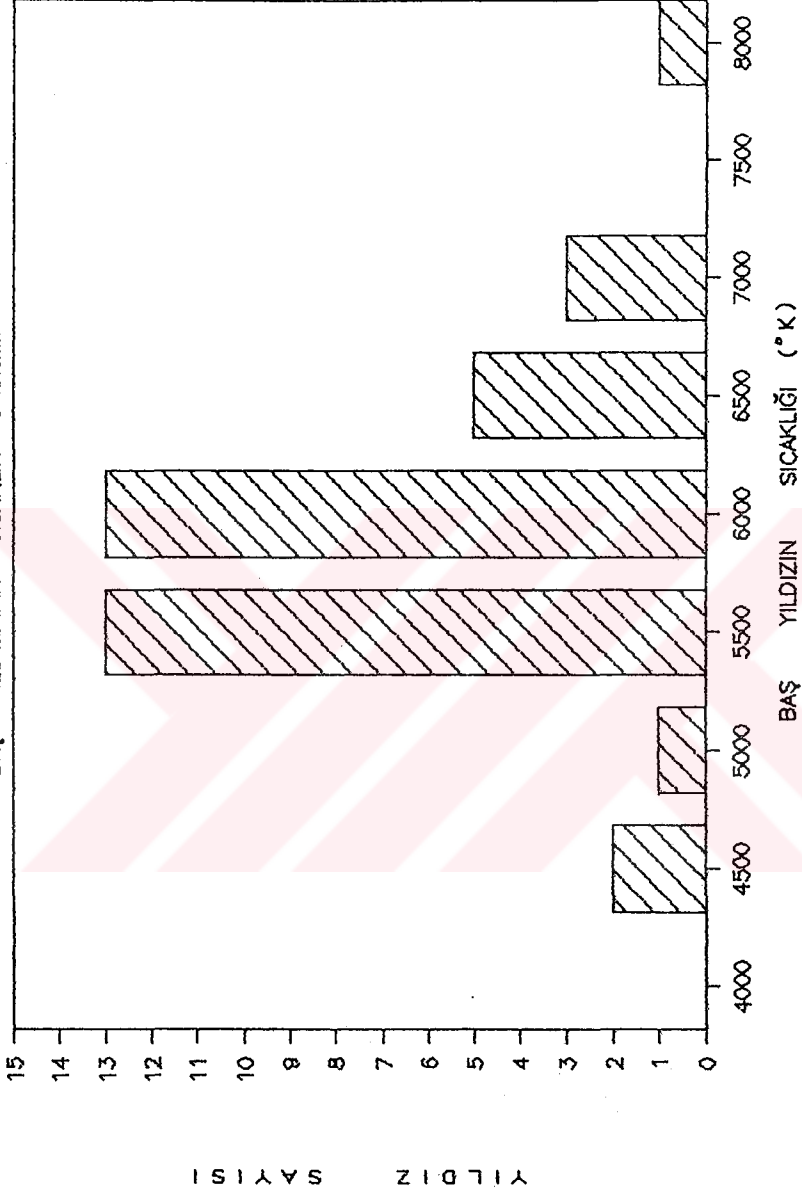
KÜTLE ORANI DAĞILIMI



Şekil 28. Çizelge 8'deki A türü sistemlerin kütle oranı ($q=M_2/M_1$) dağılımı. En çok yayılma, $q=0.2$ değeri yöresindedir.

W TÜRÜ SİSTEMLER

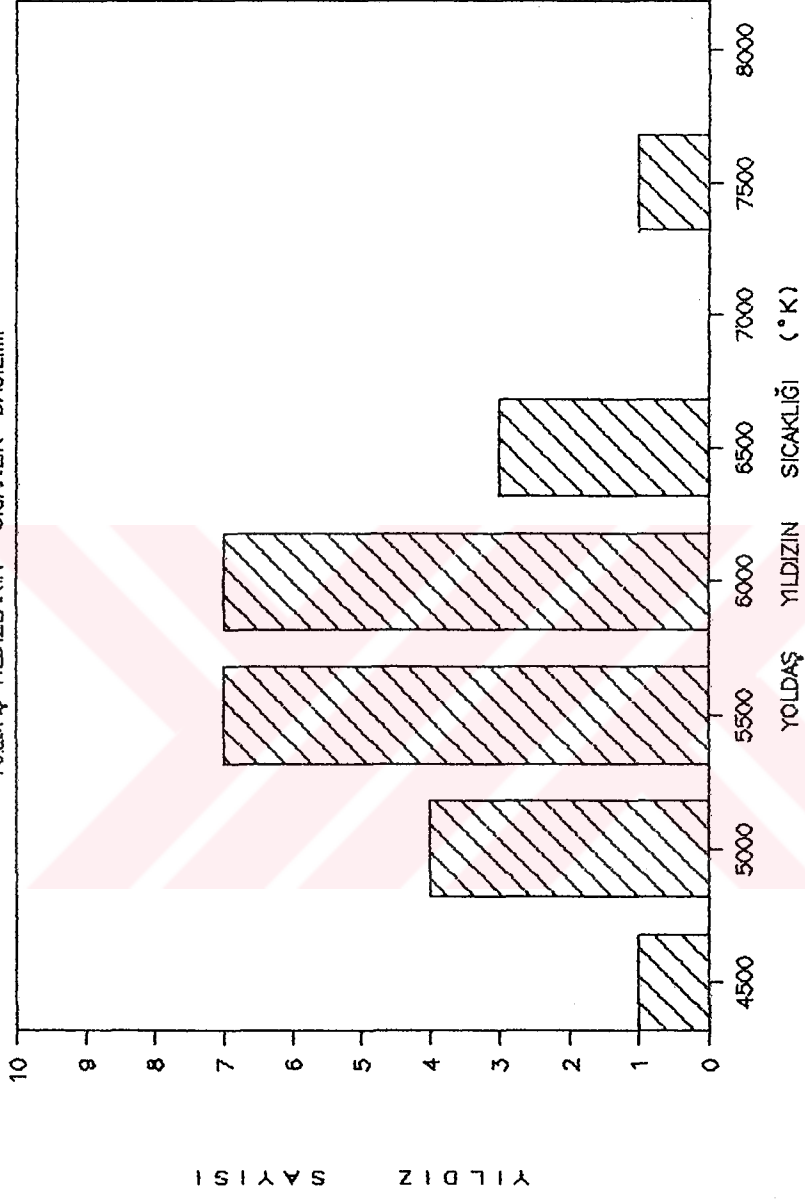
BAŞ YILDIZLARIN SICAKLIK DAĞILIMI



Şekil 29. Çizelge 4'teki W türü sistemlerin baş yıldızlarının sıcaklık dağılımı. En çok yığılma, $T=5500 - 6000^{\circ}\text{K}$ değerleri yöresindedir.

W TÜRÜ SİSTEMLER

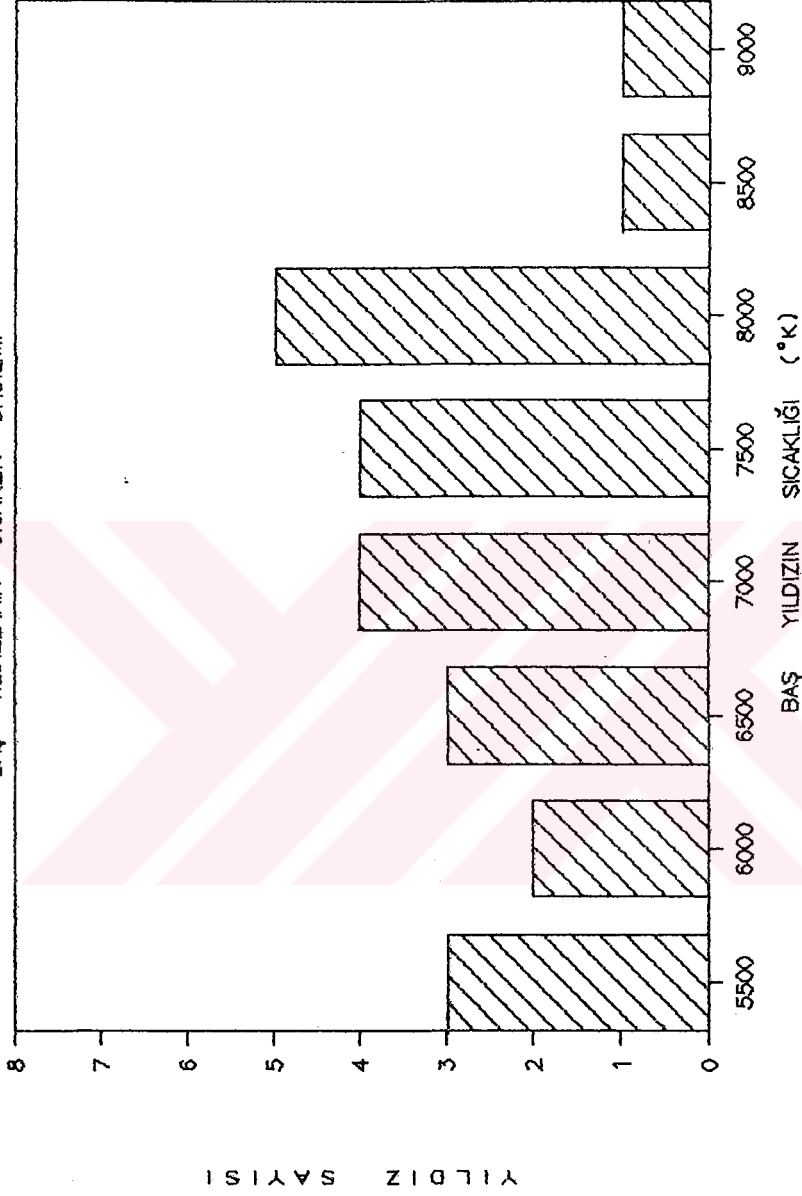
YOLDAŞ YILDIZLARIN SICAKLIK DAĞILIMI



Şekil 30. Çizelge 4'teki W türü sistemlerin, yoldaş yıldızlarının sıcaklık dağılımı. En çok yığılıma, $T = 5500 - 6000^{\circ}\text{K}$ değerleri yöresindedir.

A TÜRÜ SİSTEMLER

BAŞ YILDIZLARIN SICAKLIK DAĞILIMI



Şekil 31. Çizelge 8'deki A türü sistemlerin baş yıldızlarının sıcaklık dağılımı. En çok yığılma, $T = 8000$ °K değeri yöresindedir.

W TÜRÜ SİSTEMLER

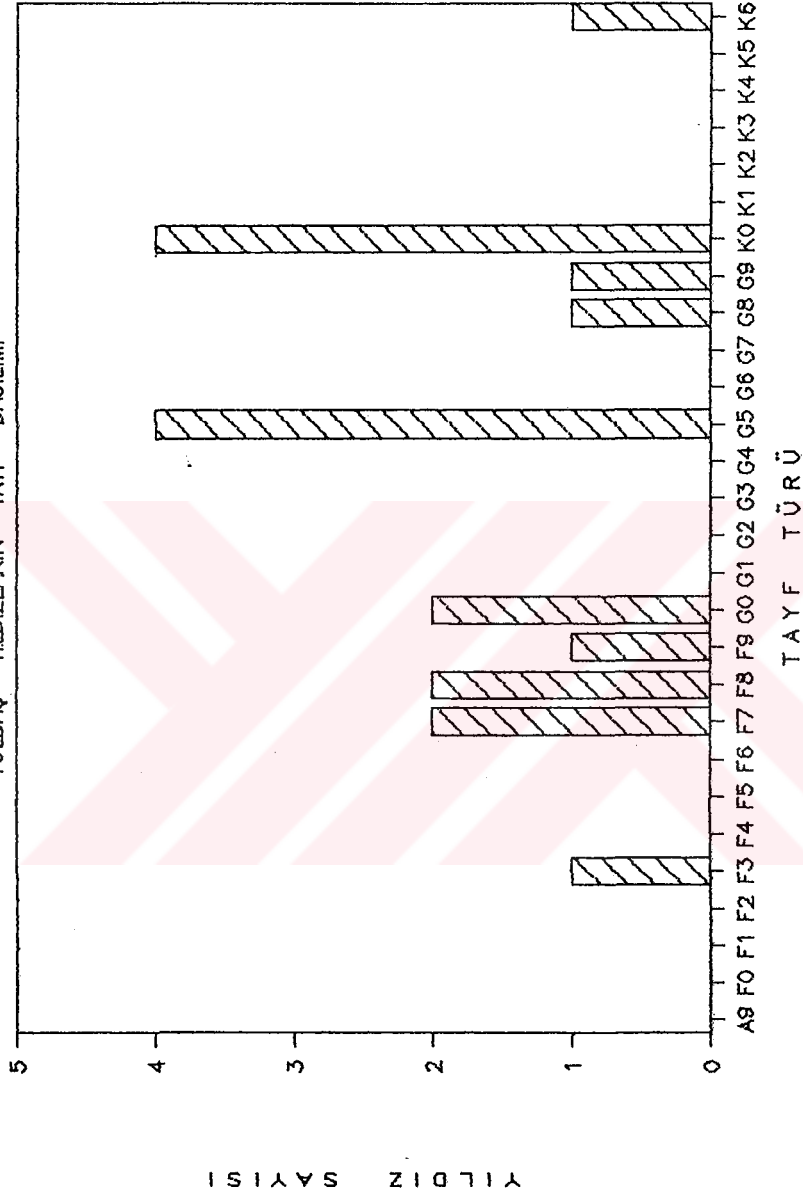
BAŞ YILDIZLARIN TAYF DAĞILIMI



Şekil 32. Çizelge 4'teki W türü sistemlerin baş yıldızlarının tayf dağılımı. En çok yığılma, G5 tayf türü yöresindedir.

W TÜRÜ SİSTEMLER

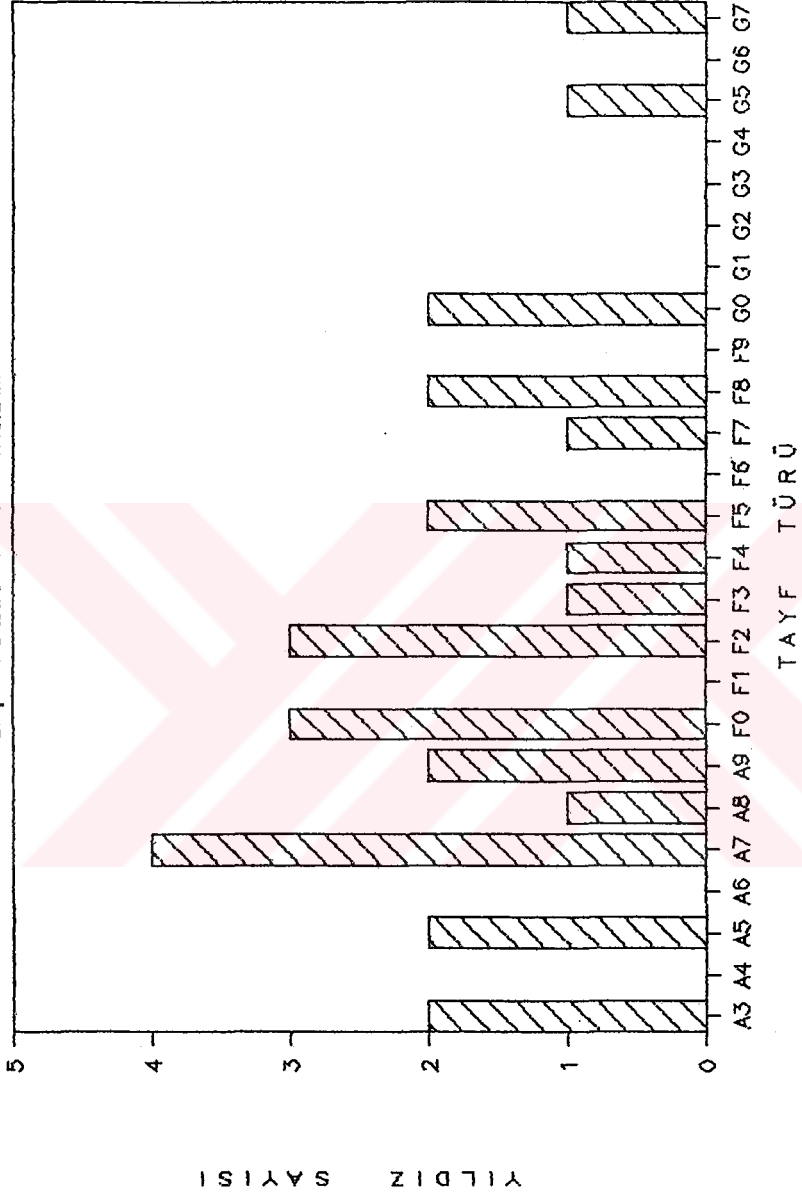
YOLDAŞ YILDIZLARIN TAYF DAĞILIMI



Şekil 33. Çizelge 4'teki W türü sistemlerin yoldaş yıldızlarının tayf dağılımı. En çok yığılma, G5 ve K0 tayf türleri yöresindedir.

A TÜRÜ SİSTEMLER

BAŞ YILDIZLARIN TAYF DAĞILIMI



Şekil 34. Çizelge 8'deki A türü sistemlerin baş yıldızlarının tayf dağılımı. En çok yığılma, A7 tayf türü yöresindedir. Yoldaş yıldızların tayf dağılımı, veri azlığı nedeniyle verilmemiştir.

ÇİZELGE 14.

W türü ve A türü sistemlerin $\text{Log}(L_1/L_2)$, $\text{Log}(M_1/M_2)$ ve $\text{Log}(R_1/R_2)$ değerleri.

W türü ve A türü sistemlerin çizelgelerindeki değerler kullanılarak hesaplanmış olan $\text{Log}(L_1/L_2)$, $\text{Log}(M_1/M_2)$ ve $\text{Log}(R_1/R_2)$ değerleri. Çizelgede 1. ve 4. sütunlar, sırasıyla W türü ve A türü sistemler için $\text{Log}(L_1/L_2)$ değerlerini, 2. ve 5. sütunlar, sırasıyla W türü ve A türü sistemler için $\text{Log}(M_1/M_2)$ değerlerini, 3. ve 6. sütunlar da sırasıyla W türü ve A türü sistemler için $\text{Log}(R_1/R_2)$ değerlerini göstermektedir. Bu iki grubun birleştirilmesiyle de iki tür için ortak bağıntılar hesaplanmıştır.

W t ü r ü			A t ü r ü		
$\text{Log}(L_1/L_2)$	$\text{Log}(M_1/M_2)$	$\text{Log}(R_1/R_2)$	$\text{Log}(L_1/L_2)$	$\text{Log}(M_1/M_2)$	$\text{Log}(R_1/R_2)$
-0.7507	-0.8860	-0.4389	1.2819	0.0348	0.1052
-0.3271	-0.4232	-0.1967	0.3160	0.2291	0.1847
-0.3109	-0.4004	-0.1859	0.4127	0.2696	0.1998
-0.3130	-0.3602	-0.1666	0.4302	0.3537	0.2061
-0.1958	-0.3054	-0.1409	0.5303	0.4559	0.2277
-0.2271	-0.3010	-0.1388	0.5087	0.4868	0.2603
-0.2302	-0.2989	-0.1378	0.4478	0.5326	0.2626
-0.1508	-0.2807	-0.1292	0.8096	0.5528	0.2950
-0.2002	-0.2697	-0.1240	0.6113	0.6146	0.3006
-0.1761	-0.2360	-0.1084	0.7039	0.6326	0.3571
-0.1517	-0.2317	-0.1064	0.7341	0.6871	0.3596
-0.1985	-0.2315	-0.1064	0.7381	0.8016	0.4777
-0.1048	-0.2292	-0.1052	1.0699	0.9508	0.6038
-0.1983	-0.2248	-0.1033			
-0.1292	-0.2172	-0.0996			
-0.1374	-0.1732	-0.0793			
-0.0602	-0.0969	-0.0444			
-0.0481	-0.0792	-0.0361			
-0.0463	-0.0607	-0.0277			

ÇİZELGE 15.

Cester ve arkadaşları (1979)'dan alınan değen çift sistemlerin kütle oranı değerleri.

Bu çizelgedeki değerler, Cester ve arkadaşları (1979)'dan alınmıştır. 1. sütun, yıldızların bu çizelgedeki sıra numarasını, 2. sütun, yıldızın adını, 3., 5. ve 7. sütunlar, yıldızın ayrı ayrı çözümler sonucu bulunmuş olan kütle oranı ($q=m_2/m_1$) değerlerini, 4., 6. ve 8. sütunlardaki Y., bu kütle oranı değerlerinin hangi çözüm yöntemiyle bulunduğunu (burada [B]=> Berthier, [L]=> Binnendijk, [BN]=> Binnendijk ve Nagy, [HH]=> Hill ve Hutchings, [MD]=> Mochnacki ve Doughty, [R]=> Rucinski, [WD]=> Wilson ve Devinney ve [W]=> Wood yöntemleridir). 9. sütun, yıldızın tayfsal (spektroskopik) kütle oranı ($q=m_2/m_1$) değerini, 10 sütun, çözümü yapılan ışık eğrisinin elde edildiği dalga-boyu ya da dalgaboylarını, 11. sütun ise bu değerlerin alındığı katalog sayfalarını belirtmektedir.

No	YILDIZ		q ₁	Y.	q ₂	Y.	q ₃	Y.	q ₄ (sp)	LAMBDA	SAYFA
1	AB	And	0.68	WD	----	----	0.62			VB	564
			1.89	B	----	----				VB	565
2	V535	Ara	0.311	WD	0.302	WD	----	----	0.300	VB	569
			0.361	WD	----	----	VB	570			
3	IU	Aur	0.68	W	----	----	0.68			VBU	580
			0.68	W	----	----				5150	581
			0.68	W	----	----				VBU	582
			0.68	W	----	----				VBU	583
			0.68	W	----	----				VB,3400	584
			0.68	W	----	----				V	585
			0.68	W	----	----				3400	586
4	LY	Aur	0.375	W	----	----				VBU	587
			0.375	W	----	----				4250,3320	588
5	TX	Cnc	0.62	MD	0.52	L	----	----	0.62	V	598
6	UW	CMa	0.751	WD	----	----				VB	604
			0.90	WD	----	----				VB	605
			1.173	WD	----	----				VB	606
			1.00	WD	----	----				VB	607
			1.30	WD	0.4	WD				----	----
7	A0	Cas	0.843	WD	----	----	0.85		VBU	617	

ÇİZELGE 15 (devam)

No	YILDIZ		q ₁	Y.	q ₂	Y.	q ₃	Y.	q ₄ (sp)	LAMBDA	SAYFA
8	CW	Cas	0.40	W	----		----		----	V	618
			0.40	WD	----		----		----	V	618
9	DO	Cas	0.44	W	----		----		----	VBU	619
			0.44	W	0.45	W	----		----	VB	620
10	RR	Cen	0.18	MD	----		----		----	5280,4300	623
11	SV	Cen	1.15	WD	----		----		1.19	VBU	624
			1.28	WD	----		----		----	VBU	625
			1.19	R	----		----		----	VBU	626
12	BH	Cen	0.969	WD	----		----		----	VBU	629
13	V 747	Cen	0.399	WD	----		----		----	VB	630
14	ER	Cep	0.47	R	0.59	R	----		----	VB	642
15	GK	Cep	0.89	HH	----		----		0.9	5430,4350	643
16	TX	Cet	0.33	HH	----		----		----	VBU	646
17	RZ	Com	0.436	WD	0.418	WD	----		0.48	5300	647
18	GG	Com	0.511	R	----		----		0.52	VBU	648
19	W	Crv	0.757	WD	----		----		----	VB	652
			0.807	WD	----		----		----	VB	653
20	DK	Cyg	0.33	MD	----		----		----	5300,4500	660
21	V 382	Cyg	0.88	W	----		----		0.88	VBU	666
22	V 729	Cyg	0.23	WD	----		----		0.23	VBU	669
23	V1073	Cyg	0.34	WD	----		----		0.34	VB	670
24	AK	Her	0.255	WD	----		----		----	VB	690
			0.265	WD	----		----		----	VB	691
			0.233	WD	----		----		----	VB	692
25	FG	Hya	0.145	MD	----		----		----	5300,4500	700

ÇİZELGE 15 (devam)

No	YILDIZ		q ₁	Y.	q ₂	Y.	q ₃	Y.	q ₄ (sp)	LAMBDA	SAYFA
26	XY	Leo	1.219	WD	1.19	WD	----		1.27	4300,5400	707
27	AM	Leo	2.55	HH	----		----		----	5400,4300	708
28	TU	Mus	0.68	W	----		----		0.678	ybvü	718
29	V 566	Oph	0.234	HH	0.238	MD	----		0.34	VB	723
			0.229	BN	0.228	B	0.29	L	----	VB	724
30	V1010	Oph	0.489	WD	----		----		----	5500,4350	725
31	RW	PsA	0.813	WD	----		----		----	VB	741
32	V	Pup	0.54	W	0.53	W	0.56	W	0.57	3370,3530,3750	742
			0.56	W	----		----		----	4020,4590,5180	743
			0.54	W	0.56	W	0.54	W	----	5830,6350,INT	744
			0.60	W	0.60	W	0.55	W	----	5180-5830 3370-3530,INT	745
33	AU	Pup	0.644	WD	----		----		VB	747	
34	RZ	Tau	0.372	WD	0.380	BN	----		0.54	5300,4420	762
			0.38	MD	0.54	L	----		0.54	5300,4420,V	762
35	W	UMa	2.50	HH	2.336	MD	1.85	MD	0.54	VB	768
36	AW	UMa	0.072	WD	----		----		----	VB	775
			0.079	MD	----		----		----	VB	776
			0.077	BN	0.80	L	----		----	VB	777
37	RU	UMi	0.35	W	----		----		VB	778	
38	HD 47732		0.79	WD	0.73	WD	----		0.73	VB	787

ÇİZELGE 16.

Brancewicz ve Dworak(1980)'dan alınan değen çift yıldızların kütle oranları.

Bu çizelgede, 1., 3. ve 5. sütunlar yıldız adlarını, 2., 4. ve 6. sütunlar ise kütle oranı ($q=m_2/m_1$) değerlerini belirtmektedir.

Yıldız Adı	q	Yıldız Adı	q	Yıldız Adı	q
WZ And	0.59	V 401 Cyg	0.60	AE Phe	0.67
AB And	0.62	V 700 Cyg	0.60	V 431 Sgr	0.70
BD And	0.74	V 836 Cyg	0.55	V 779 Sgr	0.57
BL And	0.30	V 963 Cyg	0.68	V 701 Sco	0.86
CN And	0.63	V1023 Cyg	0.83	AS Ser	0.86
S Ant	0.47	AX Dra	0.72	CC Ser	0.53
SU Aqr	0.50	BV Dra	0.78	AH Tau	0.67
EL Aqr	0.75	RU Eri	0.74	TY UMa	0.61
SS Ari	0.61	UX Eri	0.42	VV Vir	0.69
SX Aur	0.54	BC Eri	0.64	AX Vir	0.75
ZZ Aur	0.15	BL Eri	0.52	AZ Vir	0.61
AP Aur	0.61	AV Hya	0.59	AW Vul	0.73
TY Boo	0.75	DF Hya	0.67	BS Vul	0.73
VW Boo	0.52	FG Hya	0.15		
AD Cnc	0.69	UZ Leo	0.70		
AH Cnc	0.75	XZ Leo	0.64		
X Car	0.98	RT LMi	0.67		
MR Cas	0.70	V Lep	0.50		
BH Cen	0.90	RR Lep	0.61		
V 747 Cen	0.20	PY Lyr	0.74		
WZ Cep	0.60	UY Mon	0.99		
EM Cep	0.90	BB Mon	0.60		
GW Cep	0.67	DD Mon	0.60		
TY Cet	0.75	TU Mus	0.67		
VV Cet	0.70	CX Nor	0.70		
RW Com	0.65	V 502 Oph	0.40		
RS Crt	0.70	V 508 Oph	0.75		
WZ Cyg	0.50	V 566 Oph	0.34		
GO Cyg	0.85	BB Peg	0.60		
V 387 Cyg	0.82	IK Per	0.79		

ÇİZELGE 17.

Batten ve arkadaşları(1978) 'nın kataloğundan seçilen tayfsal çiftler ve $m_1 \sin^3 i$, $m_2 \sin^3 i$ ve kütle oranı ($q=M_2/M_1$) değerleri (ayrık çiftler hariç).

Bu çizelgede, 1. sütun, yıldızların çizelgedeki sıra numarasını, 2. sütun, yıldızların Batten ve arkadaşları (1978)'nin kataloğundaki sıra numarasını, 3. sütun, yıldızın adını, 4. ve 5. sütunlar, yıldızların tayflarından elde edilen dikine hız değerlerinin kullanılmasıyla bulunan, yörünge eğikliği i 'ye bağlı olarak, 1. ve 2. bileşenin güneş kütlesi biriminde, kütleleriyle ilgili değerleri, 6. sütun, (5. ve 4. sütun değerlerinin birbirine bölünmesi sonucu bulunmuş olan) kütle oranı ($q=m_2/m_1$) değerini, 7. sütundaki Nitelik, bu değerlerin elde edildiği tayfın ne derece iyi ya da kötü alınmış bir tayf olduğunu (a: en iyi,..., e: en kötü) gösteren harflendirmeyi belirtmektedir.

Sıra No	Kat. No	Yıldız Adı	$m_1 \sin^3 i$	$m_2 \sin^3 i$	$q=m_2/m_1$	Nitelik
1	8	UU Psc	0.295	0.274	0.929	c
2	14	HR2019	2.000	1.180	0.590	c
3	22	HR3405	0.994	0.972	0.978	c
4	24	HR3950	0.653	0.193	0.296	d
5	25	FF And	0.359	0.348	0.969	d
6	36	HR5408	1.650	1.200	0.727	c
7	59	HR10308	1.160	1.070	0.922	c
8	62	TW Cet	1.280	0.676	0.528	e
9	75	HR12881	0.806	0.757	0.939	c
10	109	XY Cet	1.750	1.630	0.931	c
11	123	GK Per	0.073	0.302	4.126	d
12	126	AS Eri	1.840	0.198	0.108	b
13	131	HR22468	0.227	0.185	0.815	c
14	138	HR23625	0.883	0.635	0.719	c
15	140	HR23642	2.050	1.430	0.698	b
16	153	IQ Per	2.650	1.540	0.581	d
17	161	HR26591	1.750	1.740	0.994	c
18	162	YY Eri	0.727	0.473	0.651	d
19	173	HR27483	0.493	0.473	0.959	b
20	184	RZ Tau	1.600	0.864	0.540	e

ÇİZELGE 17 (devam)

Sıra No	Kat. No	Yıldız Adı	$m_1 \sin^3 i$	$m_2 \sin^3 i$	$q=m_2/m_1$	Nitelik
21	209	SX Aur	9.870	5.270	0.534	d
22	210	ER Ori	0.426	0.261	0.613	d
23	218	CD Tau	1.400	1.300	0.929	b
24	219	AR Aur	2.480	2.290	0.923	b
25	222	HR34790	1.710	1.500	0.877	c
26	223	AS Cam	3.310	2.510	0.758	c
27	227	IU Aur	15.300	10.400	0.680	d
28	230	LY Aur	21.600	8.080	0.374	c
29	247	UX Men	1.170	1.110	0.949	c
30	282	WW Aur	1.980	1.790	0.904	a
31	307	63 Gem	1.050	0.867	0.826	b
32	314	YY Gem	0.580	0.589	1.016	b
33	320	UZ Pup	1.110	1.110	1.000	d
34	340	Z Cam	0.492	0.660	1.341	e
35	345	VZ Hya	1.230	1.120	0.911	c
36	347	X Car	0.777	0.777	1.000	e
37	353	TX Cnc	0.712	0.440	0.618	c
38	356	RS Cha	1.820	1.780	0.978	c
39	362	TY Pyx	1.200	1.220	1.017	b
40	387	W UMa	1.180	0.637	0.540	c
41	393	XY Leo	0.467	0.371	0.794	e
42	399	HS Hya	1.330	1.280	0.962	d
43	409	UV Leo	0.969	0.901	0.930	d
44	415	HR93075	0.118	0.103	0.873	d
45	418	RZ Cha	1.470	1.480	1.007	b
46	441	HR101799	1.260	0.393	0.312	d
47	454	CC Com	0.693	0.358	0.517	d
48	456	AH Vir	1.330	0.560	0.421	d
49	461	AS Dra	0.736	0.706	0.959	a
50	467	RZ Com	1.520	0.731	0.481	e
51	470	HR110317	0.531	0.468	0.881	d
52	476	HR112014	2.470	2.070	0.838	d
53	505	BH Vir	0.855	0.871	1.019	c
54	529	44 i Boo B	0.772	0.385	0.499	d
55	536	BV Dra	1.000	0.799	0.799	e

ÇİZELGE 17 (devam)

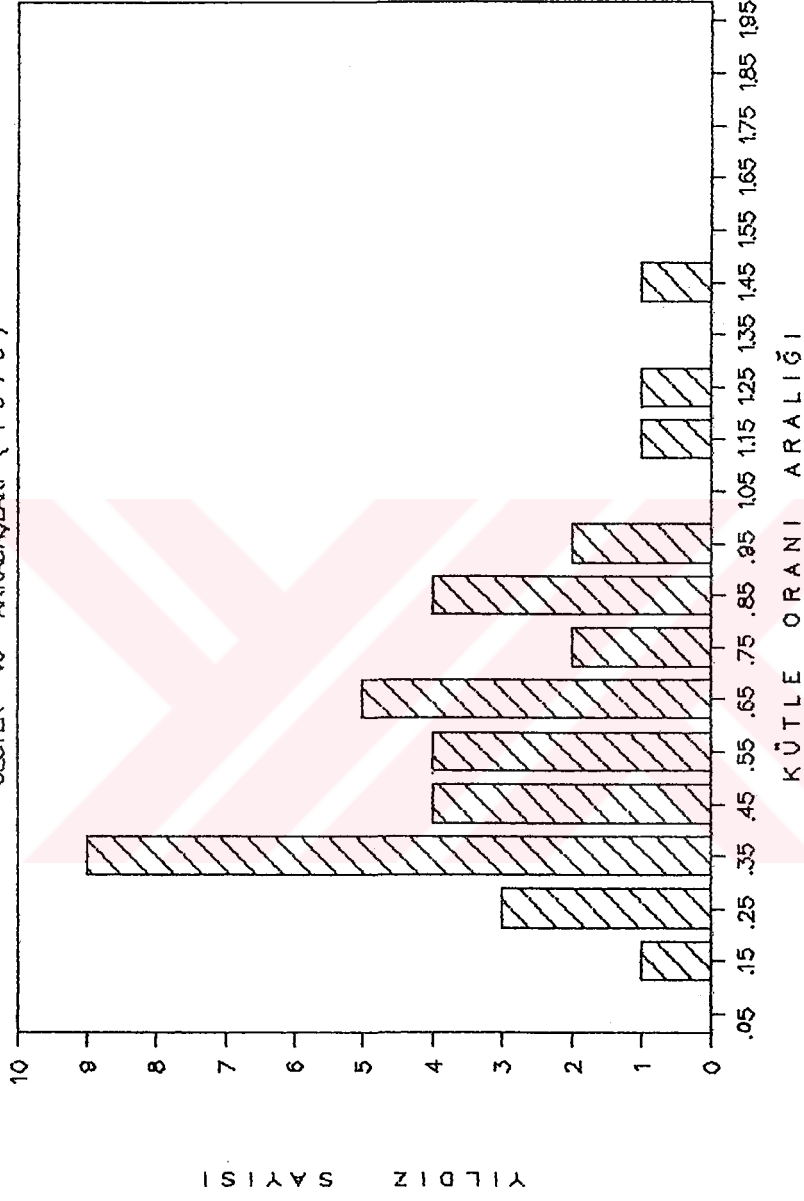
Sıra No	Kat. No	Yıldız Adı	$m_1 \sin^3 i$	$m_2 \sin^3 i$	$q=m_2/m_1$	Nitelik
56	539	HR136403	0.492	0.391	0.795	b
57	580	CM Dra	0.238	0.208	0.874	c
58	582	V502 Oph	1.200	0.487	0.406	d
59	590	mu ⁺ Sco	9.090	6.010	0.661	c
60	609	WZ Oph	1.130	1.120	0.991	c
61	613	HR155555	0.491	0.458	0.933	b
62	618	TX Her	1.610	1.440	0.894	c
63	636	V624 Her	1.830	1.630	0.891	c
64	649	HR162724	3.150	2.490	0.790	d
65	655	V566 Oph	1.140	0.389	0.341	d
66	657	Z Her	1.200	1.080	0.900	c
67	671	HR168092	1.040	1.010	0.971	c
68	689	V451 Oph	2.750	2.340	0.851	c
69	692	RX Her	2.730	2.310	0.846	b
70	727	V805 Aql	1.830	1.490	0.814	b
71	760	EM Cyg	0.495	0.641	1.295	d
72	779	BS Dra	1.360	1.360	1.000	b
73	781	V477 Cyg	1.710	1.290	0.754	c
74	807	V Sge	0.745	2.800	3.758	e
75	809	MY Cyg	1.780	1.810	1.017	b
76	825	GO Cyg	0.975	0.832	0.853	d
77	826	AE Aqr	0.586	0.657	1.121	d
78	827	VW Cep	0.618	0.202	0.327	e
79	842	HR200776	0.896	0.831	0.927	c
80	861	GK Cep	2.340	2.160	0.923	c
81	872	SS Cyg	0.185	0.197	1.065	e
82	885	HR208947	2.470	2.130	0.862	c
83	888	CM Lac	1.870	1.460	0.781	c
84	895	HR209943	0.639	0.600	0.939	c
85	901	RU Peg	0.267	0.327	1.225	e
86	925	W Gru	1.340	1.330	0.993	c
87	933	HR216494	1.810	1.500	0.829	c
88	934	SW Lac	0.808	0.948	1.173	d
89	952	HR218738	0.431	0.410	0.951	c
90	953	RT And	1.510	0.974	0.645	d
91	954	AB And	1.690	1.050	0.621	e
92	975	U Peg	1.090	0.879	0.806	e

ÇİZELGE 18.

Bu çizelgedeki 1. ve 5. sütunlar, grafik için seçilen sabit kütle oranı ($q=M_2/M_1$) aralıklarını vermektedir, 2. ve 6. sütunlardaki [C], bu sütunlardaki yıldız sayısı değerlerinin Cester ve arkadaşları (1979)'ndan alındıklarını, 3. ve 7. sütunlardaki [BD], bu sütunlardaki yıldız sayısı değerlerinin Brancewicz ve Dworak(1980)'dan alındıklarını ve 4. ve 8. sütunlardaki [B] de bu sütunlardaki yıldız sayısı değerlerinin Batten ve arkadaşları (1978)'ndan alındıklarını belirtmektedir. Çizelge 17'de bulunan, 3.75 q aralığı için 1 ve 4.15 q aralığı için 1 değeri, bu çizelgeye ve Şekil 37'ye katılmamıştır.

q Aralığı	[C]	[BD]	[B]	q Aralığı	[C]	[BD]	[B]
0.00 - 0.10	2	0	0	1.00 - 1.10	0	0	9
0.10 - 0.20	15	3	1	1.10 - 1.20	0	0	2
0.20 - 0.30	17	1	1	1.20 - 1.30	0	0	2
0.30 - 0.40	13	2	4	1.30 - 1.40	0	0	1
0.40 - 0.50	6	5	4	1.40 - 1.50	0	0	0
0.50 - 0.60	3	14	7	1.50 - 1.60	0	0	0
0.60 - 0.70	1	25	8	1.60 - 1.70	0	0	0
0.70 - 0.80	1	14	9	1.70 - 1.80	1	0	0
0.80 - 0.90	0	7	16	1.80 - 1.90	0	0	0
0.90 - 1.00	0	2	26	1.90 - 2.00	0	0	0

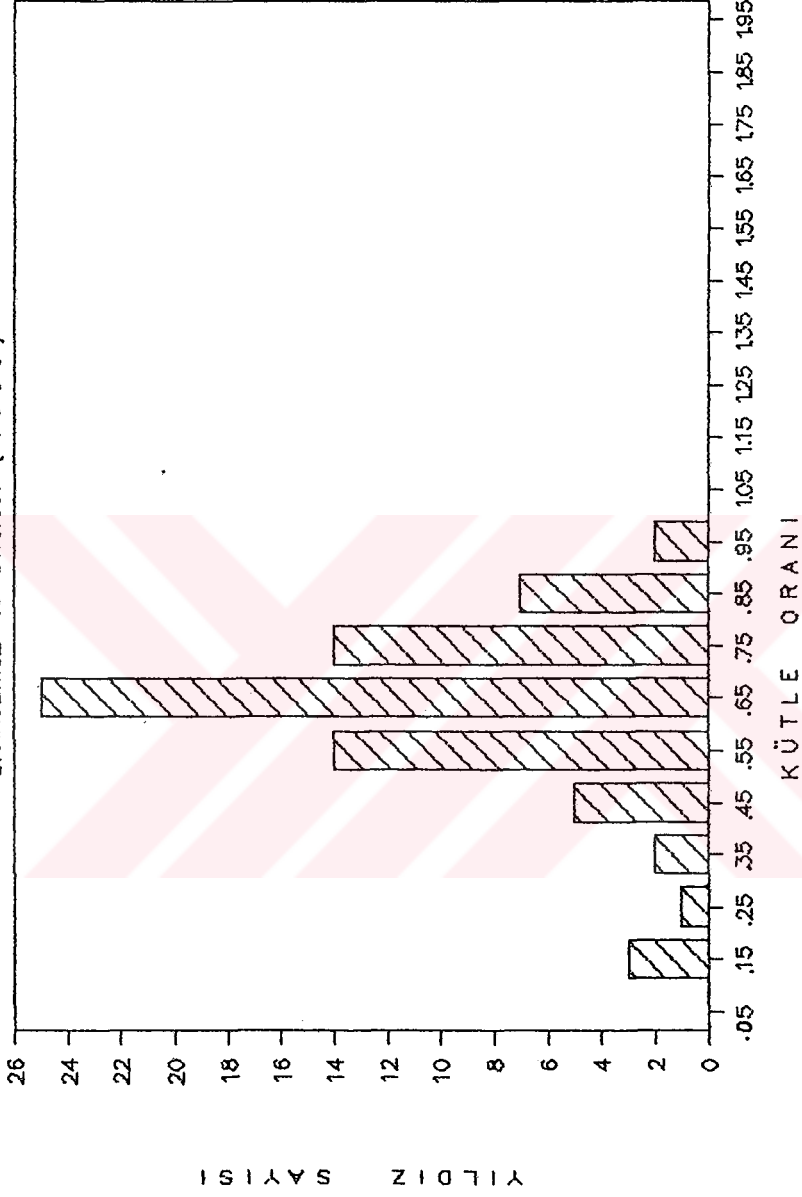
DEĞEN ÇİFTLERİN KÜTLE ORANI DAĞILIMI
CESTER ve ARKADAŞLARI (1979)



Şekil 35. Cester ve arkadaşları (1979)'nın çözüm kataloğundan alınan değen çiftlerin, kütle oranı dağılım grafiği. En çok $q=0.35$ değeri yöresindedir.

DEĞEN ÇİFTLERİN KÜTLE ORANI DAĞILIMI

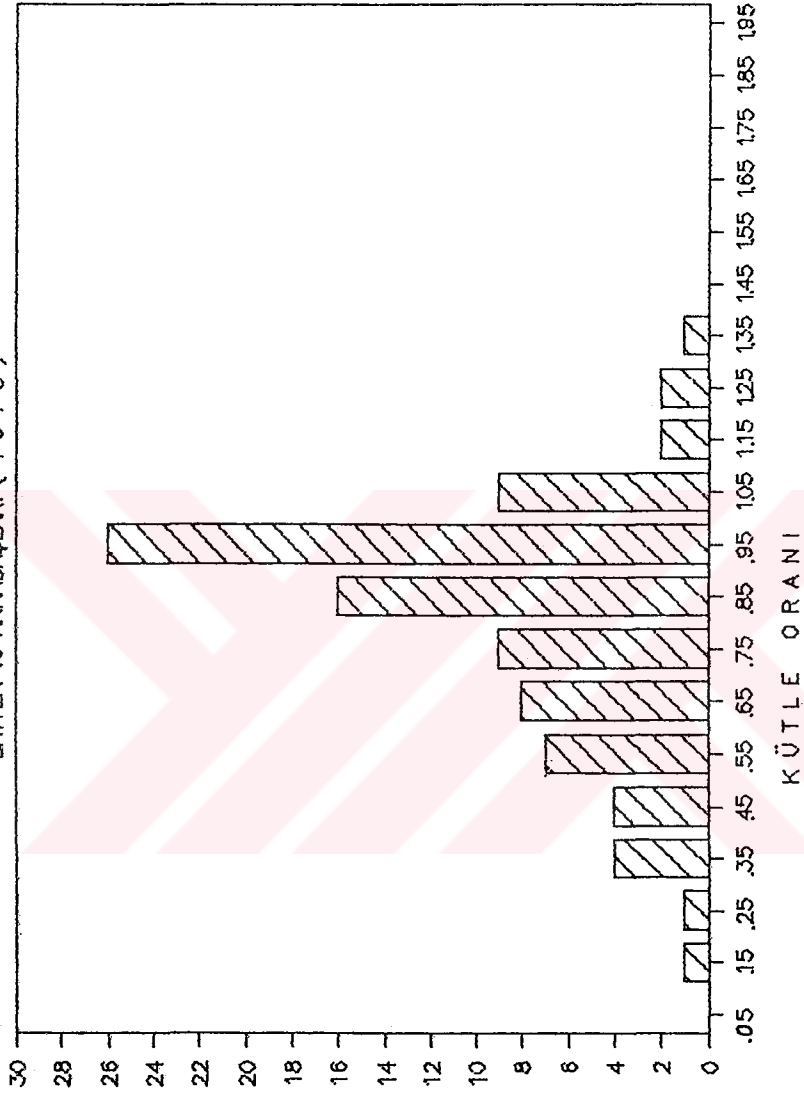
BRANCEWICZ ve DWORAK (1980)



Şekil 36. Brancewicz ve Dworak (1980)'dan alınan degen çiftlerin, kütle oranı dağılım grafiği. En çok yığılma, $q=0.65$ değeri yöresindedir ve burada bir önceki şekile göre, daha fazla sayıda yıldız kullanılmıştır.

TAYFSAL YAKIN ÇİFTLERİN Q DAĞILIMI

BATTEN VE ARKADAŞLARI (1 9 7 8)



Y I L D I N Z S A Y I S I

Şekil 37.

Batten ve arkadaşları (1978)'nin kataloğundan alınan tayfsal çiftlerin, kütle oranı dağılım grafiği. En çok yığılma, $q=0.95$ değeri yöresindedir. Bu şekilde yatay eksen, önceki şekillerle karşılaştırılabilir olması için 0.05 ile 1.95 değerleri arasında alınmıştır.

3.2. Fotometrik ve Tayfsal Kütle Oranı Değerleri Arasındaki İlişki

W ve A türü sistemler için oluşturulan çizelgelerde, fotometrik ve tayfsal kütle oranı değerlerinin ikisi de belli olan sistemlerden güvenilir değerlere sahip olan sistemlerin değerlerinin kullanılmasıyla Şekil 38 oluşturulmuştur. Burada, değişik kaynaklarda verilmiş değerlerin ortalamaları alınarak bu ortalama kütle oranı değerleri kullanılmıştır. Bu değerler, Çizelge 19'da listelenmiştir. Şekilde W harfiyle gösterilmiş olan değerler W türü sistemleri, A harfiyle gösterilmiş olan değerler A-türü sistemleri ve E harfiyle gösterilmiş olan değerler de Erken tür sistemleri belirtmektedir. B türü sistemlerin değerleri, sayılarının az olması ve tayfsal kütle oranı değerlerinin yokluğu nedeniyle, bu şeklin oluşturulmasında kullanılmamıştır. Fotometrik kütle oranı değerleri, Wilson-Devinney yöntemiyle bulunan değerlerdir. Tayfsal kütle oranı değerlerinin bir kısmı kataloglardan alınmış, bir kısmı ise literatürde tayfsal çalışması olan sistemlerin değerleri alınarak kullanılmıştır. Şekilden de görüldüğü gibi, fotometrik ve tayfsal kütle oranı değerleri arasındaki uyuma oldukça iyidir ve yaklaşık 45°'lik bir eğime sahip bir doğru verecek biçimde dağılım göstermektedirler. Bu dağılım, en küçük kareler yöntemiyle temsil edilmiş ve aşağıdaki bağıntı bulunmuştur :

$$q_{ph} = 0.9136 * q_{sp} + 0.0454$$

± 454 ± 672

Bu bağıntı, şekilde değerlerin üzerine çizilmiştir. Bu çizginin sol alt bölgesinde kalan, W türü sistemlere ait olan iki değer, dağılımın hesaplanmasında kullanılmadığında,

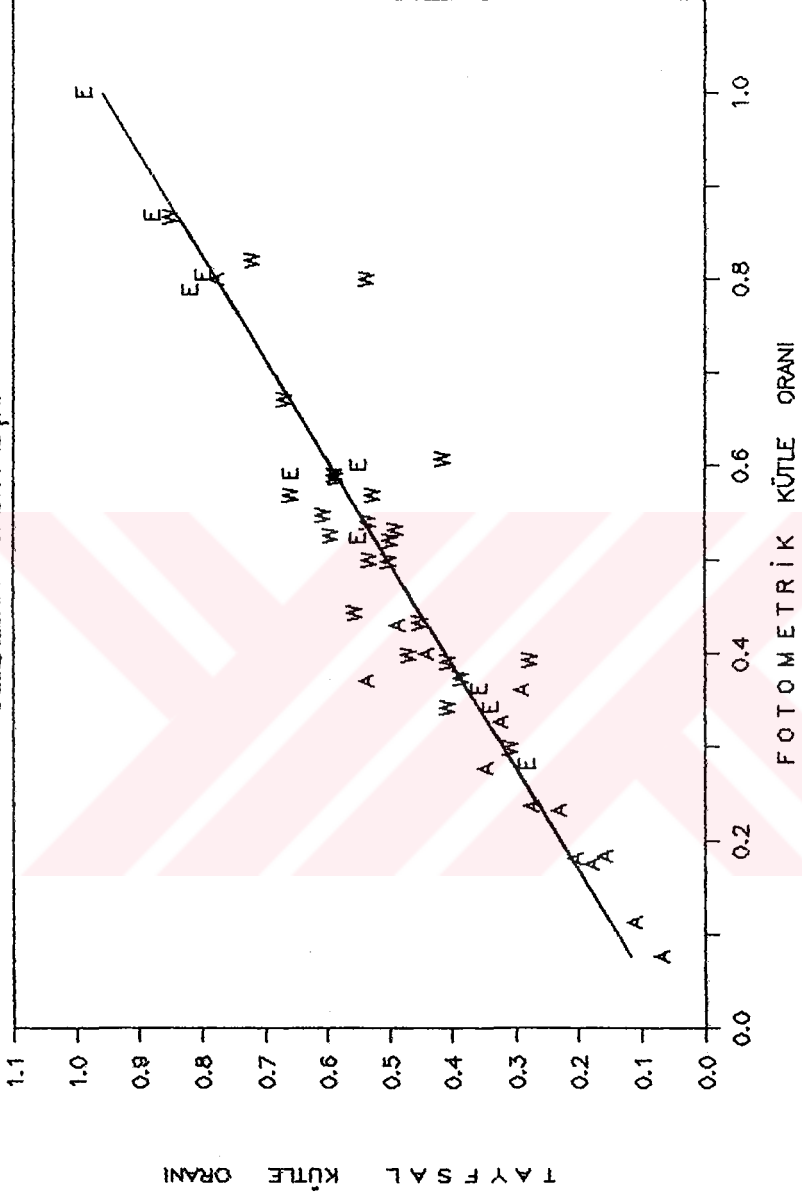
$$q_{ph} = 0.9628 * q_{sp} + 0.0310$$

± 349 ± 502

bağıntısı bulunmaktadır. Görüldüğü gibi bu dağılım ilişkisi daha iyi temsil etmektedir. Şekilde genel dağılımdan sapmış olarak görünen noktalar, ya tayfsal değerleri ya da fotometrik değerleri çeşitli nedenlerle sağlıklı bir biçimde belirlenememiş olan sistemleri göstermektedir. Fakat genelde sistemlerin çoğunun iyi ve sağlıklı değerlere sahip olduğu görülmektedir. Buradan da, Wilson-Devinney yöntemi kullanılarak bulunan fotometrik kütle oranı değerlerinin yeterince sağlıklı olduğu sonucuna varılabilir.

FOTOMETRİK VE TAYFSAL KÜTLE ORANI

DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



Şekil 38.

Değer çiftlerinin çözümle bulunan fotometrik kütle oranı ($q_{ph}=M_2/M_1$) değerleri ile tayfsal kütle oranı ($q_{sp}=M_2/M_1$) değerleri arasındaki ilişki. Şekilde, $A \Rightarrow A$ türü, $W \Rightarrow W$ türü ve $E \Rightarrow E$ tür sistemleri belirtmektedir. W türü sistemlerin kütle oranı değerleri şekilde ters (yani $q=M_1/M_2$) olarak kullanılmıştır.

ÇİZELGE 19.

Çizelge 4, Çizelge 8 ve Çizelge 13'ten seçilen, yakın çift sistemlerin fotometrik ve tayfsal kütle oranı değerleri.

Bu çizelgede, W türü, A türü ve Erken tür sistemler, ayrı gruplar halinde listelenmiştir. Burada 1. ve 4. sütunlar, yıldızın adını, 2. ve 5. sütunlar, ortalama fotometrik kütle oranı ($q_{ph}=m_2/m_1$) değerini, 3. ve 6. sütunlar da, ortalama tayfsal kütle oranı ($q_{sp}=m_2/m_1$) değerini göstermektedir.

Yıldız Adı	q_{ph}	q_{sp}	Yıldız Adı	q_{ph}	q_{sp}
<u>W türü sistemler :</u>			SW Lac	0.867	0.851
AB And	0.443	0.557	XY Leo	0.820	0.722
S Ant	0.590	0.590	VW Leo	0.520	0.500
44i Boo	0.498	0.503	V502 Oph	0.373	0.388
V523 Cas	0.608	0.417	ER Ori	0.547	0.609
V757 Cen	0.671	0.670	U Peg	0.540	0.535
ER Cep	0.569	0.660	AE Phe	0.399	0.470
VW Cep	0.391	0.410	AH Vir	0.342	0.410
TW Cet	0.569	0.528	HD101799	0.299	0.311
TX Cnc	0.588	0.587	<u>A türü sistemler :</u>		
AH Cnc	0.500	0.533	S Ant	0.590	0.590
CC Com	0.531	0.492	V535 Ara	0.361	0.293
RZ Com	0.433	0.452	XY Boo	0.183	0.159
BV Dra	0.800	0.539	RR Cen	0.180	0.206
BW Dra	0.392	0.278	Eps CrA	0.113	0.112
YY Eri	0.526	0.595			

ÇİZELGE 19 (devam)

Yıldız Adı	q _{ph}	q _{sp}	Yıldız Adı	q _{ph}	q _{sp}
W Crv	0.799	0.780	<u>Erken tür sistemler :</u>		
AK Her	0.232	0.233			
V566 Oph	0.237	0.275	V535 Ara	0.361	0.360
AE Phe	0.400	0.443	LY Aur	0.590	0.660
TY Pup	0.326	0.326	SX Aur	0.599	0.550
Y Sex	0.175	0.180	SV Cen	0.803	0.800
RZ Tau	0.371	0.539	AH Cep	0.867	0.880
AQ Tuc	0.277	0.350	V1073 Cyg	0.340	0.340
AW UMa	0.076	0.070	RZ Pyx	0.787	0.820
W UMa	0.430	0.490	V Pup	0.521	0.550
AG Vir	0.280	0.285	V701 Sco	0.998	0.990

3.3. Yarı-Ayrık Çiftlerde Fotometrik Kütle Oranının Bulunması

Çözümlere önce yarı-ayrık çift sistemlerden başlanmıştır. Işık eğrisi çözümleri için gelişigüzel değerler almamak ve yanılgıya neden olabilecek bir işlem yapmamak için, bir çözüm kataloğundan örnek bir yarı-ayrık sistem seçilmesi uygun görülmüş ve bu amaçla Cester ve arkadaşları (1979)'nın kataloğundan, Çizelge 1'de yanlarına (*) işareti konan sistemler seçilmiştir. Bunların içinden de tayfsal kütle oranı değeri bilinen SX Aur sistemi, çözümler için aday sistem olarak alınmıştır. Bu çalışmadaki çözümler Wilson-Devinney yöntemi ile yapılacaktır ve bu yöntemin özellikleri ayrıntılı olarak E K 2 'de anlatılmıştır. Çözümde, baş yıldızın kendi kritik Roche lobunu doldurmuş olduğu ve yoldaş yıldızın doldurmadığı durum için olan, Mode 4 ile başlamaya karar verildi. Çalışmada önce LC (Light Curve) ışık eğrisi programı kullanılarak, kuramsal bir ışık eğrisi elde edilmesi amaçlandı. Bu kuramsal eğriye ait kütle oranı değeri, literatürden alınan çözümde bulunan kütle oranı değerine çok yakın olan sabit bir değer olarak seçildi. Buradaki amaç, kuramsal bir ışık eğrisi elde edildikten sonra, bu ışık eğrisini gözlenmiş ışık eğrisi olarak kabul edip, kütle oranı değerinin bilinmediği varsayılarak, diğer parametrelerin de uygun değerler olarak seçilip girilmesiyle yapılacak çözümlerin sonucunda, yine bu kütle oranı değerinin ya da bu değere çok yakın bir değer bulunmasıdır. Kütle oranı değerlerinin aralığı, daha önce Çizelge 3'te saptanmış olan değerler yardımıyla seçildi. Küçük bir değerle işe başlanarak ve daha sonra belirli aralıklarla kütle oranı (q) değerleri arttırılarak,

çözümler sürdürüldü. Bu belirli aralık başlangıçta 0.1 olarak seçildi. Çözümler sırasında şu yol izlenecektir :

Yapılan her çözümün sonunda $W(O-C)^2 = \text{SUM OF THE SQUARES OF RESIDUALS}$ [$\text{SUM}(W*RES**2)$] (gözlenen ve hesaplanan değerler arasındaki farkların karelerinin toplamı) değerlerine bakılır. Değişkenlerin düzeltme değerleri ve onların olası yanılğı değerleri incelenir ve olası yanılğı değerlerinin, düzeltme miktarları mertebesinde veya daha büyük olduğu durumda, çözüme ulaşıldığına karar verilir. Bu koşula, tüm değişkenlerin uyduğuna dikkat edilmesi gerekir. Daha sonra, q kütle oranı değeri ve $W(O-C)^2$ değerleri arasında bir grafik çizilir. Grafiğin, normal koşullarda, düzgün bir minimum vermesi, yani gittikçe azalan değerlerden sonra ulaşılan bir minimum ve sonra artan değerlere doğru giden bir eğri vermesi gerekir. Eğer böyle bir minimum elde edilirse, minimuma rastlayan q kütle oranı değeri, aranılan değer ya da ona çok yakın bir değer olacaktır. Eğer bu değer, ilk başta kuramsal ışık eğrisini elde ederken kullanılan değerle aynı ya da ona çok yakın bir değerse, yarı-ayrık çiftler için kütle oranı değerinin, fotometrik yolla elde edilebildiği sonucuna varılır. Eğer bu işlemler sırasında düzgün bir minimum çıkmazsa, o zaman kütle oranının fotometrik değerinin, bu yöntemle sağlıklı olarak bulunamayacağı sonucuna varılır.

Çözümler sırasında işlemleri çabuklaştırmak için, normal nokta sayısı azaltılmıştır. Örnek olarak 25 yöresinde nokta alınmıştır. Kullanılan parametrelerden olan (grid fineness integers) örgü incelik sayılarının [N1 ve N2 sayıları] küçük alınmaları çözümü kolaylaştırdığı ve bilgisayar zamanını kısalttığı için, mümkün olduğu kadar küçük değerlerde

seçilmiştir. En uygun N1 ve N2 değerleri Wilson tarafından N1=N2=15 ve boyut da 195 olarak önerilmiştir. Bu çalışmada N1=14, N2=10, N1L=7, N2L=5 olarak alınmıştır. Ayrıca, bu aşamada yarı-ayrık sistemlerle uğraştığımız için N1>N2 alınması uygun görülmüştür.

SX Aur sistemi için, B rengine ilişkin çözüm sonuçları alınıp, bir kuramsal eğri elde edilmesi ve bu kuramsal eğrinin, değişik kütle oranı değerleriyle çözülmesi amaçlanmıştır. Sistemin kuramsal eğrisiyle ilgili veriler aşağıdadır :

1. MODE : Chambliss ve Leung (1979)'e göre, düşük kütleli olan ikinci bileşen Roche lobunu doldurmuş olduğundan, bu yıldızın çözümlerinde MODE 5 kullanılmasına karar verilmiştir.
2. PERIOD : 1.21008 (dönem) Chambliss ve Leung (1979)
3. $a_1 \sin i = 2.80E+06$ km. $a \sin i = 8.22E+06$ km.
 $a_2 \sin i = 5.36E+06$ km. Popper (1943)
 $i = 82^\circ 00' 08''$ (yörünge eğikliği) Chambliss ve Leung (1979)
 $a = 8.3E+06$ km. (yarı-büyük eksen uzunluğu)
 $R_\odot = 6.96E+05$ km. $a = 11.926 R_\odot$
4. $V_\gamma = + 3$ km/s (kütle merkezinin hızı) Popper (1943)
5. PSHIFT = 0.0 (evre kayması)
6. $i = 82^\circ 00'$ (yörünge eğikliği) Chambliss ve Leung (1979)
7. $g_1 = g_2 = 1.0$ (yüzey çekimleri) Chambliss ve Leung (1979)

8. $T_1 = 19200 \text{ }^\circ\text{K}$ (B5 tayf türü için) Chambliss ve Leung (1979)
(baş yıldızın sıcaklığı)
9. $T_2 = 14804 \pm 18 \text{ }^\circ\text{K}$ Chambliss ve Leung (1979)
(yoldaş yıldızın sıcaklığı)
10. $A_1 = A_2 = 1.0$ (birim) Chambliss ve Leung (1979)
(bolometrik albedolar)
11. $\Omega_1 = 3.0748 \pm 0.0075$ Chambliss ve Leung (1979)
($q = 0.5986$ için) (sıcak yıldızın potansiyeli)
12. $\Omega_2 = \Omega_{\text{inner}} (\text{iç}) = 3.0609$ Chambliss ve Leung (1979)
($q = 0.5986$ için) (soğuk yıldızın potansiyeli)
13. $q = 0.5986 \pm 0.0037$ (kütle oranı) Chambliss ve Leung (1979)
14. $WL = 4320 \text{ \AA}$ (dalga boyu)
15. $L_1 = 0.7483 + 0.0042$ ($L_1 * 4\pi = 9.4034$) Chambliss ve Leung (1979)
(sıcak yıldızın ışıması)
16. $L_2 = 0.2517$ ($L_2 * 4\pi = 3.1630$) (soğuk yıldızın ışıması)
B 4320 Å ve yukarıdaki sıcaklıklar için.
17. $X_1 = 0.38$, $X_2 = 0.42$ Al Naimiy (1978)
(her iki bileşenin kenar kararım katsayıları)

Yukarıdaki veriler girilerek bir veri kütüğü hazırlandı. Bu veri kütüğü, bu çalışmada örnek olması açısından EK 3'te verilmiştir. Programın çalıştırılmasıyla elde edilen çıktı da, EK 4'te verilmiştir. Böylece, kuramsal ışık eğrisi ve dikine hız eğrisi değerleri elde edilmiş oldu. Bu noktalardan, ışık eğrisi ve dikine hız eğrisi olarak hesaplamalarda kullanılmak üzere, 22'ser nokta seçildi (Çizelge 20) ve eğrileri çizildi (Şekil 39 ve Şekil 40).

ÇİZELGE 20.

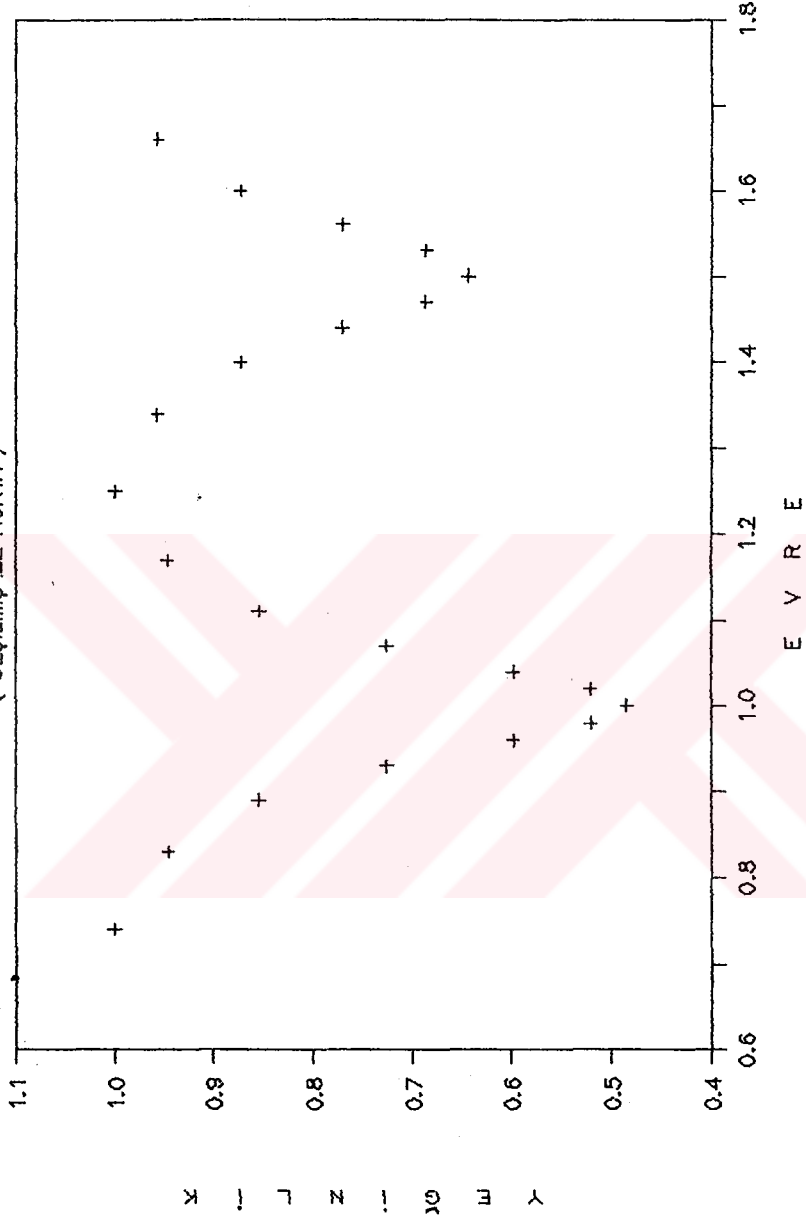
Çalışmada kullanılmak üzere SX Aur'un kuramsal eğrilerden seçilen 22 nokta.

Bu çizelgede, 1. ve 5. sütunlar, evre değerlerini, 2. ve 6. sütunlar, evrelere karşılık gelen, yeğinlik cinsinden parlaklık değerlerini, 3. ve 7. sütunlar, 1. bileşenin $P/2\pi a$ ile çarpılmış boyutsuz radyal (dikine) hız değerlerini ve 4. ve 8. sütunlar da 2. bileşenin $P/2\pi a$ ile çarpılmış boyutsuz radyal (dikine) hız değerlerini belirtmektedir.

Evre	Yeğinlik	V Rad ₁	V Rad ₂	Evre	Yeğinlik	V Rad ₁	V Rad ₂
0.7400	1.0003	0.2444	1.1938	0.1700	0.9463	0.2715	1.1280
0.8300	0.9463	0.2715	1.1280	0.2500	1.0000	0.2429	1.1949
0.8900	0.8546	0.3323	0.9888	0.3400	0.9564	0.2965	1.1122
0.9300	0.7259	0.3623	0.8608	0.4000	0.8733	0.3864	1.0026
0.9600	0.5978	0.3922	0.7530	0.4400	0.7703	0.4663	0.9433
0.9800	0.5203	0.4510	0.6778	0.4700	0.6860	0.5325	0.8783
0.0000	0.4844	0.6017	0.6014	0.5000	0.6442	0.6014	0.6000
0.0200	0.5203	0.4510	0.6778	0.5300	0.6860	0.5325	0.8783
0.0400	0.5978	0.3922	0.7530	0.5600	0.7703	0.4663	0.9433
0.0700	0.7259	0.3623	0.8608	0.6000	0.8733	0.3864	1.0026
0.1100	0.8546	0.3323	0.9888	0.6600	0.9564	0.2965	1.1122

SX AUR'un 4320 Å KURAMSAL IŞIK EĞRİSİ

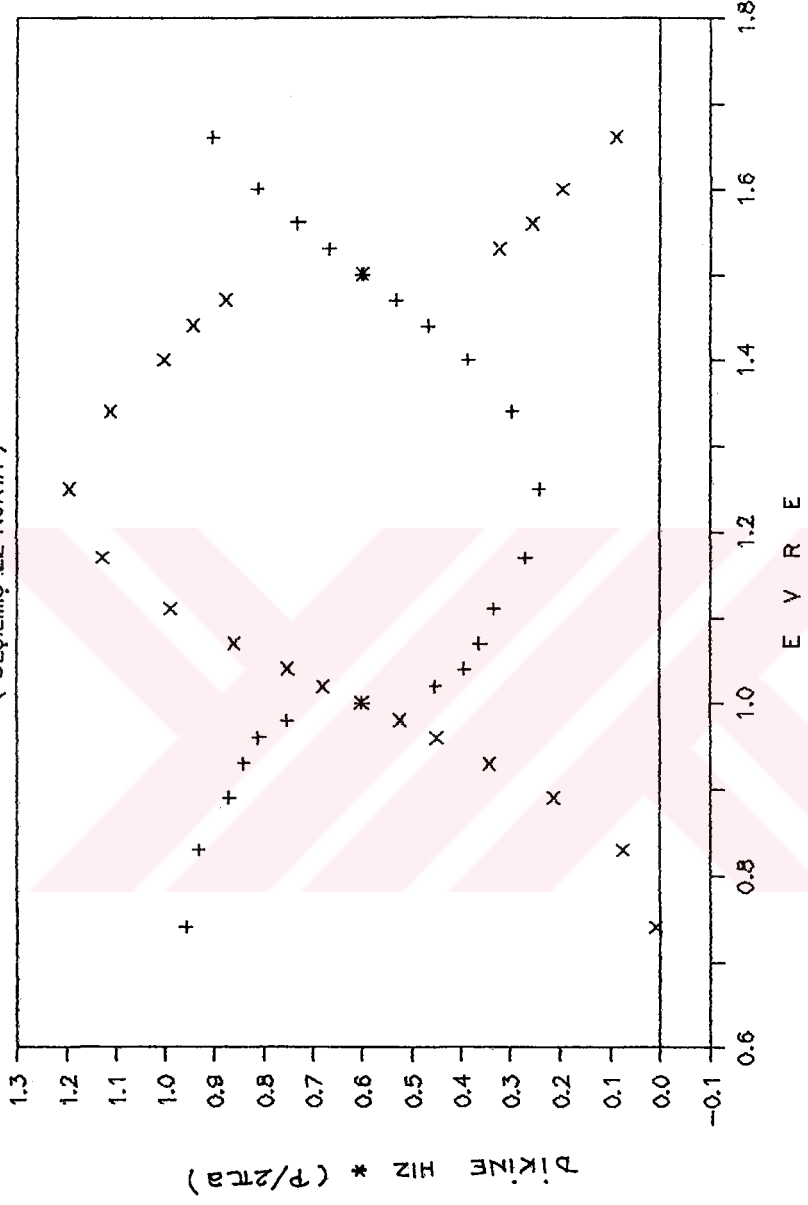
(SEÇİLMİŞ 22 NOKTA)



Şekil 39. SX Aur yarı-ayrık çift sisteminin, 4320 Å dalgaboyu için elde edilen kuramsal ışık eğrisinden, çözüm için seçilen 22 nokta.

SX AUR'UN DİKİNE HIZ EĞRİSİ

(SEÇİLMİŞ 22 NOKTA)



Şekil 40. SX Aur yarı-ayrık çift sistemi için seçilen 22 noktanın evrelerine karşılık gelen, dikine hız değerleri.

Bundan sonra, Cester ve arkadaşları (1979)'nın kataloğunda yarı-ayrık olarak yer alan çiftlerde tayfsal kütle oranı değerlerine bakıldı.

En küçük $q = 0.11$ (AS Eri)

En büyük $q = 1.7$ (V453 Sco)

q aralığı $0.11 \leq q \leq 1.7$ olarak belirlendi.

Aynı katalogda yine yarı-ayrık olan çiftler için fotometrik kütle oranı değerlerine bakıldı.

En küçük $q = 0.09$ (RV Oph, AL Gem)

En büyük $q = 1.74$ (V453 Sco)

q aralığı $0.09 \leq q \leq 1.74$ olarak belirlendi.

Giannone ve arkadaşları (1974)'da salt boyutları verilen 37 tane yarı-ayrık çift için q değerlerine bakıldı.

$0.12 \leq q \leq 0.66$

arasında olduğu görüldü.

Buradan, çözümler yapılırken $q_{\min.} = 0.05$ ve $q_{\max.} = 2.0$ alınmasının uygun olacağı, fakat Wilson'ın hazırladığı kütle oranı ve potansiyel çizelgelerinde $0.01 < q < 5.95$ aralığı bulunduğu için, bu geniş aralıkta deneme yapılmasının daha uygun olacağı sonucuna varıldı. Ayrıca, daha önce hazırlanan kütle oranı çizelgeleri (Çizelge 1, Çizelge 2 ve Çizelge 3) ve şekillerine (Şekil 16 ve Şekil 17) de bakılarak başlangıç kütle oranı değeri seçildi. Söz konusu dağılımlardan, yıldız sayısı fazla olan ikincinin maksimum değeri kullanıldı. Bu değer, 0.6 ile 0.7 ara-

sındadır. $q=0.6$ 'dan başlamanın uygun olacağına karar verildi. Daha sonra ise q için 0.5, 0.7, 0.4, 0.8,... değerlerini alarak çözümler sürdürülecektir. Çözümler sırasında, değerler küçüldükçe ve büyüdüğüçe, belli değerlerden sonra çözüm alınamamaya başlanacaktır. O zaman, işlem sona erdirilecektir.

Kütle oranının başlangıç değeri seçildikten sonra, DC (differential corrections) programıyla yapılacak olan çözüm işlemi için gereken giriş verileri hazırlandı ve program çalıştırıldı. Bu veriler EK 5'te verilmektedir. EK 6'da da, örnek olarak verilmiş bir program çıktısı görülmektedir.

Yapılan çözüm çalışmalarında, MODE 5 ile, kütle oranının küçük değerleri için mantıklı çözüm değerleri bulunamamıştır. Sonuç olarak sistemin yarı-ayrık olup olmadığının bilinmediği varsayılarak, çözüm denemelerinin MODE 2'de yapılmasına karar verilmiştir. MODE 2 ile yapılan denemeler sonucu sistem yine yarı-ayrık olarak bulunmuş ve kütle oranının 0.2, 0.3, 0.4,, 1.0 değerleri için DC giriş verileri oluşturularak program MODE 5 te çalıştırılmıştır. Değişik kütle oranı değerlerine karşılık gelen çözüm sonuçları ve değişken parametrelerin hataları, toplu olarak Çizelge 21'de verilmektedir. Eğrinin genel gidişinin daha iyi görülebilmesi için, 0.1 aralıklı kütle oranı değerlerinin arasında 0.05 farklı kütle oranı değerleri kullanılarak ayrıca bazı çözümler de yapılmıştır. Bu işlemle ilgili kütle oranı tarama grafiği de, Şekil 41'de verilmiştir. Şekilde, minimuma iniş kolu çok dik olduğundan, minimum yöresinin daha ayrıntılı incelenebilmesi için düşey eksen, kütle oranı değerinin 0.3 olduğu yerden başlayacak biçim-

de ayarlanmıştır. Şekilde çok sığ biçimde iki minimum görülmektedir fakat genel olarak geniş bir aralığa yayılmış bulunan tek bir minimum vardır. Aradığımız kütle oranı değeri, yeterince derin olan ilk minimumun olduğu bölge yöresinde olmalıdır. Bu minimum değer 0.65 yöresindedir. Bu değer de programda serbest parametreler arasına katılıp kesin çözüm yapılmış ve aşağıdaki değerler bulunmuştur :

$$\begin{array}{lll} i = 81.954 & T_2 = 14774 \text{ } ^\circ\text{K} & \Omega_1 = 3.0656 \\ \pm 21 & \pm 11 & \pm 15 \\ \\ q = 0.5963 & L_1 = 8.9083 & L_2 = 3.0467 \\ \pm 7 & \pm 71 & \end{array}$$

$$\text{Sigma} = 0.00000932$$

Bu sonuçlardan görüldüğü gibi, kesin çözüm sonucu bulunan kütle oranı değeri, bilinmiyor varsayılan değere oldukça yakın bir değer olarak bulunmuş ve diğer parametreler de giriş parametreleriyle karşılaştırıldığında pek fazla değişmedikleri görülmüştür. Bu çözümün sonucu, Şekilde içi dolu kare ile gösterilmiştir.

Bu sonuçlardan, uygulanan bu yöntemin, yarı-ayrık sistemlerde fotometrik kütle oranı değerinin sağlıklı bir biçimde belirlenmesi için kullanılabilceği görülmüştür.

ÇİZELGE 21.

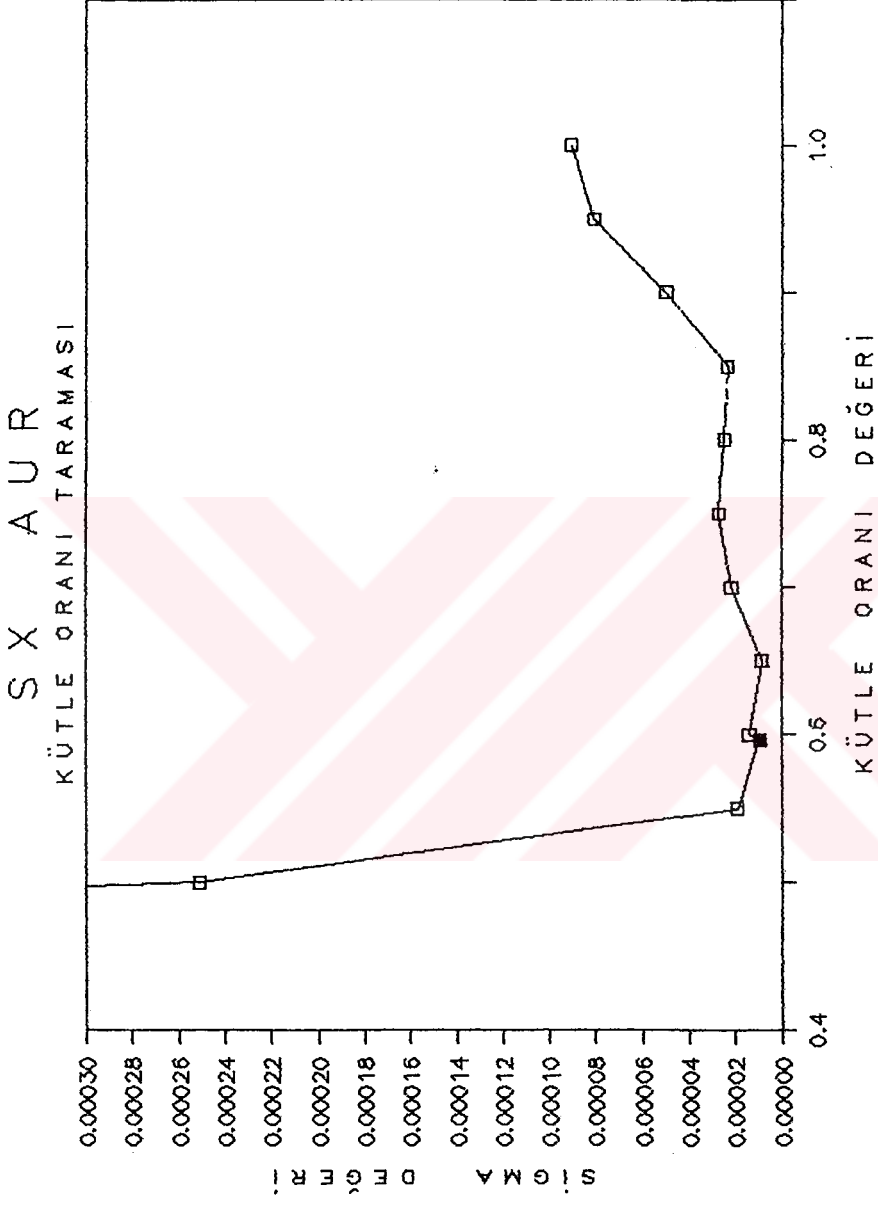
SX Aur için q kütle oranı taraması

Bu çizelgede, 1. sütun kütle oranı ($q=M_2/M_1$) değerini, 2. sütun i derece biriminde yörünge eğikliğini, 3. sütun ikinci bileşenin °K cinsinden sıcaklığını, 4. sütun birinci bileşenin potansiyel değerini, 5. ve 6. sütunlar sırasıyla birinci ve ikinci bileşenlerin, programda kullanılan şekliyle (birim değerlerinin 4 ile çarpılmasıyla bulunan) ısıtma değerlerini, 7. sütun çözüm sonucunun Sigma (O-C değerlerinin karelerinin toplamı) değerlerini göstermektedir. Bütün çözümler MODE 5 ile yapılmıştır.

q	i	T ₂	Ω_1	L ₁	L ₂	Sigma
0.20	89.197 ±1.816	15681 ±575	3.2806 ±406	8.2621 ±1877	2.8965	0.0187006
0.30	89.698 ±1.314	15464 ±352	3.0223 ±406	8.6171 ±1417	2.8373	0.0080998
0.40	87.863 ±1.698	15243 ±175	2.9332 ±297	8.8959 ±1022	2.8883	0.0030671
0.45	85.482 ±739	14953 ±112	2.9200 ±146	9.0546 ±629	2.8378	0.0011978
0.50	84.368 ±205	14892 ±58	2.9366 ±76	9.1050 ±327	2.8531	0.0002513
0.55	83.137 ±42	14790 ±16	2.9787 ±26	9.0877 ±110	2.8858	0.0000189
0.5963	81.954 ±7	14774 ±11	3.0656 ±15	8.9083 ±71	3.0467	0.0000093
0.60	81.947 ±24	14752 ±15	3.0650 ±20	8.9156 ±103	3.0324	0.0000139
0.65	81.143 ±19	14758 ±10	3.1601 ±20	8.7136 ±78	3.2106	0.0000085
0.70	80.601 ±32	14827 ±18	3.2537 ±34	8.4977 ±144	3.4041	0.0000216

ÇİZELGE 21 (devam)

q	i	T ₂	Ω ₁	L ₁	L ₂	Sigma
0.75	80.105 ±35	14829 ±19	3.3458 ±40	8.3170 ±152	3.5668	0.0000271
0.80	79.778 ±33	14815 ±18	3.4385 ±33	8.1494 ±144	3.7179	0.0000249
0.85	79.780 ±39	14948 ±17	3.5332 ±17	7.9335 ±99	3.9468	0.0000233
0.90	79.517 ±55	14918 ±23	3.6043 ±20	7.8264 ±124	4.0485	0.0000499
0.95	79.161 ±59	14938 ±30	3.7028 ±76	7.6235 ±272	4.2286	0.0000807
1.00	78.898 ±57	14939 ±32	3.7772 ±56	7.5085 ±234	4.3213	0.0000905



Şekil 41. SX Aur yarı-ayrık sisteminin kütle oranı tarama grafiği. Gerçek çözüm sonuçları, şekilde içi boş karelerle gösterilmiş ve birbirlerine çizgilerle birleştirilmiştir. İçi dolu kare, kesin çözüm sonucunu göstermektedir.

3.4. Değen Çiftlerde Fotometrik Kütle Oranının Bulunması

Değen çiftler için, yarı-ayrık sistemler için olduğu gibi çözümü yapılmak üzere, Cester ve arkadaşları (1979)'nın kataloğundan, tayfsal kütle oranı değeri $q=0.68$ olarak bilinen ve Wilson-Devinney yöntemiyle çözümü yapılmış olan, IU Aur adlı değen çift sistem seçilmiştir. Yine yarı-ayrık sistemler için yaptığımız gibi, yapma bir ışık eğrisi elde edilip, bu eğriyi, gözlenen ışık eğrisini en iyi temsil eden normal noktalar gibi kabul ederek, değen çiftler için en olası kütle oranı değeri olarak belirlediğimiz, $q=0.65$ değeri ile çözüme başlanmasına karar verilmiştir. Bu sistem için seçilen giriş öğeleri aşağıda verilmiştir :

1. MODE : Değen çiftler için kullanılan MODE 3 seçildi.
2. PERIOD : $1^s.81148$ Batten ve ark. (1989)
3. $V_{\gamma} = + 13$ km/s
4. $a_1 \sin i = 5.20E+06$ km.
 $a_2 \sin i = 7.64E+06$ km.
 $a \sin i = 12.84E+06$ km. Batten ve ark. (1989)
 $i = 83^{\circ}$
 $a = 12.94E+06$ km.
 $R_{\odot} = 6.96E+05$ km. $a = 18.59 R_{\odot}$
5. PSHIFT = 0.0

6. $i = 83900$ (Cester ve arkadaşları 1979)
7. $g_1 = g_2 = 1.0$ (radyatif atmosferler için)
8. $T_1 = 29800 \text{ }^\circ\text{K}$ (B0V tayf türüne göre) Popper (1980)
9. $T_2 = 26200 \text{ }^\circ\text{K}$ (B1V tayf türüne göre) Popper (1980)
10. $A_1 = A_2 = 1.0$ (radyatif atmosferler için)
11. $\Omega_1 = 3.2079$ ($q = 0.68$ için $\Omega(\text{in.})_{cr} = 3.2079$)
12. $\Omega_2 = 3.2079$ ($q = 0.68$ için $\Omega(\text{out.})_{cr} = 2.8162$)
13. $q = 0.68$
14. $WL = 5500 \text{ \AA}$
15. $L_1 = 7.0$
16. $L_2 = 5.0$
17. $L_3 = 0.11$
18. $X_1 = 0.27$, $X_2 = 0.28$ Al Naimiy (1978)

Yukarıdaki veriler girilerek, bir veri kütüğü hazırlanmış ve kuramsal ışık eğrisi programı çalıştırılmıştır. Buradan elde edilen kuramsal eğri noktaları, Çizelge 22'de verilmiştir. Işık eğrisi de Şekil 42'de görülmektedir.

ÇİZELGE 22.

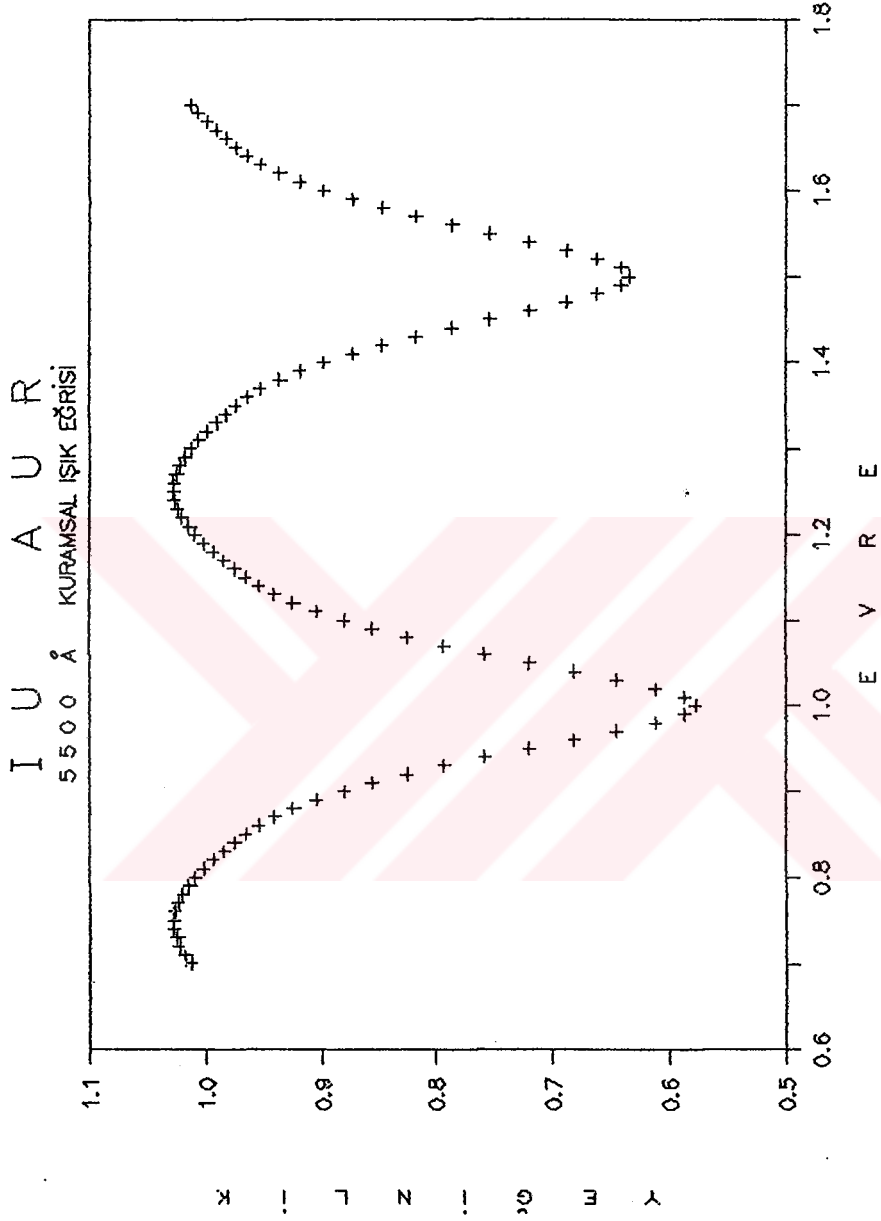
IU Aur değen çift sisteminin 5500 Å için elde edilmiş kuramsal ışık eğrisi.

Bu çizelgede 1., 3. ve 5. sütunlar evre değerlerini, 2., 4. ve 6. sütunlar da yeğinlik değerlerini göstermektedir.

Evre	Yeğinlik	Evre	Yeğinlik	Evre	Yeğinlik
0.7000	1.0130	0.8900	0.9046	0.0800	0.8253
0.7100	1.0184	0.9000	0.8803	0.0900	0.8558
0.7200	1.0230	0.9100	0.8558	0.1000	0.8803
0.7300	1.0263	0.9200	0.8253	0.1100	0.9046
0.7400	1.0279	0.9300	0.7934	0.1200	0.9248
0.7500	1.0281	0.9400	0.7576	0.1300	0.9404
0.7600	1.0272	0.9500	0.7198	0.1400	0.9536
0.7700	1.0249	0.9600	0.6818	0.1500	0.9649
0.7800	1.0208	0.9700	0.6448	0.1600	0.9746
0.7900	1.0155	0.9800	0.6116	0.1700	0.9842
0.8000	1.0092	0.9900	0.5865	0.1800	0.9935
0.8100	1.0019	0.0000	0.5776	0.1900	1.0019
0.8200	0.9935	0.0100	0.5865	0.2000	1.0092
0.8300	0.9842	0.0200	0.6116	0.2100	1.0155
0.8400	0.9746	0.0300	0.6448	0.2200	1.0208
0.8500	0.9649	0.0400	0.6818	0.2300	1.0249
0.8600	0.9536	0.0500	0.7198	0.2400	1.0272
0.8700	0.9404	0.0600	0.7576	0.2500	1.0281
0.8800	0.9248	0.0700	0.7934	0.2600	1.0279

ÇİZELGE 22 (devam)

Evre	Yeğİnlik	Evre	Yeğİnlik	Evre	Yeğİnlik
0.2700	1.0263	0.4200	0.8467	0.5700	0.8174
0.2800	1.0230	0.4300	0.8174	0.5800	0.8467
0.2900	1.0184	0.4400	0.7865	0.5900	0.8731
0.3000	1.0130	0.4500	0.7538	0.6000	0.8979
0.3100	1.0065	0.4600	0.7198	0.6100	0.9186
0.3200	0.9990	0.4700	0.6880	0.6200	0.9363
0.3300	0.9908	0.4800	0.6616	0.6300	0.9525
0.3400	0.9822	0.4900	0.6411	0.6400	0.9638
0.3500	0.9736	0.5000	0.6337	0.6500	0.9736
0.3600	0.9638	0.5100	0.6411	0.6600	0.9822
0.3700	0.9525	0.5200	0.6616	0.6700	0.9908
0.3800	0.9363	0.5300	0.6880	0.6800	0.9990
0.3900	0.9186	0.5400	0.7198	0.6900	1.0065
0.4000	0.8979	0.5500	0.7538	0.7000	1.0130
0.4100	0.8731	0.5600	0.7865		



Şekil 42. IU Aur değen çiftinin, 5500 Å dalgaboyu için elde edilen kuramsal ışık eğrisi.

Bu eğriyi çözmek için, kütle oranı değeri bilinmiyormuş varsayıp, çizelgelerden başlangıç değeri olarak $q=0.65$ değeri seçilmiş ve $i=85^\circ$ olarak alınmıştır. Ayrıca, $L_1=7.0$, $L_2=5.0$ olarak alınmıştır. Potansiyel değerleri olarak da,

$$\begin{aligned} \Omega_1 &= 4.2 \quad (q = 0.65 \text{ değeri için} \quad \Omega_{\text{crit.}} = 3.1542) \\ \text{ve} \\ \Omega_2 &= 3.5 \end{aligned}$$

olarak seçilmiştir. Burada, $\Omega_{1,2}$ değerleri, bileşenlerin Roche loblarını doldurmadığı kabul edilerek, iç kritik yüzey potansiyelinden büyük seçilmişlerdir. Çözümler MODE 2'de başlatıldı. Bu sistemde, üçüncü bir cisim vardır (Cester ve arkadaşları, 1979). Çözüm sonuçları aşağıda verilmiştir :

$$\begin{array}{ccc} i = 79.729 & T_2 = 25888 \text{ }^\circ\text{K} & \Omega_1 = 3.1725 \\ \pm 194 & \pm 112 & \pm 116 \\ \Omega_2 = 3.2376 & L_1 = 8.0571 & L_2 = 3.9310 \\ \pm 192 & \pm 971 & \end{array}$$

$$\text{Sigma} = 0.00013$$

$q=0.65$ değeri için $\Omega(\text{in.})_{\text{cr.}}=3.1542$ olduğundan, bileşenler bu durumda loblarını doldurmamış görünmektedir. $L_1+L_2=11.9881$ dir ve $4\pi=12.5664$ olduğundan ve sigma değeri de küçük olduğundan aradaki fark, $L_3=0.046$ değerine sahip bir üçüncü cisimden gelmelidir. Bu değer de hesaba katılarak, yine MODE 2'de çözümler sürdürülmüştür. Bulunan sonuçlar aşağıda verilmiştir :

$$\begin{array}{lll}
i = 83^{\circ}04 & T_2 = 26200 \text{ }^{\circ}\text{K} & \Omega_1 = 3.1585 \\
\pm 6 & \pm 9 & \pm 15 \\
\Omega_2 = 3.1519 & L_1 = 8.0571 & L_2 = 3.9310 \\
\pm 20 & \pm 16 & \\
L_3 = 0.1190 & \text{Sigma} = 0.00000078 & \\
\pm 16 & &
\end{array}$$

İkinci bileşen için $\Omega_2 = 3.1519$ değeri $\Omega(\text{in.})_{cr.}$ değeri ile $\Omega(\text{out.})_{cr.}$ değeri arasında olduğu için, bu bileşen lobunu doldurmuş görünmektedir. Bu durumda çözüm MODE 5'te yapılacak demektir. MODE 5 ile bulunan çözüm sonuçları, aşağıda verilmiştir :

$$\begin{array}{lll}
i = 83^{\circ}020 & T_2 = 26205 \text{ }^{\circ}\text{K} & \Omega_1 = 3.1564 \\
\pm 63 & \pm 10 & \pm 10 \\
L_1 = 6.8377 & L_2 = 3.7798 & L_3 = 0.1165 \\
\pm 108 & & \pm 15 \\
\text{Sigma} = 0.0000009 & &
\end{array}$$

MODE 5 ile yapılan çözümlerde de, her iki bileşen lobunu doldurmuş sonucuna varılmıştır. Bu durumda da MODE 3 ile çözümler yapılmalıdır. Bu modla yapılan çözümler, 0.05 aralıklı sabit kütle oranı değerleriyle yapılmıştır. $q=0.65$ ve $q=0.70$ değerleri için bulunan çözüm sonuçlarında, $\Omega_{1,2} > \Omega_{cr.}$ olduğundan, q taraması için tekrar MODE 2'de çözümlere dönülmüştür. Çözüm sonuçları Çizelge 23'te verilmiştir. $q=0.85$ değeri için bulunan çözümde, tarama eğrisinin, ikinci bir minimum değerine doğru gittiği görülmüştür. Bu biçimde elde edilen kütle oranı tarama

ÇİZELGE 23.

IU Aur sistemi için q taraması

Bu çizelgede, 1. sütun, kütle oranı ($q=m_2/m_1$) değerini, 2. sütun, derece cinsinden yörünge eğikliği i 'yi, 3. sütun, daha az sıcak olan yıldızın °K cinsinden sıcaklık değerini, 4. ve 5. sütunlar, iç ve dış Roche loblarının potansiyel değerlerini, 6. ve 7. sütunlar 1. ve 2. bileşenin, programda kullanıldığı biçimde ısıtmalarını, 8. sütun, sistemde bulunan 3. cismin ısıtma değerini, 9. sütun, (O-C) değerlerinin karelerinin toplamı olan sigma değerini, 10. sütun da, belirli bir kütle oranı değerine karşılık olarak çözümün hangi modla yapıldığını belirtmektedir. Ayrıca çizelgede, programda serbest parametre olarak kullanılan değerlerin hataları da verilmiştir.

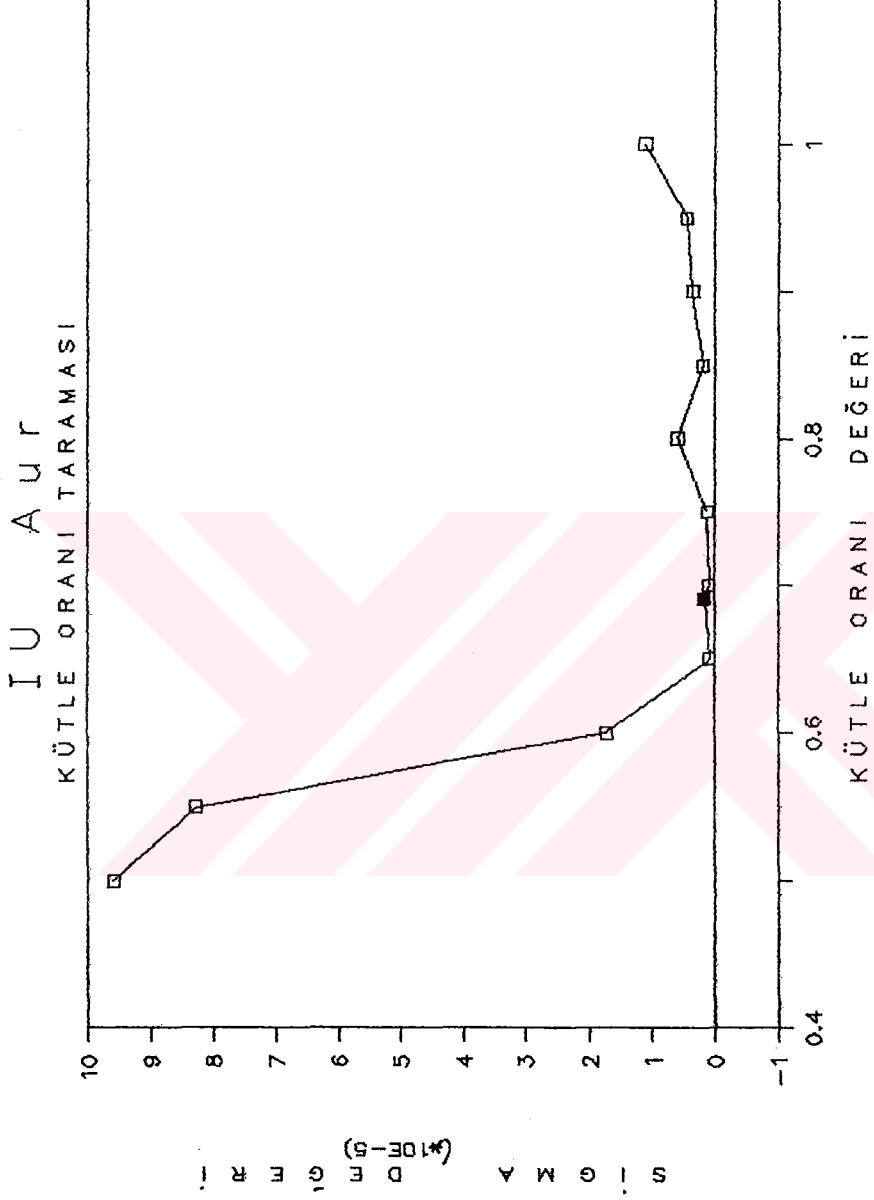
q	i	T ₂	Ω_1	Ω_2	L ₁	L ₂	L ₃	Sigma	MODE
0.50	80.853 ±241	26451 ±122	2.9785 ±153	2.8521 ±85	7.8388 ±1376	3.9220	0.0253 ±86	0.0000959	03
0.55	79.801 ±269	26339 ±95	3.0678 ±73	2.9632 ±51	7.8136 ±745	4.0871	0.0091 ±82	0.0000828	03
0.60	83.223 ±149	26186 ±44	3.0747 ±32	3.0651 ±49	7.1015 ±296	3.6359	0.1056 ±44	0.0000173	03
0.65	82.998 ±59	26195 ±9	3.1596 ±12	3.1492 ±15	6.8048 ±149	3.7878	0.1176 ±14	0.0000008	03
0.70	82.511 ±43	26168 ±9	3.2358 ±10	3.2661 ±16	6.7960 ±117	3.8694	0.1120 ±12	0.0000009	03
0.75	83.389 ±522	26199 ±9	3.3370 ±20	3.3293 ±24	6.4470 ±180	4.0617	0.1216 ±13	0.0000012	03
0.80	81.752 ±140	26191 ±30	3.4087 ±21	3.4457 ±32	6.5018 ±222	4.1899	0.1097 ±363	0.0000060	03
0.85	81.454 ±39	26272 ±12	3.5236 ±12	3.4932 ±13	6.1272 ±137	4.4739	0.1141 ±13	0.0000019	03
0.90	81.437 ±86	26304 ±21	3.5923 ±30	3.5862 ±31	6.0282 ±310	4.5354	0.1172 ±32	0.0000036	03
0.95	81.493 ±112	26281 ±20	3.6632 ±29	3.6887 ±81	5.9656 ±473	4.5521	0.1188 ±40	0.0000044	03
1.00	81.047 ±152	26399 ±29	3.7797 ±221	3.7402 ±216	5.7367 ±1242	4.8633	0.1085 ±44	0.0000111	03

eğrilerinde, birkaç minimuma rastlanabilir. Doğru olarak alınacak değer, en derin minimumun olduğu değerdir. $q=0.85$ değerinden sonra daha derin bir minimum olup olmayacağını anlamak için, çözümler $q=1.0$ değerine kadar sürdürülmüştür. Elde edilen iki minimumdan daha derin olanı, kullandığımız sistemin gerçek kütle oranı değeri yöresindedir. Kütle oranı sağlıklı olarak bilinmeyen sistemler için, tarama aralığını geniş tutmakta, ilk elde edilen minimumda, çözümleri bitirmemekte yarar vardır. Yaptığımız çözümlerde kullanılan kütle oranı değerlerine karşılık, çözümlerin sigma değerleri, Şekil 43'te çizilmiştir.

Bu aşamadan sonra, kütle oranı $q=0.65$ 'lik giriş değeriyle, programda serbest parametre olarak alınmış ve çözüm yapılmıştır. Sonuçlar aşağıda verilmiştir :

$$\begin{array}{lll}
 i = 82.755 & T_2 = 26151 \text{ } ^\circ\text{K} & \Omega_1 = 3.2217 \\
 \pm 82 & \pm 13 & \pm 16 \\
 \\
 \Omega_2 = 3.2448 & L_1 = 6.7817 & L_2 = 3.8119 \\
 25 & \pm 205 & \\
 \\
 L_3 = 0.1155 & q = 0.69096 & \text{Sigma} = 0.000001617 \\
 \pm 18 & \pm 81 &
 \end{array}$$

Bu sonuçlar, başlangıçta kuramsal eğriyi elde ederken kullandığımız değerlerle oldukça uyumludur. Çözüm sonucu, Şekil 43'te içi dolu kare olarak gösterilmiştir. Buradan, bu yöntemle yakın çift sistemlerin fotometrik kütle oranı değerlerinin sağlıklı olarak elde edilebileceği sonucuna varıyoruz.



Şekil 43. IU Aur değen çiftinin kütle oranı ($q=M_2/M_1$) tarama grafiği. Sabit olarak girilen kütle oranı değerleri ile elde edilen çözümlerin Sigma değerleri, şekilde noktalanmıştır. Şekilde, iki ayrı minimum olduğu görülmektedir. Bunlardan daha derin olanı, sistemin gerçek kütle oranı değeri yöresindedir. İçi dolu kare, son çözüm değerini göstermektedir.

3.5. V535 Arae Değen Çiftinin Işık Eğrisi Üzerine Uygulama

Şimdiye kadar yaptığımız çözümlerde, yıldızların bilinen öğeleriyle elde ettiğimiz kuramsal eğriler kullanılarak çözümler yapılmıştır. Yöntemin bir de, öğeleri iyi bilinen bir sistemin, gözlenmiş bir ışık eğrisi kullanılarak denenmesi uygun bulunmuş ve bu amaçla, literatürden V535 Ara adlı değen çift sistem seçilmiştir. Bu sistemin, Schöffell (1979)'den alınan B rengindeki normal noktaları, Çizelge 24'te verilmiştir. Yine Schöffell (1979)'da, H_{γ} , H_{δ} ve Ca II K çizgisi için verilen dikine hız değerlerinden, 4125 Å dalgaboyuna karşılık gelen ortalama değerler hesaplanarak, Çizelge 25'te verilmiştir. Normal noktalardan çizilen ışık eğrisi, Şekil 44'te verilmiştir.

Bu sistem için, aşağıdaki veriler hazırlandı :

1. MODE : Sistemin değen olmadığını kabul edip MODE 2 seçildi.
2. PERIOD : 0^g6293 G.C.V.S. (1985)
3. a = 3.88 R_⊙ (Schöffell 1979)
4. V_γ = - 17.6 km/s (Schöffell 1979)
5. PSHIFT = 0.0
6. i = 82°00 (Schöffell 1979)
7. g₁ = g₂ = 1.0 (radyatif atmosferler için)

ÇİZELGE 24.

V535 Ara değen çift sisteminin normal noktaları.

Bu çizelgede, 1., 3. ve 5. sütunlar, evre değerlerini, 2., 4. ve 6. sütunlar ise yeğinlik olarak parlaklıkları belirtmektedir.

Evre	Yeğinlik	Evre	Yeğinlik	Evre	Yeğinlik
0.7011	0.9592	0.0409	0.6514	0.4275	0.7234
0.7121	0.9727	0.0503	0.6789	0.4415	0.6818
0.7240	0.9868	0.0612	0.7143	0.4548	0.6438
0.7364	0.9909	0.0722	0.7526	0.4642	0.6214
0.7477	0.9966	0.0841	0.7889	0.4732	0.6051
0.7602	0.9981	0.0972	0.8248	0.4820	0.6008
0.7738	0.9953	0.1092	0.8512	0.4913	0.6008
0.7864	0.9901	0.1213	0.8756	0.4995	0.5986
0.7973	0.9828	0.1359	0.9046	0.5084	0.5991
0.8064	0.9735	0.1521	0.9307	0.5182	0.6039
0.8174	0.9635	0.1663	0.9477	0.5297	0.6148
0.8310	0.9516	0.1805	0.9656	0.5412	0.6368
0.8486	0.9239	0.1958	0.9810	0.5524	0.6674
0.8642	0.8994	0.2096	0.9882	0.5635	0.7015
0.8774	0.8735	0.2235	0.9884	0.5742	0.7346
0.8914	0.8446	0.2377	0.9918	0.5836	0.7604
0.9058	0.8113	0.2548	0.9872	0.5925	0.7844
0.9198	0.7691	0.2703	0.9841	0.6020	0.8065
0.9305	0.7361	0.2837	0.9734	0.6113	0.8274
0.9416	0.7019	0.2976	0.9609	0.6204	0.8472
0.9527	0.6651	0.3116	0.9424	0.6307	0.8621
0.9622	0.6347	0.3255	0.9222	0.6417	0.8776
0.9716	0.6059	0.3372	0.9066	0.6528	0.8994
0.9805	0.5906	0.3484	0.8875	0.6627	0.9138
0.9893	0.5861	0.3595	0.8707	0.6720	0.9250
0.9985	0.5835	0.3705	0.8549	0.6808	0.9351
0.0046	0.5824	0.3817	0.8374	0.6903	0.9465
0.0134	0.5871	0.3929	0.8091		
0.0223	0.5968	0.4039	0.7840		
0.0316	0.6223	0.4146	0.7604		

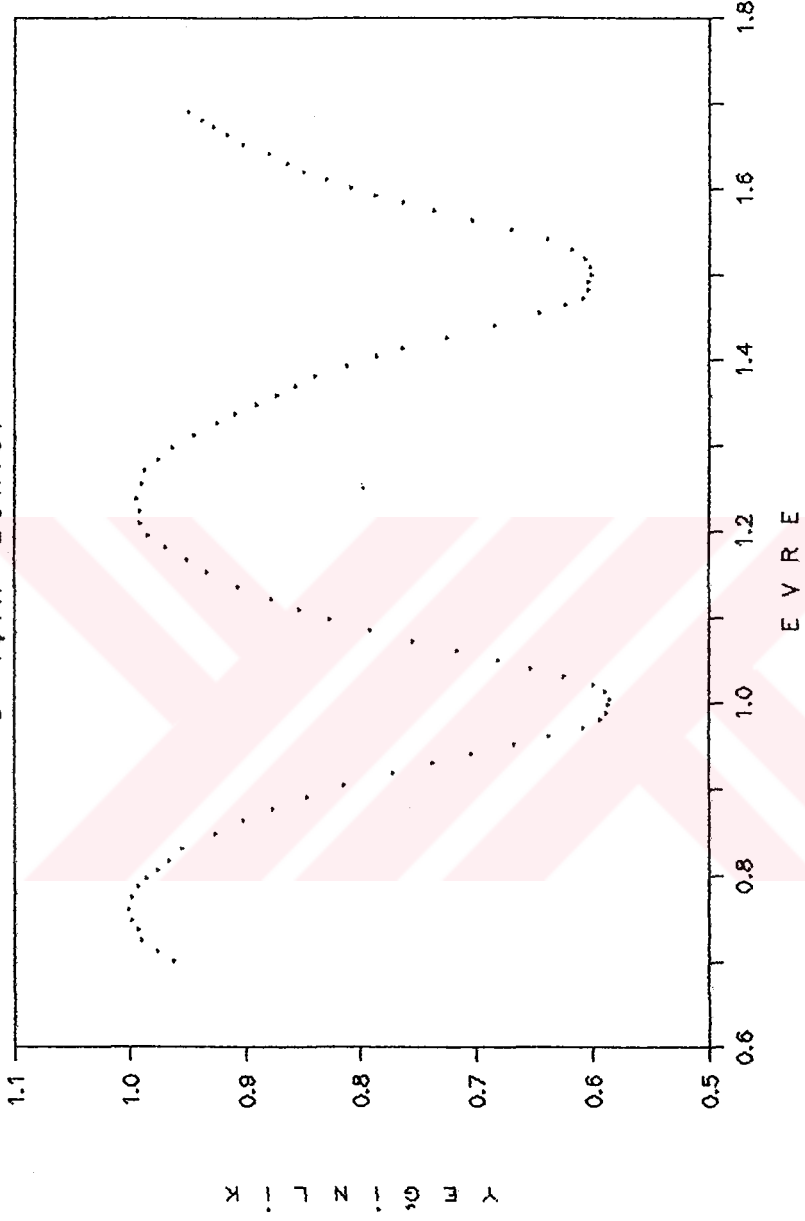
ÇİZELGE 25.

V535 Ara sisteminin 4125 Å Dikine Hız Gözlemleri.
(Schöffel, 1979)

Bu çizelgede, 1. ve 5. sütunlar tayf numarasını, 2. ve 6. sütunlar evre değerlerini, 3. ve 7. sütunlar, saniyede kilometre biriminde, 1. bileşenin ortalama dikine hız değerlerini, 4. ve 8. sütunlar ise değerlerin ağırlıklarını belirtmektedir.

No	Evre	VRAD1(ort) (km/s)	Ağırlık	No	Evre	VRAD1(ort) (km/s)	Ağırlık
1	0.0853	- 59.9	1	11	0.6060	+ 5.9	1
2	0.2266	- 97.1	1	12	0.6467	+ 23.4	1
3	0.2992	- 95.6	1	13	0.6772	+ 36.3	1
4	0.3132	- 86.2	1	14	0.6998	+ 43.5	1
5	0.3235	- 82.3	1	15	0.7191	+ 52.4	1
6	0.3440	- 74.7	1	16	0.7538	+ 53.7	1
7	0.3456	- 67.9	1	17	0.7675	+ 56.7	1
8	0.3688	- 68.6	1	18	0.7907	+ 53.4	1
9	0.4090	- 71.0	1	19	0.8382	+ 53.8	1
10	0.4195	- 61.5	1	20	0.9409	+ 20.1	1

V 5 3 5 A R A
B İ Ő İ K E Ğ R İ S İ



Şekil 44. V535 Ara değen çift sisteminin Schöffel (1979)'den alınan ve çözümlerde kullanılan normal noktalarından elde edilen ışık eğrisi.

8. $T_1 = 8200 \text{ }^\circ\text{K}$ (A5 tayf türüne göre) Flower (1977)
9. $T_2 = 8050 \text{ }^\circ\text{K}$ (Schöffel 1979)
10. $A_1 = A_2 = 1.0$ (radyatif atmosferler için)
11. $\Omega_1 = 2.4680$ ($q = 0.3$ için Ω (in.) $c_r = 2.4662$)
12. $\Omega_2 = 2.4670$
13. $q = 0.3$ (Schöffel 1979)
14. $WL = 5500 \text{ \AA}$
15. $L_1 = 9.5634$ (Schöffel 1979)
16. $L_2 = 3.0029$ (Schöffel 1979)
17. $X_1 = 0.27$, $X_2 = 0.28$ Al Naimiy (1978)

Yukarıdaki veriler girilerek, bir veri kütüğü hazırlandı ve program çalıştırıldı. Sonuçlar aşağıda verilmiştir :

$$\begin{array}{ccc}
 i = 80^{\circ}041 & T_2 = 8210 \text{ }^\circ\text{K} & \Omega_1 = 2.4629 \\
 \pm 384 & \pm 19 & \pm 71 \\
 \\
 \Omega_2 = 2.4206 & L_1 = 8.7695 & L_2 = 3.0935 \\
 \pm 43 & \pm 397 &
 \end{array}$$

$$\text{Sigma} = 0.002961$$

$\Omega_1 < \Omega(in.)_{cr.}$ ve $\Omega_2 < \Omega(in.)_{cr.}$ olduğundan her iki bileşen de lo-
bunu doldurmuştur. Bu yüzden çözümler, değen çiftler için olan MODE 3
ile sürdürülmelidir. Bu modda, potansiyel değerleri eşit alınarak çö-
zümlere devam edildi. $q=0.3$ sabit kütle oranı için elde edilen çözüm
aşağıdadır :

$$i = 80^{\circ}349 \quad T_2 = 8167 \text{ }^{\circ}\text{K} \quad \Omega_1 = \Omega_2 = 2.4341$$

$$\pm 479 \quad \pm 22 \quad \pm 47$$

$$L_1 = 8.9495 \quad L_2 = 2.9825 \quad \text{Sigma} = 0.003837$$

$$\pm 296$$

Bu aşamadan sonra çözümlere, kütle oranına 0.4 değeri verilerek devam
edilmiştir. Sonuç aşağıda verilmiştir :

$$i = 76^{\circ}380 \quad T_2 = 8142 \text{ }^{\circ}\text{K} \quad \Omega_1 = \Omega_2 = 2.6295$$

$$\pm 279 \quad \pm 27 \quad \pm 60$$

$$L_1 = 8.2122 \quad L_2 = 3.5072 \quad \text{Sigma} = 0.004923$$

$$\pm 390$$

Daha sonra, $q=0.5$ değerine karşılık, önce MODE 2'de çözüm aranmış ve
sonuçlar aşağıda verilmiştir :

$$i = 74^{\circ}211 \quad T_2 = 8600 \text{ }^{\circ}\text{K} \quad \Omega_1 = 3.0124$$

$$\pm 111 \quad \pm 28 \quad \pm 216$$

$$\Omega_2 = 2.7316 \quad L_1 = 6.1680 \quad L_2 = 5.3798$$

$$+43 \quad +1023$$

$$\text{Sigma} = 0.002237$$

$q=0.5$ için, $\Omega_{cr.}=2.8758$ olup, ikinci bileşen lobunu doldurmuş gözük-
mektedir. Bu nedenle, çözüme MODE 5'te devam edilmiş ve sonuçlar aşağı-
da verilmiştir :

$$i = 76^{\circ}204 \quad T_2 = 8128 \text{ }^{\circ}\text{K} \quad \Omega_1 = 2.8640$$

$$\pm 205 \quad \pm 32 \quad \pm 118$$

$$\Omega_2 = 2.8758 (\Omega_{cr.}) \quad L_1 = 7.7054 \quad L_2 = 3.8599$$

$$\pm 652$$

$$\text{Sigma} = 0.006818$$

Bu kez, birinci bileşen de lobunu doldurmuş olarak bulunmuş, MODE 3 te
çözüme devam edilmiştir. Bu şekilde MODE 3 için, değişik kütle oranı
değerlerine karşılık gelen çözüm sonuçları, toplu olarak Çizelge 26'da
verilmektedir. Bu çizelgedeki q ve Sigma değerleri, bir grafik halinde
Şekil 45'te çizilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, eğri $q=0.3$ değeri
yöresinde bir minimumdan geçmektedir. Gerçekte, $q=0.70$ değeri yöresin-
de, daha sığ olan ikinci bir minimum daha vardır. Eğer taramayı bu yö-
rede yapmış olsaydık ve daha küçük q değerlerine doğru götürmeseydik,
yanılabılırdik. Bu aşamadan sonra, kütle oranı, $q=0.3$ 'lük değeriyle,
programda serbest parametre olarak alınmış ve MODE 3 ile kesin çözüm
elde edilmiştir. Sonuçlar aşağıda verilmiştir :

$$i = 80^{\circ}321 \quad T_2 = 8167 \text{ }^{\circ}\text{K} \quad \Omega_1 = \Omega_2 = 2.4342$$

$$\pm 485 \quad \pm 23 \quad \pm 115$$

$$q = 0.3001 \quad L_1 = 8.9516 \quad L_2 = 2.9791$$

$$\pm 38 \quad \pm 363$$

$$\text{Sigma} = 0.003831$$

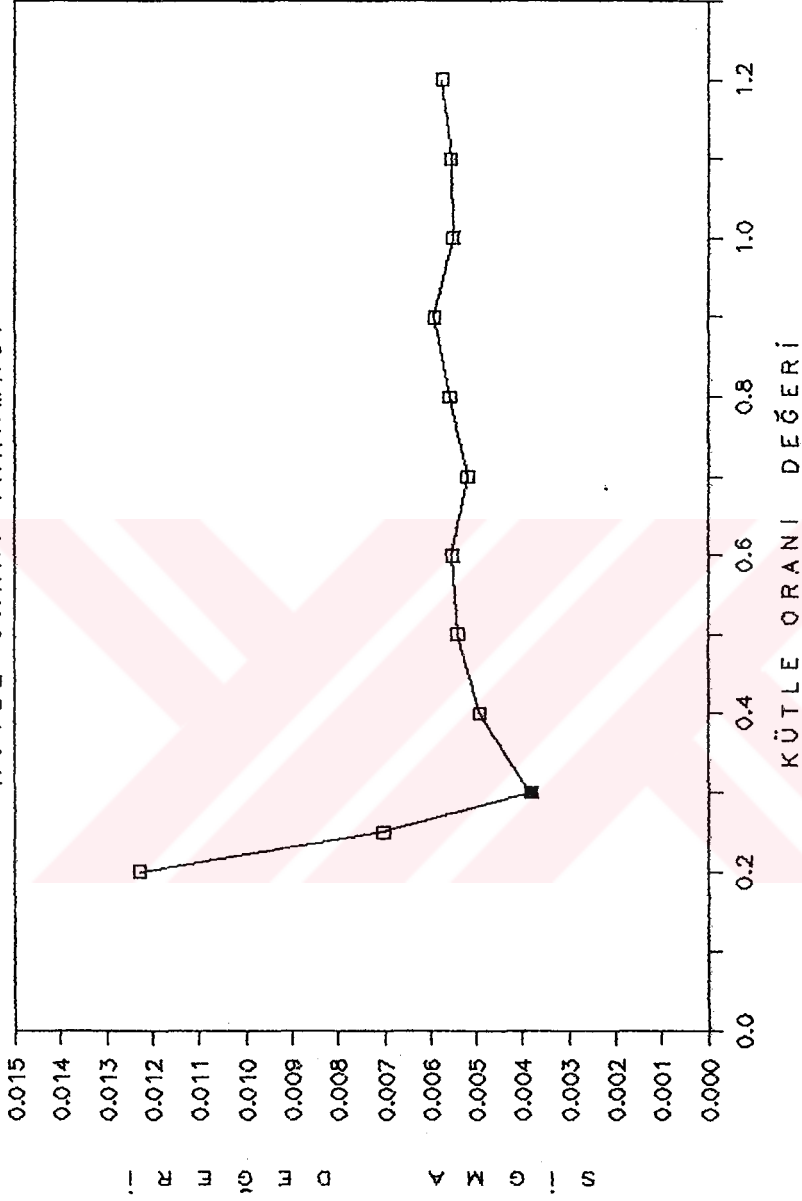
ÇİZELGE 26.

V535 Ara sistemi için q taraması

Bu çizelgede, 1. sütun, kütle oranı ($q=m_2/m_1$) değerini, 2. sütun, derece biriminde yörünge eğikliği i 'yi, 3. sütun, ikinci bileşenin °K biriminde sıcaklık değerini, 4. sütun, birinci bileşenin potansiyel değerini, 5. ve 6. sütunlar bileşenlerin ısıtmalarını, 7. sütun, sigma (O-C değerlerinin karelerinin toplamı) değerini, 8. sütun da, belirli bir kütle oranı değeri için çözüm modunu belirtmektedir. Ayrıca, serbest parametrelerin hataları da verilmiştir.

q	i	T ₂	Ω_1	L ₁	L ₂	Sigma	MODE
0.20	75.342 ±918	8613 ±55	2.1195 ±55	9.1646 ±887	2.9769	0.012264	03
0.25	78.919 ±667	8303 ±30	2.2809 ±55	9.1554 ±423	2.9350	0.007019	03
0.30	80.349 ±479	8167 ±22	2.4341 ±47	8.9495 ±296	2.9825	0.003837	03
0.40	76.380 ±279	8142 ±27	2.6295 ±60	8.2122 ±390	3.5072	0.004923	03
0.50	75.281 ±250	8160 ±29	2.8276 ±65	7.6089 ±424	3.9964	0.005395	03
0.60	74.862 ±183	8152 ±29	3.0200 ±64	7.1443 ±396	4.4462	0.005531	03
0.70	74.065 ±176	8211 ±28	3.1882 ±66	6.6409 ±416	4.8666	0.005184	03
0.80	74.098 ±222	8216 ±29	3.3701 ±77	6.2934 ±434	5.2116	0.005573	03
0.90	74.142 ±183	8228 ±30	3.5386 ±100	5.9784 ±448	5.4867	0.005915	03
1.00	73.985 ±181	8250 ±28	3.6994 ±79	5.6564 ±420	5.6522	0.005499	03
1.10	74.246 ±227	8257 ±28	3.8688 ±89	5.4040 ±412	6.0919	0.005546	03
1.20	74.200 ±196	8255 ±29	4.0150 ±108	5.1889 ±423	6.2731	0.005731	03

V 5 3 5 A R A
KÜTLE ORANI TARAMASI



Şekil 45.

V535 Ara değen çiftinin kütle oranı tarama grafiği. Sabit kütle oranı değerlerine karşılık elde edilen çözümlerin Sigma değerleri, şekilde noktalanmıştır. Şekilde, q'nun 0.7 ve 1.0 olduğu yerlerde, iki sıg minimum görülmektedir. En derin olan minimum ($q=0.3$), sistemin daha önce yapılmış olan tayfsal ve fotometrik çalışmalarından bulunan kütle oranı değerine yakındır. Son çözüm sonucu, şekilde içi dolu kareyle gösterilmiştir.

Bu sonuçlardan görüldüğü gibi, serbest bırakıldığında, kütle oranı değeri ve diğer öğeler, fazla değişmemiştir. Bu çözümün sonucu, şekilde içi dolu kareyle gösterilmiştir ve görüldüğü gibi $q=0.3$ kütle oranı çözümüyle hemen hemen çakışıktır. Böylece, tarama sırasında eğrinin minimum çukuruna rastlayan çözümün, kesin çözüme çok yakın olduğu söylenebilir.

Bu aşamadan sonra, dikine hız gözlemleriyle ısıık eğrisi, birlikte çözümlenmiştir. Dikine hız eğrisinin giriş öğeleri için, Schöffel (1979) in çözümlerinden yararlanılmış ve aşağıdaki öğeler kullanılmıştır :

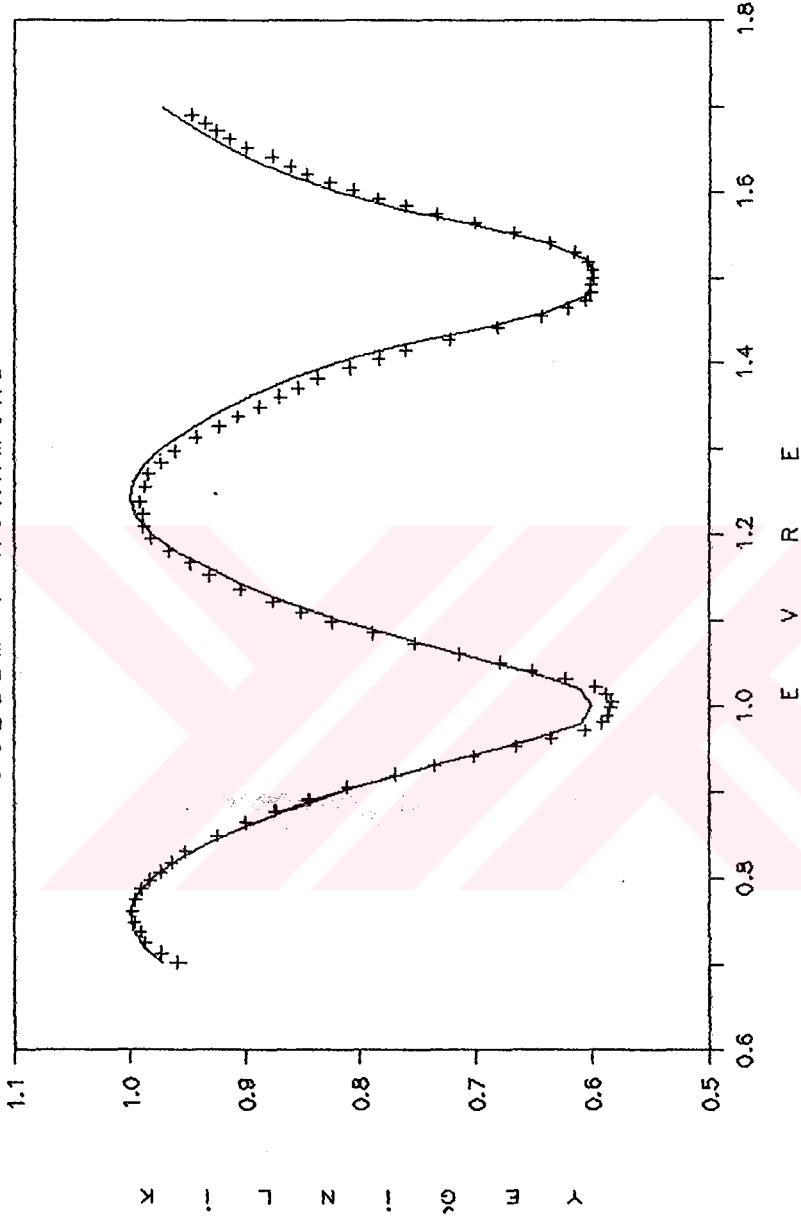
$$\begin{array}{lll}
 a = 3.88 R_{\odot} & V_{\gamma} = - 17.60 \text{ km/s} & i = 80^{\circ}321 \\
 T_2 = 8167 \text{ }^{\circ}\text{K} & \Omega_{1,2} = 2.4342 & q = 0.3001 \\
 L_1 = 8.9516 & L_2 = 2.9791 &
 \end{array}$$

Çözümler yine MODE 3'te yapılmış, bu kez serbest parametrelere, a yarı-büyük eksen uzunluğu ve V_{γ} sistemin kütle merkezinin hızı da katılmıştır. Yapılan denemeler sonucu elde edilen çözüm sonuçları, aşağıdaki gibidir :

$$\begin{array}{lll}
 a = 4.147 R_{\odot} & V_{\gamma} = - 19.04 \text{ km/s} & i = 80^{\circ}069 \\
 \pm 90 & \pm 97 & \pm 644 \\
 T_2 = 8162 \text{ }^{\circ}\text{K} & \Omega_{1,2} = 2.4524 & q = 0.3063 \\
 \pm 34 & \pm 163 & \pm 57 \\
 L_1 = 8.9018 & L_2 = 3.0063 & \text{Sigma} = 0.0102 \\
 \pm 541 & &
 \end{array}$$

Görülüyor ki, dikine hız eğrisi de katılınca, sonuçlar bir miktar değişmiştir. Bu ölçülerle elde edilen kuramsal ışık ve dikine hız eğrileri, Şekil 46 ve Şekil 47'deki normal noktaların üzerine çizilmiş ve değerleri de Çizelge 27 ve Çizelge 28'de listelenmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi, kuramsal eğriler gözlemlerle iyi uyumaktadır. Ancak, gözlenen ışık eğrisinde, nedenini tam olarak bilemediğimiz bir asimetri (bakışsızlık) vardır ve kuramsal eğri ile gözlenen eğri arasında, birinci minimumda uyuma çok iyi değildir. Bu uyumsuzluk Schöffel (1979)'in çözümlerinde de aynı biçimde görülmektedir. Leke modeli ile karşılaştırma yapılabilir fakat bu yola gidilmemiştir. Şekil 47'de ise, baş yıldızla ilişkin kuramsal dikine hız eğrisinin ona ilişkin gözlem değerleriyle uyduğu görülmektedir. Şekilde, ikinci bileşene ait kuramsal dikine hız eğrisi de çizilmiştir fakat ona ilişkin gözlem verileri yoktur.

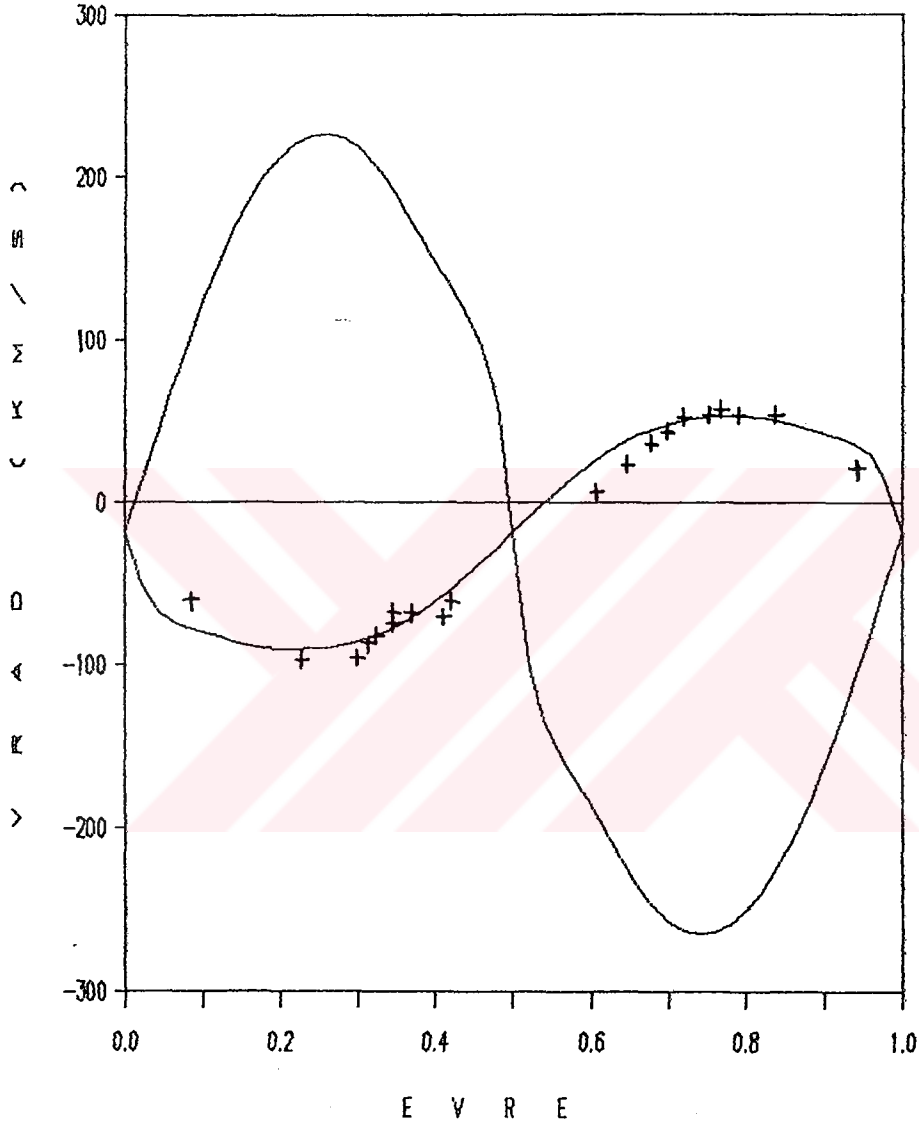
V 5 3 5 A R A
GÖZLEM + KURAMSAL



Şekil 46. V535 Ara degen çiftinin, B renginde bulunan çözümüyü elde edilen kuramsal ışık eğrisi normal noktalarıyla birlikte çizilmiştir. Işık eğrisi asimmetriktir. Baş minimumdaki uyumsuzluk, Schöffel (1979)'in çözümlerinde de vardır.

V 5 3 5 A R A

4 1 2 5 Å



Şekil 47. V535 Ara'nın bileşenlerinin dikine hız eğrileri. Bu şekilde, birinci bileşene ait dikine hız gözlem değerleri, kuramsal dikine hız eğrisinin üzerine noktalanmıştır. İkinci bileşene ait dikine hız gözlem verileri yoktur.

ÇİZELGE 27.

V535 Ara'nın kuramsal ışık eğrisi değerleri

Bu çizelgede, 1., 3. ve 5. sütunlar, evre değerlerini, 2., 4. ve 6. sütun da yeğinlik cinsinden parlaklık değerlerini belirtmektedir.

-----		-----		-----	
Evre	Yeğinlik	Evre	Yeğinlik	Evre	Yeğinlik
-----		-----		-----	
0.000	0.600	0.400	0.820	0.800	0.980
0.020	0.610	0.420	0.765	0.820	0.959
0.040	0.652	0.440	0.699	0.840	0.931
0.060	0.712	0.460	0.638	0.860	0.900
0.080	0.767	0.480	0.603	0.880	0.862
0.100	0.818	0.500	0.599	0.900	0.818
0.120	0.862	0.520	0.603	0.920	0.767
0.140	0.900	0.540	0.638	0.940	0.712
0.160	0.931	0.560	0.699	0.960	0.652
0.180	0.959	0.580	0.765	0.980	0.610
0.200	0.980	0.600	0.820	1.000	0.600
0.220	0.994	0.620	0.864		
0.240	1.000	0.640	0.897		
0.260	0.998	0.660	0.925		
0.280	0.988	0.680	0.950		
0.300	0.972	0.700	0.972		
0.320	0.950	0.720	0.988		
0.340	0.925	0.740	0.998		
0.360	0.897	0.760	1.000		
0.380	0.864	0.780	0.994		
-----		-----		-----	

ÇİZELGE 28.

V535 Ara'nın kuramsal dikine hız değerleri

Bu çizelgede, 1. ve 4. sütunlar evre değerlerini, 2., 5. ve 3., 6. sütunlar ise, sırasıyla birinci ve ikinci bileşenin, saniyede kilometre biriminde dikine hız değerlerini belirtmektedir.

Evre	$V_r(1)$	$V_r(2)$	Evre	$V_r(1)$	$V_r(2)$
0.000	-19.05	-19.04	0.600	23.54	-185.47
0.020	-49.41	11.27	0.620	30.42	-201.76
0.040	-66.86	41.15	0.640	36.37	-218.86
0.060	-73.55	70.17	0.660	41.18	-234.56
0.080	-77.26	97.83	0.680	44.95	-247.22
0.100	-80.02	123.74	0.700	47.86	-256.41
0.120	-82.92	147.32	0.720	49.98	-262.23
0.140	-85.77	168.12	0.740	51.50	-264.56
0.160	-88.30	185.97	0.760	52.42	-263.34
0.180	-89.86	200.82	0.780	52.77	-258.59
0.200	-90.68	212.33	0.800	52.60	-250.41
0.220	-90.85	220.51	0.820	51.78	-238.90
0.240	-90.50	225.26	0.840	50.22	-224.05
0.260	-89.58	226.48	0.860	47.69	-206.20
0.280	-88.06	224.15	0.880	44.84	-185.40
0.300	-85.94	218.33	0.900	41.94	-161.82
0.320	-83.03	209.14	0.920	39.18	-135.91
0.340	-79.26	196.48	0.940	35.47	-108.25
0.360	-74.45	180.78	0.960	28.78	-79.23
0.380	-68.50	163.68	0.980	11.33	-49.35
0.400	-61.62	147.39	1.000	-19.03	-19.04
0.420	-53.99	132.02			
0.440	-45.79	116.56			
0.460	-37.13	96.05			
0.480	-28.18	60.50			
0.500	-19.04	-19.04			
0.520	-9.90	-98.58			
0.540	-0.95	-134.13			
0.560	7.71	-154.64			
0.580	15.91	-170.10			

3.6. V781 Tauri Değen Çiftinin Işık Eğrisi Üzerine Uygulama

Daha önce yaptığımız çözümlerde, yıldızların bilinen öğeleriyle elde edilen kuramsal eğriler ve bir de çözümü yapılmış bir sistemin verileri kullanılarak yöntem uygulanmıştır. Bunlardan başka bir de, gözlemleri Ege Üniversitesi Gözlemevinde yapılan V781 Tau adlı değen çift sistemin, bu çalışmada uygulanan yöntemle ışık eğrisinin çözümü ve fotometrik kütle oranının belirlenmesi üzerine bir çalışma yapılması uygun görülmüştür. Bu sistemin, literatürde herhangi bir çözüm çalışması ya da tayfsal çalışması yoktur. Yalnızca minimum zamanı gözlemleri ve bir de ışık eğrisinin incelendiği bir çalışma vardır ve bu çalışmada sistemin tayf türü G0 ve yörünge eğikliği de 68° olarak verilmektedir. Bunların dışında çözümlerde kullanabileceğimiz herhangi bir öğesi bilinmemektedir. Çözüm için gerekli öğeler, bu çalışmada yapılan istatistik çalışmanın ve çeşitli kuramsal çalışmaların sonuçları kullanılarak belirlenecektir. Bu çalışmada çözüm için başlangıçta, sistemin (dalga boyu 4320 \AA olan) B renginde elde edilen ışık eğrisinin kullanılması uygun görülmüş ve gözlem değerlerinden elde edilen 48 adet normal nokta kullanılmıştır. Bu normal noktalar, Çizelge 29'da listelenmiş ve bu noktalarla çizilen ışık eğrisi de Şekil 48'de verilmiştir.

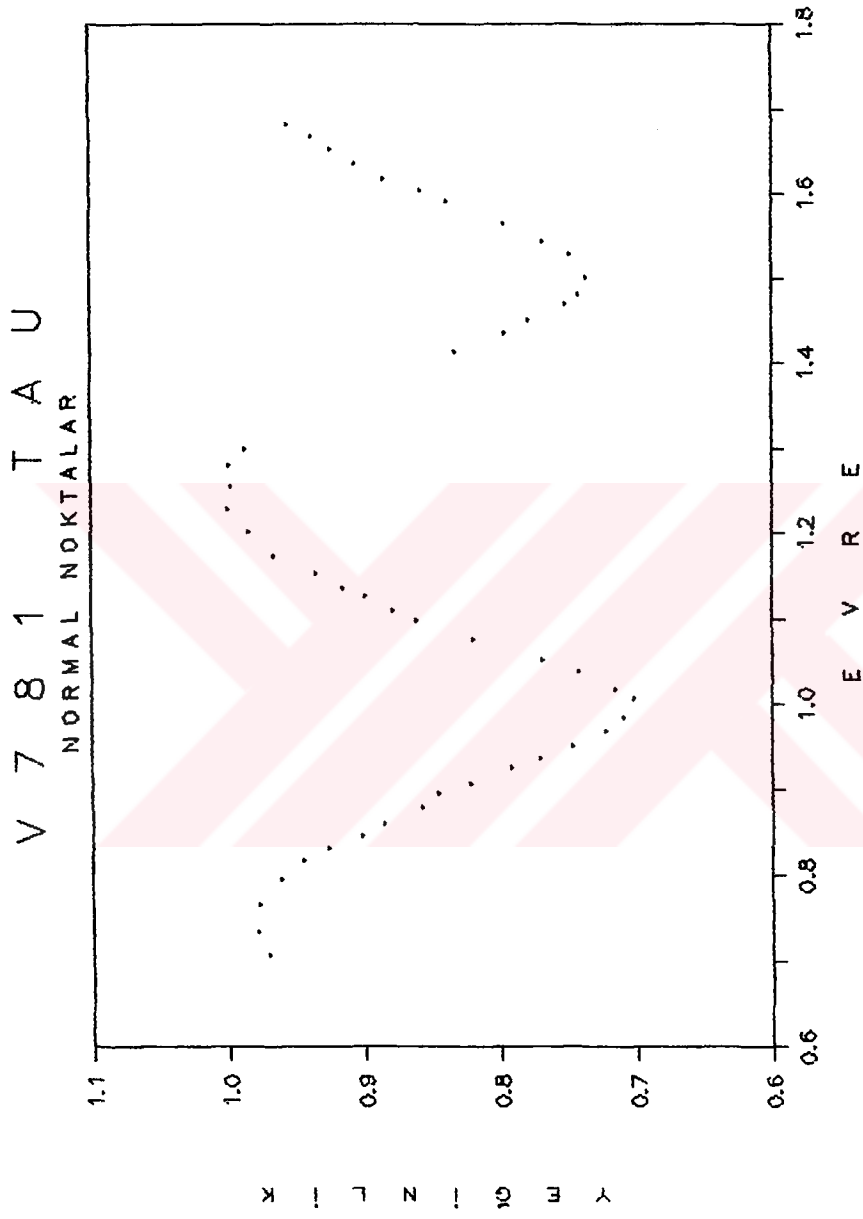
Bu sistem için, aşağıdaki veriler hazırlanmıştır :

ÇİZELGE 29.

V781 Tau'nun B rengindeki gözlemlerinden oluşturulan normal noktaları

Bu çizelgede, 1., 3. ve 5. sütunlar, evre değerlerini, 2., 4. ve 6. sütun da yeğinlik cinsinden parlaklık değerlerini belirtmektedir.

-----		-----		-----	
Evre	Yeğinlik	Evre	Yeğinlik	Evre	Yeğinlik
-----		-----		-----	
0.7065	0.968	0.0756	0.817	0.5648	0.794
0.7331	0.977	0.0982	0.859	0.5914	0.836
0.7649	0.975	0.1083	0.877	0.6024	0.855
0.7942	0.959	0.1250	0.896	0.6181	0.883
0.8180	0.942	0.1359	0.913	0.6342	0.903
0.8310	0.925	0.1518	0.933	0.6515	0.921
0.8462	0.900	0.1730	0.964	0.6686	0.936
0.8603	0.884	0.2007	0.983	0.6826	0.953
0.8778	0.855	0.2279	0.998		
0.8963	0.843	0.2550	0.995		
0.9065	0.820	0.2806	0.997		
0.9257	0.789	0.2995	0.985		
0.9374	0.768	0.4120	0.830		
0.9513	0.745	0.4356	0.794		
0.9690	0.720	0.4511	0.776		
0.9839	0.707	0.4699	0.749		
0.0064	0.700	0.4804	0.740		
0.0168	0.713	0.5007	0.734		
0.0381	0.740	0.5271	0.746		
0.0512	0.767	0.5430	0.766		
-----		-----		-----	



Şekil 48. V781 Tau değen çift sisteminin, Ege Üniversitesi Gözlem-
evinde yapılan gözlemlerinden elde edilen normal noktalarla
çizilmiş ışık eğrisi.

1. MODE : Sistemin değen olmadığını kabul edip MODE 2 seçildi.
2. PERIOD : 0.93449 Cereda ve arkadaşları (1988)
3. $a = 5 R_{\odot}$ alındı.
4. $V_{\gamma} = +03.0$ km/s
5. PSHIFT = 0.0
6. $i = 68^{\circ}00$ Cereda ve arkadaşları (1988)
7. $g_1 = g_2 = 0.32$ (konvektif atmosferler için)
8. $T_1 = 6000$ °K (G0 tayf türüne göre) Popper (1980)
9. $T_2 = 5800$ °K
10. $A_1 = A_2 = 0.5$ (konvektif atmosferler için)
11. $\Omega_1 = 2.7100$ ($q = 0.411$ için Ω (in.) $c_r = 2.6984$)
12. $\Omega_2 = 2.4500$
13. $q = 0.411$ (Bu çalışmadaki $(L_1/L_2)-(M_1/M_2)$ bağıntısından)
14. $WL = 4320$ Å
15. $L_1 = 8.7965$ [$L_1=0.7$, Cereda ve arkadaşları (1988)]
16. $L_2 = 3.7699$ [$L_2=0.3$, Cereda ve arkadaşları (1988)]
17. $L_3 = 0.0000$
18. $X_1 = 0.79$, $X_2 = 0.79$ Grygar ve arkadaşları (1972)

Yukarıdaki veriler girilerek veri kütüğü hazırlanmış ve program çalıştırılmıştır. Sonuçlar aşağıdadır :

$$i = 65.529 \\ \pm 509$$

$$T_2 = 5844 \text{ } ^\circ\text{K} \\ \pm 45$$

$$\Omega_1 = 2.6322 \\ \pm 80$$

$$\Omega_2 = 2.6874 \\ \pm 166$$

$$L_1 = 8.4902 \\ \pm 1087$$

$$L_2 = 2.9505$$

$$\text{Sigma} = 0.011068$$

$q=0.411$ için her iki bileşenin Ω değeri Ω_{cr} değerinden küçük olduğundan, her ikisi de loblarını doldurmuş gözükmektedir. Bu aşamada sistem, değen olarak belirlenmiş olduğundan, çözümlere MODE 3'te devam edilmiştir. Kütle oranının $q=0.2$ değerinden başlanarak 0.1 artışlarla $q=4.0$ değerine kadar sistemin çözümleri elde edilmiştir. Bu işlem sırasında her çözüm için, bileşenlerin kendi kritik loblarını aşıp aşmadığı incelenmiş ve sistemin değen konfigürasyondan ayrılıp ayrılmadığı denetlenmiştir. Çözümler sonucunda sistem, bütün çözümler için değen olarak bulunmuştur. Bu çözümlerin hepsinin sonuçları, topluca Çizelge 30'da verilmiş ve bu sonuçlara karşılık gelen kütle oranı tarama grafiği de Şekil 50'de (+) işaretleriyle gösterilerek çizilmiştir. Her bir değer de birbirine çizgilerle birleştirilmiştir. Şekilde, V ışık eğrisi için, B ışık eğrisinin kullanılmasıyla yapılan kütle oranı tarama işleminden daha sonra yapılmış olan tarama işleminin sonuçları da vardır ve bu değerler şekilde (x) işaretleriyle gösterilmiştir. B ışık eğrisiyle ilgili çözüm sonuçları incelendiğinde, beklendiği gibi derin bir minimum yerine, birbirinden çok farklı değerle-

ÇİZELGE 30.

V781 Tau'nun B ışık eğrisi için kütle oranı taraması

Bu çizelgede, 1. sütun, kütle oranı ($q=m_2/m_1$) değerini, 2. sütun, yörünge eğikliği i 'yi, 3. sütun, ikinci bileşenin sıcaklık değerini, 4. sütun, bileşenlerin potansiyel değerlerini, 6. ve 7. sütunlar bileşenlerin sırasıyla programda kullanıldığı biçimde ışıtmalarını, 8. sütun, sigma (O-C değerlerinin karelerinin toplamı) değerini belirtmektedir. Ayrıca çizelgede, programda serbest parametre olarak kullanılan değerlerin hataları da verilmiştir. Yapılan bu çözümlerin tümünde sistem değen olarak bulunmuştur ve çözümler MODE 3 kullanılarak yapılmıştır.

q	i	T2	$\Omega_1 = \Omega_2$	L1	L2	Sigma
0.2000	68.714 ±963	5808 ±42	2.1789 ±94	9.7958 ±999	1.9937	0.012504
0.3000	66.728 ±672	5744 ±37	2.4150 ±86	9.1350 ±808	2.4880	0.012245
0.4000	65.050 ±603	5734 ±34	2.6199 ±78	8.5032 ±860	3.0002	0.011394
0.5000	64.270 ±550	5750 ±38	2.8187 ±78	7.9788 ±1050	3.3584	0.011116
0.6000	64.059 ±361	5770 ±39	3.0042 ±63	7.5244 ±1093	3.8506	0.010579
0.7000	63.710 ±520	5751 ±36	3.1800 ±91	7.2060 ±997	4.1118	0.010593
0.8000	63.616 ±435	5725 ±36	3.3523 ±90	6.9579 ±982	4.3519	0.010457
0.9000	63.574 ±366	5723 ±37	3.5199 ±82	6.6840 ±998	4.6390	0.010305
1.0000	63.338 ±284	5739 ±43	3.6778 ±114	6.3972 ±1016	4.9484	0.010182
1.1000	63.979 ±264	5745 ±38	3.8619 ±84	6.1254 ±1025	5.1470	0.010912

ÇİZELGE 30 (devam)

q	i	T2	$\omega_1 = \omega_2$	L1	L2	Sigma
1.2000	63.281 ±336	5758 ±33	3.9873 ±97	5.8486 ±997	5.5234	0.010297
1.3000	63.424 ±345	5761 ±34	4.1403 ±107	5.6338 ±988	5.6985	0.010256
1.4000	63.652 ±422	5768 ±35	4.2955 ±109	5.4457 ±994	5.8994	0.010118
1.5000	63.817 ±287	5762 ±36	4.4737 ±75	5.1935 ±1001	6.2746	0.010176
1.6000	64.512 ±196	5775 ±36	4.6207 ±81	5.1008 ±941	6.2589	0.010553
1.7000	64.132 ±266	5782 ±33	4.7353 ±112	4.9403 ±963	6.4145	0.010136
1.8000	63.967 ±343	5720 ±41	4.9085 ±71	4.8616 ±1028	6.6300	0.010237
1.9000	64.130 ±393	5798 ±33	5.0040 ±140	4.6322 ±907	6.7066	0.010068
2.0000	63.575 ±412	5723 ±43	5.1815 ±72	4.5919 ±1077	6.7902	0.010112
2.1000	64.281 ±394	5802 ±33	5.2788 ±146	4.3937 ±882	6.9430	0.009932
2.2000	63.757 ±432	5727 ±46	5.4536 ±82	4.3635 ±1115	6.9829	0.010274
2.3000	65.069 ±384	5782 ±40	5.5902 ±75	4.2050 ±1025	7.1367	0.010515
2.4000	64.716 ±469	5764 ±45	5.7055 ±135	4.1699 ±1015	7.2865	0.009948
2.5000	64.697 ±351	5759 ±39	5.8127 ±164	4.0965 ±1009	7.3846	0.010000

ÇİZELGE 30 (devam)

q	i	T2	$\Omega_1 = \Omega_2$	L1	L2	Sigma
2.6000	64.805 ±395	5766 ±40	5.9557 ±189	3.9975 ±1030	7.4117	0.009903
2.6304 ±318	64.608 ±418	5766 ±42	5.9936 ±535	3.9840 ±1124	7.4351	0.009895
2.7000	64.540 ±537	5720 ±62	6.1144 ±164	3.9683 ±1159	7.3686	0.010057
2.8000	64.702 ±369	5759 ±41	6.1983 ±224	3.8612 ±1016	7.3692	0.010120
2.9000	63.891 ±454	5651 ±53	6.3791 ±72	3.9056 ±1286	7.4864	0.009889
3.0000	64.152 ±436	5663 ±53	6.5112 ±63	3.8075 ±1302	7.8873	0.010157

re sahip olmayan birkaç küçük minimum görülmektedir. Eğrinin genel gidişi ise, sıg ve geniş bir aralığa yayılmış bir minimum göstermektedir. Bu eğrinin minimum değeri, kütle oranının 2.6 olduğu yere karşılık gelmektedir. Bu değer, aranan kütle oranı değeri olarak alınıp, programda bu değer de serbest parametreler listesine katılarak sistemin çözümü yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir :

$$i = 64^{\circ}608 \pm 418 \quad T_2 = 5766 \text{ }^{\circ}\text{K} \pm 42 \quad \Omega_1 = \Omega_2 = 5.9936 \pm 535$$

$$q = 2.6304 \pm 318 \quad L_1 = 3.9840 \pm 1124 \quad L_2 = 7.4351$$

$$\text{Sigma} = 0.009895$$

Bu sonuçlardan görüldüğü gibi, sistemin serbest parametre olarak alınan öğeleri, kütle oranının 2.6 değeri için bulunan sonuçlardan çok farklı değildir. Başlangıç değeri olarak girdiğimiz $q=0.411$ değeri, bulunan bu değerden oldukça farklı görünmektedir fakat bu yanıltıcıdır. Çünkü bu sistem W türü bir sistemdir (Cereda ve arkadaşları 1988) ve bu sistemlerde kütle oranı terstir, yani $1/q$ ($q=M_1/M_2$) olarak kullanılmaktadır. Bu yüzden bulunan kütle oranı değerinin tersini aldığımızda, gerçekte bizim başlangıç değeri olarak verdiğimiz değerden çok farklı olmadığı görülür.

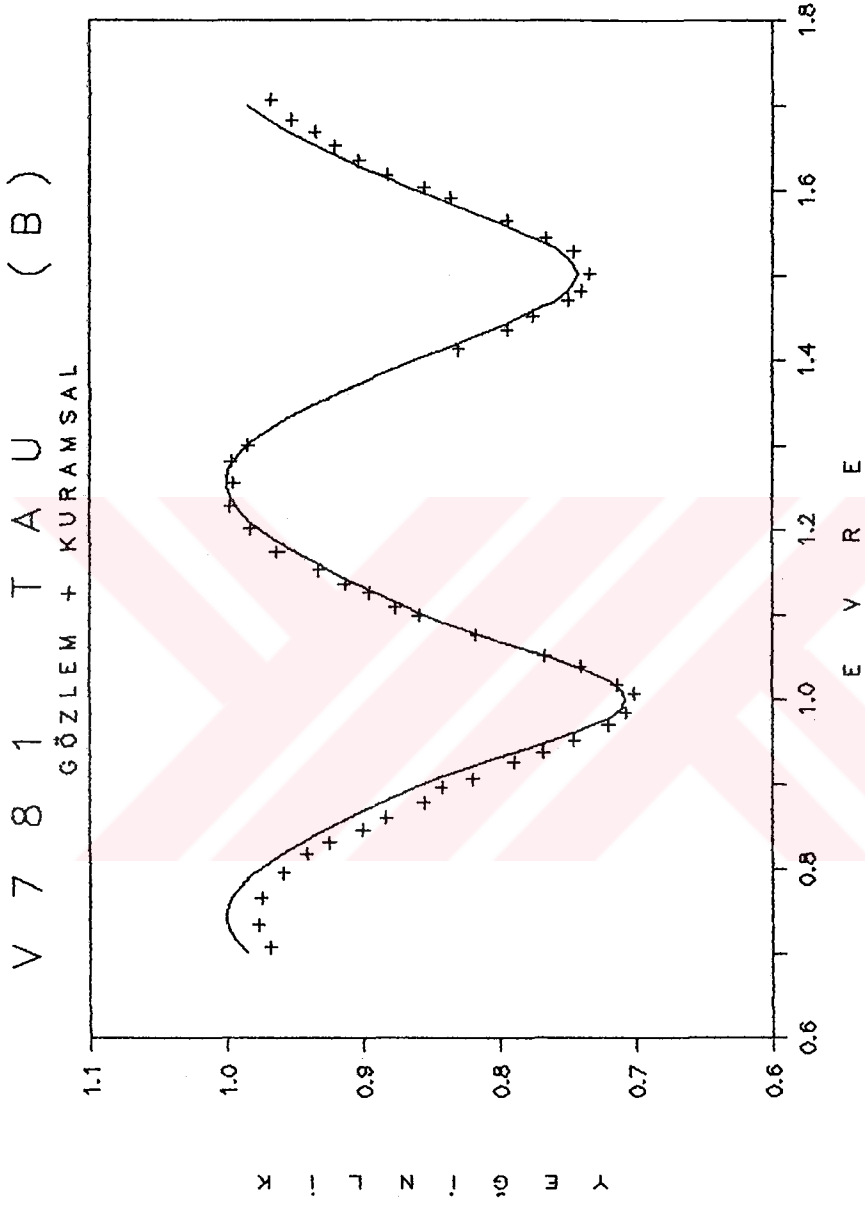
Bu sonuçlar kullanılarak, sistemin kuramsal ışık eğrisi elde edilmiş ve 0.02 evre aralıklarıyla Çizelge 31'de listelenmiştir. Bu kuramsal eğri, normal noktalarla birlikte Şekil 49'da çizilmiştir. Şekilden

ÇİZELGE 31.

V781 Tau'nun B ışık eğrisi kullanılarak 0.02 evre aralıklarıyla hesaplanan kuramsal ışık eğrisi noktaları

Bu çizelgede, 1., 3. ve 5. sütunlar, evre değerlerini, 2., 4. ve 6. sütun da yeğlilik cinsinden parlaklık değerlerini belirtmektedir.

-----		-----		-----	
Evre	Yeğlilik	Evre	Yeğlilik	Evre	Yeğlilik
-----		-----		-----	
0.7000	0.985	0.1000	0.856	0.5000	0.742
0.7200	0.996	0.1200	0.884	0.5200	0.750
0.7400	1.000	0.1400	0.910	0.5400	0.772
0.7600	0.998	0.1600	0.934	0.5600	0.799
0.7800	0.990	0.1800	0.957	0.5800	0.830
0.8000	0.976	0.2000	0.976	0.6000	0.862
0.8200	0.957	0.2200	0.990	0.6200	0.892
0.8400	0.934	0.2400	0.998	0.6400	0.919
0.8600	0.910	0.2600	1.000	0.6600	0.945
0.8800	0.884	0.2800	0.996	0.6800	0.967
0.9000	0.856	0.3000	0.985	0.7000	0.985
0.9200	0.824	0.3200	0.967		
0.9400	0.783	0.3400	0.945		
0.9600	0.745	0.3600	0.919		
0.9800	0.717	0.3800	0.892		
0.0000	0.708	0.4000	0.862		
0.0200	0.717	0.4200	0.830		
0.0400	0.745	0.4400	0.799		
0.0600	0.783	0.4600	0.772		
0.0800	0.824	0.4800	0.750		
-----		-----		-----	



Şekil 49. V781 Tau değen çiftinin, B renginde bulunan çözümüyle elde edilen kuramsal ışık eğrisi normal noktalarıyla birlikte çizilmiştir. Işık eğrisinde maksimumlar eşit değildir. Kuramsal ışık eğrisi gözlemlerle iyi uyumaktadır.

görüldüğü gibi, kuramsal ışık eğrisi ile gözlemler iyi uyuşmaktadır. Gözlenen ışık eğrisinde maksimumlar eşit düzeylerde olmadığından, maksimumlara karşılık gelen bölgelerde iki eğrinin uyumu, diğer bölgelerdeki uyuma göre daha azdır fakat yine de genel olarak eğriler, birbiri ile uyumludur.

Bu çözüm çalışmasında buraya dek, V781 Tau sisteminin yalnızca B renginde elde edilmiş olan ışık eğrisi kullanılmıştır. Kütle oranı tarama grafiğinin, beklendiği gibi belirgin biçimde derin bir minimum yerine, derinlikleri birbirine yakın olan bir çok minimum vermesi, gerçek çözümün bulunmasını zorlaştırdığından, bir de sistemin V renginde elde edilmiş olan ışık eğrisi kullanılarak aynı kütle oranı tarama işleminin yapılmasına karar verilmiştir. Bu işlemde, sistemin (dalga boyu 5500 Å olan) V rengindeki ışık eğrisinin gözlem değerlerinden elde edilen, yine 48 adet normal nokta kullanılmıştır. Bu normal noktalar Çizelge 32'de verilmiştir. V ışık eğrisinin verilmesine gerek duyulmamıştır. İşlemlere yine, sistemin degen olmadığı varsayılarak **MODE 2** ile başlanmış ve B rengindeki ışık eğrisi için hazırlanmış olan verilerden yalnızca dalga boyu 5500 Å ve kenar kararma katsayıları $X_1 = X_2 = 0.64$ (Grygar ve arkadaşları, 1972) olarak değiştirilip program V renginde elde edilmiş olan ışık eğrisi için çalıştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir :

$$i = 69.922 \pm 433 \quad T_2 = 5802 \text{ }^\circ\text{K} \pm 39 \quad \Omega_1 = 2.6281 \pm 80 \quad \Omega_2 = 2.6666 \pm 193$$

$$L_1 = 8.4036 \pm 941 \quad L_2 = 3.1343 \quad \text{Sigma} = 0.012194$$

ÇİZELGE 32.

V781 Tau'nun V rengindeki gözlemlerinden oluşturulan normal noktaları

Bu çizelgede, 1., 3. ve 5. sütunlar, evre değerlerini, 2., 4. ve 6. sütun da yağınlik cinsinden parlaklık değerlerini belirtmektedir.

Evre	Yağınlik	Evre	Yağınlik	Evre	Yağınlik
0.7065	0.962	0.0756	0.795	0.5648	0.767
0.7331	0.969	0.0982	0.840	0.5914	0.819
0.7649	0.963	0.1083	0.857	0.6024	0.838
0.7942	0.944	0.1250	0.884	0.6181	0.866
0.8180	0.928	0.1359	0.896	0.6342	0.885
0.8310	0.915	0.1518	0.920	0.6515	0.905
0.8462	0.887	0.1730	0.949	0.6686	0.921
0.8603	0.874	0.2007	0.972	0.6826	0.943
0.8778	0.848	0.2279	0.987	0.7065	0.962
0.8963	0.822	0.2550	0.993		
0.9065	0.806	0.2806	0.987		
0.9257	0.759	0.2995	0.964		
0.9374	0.734	0.4120	0.822		
0.9513	0.709	0.4356	0.765		
0.9690	0.685	0.4511	0.734		
0.9839	0.665	0.4699	0.714		
0.0064	0.668	0.4804	0.695		
0.0168	0.678	0.5007	0.693		
0.0381	0.711	0.5271	0.711		
0.0512	0.742	0.5430	0.729		

$q=0.411$ için bu çözümde de, her iki bileşenin Ω değeri $\Omega_{cr.}$ değerinden küçük olduğundan, her ikisi de loblarını doldurmuş gözükmektedir. Bu aşamada sistem degen olarak belirlenmiş olduğundan, çözümler MODE 3 te sürdürülmüştür. Yine kütle oranının $q=0.2$ değerinden başlanarak 0.1 artışlarla $q=5.5$ değerine kadar sistemin çözümleri V rengi için de elde edilmiştir. Bu çözümlerin hepsinin sonuçları, topluca Çizelge 33'te verilmiş ve kütle oranı tarama grafiği değerleri de Şekil 50'de, B ışık eğrisi için yapılan çözüm sonucunda bulunan değerlerle birlikte çizilmiştir. Şekilde V rengi için yapılan çözümlerin sonuçları (x) işaretleriyle gösterilmiş ve bu değerler birbirlerine noktalarla birleştirilmiştir. Şekilde, her iki renkte yapılan çözümler için elde edilmiş olan kütle oranı tarama grafikleri incelendiğinde, her ikisinin de genel gidişinin, beklendiği gibi hemen hemen aynı olduğu ve geniş bir kütle oranı aralığına dağılmış geniş ve sığ birer minimum verdikleri görülmektedir. Her iki minimumda da en derin oldukları kütle oranına karşılık gelen değerlerin, hemen hemen aynı oldukları görülmektedir. V ışık eğrisinin minimum değeri, kütle oranının yaklaşık olarak 2.7 olduğu yere karşılık gelmektedir. Bu değer, aranan kütle oranı değeri olarak alınıp, programda o da serbest parametreler listesine katılarak sistemin çözümü yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir :

$$\begin{array}{lll}
 i = 68.827 & T_2 = 5829 \text{ }^\circ\text{K} & \Omega_1 = \Omega_2 = 4.7054 \\
 \pm 532 & \pm 53 & \pm 163 \\
 q = 2.6955 & L_1 = 3.6965 & L_2 = 7.6329 \\
 \pm 117 & \pm 835 &
 \end{array}$$

$$\text{Sigma} = 0.011181$$

ÇİZELGE 33.

V781 Tau'nun V ışıık eğrisi için kütle oranı taraması

Bu çizelgede, 1. sütun, kütle oranı ($q=m_2/m_1$) değerini, 2. sütun, yörünge eğikliği i 'yi, 3. sütun, ikinci bileşenin sıcaklık değerini, 4. sütun, bileşenlerin potansiyel değerlerini, 6. ve 7. sütunlar bileşenlerin sırasıyla programda kullanıldığı biçimde ışııtmalarını, 8. sütun, sigma (O-C değerlerinin karelerinin toplamı) değerini belirtmektedir. Ayrıca çizelgede, programda serbest parametre olarak kullanılan değerlerin hataları da verilmiştir. Yapılan bu çözümlerin tümünde sistem değen olarak bulunmuştur ve çözümler MODE 3 kullanılarak yapılmıştır.

q	i	T2	$\Omega_1 = \Omega_2$	L1	L2	Sigma
0.2000	74.799 ±963	5855 ±36	2.1857 ±83	9.6863 ±629	2.0994	0.013390
0.3000	70.514 ±497	5814 ±40	2.4030 ±70	8.8829 ±727	2.6826	0.012173
0.4000	69.369 ±507	5744 ±32	2.6153 ±76	8.3791 ±684	3.1697	0.012306
0.5000	68.536 ±234	5773 ±35	2.8019 ±74	7.8200 ±716	3.5411	0.011563
0.6000	67.775 ±297	5740 ±34	2.9880 ±83	7.4239 ±778	3.9179	0.011730
0.7000	67.316 ±312	5765 ±35	3.1651 ±83	7.0053 ±829	4.2564	0.011792
0.8000	67.153 ±294	5786 ±35	3.3367 ±76	6.6398 ±794	4.7669	0.011652
0.9000	66.950 ±370	5803 ±34	3.4956 ±91	6.3102 ±790	5.0118	0.011433
1.0000	66.956 ±373	5786 ±34	3.6579 ±105	6.0881 ±803	5.2718	0.011612
1.1000	66.581 ±380	5769 ±33	3.8098 ±102	5.8824 ±778	5.4122	0.011193

ÇİZELGE 33 (devam)

q	i	T2	$\Omega_1 = \Omega_2$	L1	L2	Sigma
1.2000	67.087 ±297	5761 ±35	3.9754 ±102	5.7134 ±780	5.6698	0.011507
1.3000	66.769 ±305	5751 ±33	4.1066 ±129	5.5050 ±770	5.8681	0.011537
1.4000	66.772 ±400	5779 ±34	4.2657 ±129	5.2837 ±792	6.0000	0.011673
1.5000	66.598 ±319	5762 ±34	4.3942 ±159	5.1424 ±778	6.0265	0.011501
1.6000	66.973 ±386	5770 ±36	4.5471 ±149	4.9758 ±803	6.2306	0.011528
1.7000	67.315 ±329	5775 ±33	4.6945 ±133	4.8296 ±754	6.5257	0.011588
1.8000	67.200 ±290	5775 ±33	4.8239 ±147	4.6989 ±734	6.6454	0.011282
1.9000	67.229 ±324	5774 ±34	4.9552 ±123	4.5768 ±764	6.8037	0.011460
2.0000	67.649 ±352	5770 ±34	5.1043 ±143	4.4259 ±728	6.8970	0.011708
2.1000	67.908 ±341	5799 ±34	5.2488 ±208	4.2978 ±717	7.1224	0.011751
2.2000	68.141 ±377	5801 ±33	5.3836 ±164	4.1930 ±699	7.2172	0.011882
2.3000	68.129 ±385	5800 ±33	5.5120 ±168	4.0990 ±685	7.3153	0.011776
2.4000	68.312 ±354	5801 ±33	5.6443 ±157	4.0072 ±684	7.3991	0.011903
2.5000	68.548 ±399	5799 ±37	5.7855 ±133	3.9198 ±770	7.6091	0.011755

ÇİZELGE 33 (devam)

q	i	T2	$\Omega_1 = \Omega_2$	L1	L2	Sigma
2.6000	68.676 ±267	5821 ±32	5.9047 ±153	3.8011 ±634	7.5506	0.011428
2.6955 ±117	68.827 ±532	5829 ±53	6.0294 ±163	3.6965 ±835	7.6329	0.011181
2.7000	68.660 ±263	5825 ±32	6.0260 ±151	3.7191 ±618	7.7634	0.011224
2.8000	68.814 ±345	5815 ±32	6.1640 ±169	3.6613 ±620	7.7462	0.011450
2.9000	69.075 ±291	5816 ±31	6.2894 ±156	3.5681 ±598	7.9731	0.011407
3.0000	69.444 ±447	5834 ±49	6.4219 ±237	3.4796 ±785	8.1066	0.011393
3.1000	69.787 ±277	5841 ±30	6.5600 ±157	3.4090 ±565	8.0403	0.011568
3.2000	69.991 ±275	5845 ±29	6.6876 ±157	3.3422 ±556	8.1831	0.011501
3.3000	70.407 ±275	5840 ±36	6.8216 ±206	3.2726 ±581	8.3311	0.011803
3.4000	70.250 ±370	5832 ±31	6.9151 ±207	3.2334 ±560	8.2047	0.011803
3.5000	70.366 ±341	5826 ±35	7.0367 ±338	3.1722 ±548	8.4609	0.011604
3.6000	70.644 ±333	5824 ±35	7.1714 ±326	3.1254 ±544	8.4607	0.011674
3.7000	70.623 ±470	5827 ±32	7.2907 ±320	3.0802 ±563	8.3278	0.011674
3.8000	70.513 ±409	5829 ±31	7.3991 ±229	3.0509 ±538	8.5681	0.011550

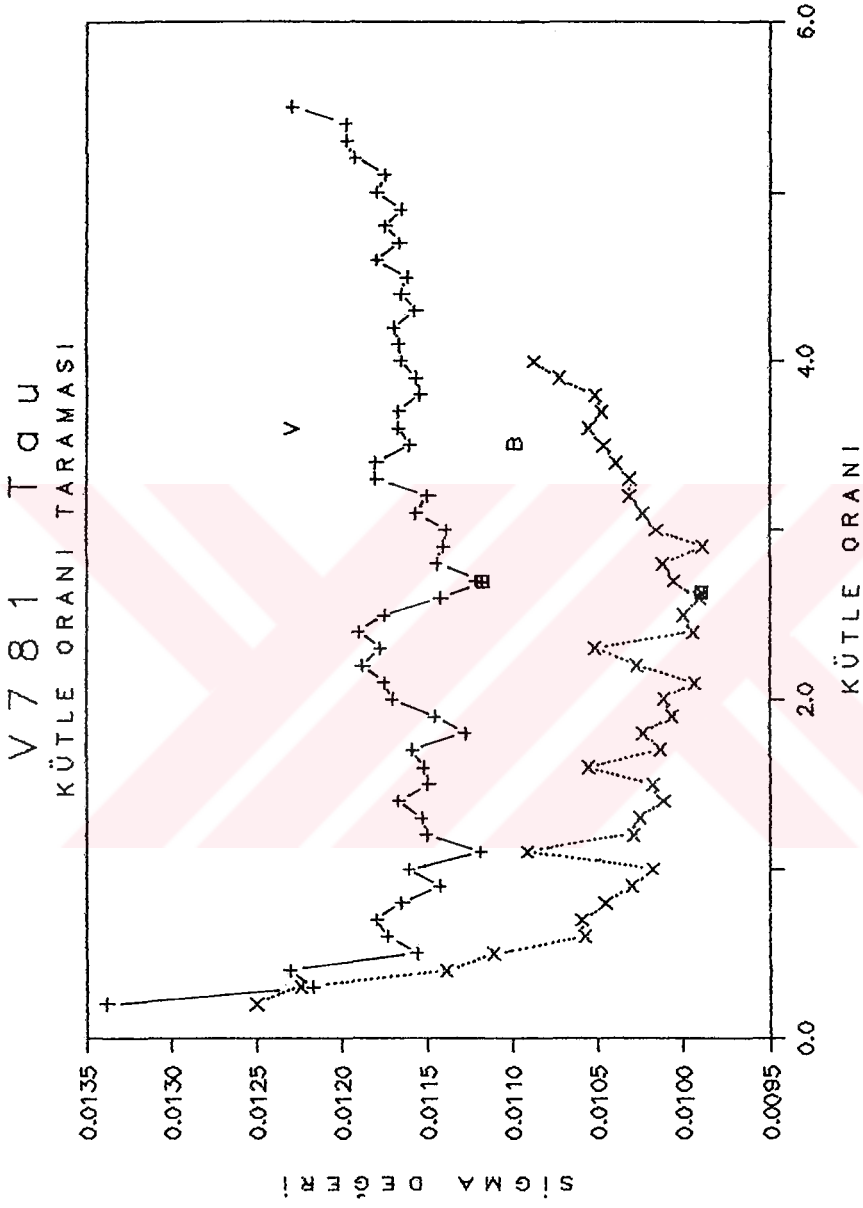
ÇİZELGE 33 (devam)

q	i	T2	$\Omega_1 = \Omega_2$	L1	L2	Sigma
3.9000	70.601 ±385	5823 ±31	7.5193 ±207	3.0203 ±544	8.6593	0.011572
4.0000	70.924 ±576	5822 ±34	7.6525 ±260	2.9688 ±611	8.7376	0.011659
4.1000	71.039 ±514	5822 ±32	7.7747 ±244	2.9310 ±543	8.6603	0.011666
4.2000	71.517 ±711	5821 ±34	7.9092 ±268	2.8819 ±602	8.8244	0.011696
4.3000	71.413 ±451	5819 ±30	8.0200 ±236	2.8547 ±500	8.8878	0.011576
4.4000	71.463 ±764	5809 ±34	8.1416 ±286	2.8348 ±621	9.0285	0.011655
4.5000	71.127 ±746	5799 ±35	8.2411 ±289	2.8308 ±635	8.8571	0.011621
4.6000	71.630 ±802	5797 ±36	8.3767 ±329	2.7843 ±639	9.1077	0.011793
4.7000	71.561 ±859	5800 ±36	8.4815 ±330	2.7652 ±650	9.0223	0.011664
4.8000	72.180 ±731	5797 ±36	8.6224 ±289	2.7174 ±609	9.0076	0.011750
4.9000	71.695 ±791	5783 ±36	8.7225 ±296	2.7219 ±619	9.0915	0.011660
5.0000	72.200 ±732	5782 ±36	8.8576 ±249	2.6813 ±603	9.2454	0.011798
5.1000	72.666 ±687	5784 ±36	8.9819 ±234	2.6415 ±566	9.1235	0.011751
5.2000	72.767 ±768	5780 ±36	9.0962 ±314	2.6223 ±599	9.1302	0.011925

ÇİZELGE 33 (devam)

q	i	T2	$\Omega_1 = \Omega_2$	L1	L2	Sigma
5.3000	72.995 ±799	5777 ±36	9.2206 ±312	2.5980 ±582	9.1332	0.011972
5.4000	72.954 ±690	5758 ±36	9.3315 ±362	2.5871 ±542	9.3703	0.011978
5.5000	73.281 ±1153	5751 ±34	9.4237 ±430	2.5491 ±685	9.0949	0.012294





Şekil 50.

V781 Tau değen çiftinin kütle oranı tarama grafiği. Şekilde B ve V ışık eğrileri kullanılarak ayrı yapılmış olan tarama grafikleri, birlikte verilmiştir. (+) işaretleri V, (x) işaretleri B değerlerini göstermektedir ve bu değerler birbirlerine çizgi ve noktalarla birleştirilmiştir. Kare ile gösterilen değerler kesin çözüm değerleridir ve her ikisi de $q=2.6$ yöresindedir ve birbirine yakın değerlerdir.

Bu sonuçlardan görüldüğü gibi, sistemin serbest parametre olarak alınan öğeleri, kütle oranının 2.7 değeri için bulunan sonuçlardan çok farklı değildir. B ve V renklerinde yapılan her iki çözüm karşılaştırıldığında, sonuçların birbirine benzer oldukları görülmektedir. En büyük fark, yörünge eğikliğindedir ve bu değerler birbirinden 4° kadar farklıdır.

Bu aşamadan sonra, bir de, her iki renkte bulunan değerlerin ortalaması alınarak ve her iki rengin gözlem değerleri birlikte kullanılarak ortak bir kesin çözüm elde edilmiştir ve sonuçlar aşağıda verilmiştir :

$$\begin{array}{lll}
 i = 67^{\circ}072 & T_2 = 5849 \text{ }^{\circ}\text{K} & \Omega_1 = \Omega_2 = 5.9709 \\
 \pm 307 & \pm 29 & \pm 568 \\
 \\
 q = 2.6293 & L_1(B) = 3.8450 & L_2(B) = 7.8250 \\
 \pm 298 & \pm 796 & \\
 \\
 & L_1(V) = 3.6670 & L_2(V) = 7.6974 \\
 & \pm 614 &
 \end{array}$$

$$\text{Sigma} = 0.038471$$

Ayrı ayrı renklerde yapılmış olan çözümlerin sigma değerleri, bu ortak çözüme göre daha küçük değerlere sahiptir. Bu ortak çözüm için elde edilen kuramsal eğri değerleri de, tek tek çözümlerden çok farklı değerler vermemektedir. Bu yüzden bu eğrilerle ilgili şekillerin çizilmesine gerek duyulmamıştır. Sonuç olarak, bu yapılan çözümlerin sonuçları, görüldüğü gibi birbiri ile uyumludur.

V781 Tau sisteminin ışık eğrisinde maksimumlar eşit düzeylerde değil-

dir. Birinci minimumdan sonra gelen maksimum, diğetine göre daha yüksektir. Bu çözümler sırasında maksimumların yapay yolla eşitlenmesine gidilmemiş, normal noktalar, doğrudan doğruya gözlem noktalarından elde edilerek kullanılmıştır. Wilson-Devinney yöntemi, maksimumlardaki bu farkı gözönüne almadığı için, elde edilen kuramsal eğride maksimumlar eşittir. Bu yüzden gözlenen eğri ile kuramsal eğri arasında bazı farklılıklar görülmektedir.

Kesin çözüm elde edildikten sonra, bir de V781 Tau'nun ışık eğrisinde maksimum düzeylerinde görülen eşitsizliğin düzeltilmesiyle yapılacak çözümün, önceki çözümlerle karşılaştırılması amaçlanmış ve bunun için literatürde, ışık eğrisinde bu tür bir özellik gösteren AK Her yakın çiftinin, ışık eğrisi çözümleri sırasında Woodward ve Wilson (1977) tarafından uygulanan yapay yöntem, V781 Tau'nun ışık eğrisine uygulanmıştır. Bu yöntemde her iki maksimum düzeyleri arasındaki farkın yarısı kadar bir değer bulunur. Daha sonra, 360 ile çarpılarak dereceye çevrilmiş evre değerinin sinüsü, bu değerle çarpılarak, ışık eğrisinin normal nokta değerlerinden çıkarılır. Bu işlem, V781 Tau sisteminin B ışık eğrisine, aşağıdaki denklem kullanılarak uygulanmıştır :

$$m_j = m_i - 0.015 * \sin (\text{Evre} * 360)$$

Burada m_i , maksimumları eşit olmayan ışık eğrisine ait parlaklık değeri ve m_j de, maksimumları eşitlenmiş ışık eğrisi için hesaplanan değerdir. Bu işlem, ışık eğrisinin bütün noktalarına uygulanarak, maksimum düzeyleri eşitlenmiş ışık eğrisi elde edilir.

Bu eğri kullanılarak yeni oluşturulan değerlerle son çözüm bir kez daha yapılarak aşağıdaki değerler bulunmuştur :

$$i = 64^{\circ}324 \pm 373 \quad T_2 = 5692 \text{ }^{\circ}\text{K} \pm 34 \quad \Omega_1 = \Omega_2 = 6.0861 \pm 44$$

$$q = 2.6690 \pm 27 \quad L_1 = 3.9914 \pm 701 \quad L_2 = 7.4882$$

$$\text{Sigma} = 0.002844$$

Çözüm sonuçlarına bakıldığında, maksimumları eşitlenmemiş ve eşitlenmiş ışık eğrilerinin kullanılmasıyla yapılan her iki çözümün de birbirine yakın değerler verdiği görülmektedir. Maksimumları eşit ışık eğrisinin normal nokta değerleri Çizelge 34'te ve bununla ilgili çözümde bulunan öğelerle elde edilen kuramsal eğri değerleri de Çizelge 35'te verilmiş ve bu iki eğri birlikte Şekil 51'de çizilmiştir. Maksimumlar eşitlenerek yapılan bu çözüm sonucu bulunan değerlerin hataları diğer çözümde bulunan değerlerin hatalarından daha küçüktür. Ayrıca 0-C değerlerinin karelerinin toplamı olan sigma değeri de, oldukça küçük bir değer olarak bulunmuştur. Şekil 49 ile Şekil 51 birlikte incelendiğinde, Şekil 49 da özellikle birinci minimumun kollarında, kuramsal eğri ile gözlem noktaları çok iyi çakışmamaktadır. Maksimumlar da farklı düzeylerde olduğundan, kuramsal eğri gözlenen değerlerin altında ya da üstünde kalmaktadır. Minimumların çakışması ise iyidir. Şekil 51'de ise minimumların iniş ve çıkış kollarındaki çakışmalar diğer şekile göre daha iyi olmasına karşın, hem minimumlarda ve hem de maksimumlarda çakışma iyi değildir. Maksimumlarda kuramsal eğri, gözlenen nokta-

ÇİZELGE 34.

V781 Tau'nun B ışık eğrisinin maksimumlarını eşitlemek amacıyla gözlem değerlerinden $0.015 * \sin(\text{Evre} * 360)$ değeri çıkartılarak hesaplanmış normal noktaları

Bu çizelgede, 1., 3. ve 5. sütunlar, evre değerlerini, 2., 4. ve 6. sütun da yeğinlik cinsinden parlaklık değerlerini belirtmektedir.

Evre	Yeğinlik	Evre	Yeğinlik	Evre	Yeğinlik
0.7065	0.982	0.0756	0.810	0.5648	0.800
0.7331	0.992	0.0982	0.850	0.5914	0.844
0.7649	0.990	0.1083	0.868	0.6024	0.864
0.7942	0.973	0.1250	0.885	0.6181	0.893
0.8180	0.956	0.1359	0.902	0.6342	0.914
0.8310	0.938	0.1518	0.921	0.6515	0.933
0.8462	0.912	0.1730	0.951	0.6686	0.949
0.8603	0.896	0.2007	0.969	0.6826	0.967
0.8778	0.865	0.2279	0.983		
0.8963	0.852	0.2550	0.980		
0.9065	0.828	0.2806	0.982		
0.9257	0.796	0.2995	0.971		
0.9374	0.774	0.4120	0.822		
0.9513	0.750	0.4356	0.788		
0.9690	0.723	0.4511	0.772		
0.9839	0.709	0.4699	0.746		
0.0064	0.699	0.4804	0.738		
0.0168	0.711	0.5007	0.734		
0.0381	0.736	0.5271	0.749		
0.0512	0.762	0.5430	0.770		

ÇİZELGE 35.

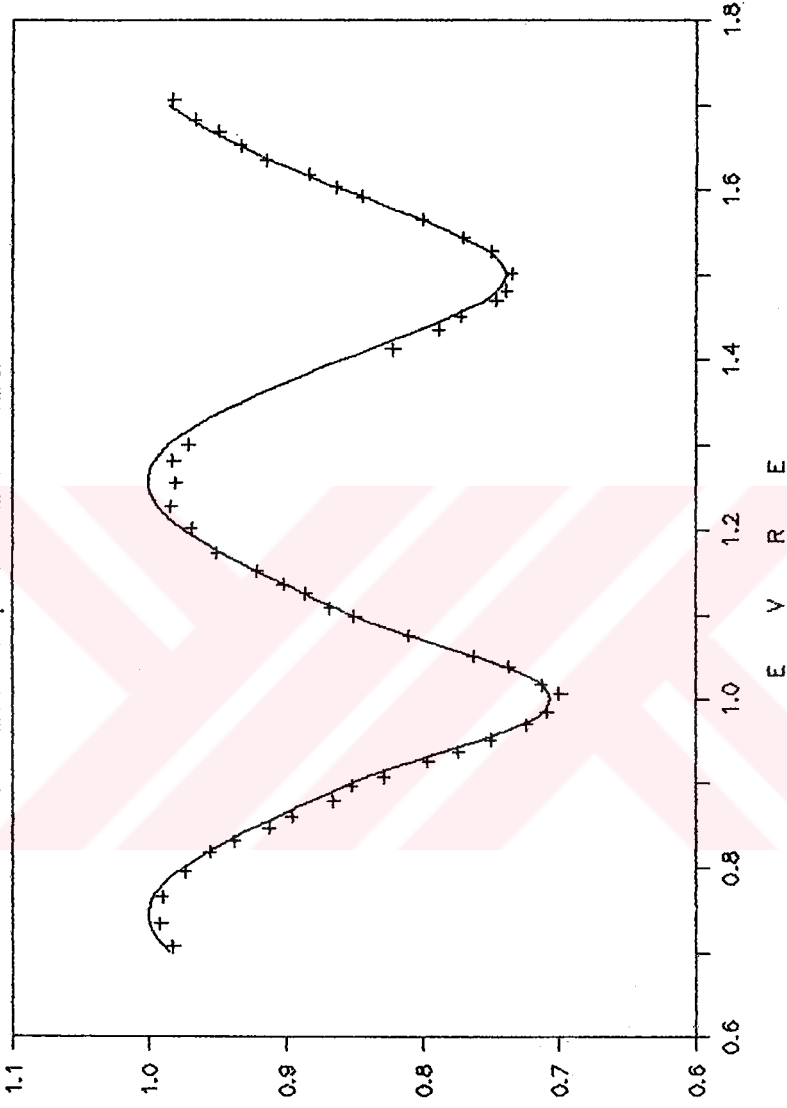
V781 Tau'nun B ışık eğrisinin maksimumları eşitlendikten sonra, 0.02 evre aralıklarıyla hesaplanan kuramsal ışık eğrisi noktaları

Bu çizelgede, 1., 3. ve 5. sütunlar, evre değerlerini, 2., 4. ve 6. sütun da yeğlilik cinsinden parlaklık değerlerini belirtmektedir.

-----		-----		-----	
Evre	Yeğlilik	Evre	Yeğlilik	Evre	Yeğlilik
-----		-----		-----	
0.7000	0.985	0.1000	0.852	0.5000	0.737
0.7200	0.996	0.1200	0.880	0.5200	0.746
0.7400	1.000	0.1400	0.906	0.5400	0.767
0.7600	0.998	0.1600	0.931	0.5600	0.795
0.7800	0.989	0.1800	0.955	0.5800	0.827
0.8000	0.974	0.2000	0.974	0.6000	0.859
0.8200	0.955	0.2200	0.989	0.6200	0.890
0.8400	0.931	0.2400	0.998	0.6400	0.919
0.8600	0.906	0.2600	1.000	0.6600	0.945
0.8800	0.880	0.2800	0.996	0.6800	0.968
0.9000	0.852	0.3000	0.985	0.7000	0.985
0.9200	0.819	0.3200	0.968		
0.9400	0.779	0.3400	0.945		
0.9600	0.741	0.3600	0.919		
0.9800	0.714	0.3800	0.890		
0.0000	0.705	0.4000	0.859		
0.0200	0.714	0.4200	0.827		
0.0400	0.741	0.4400	0.795		
0.0600	0.779	0.4600	0.767		
0.0800	0.819	0.4800	0.746		
-----		-----		-----	

V 7 8 1 T A U (B)

MAKSİMİMLARI EŞİT GÖZLEM + KURAMSAL



Şekil 51. V781 Tau değen çiftinin, ışık eğrisinde maksimumlar yapay olarak eşitlendikten sonra bulunan çözümlüyle elde edilen kuramsal ışık eğrisi normal noktalarıyla birlikte çizilmiştir.

ların üzerinde kalmaktadır. Minimumlarda da, az olmakla birlikte, aynı şekilde gözlenen noktalar kuramsal eğrinin altında kalmaktadır. Sonuç olarak, maksimumlar eşitlenmeden elde edilen çözüm sonucu bulunan kuramsal eğri, gözlenen noktalarla daha iyi çakışmaktadır fakat maksimumlar eşitlenerek yapılan çözüm sonucu bulunan değerler daha duyarlıdır. Maksimumların yapay olarak eşitlenmesi yerine, ışık eğrisinin gözleendiği biçimiyle kullanılmasıyla çözüm yapılması, bulunan öğeleri çok değiştirmediği için yapılan çözümün sonucunu çok etkilemeyecektir. Woodward ve Wilson (1977) da, maksimumların yapay olarak eşitlenmesinin gerekli olmadığını, fakat bazı yararlar sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Dolayısıyla, herhangi bir çözüm yapılırken, bu biçimde maksimumları eşit olmayan bir sistemle uğraşılıyorsa, eşitleme yapılıp yapılmaması isteğe bağlıdır.

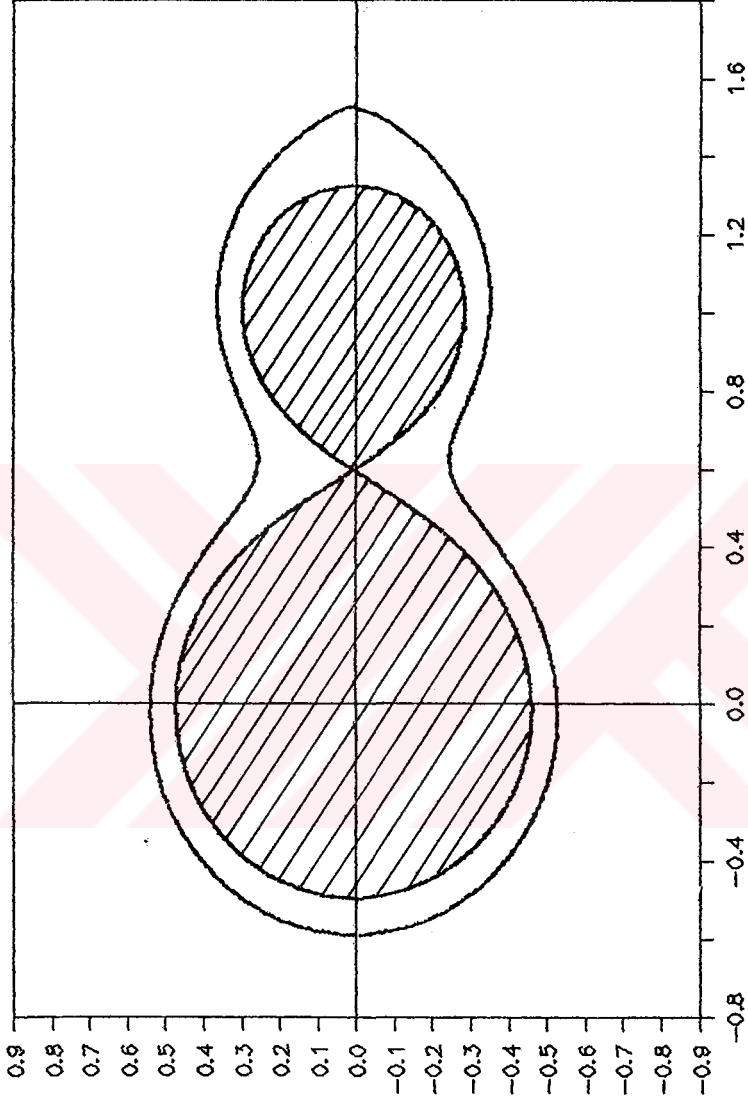
B ve V ışık eğrilerinin ortak kullanılmasıyla yapılan çözümün sonucunda bulunan kütle oranı değeri $q=2.6293$ değeri kullanılarak, bu çalışmada oluşturulmuş olan ve EK-1'de verilen programla V781 Tau sisteminin konfigürasyonu da çizdirilmiş ve Şekil 52'de verilmiştir. Program, 1'den büyük kütle oranı değerlerini kullanarak hesaplama yapacak biçimde yazılmadığından, kütle oranı değeri programa $1/q$ olarak girilmiştir.

Bu çözüm çalışmasında, kütle oranı taraması sırasında geniş bir aralığa dağılmış bir eğri elde edilmesi ve bileşenlerin potansiyel değerlerinin kritik potansiyellere oldukça yakın değerlerde bulunmuş olması, bu sistemin değen bir sistem durumuna yeni geçmiş olduğu hakkında bir belirteç olarak düşünülebilir.

Bu çalışmanın sonuçlarından, bulduğumuz kesin çözümün güvenilir değerler verdiği ve uygulanan yöntemin güvenilir bir yöntem olduğu sonucuna varılabilir.



V 7 8 1 T a u



Şekil 52. V781 Tau sisteminin B ve V ışık eğrilerinin birlikte kullanılmasıyla elde edilen kesin çözümde bulunan $q=2.6293$ kütle oranı değerine karşılık gelen konfigürasyonu. Değerler hesaplanırken kütle oranı değeri 1'den büyük olduğundan $1/q$ olarak kullanılmıştır. Şekilde çözüm sonucu belirlenen yarıçap değerleri kullanılarak bileşenler de çizilmiştir.

4. E K 1

4.1. Roche Loblarının Çizdirilmesi için Hazırlanan BASIC Programı

```
100 ' * * * * *
110 ' ROCHE LOBLARININ ÇİZDİRİLMESİ PROGRAMI
120 ' * * * * *
130 '
140 KEY OFF
150 SCREEN 2
160 DIM X(3,2) , SON(3) , LP(3) , FL(3) , F(3) , XL(3) , DX(3)
170 INPUT " Q (M2 / M1) = " , QM
180 DZ$ = "ROCHE" + MID$(STR$(QM / 10) , 3) + ".PRN"
190 OPEN "0",#1,DZ$
194 ' =====
195 ' YARIÇAPLARIN PLAVEC(1968)'E GÖRE HESAPLANMASI
196 ' =====
200 R1 = 0.38 + 0.2 * LOG(1 / QM)
210 R2 = 0.38 + 0.2 * LOG( QM)
214 ' =====
215 ' ROCHE LOB SINIR DEĞERLERİNİN ATANMASI
216 ' =====
220 X(1 , 1) = 0.49
230 X(1 , 2) = 0.72
240 X(2 , 1) = 1.34
```

```

250 X(2,2) = 1.7
260 X(3,1) = -0.95
270 X(3,2) = -0.69
275 '
280 Q0 = QM / ( 1 + QM )
290 Q2 = 2 * Q0
300 Q1 = Q2 / QM
310 DEF FN L1(X) = -X + ( X^-2 ) + QM * ( ( 1 - X ) - ( 1 - X )^-2 )
320 DEF FN L2(X) = X - ( X^-2 ) + QM * ( -( 1 - X ) - ( X - 1 )^-2 )
330 DEF FN L3(X) = X + ( X^-2 ) + QM * ( -( 1 - X ) + ( 1 - X )^-2 )
340 FOR I = 1 TO 3
350 GOSUB 470
360 NEXT I
364 ' =====
365 ' POTANSİYEL DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI
366 ' =====
370 DEF FN C1 = Q1 / X + Q2 * ( ( 1 / ( 1 - X ) ) - X ) + X^2 + Q0^2
380 DEF FN C2 = Q1 / X + Q2 * ( ( -1 / ( 1 - X ) ) - X ) + X^2 + Q0^2
390 DEF FN C3 = -Q1 / X + Q2 * ( ( 1 / ( 1 - X ) ) - X ) + X^2 + Q0^2
400 X = SON(1)
410 LP(1) = FN C1
420 X = SON(2)
430 LP(2) = FN C2
440 X = SON(3)
450 LP(3) = FN C3
460 GOTO 650

```

```

464 ' =====
465 ' LAGRANGE NOKTALARININ HESAPLANMASI
466 ' =====
470 IF I = 1 THEN FL(1) = FN L1( X(1,1) ) : F(1) = FN L1( X(1,2) )
      : GOTO 500
480 IF I = 2 THEN FL(2) = FN L2( X(2,1) ) : F(2) = FN L2( X(2,2) )
      : GOTO 500
490 IF I = 3 THEN FL(3) = FN L3( X(3,1) ) : F(3) = FN L3( X(3,2) )
500 IF ABS( FL(I) ) >= ABS( F(I) ) THEN
      XL(I) = X(I,1) : SON(I) = X(I,2) : GOTO 560
510 SON(I) = X(I,1)
520 XL(I) = X(I,2)
530 SWA = FL(I)
540 FL(I) = F(I)
550 F(I) = SWA
560 DX(I) = ( XL(I) - SON(I) ) * F(I) / ( F(I) - FL(I) )
570 XL(I) = SON(I)
580 FL(I) = F(I)
590 SON(I) = SON(I) + DX(I)
600 IF I = 1 THEN F(1) = FN L1( SON(I) ) : GOTO 630
610 IF I = 2 THEN F(2) = FN L2( SON(I) ) : GOTO 630
620 IF I = 3 THEN F(3) = FN L3( SON(I) )
630 IF ABS( DX(I) ) < 0.000001 OR F(I) = 0 THEN RETURN
640 GOTO 560
650 DEF FN C = Q1 / SQR( X^2 + Y^2 ) + Q2 * ( -X + 1 /
      SQR( ( 1 - X )^2 + Y^2 ) ) + X^2 + Y^2 + Q0^2 - CC

```

```

660 X = 0
670 Y1 = 1E-08
680 Y2 = 0.63
690 CC = LP(2)
700 GOSUB 1010
710 Y1U = 0.01 + Y
720 Y1 = 1E-08
730 Y2 = 0.5
740 X = 1
750 GOSUB 1010
760 Y2U = 0.01 + Y
770 XAX = ABS( SON(2) ) + ABS( SON(3) )
780 XEX = XAX + 0.1 * XAX
790 YEX = ABS( SON(3) )
800 XKAT = 640 / XEX
810 YKAT = 200 / YEX
820 CLS : LOCATE 1 , 1
      : PRINT " Q (M2 / M1) = " ; USING"###.###" ; QM
830 EKY = 200
840 XA = SON(3) - 0.05 * XAX
850 XB = SON(2) + 0.05 * XAX
854 ' =====
855 ' KOORDİNAT EKSENLERİNİN ÇİZDİRİLMESİ
856 ' =====
860 LINE ( XA * XKAT + 200 , 0          + 100 )
      - ( XB * XKAT + 200 , 0          + 100 )

```

```

870 LINE ( 0          + 200 , 200 * 0.4 + 100 )
      - ( 0          + 200 , -200 * 0.4 + 100 )
880 LINE ( 1          + 200 , 200 * 0.4 + 100 )
      - ( 1          + 200 , -200 * 0.4 + 100 )
890 GOSUB 1270
900 FOR X = -1.3 * SON(1) TO SON(2) + 0.001
      STEP ( SON(2) - SON(3) ) / 1000
910 CC = LP(1)
920 Y1 = 1E-08
930 Y2 = Y1U
940 IF X >= SON(1) THEN Y2 = Y2U
950 GOSUB 1010
960 CC = LP(2)
970 Y1 = 1E-08
980 IF X >= SON(1) THEN Y2 = Y2U ELSE Y2 = Y1U
990 GOSUB 1010
1000 NEXT
1002 LOCATE 23 , 10 : PRINT" Herhangi Bir Tuşa Basınız ...";
1004 A$ = INPUT$(1)
1006 END
1010 Y = Y1
1020 FL = FN C
1030 Y = Y2
1040 F = FN C
1050 IF ABS(FL) >= ABS(F) THEN XL = Y1 : BUL = Y2
1060 BUL = Y1

```



```

1070 XL      = Y2
1080 SWA     = FL
1090 FL      = F
1100 F       = SWA
1110 FOR J = 1 TO 35
1120 DX      = ( XL - BUL ) * F / ( F - FL + 1E-10 )
1130 XL      = BUL
1140 FL      = F
1150 BUL     = BUL + DX
1160 Y       = BUL
1170 F       = FN C
1180 IF ABS(DX) < 0.000001 OR F = 0 THEN 1210
1190 NEXT
1200 RETURN
1210 IF ABS(DX) < 0.000001 AND Y > 0 AND Y * YKAT < 200 THEN 1220
      ELSE 1260
1214 ' =====
1215 ' HESAPLANAN YÜZEY NOKTALARININ ÇİZDİRİLMESİ
1216 ' =====
1220 LINE ( X * XKAT + 200 , Y * YKAT * 0.4 + 100 )
      - ( X * XKAT + 200 , Y * YKAT * 0.4 + 100 )
1230 LINE ( X * XKAT + 200 , -Y * YKAT * 0.4 + 100 )
      - ( X * XKAT + 200 , -Y * YKAT * 0.4 + 100 )
1240 LOCATE 3 , 1 : PRINT "X = " ; : PRINT USING"#####" ; X * XKAT
1245 LOCATE 4 , 1 : PRINT "Y = " ; : PRINT USING"#####" ; Y * YKAT
1250 PRINT#1, USING"#####" ; X , Y

```

```

1255 AL$ = INKEY$ : IF AL$ <> "" THEN CLS : END
1260 RETURN
1270 YCP = R1 * 0.8
1280 EKR = 0
1290 GOSUB 1340
1300 YCP = R2 * 0.8
1310 EKR = 1
1320 GOSUB 1340
1330 RETURN
1334 ' =====
1335 ' YILDIZ DISKLERİNİN ÇİZDİRİLMESİ
1336 ' =====
1340 FOR V = 1 TO 150 STEP 0.5
1350 YPL = -YCP + ( V - 1 ) * ( 2 * YCP ) / 150
1360 PL = SQR( YCP^2 - YPL^2 )
1370 LINE ( ( YPL + EKR ) * XKAT + 200 , PL * XKAT * 0.4 + 100 )
      - ( ( YPL + EKR ) * XKAT + 200 , -PL * XKAT * 0.4 + 100 )
1380 NEXT
1390 RETURN

```

5. E K 2

5.1. W I L S O N - D E V I N N E Y Y Ö N T E M İ

Bu çalışmada, Wilson tarafından geliştirilmiş olan, bir çift sistemin verilen öğelerini kullanarak kuramsal ışık eğrilerini ve istenirse dikine hız eğrilerini hesaplayan, LC (Light Curve) adlı ışık eğrisi programı ile, diferansiyel düzeltmeler yaparak, bir çift sistemin verilen öğelerinin kullanılmasıyla onun ışık eğrisine fit (çakıştırma) yapan ve istenen öğelerini hesaplayan DC (Differential Corrections) adlı diferansiyel düzeltmeler programı kullanılmıştır. Her iki program da, Plavec(1958), Limber(1963) ya da Kruszewski(1965) tarafından verilen kurama göre, eşzamanlı olmayan dönme üzerinde birinci mertebeden etkileri içerir. Programlar, FORTRAN programlama dilinde yazılmıştır. Çalışma sırasında, başlangıçta, Ege Üniversitesi Bilgisayar Araştırma ve Uygulama Merkezinin IBM/4341 bilgisayarı kullanılmış, sonraları 1988 yılının sonlarında devreye giren IBM/3090 bilgisayarıyla çözümler sürdürülmüştür. Ayrıca, Ege Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri bölümünde bulunan IBM kişisel bilgisayarlarıyla, BASIC programlama dili kullanılarak, kütle oranı verilen bir sistemin geometrik konfigürasyonunu ve Roche loblarını çizen, bir program yazılmıştır ve Ek 1 de verilmiştir. LC ve DC adlı programlarla ilgili açıklamalar aşağıdadır :

5.1.1. LC (Light Curve) Işık Eğrisi Programı

Bu program, bir çift yıldızın kuramsal ışık eğrilerinin ve bileşenlerinin dikine hız eğrilerinin hesaplanması için kullanılır. Yansıma gösteren sistemlerde yarı-gölge etkilerinin düzeltmelerini içerir ve elipsoid değişim etkisini düzeltir. Ayrıca türevleri, $dr/d\Omega$ 'yı her iki bileşen için kutup (pole), uç (point), yan (side) ve arka (back) yarıçapları hesaplar. F1 ve F2 girdi parametreleri, bileşenler için dönmenin, yörünge açısal hızına göreli oranlarıdır ve eşzamanlı dönme için 1.000'dir. Belirli bir kütle oranı değeri kullanılarak, birinci bileşen için 4. modda ya da ikinci bileşen için 5. modda ışık eğrisi programıyla denemeler yapılarak kritik potansiyel değerleri bulunabilir. Her ışık eğrisi için, girdi nicelikleri dört satır olarak girilir. En sona da başında 95 olan bir stop kartı konur.

LC ve DC adlı programlar, ele alınan çift sistemin (yarı-ayrık, degen, vb.) tipine göre, kullanıcı tarafından seçilen 8 ayrı modda çalışır. Bunlar aşağıdaki gibidir :

MODE 0 : Bu mod, bileşenlerin sıcaklıklarının ve parlaklıklarının birbirinden bağımsız olduğu, ayrık çiftler için kullanılır. Bu modda herhangi bir lob kısıtlaması olmadığından, yıldızın kendi kritik lobunu aşmadığına dikkat edilmelidir. Parlaklık ve sıcaklıkların birbirinden bağımsız olması yüzünden bu mod, Russell-Merrill yöntemi gibi, bazı eski çözüm yöntemlerine benzer.

MODE 01 : Bu mod ise, değen çiftler için kullanılır. Bu modda dış-merkezlik kesin olarak sıfır alınmalıdır. Ayrıca otomatik olarak $\Omega_1 = \Omega_2$, $g_h = g_c$, $A_h = A_c$, $x_h = x_c$ ve,

$$T_c = T_h \left(\frac{a_2}{a_1} \right)^{0.25 g}$$

olarak alınır. Burada g_h , g_c bileşenlerin yüzey çekimleri, A_h , A_c bileşenlerin bolometrik albedoları, a_1 , a_2 bileşenlerin ortak kütle merkezine göre çizdikleri yörüngelerin yarı-büyük eksen uzunlukları, Ω_h, Ω_c bileşenlerin iç kritik yüzey potansiyel değerleri, x_h , x_c ise kenar kararım katsayılarıdır. Burada h ve c indisleri sırasıyla sıcak ve soğuk bileşeni göstermektedir. Ayrıca, L_c 'nin değeri, 0'dan büyük bütün modlarda ışınım yasası, diğer parametreler ve T_c 'den hesaplanır. Bu yüzden, bu modda hiçbir zaman g_c , A_c, Ω_c, T_h, T_c ya da L_c serbest bırakılmamalıdır.

MODE 02 : Ayrık çiftler için kullanılır ve L_c parametresi Planck fonksiyonuyla T_c 'ye bağlı olduğundan, kesinlikle serbest bırakılamaz. Bu mod, bir ayrık sistemin, bir ya da birden çok ışık eğrisinin fit edilmesi için kullanılan en iyi moddur. Bunun yanında, moröte ışık eğrileri için, büyük Balmer süreksizliği gibi Planck ışınımından önemli sapmalara dikkat edilmelidir.

- MODE 03 : T_C serbest bırakılabilir; L_C bırakılamaz. $e = 0$ olmalıdır. Bunların dışında bu mod, MODE 1'le özdeştir, değen çiftler için kullanılır.
- MODE 04 : Birinci bileşenin kendisini sınırlayan Roche lobunu doldurmuş olduğu, yarı-ayrık çiftler içindir. Bu modda program, verilen Ω_H değerini gözönüne almaksızın, lobu kesin olarak dolduracak şekilde bir Ω_H değeri seçer. Bunun dışında bu mod, MODE 2'ye benzer. Ω_H ve L_C , bu modda serbest bırakılamaz.
- MODE 05 : İkinci bileşenin lobunu doldurduğu yarı-ayrık çiftler içindir. Ω_C ve L_C 'nin serbest bırakılamaması dışında MODE 4 ile aynıdır.
- MODE 06 : Bu mod, her iki bileşeni de lobunu doldurmuş olan değen çiftler (double-contact) içindir. Ω_H ve Ω_C 'nin değerleri, bileşenler loblarını doldurmuş gibi otomatik olarak program tarafından set edilir ve serbest bırakılamaz. Bunun dışında bu mod, MODE 2 gibi davranır.
- MODE -1 : Beşinci veri satırında verilen, tutulmanın yarı zamanı koşulunun program tarafından önemsenmemesi dışında, MODE 0'a benzer. Bu evre, X-ışın gözlemleri gibi başka bir gözlemden biliniyor olabilir ve MODE -1'in temelde X-ışın (+ optik) çiftler için kullanımı amaçlanmıştır. Bu modda Ω_H serbest bırakılamaz ve X - ışın bileşeni 1. bileşen ve optik yıldız 2. bileşen olmalıdır. Eğer gözlenen evreler

bununla uyumlu değilse, uyumlu olacak şekilde kaydırılmalıdır ya da bir çevrimin yarısı kadar bir evre kayması (ϕ_0) girilmelidir. Bu mod, 1. bileşenin yarıçapının aşırı derecede küçük olduğunu varsayar. İki bileşen için eşit sıcaklıklar kullanılması, diferansiyel bolometrik düzeltme sıfır olacağından, parlaklık oranının bolometrik bir oran olarak yorumlanmasını sağlar. T_h için, X-ışın yıldızının gerçek sıcaklığı (5×10^7 K gibi) kullanılmamalıdır.

1. Veri Satırı :

- MODE** : LC ve DCMP adlı programlar, ele alınan çift sistemin tipine (yarı-ayrık, degen, vb.) göre yukarıda açıklanan 8 ayrı modda çalışır.
- IPB** : Normalde 0 değerindedir. 1 alındığında bütün modlarda T_c ile L_c birbirine bağlıdır. L_c serbest bırakıldığında T_c serbest bırakılamaz.
- IFAT1 , IFAT2** : Bileşenler için karacisim veya yıldız atmosfer modeli ışınım yasalarından hangisinin kullanıldığını belirler. Atmosfer modelinin seçilmesi, hesaplama zamanını arttırır. 0 değeri seçilirse, karacisim yaklaşımı kullanılır ki daha çabuk sonuca gidilir.
- N1 , N2** : Bileşenler için enlem-boylam duyarlılığını belirleyen herbir yarım küredeki enlem-boylam çizgilerinin sayısı.

- PERIOD : Gün biriminde yörünge dönemi. Işık eğrisi hesaplamalarını etkilemez. Yalnızca hız hesaplamaları içindir.
- THE : Θ_e , birinci tutulmanın yarı-zamanı. Yalnızca MODE -1 de gereklidir. Diğer modlarda boşlanır. Evre cinsinden 0'dan 1'e kadar ölçülür.
- VUNIT : Bütün hızların ifade edildiği birim. Birimi km/s dir. Örneğin, VUNIT=100 alınırsa bütün dikine hızlar 100 km/s ile bölünerek kullanılmalıdır.
- PHN : Işık eğrisinin normalize edildiği evre. Çıktılarda NORM LITE ve MAG + K sütunlarını etkiler.
- KPH : Yörünge döneminin binde biri aralıklarla evre artışı. Örneğin, KPH=50 alınması, 0.05 aralıklarla noktalar verir.
- IFRAD : 1'e eşit alındığında, yarıçaplar çıktılarda evrenin fonksiyonu olarak yazılır. 0 alındığında yazılmaz.

2. Veri Satırı :

- E : Yörünge dışmerkezliği. Eğer kesin olarak sıfırsa, program iki kat daha hızlı çalışır.
- PER : Derece cinsinden enberi noktasının boylamı (=w). Buna ilişkin çıktı radyan birimindedir.
- A : Göreli yörünge, güneş yarıçapı biriminde, yarı-bü-

yük eksen uzunluğu. Bu, iki salt yörüngenin yarı-büyük eksen uzunlukları toplamıdır ($A=a_1+a_2$).

F1 , F2 : Bileşenlerin açısal dönme hızlarının, açısal dolanma hızlarına oranı. Eşzamanlı dönme için 1 alınır. 1'den farklı değerler için bileşenlerin değerleri ve Ω_{cr} değerleri de farklıdır. $e=0$ için, gerek eşzamanlı dönme gerekse farklı dönmelere karşılık gelen Ω_{cr} değerleri çizelgelerde verilmiştir. Ancak $e=0$ değilse ve eşzamanlı dönme yoksa o zaman gerekli değerleri her bir bileşen için ayrı ayrı MODE 4 ve MODE 5'te denemelerle bulunmalıdır. Program, birinci bileşen için Ω_{1cr} değerini MODE 4 ile, ikinci bileşen için Ω_{2cr} değerini MODE 5 ile hesaplar ve parametreler arasına yazar.

VGA : VUNIT ile belirlenen birimde çiftin sistematik (kütle merkezi) dikine hızı (V_y). VUNIT=100. ve sistematik hız -20 km/s olursa, VGA, -0.2000 alınır.

PSHIFT : Enberi boylamının 90° olması halinde, birinci kavuşmanın olduğu evre. Enberi boylamı 90° değilse ya da $e=0$ değilse bu, gerçek kavuşum evresi değildir. Bu parametre, hesaplanan ışık eğrileri ve dikine hız eğrileri için, keyfi bir miktarda, bir evre kaymasına izin verir. Normalde, kavuşumun tam doğru evresinin minimum zamanlarından belirlenmesi zor olduğundan,

eğer $e=0$ ise, PSHIFT serbest parametre listesine eklenmelidir. Genellikle, PSHIFT çabucak bir sabit değere yaklaşır ve bundan sonra, serbest bırakma işleminden çıkarılabilir. Bu işlem, hesaplama zamanından epeyce kazanç sağlar.

XINCL : Derece biriminde yörünge eğikliği (i).

GR1, GR2 : Bileşenlerin çekim kararırma üsleri. (Von Zeipel yasasına göre) radyatif atmosferler için 0.25 değerine karşılık 1.00 ve konvektif atmosferler için Lucy (1967)'ye göre 0.08 değerine karşılık 0.32 alınır (g_h, g_c).

3. Veri Satırı :

TAVH , TAVC : Bileşenlerin akı-ağırlıklı ortalama yüzey sıcaklıkları (T_h, T_c). Bunlar, yansıma etkisinin olmadığı durumda belirlenen sıcaklıklardır.

ALB1 , ALB2 : Bileşenlerin bolometrik albedoları. Yansıma etkisinde, yerel enerji korunumu için 1.00'e eşittir (A_h, A_c).

POTH , POTC : Bileşenlerin yüzey "potansiyel"leri (Ω_1, Ω_2).

RM : M_2/M_1 olarak, kütle oranı. Burada, birinci kavuşum yakınında, birinci yıldız gözlemciden uzak olan, yani örtülen bileşendir.

4. Veri Satırını :

- WL** : Hesaplanan ışık eğrisi için, mikron biriminde dalga-boyu.
- HLUM , CLUM** : Bileşenlerin ışıtmaları (L_H , L_C). Bu, 4π steradyanlık ışıtmadır ve steradyanda hesaplanan ışık değerlerinden 4π kat kadar büyüktür. Maksimumda sistemin ışığı birim mertebesindeyse, ($HLUM + CLUM$), 4π mertebesinde olur.
- XH , XC** : Bileşenlerin WL dalgaboyunda, "doğrusal kosinüs yasası"na göre kenar kararım katsayıları (x_H , x_C).
- EL3** : Üçüncü cisim ışık değeri (l_3). Çıkışta ve girişte bu değer, $L_H + L_C + l_3 = 1$ olacak biçimde kesirsel olarak alınmaktadır.
- ZERO** : Parlaklığın sıfır noktası değeri. Işık eğrisinin normalize edildiği evrede (PHN), **MAG+K** çıktı sütunundaki değerdir.
- FACTOR** : Tüm görelî çıktı akıların (NORM LITE sütunu) çarpıldığı sabit bir eşel faktörü.

Sonraki NSP1 Satırları :

Yıldızların üzerinde sıcak ya da soğuk lekeler bulunabilir. Sonraki kartların her biri, her kartta dört öge değeri olacak şekilde, birinci yıldız üzerinde olan bir leke için bilgileri içerir. Ögeler şunlardır:

- XLAT** : Leke merkezinin, kuzey kutbunda 0° den güney kutbunda 180° ye kadar ölçülen, enlem-benzeri koordinatı (eş-enlem).
- XLONG** : Yıldız etrafında, iki yıldızın merkezlerini birleştiren çizgide bulunan boylam dahil 0° 'den 360° 'ye kadar ve kuzey kutbundan bakıldığında saat yönünde ölçülen leke merkezinin boylamı.
- RADSP** : Derece biriminde leke yarıçapı. Leke yarıçapının iki ucunun, yıldız merkezinde birleşmesiyle oluşan açıdır.
- TEMSP** : Derece biriminde, yıldızın merkezinden görülecek şekilde, leke yarıçapı ve çevresiyle aynı sıcaklıkta olan lekeler için = 1.000, sıcak lekeler için 1'den büyük ve soğuk lekeler için 1'den küçük olan leke sıcaklık faktörü. Lekenin eş-enlem ve boylamı onun merkezine göredir.

Birinci Yıldız üzerindeki lekeler için stop satırı :

Birinci yıldızın leke satırlarından sonra, başında 200'den daha büyük bir sayı bulunan bir kart konur. Bu kart, birinci yıldızda hiç leke olmasa bile bulunmak zorundadır.

Sonraki NSP2 Satırları :

Birinci yıldızda olduğu gibi, ikinci yıldız için aynı leke parametrelerine ve formata sahip leke kartı gelir.

İkinci Yıldız üzerindeki lekeler için stop satırı :

Yine, leke kartlarının akışının sonunu işaretlemek için gereken, başında 200'den büyük bir sayı bulunan bir kart gereklidir. Yine, bu kartta, ikinci yıldız üzerinde hiç leke olmasa bile bulunmalıdır.

Dikine Hızlar :

Dört sütunluk dikine hız bilgileri, ışık değerleri arasında yazılmıştır. Hızlar, yansıma, gelgit bozulması ve tutulmaları içerir. İlk iki hız sütunu, Bileşenlerin toplam dikine hızı verir (yörünge+düzeltilme). Sonraki iki sütun, yalnızca düzeltmeleri verir. Hızlar, $P/(2\pi a)$ faktörünü içerdiklerinden boyutsuzdur. Burada P yörünge dönemi, ve a görelî yörünge yarı-büyük eksen uzunluğudur. Son iki sütun kullanıcı tarafından belirlenen birimde (VUNIT) toplam hızları verir.

5.1.2. DC (Differential Corrections) Programı

Temel işlev : Program, diferensiyel düzeltme işi için bütün girdi verilerini okur ve bütün çıktıları yazar. İstendiğinde, türev katsayılarını ve farkları (O-C'ler), sonraki işlemler için bir disk belleğinde saklar. Ayrıca (bir ön-

ceki çalıştırmada saklanan) böylesi verileri, yeniden yapılacak işlemler için diskten alabilir. Bağımlı değişkenlerin gözlenen evrelerdeki temel değerlerini, sistemin görelî akısını ve dikine hızları hesaplar. Daha sonra, her serbest parametre ve her gözlem için, sayısal türevleri bulacak şekilde, bağımsız değişkenleri sıralı olarak arttırır. Ayrıca, çeşitli ağırlık işlemlerini gözlem noktalarına uygular.

1. ve 2. Veri Satırı :

Ondokuz serbest bırakılabilir parametre için ondokuz artış değerini içerir. a, V_{γ} ve I_3 için artış gerekmez.

3. Veri Satırı :

2-23 sütunları arasında bulunan, değişkenleri serbest bırakmak ya da sabit almak için kullanılan kontrol tamsayılarıdır. Değişkenin değerini sabit tutmak için 1, serbest bırakmak için 0 kullanılır. Sırasıyla 25, 27 ve 29. sütunlarda bulunan IFDER, IFM ve IFR kontrol tamsayıları vardır.

4. Veri Satırı :

IFVC1, IFVC2, NLC, KO, KDISK ve ISYM değişkenlerini içerir. IFVC1 ve IFVC2 dikine hız eğrisi sayısıdır. Eğer hız eğrileri varsa, bunlar ışık eğrilerinden önce gelmelidir ve çift çizgili bir sistem için birinci yıldızın hız eğrisi ikinci yıldızınkinden önce gelmelidir. IFVC1

(sıfır evre yöresinde gözlemciden daha uzak olan) başyıldızı ve IFVC2 ikinci yıldızı belirtir. Birinci yıldızın hız eğrisi olup olmamasına göre IFVC1, ve benzer olarak IFVC2, 0 ya da 1 alınır. NLC, genelde her biri farklı dalgaboyunda olan ışık eğrilerinin sayısıdır. KO, KDISK ve ISYM, Özellikler başlığı altında açıklanmıştır.

5. Veri Satırı :

MODE, IPB, IFAT1, IFAT2, N1, N2, N1L, N2L, PERIOD, THE ve VUNIT değişkenlerini içerir. Bunlar, N1L ve N2L dışında daha önceki bölümde açıklanmıştır. N1L ve N2L değişkenleri N1 ve N2 değişkenlerine benzer. IFAT1 ve IFAT2, değişkenleri "Yıldız Atmosfer Koşulu"nda daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

6. Veri Satırı :

Daha önceki bölümde açıklamaları olan, E, PER, A, F1, F2, VGA, PSHIFT, XINCL, GR1 ve GR2 değişkenlerini içerir.

7. Veri Satırı :

TAVH, TAVC, ALB1, ALB2, ve RM'yi içerir. Bunlar daha önce açıklanmıştır. Bunlara ek olarak RM'den önce PHSV ve PCSV, "potansiyel" girdi değerleri vardır.

Sonraki 0, 1, ya da 2 Satırları :

Burada her hız eğri girdisi için bir satır vardır. Birinci bileşenin

(eğer varsa) hız eğrisi ilk önce konur. Onun arkasına ikinci bileşeninki konur. Her kart WLA, HLA, CLA, X1A, X2A ve SIGMA'yı içerir. WLA, hızların (ya da sonraki satırlarda ışık değerlerinin) ölçüldüğü genel tayf bölgesini temsil eden mikron biriminde dalgaboyudur. HLA ve CLA, daha önce açıklanan HLUM ve CLUM ile aynıdır. SIGMA, verilen bir eğri için gözlemlerin tahmin edilen bir r.m.s. hatasıdır.

Sonraki n Satır :

Her kart ışık eğrileri için WLA, HLA, CLA, X1A, X2A, EL3A, NOISE ve SIGMA'yı içerir. n (=NLC), girilen gözlenen ışık eğrilerinin sayısıdır. Genellikle herbiri farklı dalgaboyundadır. İlk 4 nicelik, burada ışık eğrilerine karşılık gelmeleri dışında, yukarıda hız satırlarındaki açıklama ile aynıdır. Bununla birlikte, ışık eğrisi kartları, hız kartlarında bulunmayan EL3A'yı içerir. EL3A, WLA dalgaboyunda bulunan üçüncü ışığın miktarıdır ve bu üçüncü ışıkma değildir. Bu yüzden HLA ve CLA ile karşılaştırılabilir değildir. Ölçülen ışık değerleriyle karşılaştırılabilir. SIGMA, hız eğrilerinde olduğu gibi aynı anlamdadır. NOISE, verilen bir gözlenen eğri için, ışığın kendi değerine göre gözlemlerin göreceli ağırlıklarını belirleyen bir tamsayıdır. NOISE=1 için ağırlıklar ışık düzeyiyle ters orantılı, 2 için ışık düzeyinin karesiyle ters orantılıdır.

Leke Satırları :

Bu satırlardaki bilgiler daha önce açıklanmıştır.

Veri Satırlarının Ana Grubu :

Her satırda evre, akı ya da hız ve ağırlık olarak üçlü gruplandırılmış 5 gözlem değeri vardır. En son satır, 2. sütununda bir 2 bulunması gereken, tüm program için stop satırıdır.

Aşağıdakilerden herbiri birer vektör alanıdır ve yalnızca FORTRAN alt programlarında yalancı boyut özelliğinin kullanılması için parametre listesinde bulunur.

- PHAS : Gözlenen evreler.
- FLUX : Göreli ışık değerleri ya da dikine hızlar.
- BR : Yüksek duyarlıklı türevler ve O-C'ler için temel değerler.
- OBS : Türev katsayıları ve O-C'lerin dizisi. Hesap sırasında ağırlıksız değerler yerine ağırlıklı değerler alınır.
- OUT : Giriş öğeleri için hesaplanan düzeltmeler.
- PE : Öğelerin olası hataları.
- CN : Normal denklemlerin vektör yapısındaki matrisi.
- CCL : Normal denklemlerin "sağ taraf" matrisi.
- LL, MM : Matris tersi alan alt program DMINV'de kullanılan iş vektörleri.

- KNOBS : Her bir ışık eğrisindeki gözlemlerin sayısının (nicelik) listesi.
- RV, RVQ : Bileşenlerin yarıçap değerleri.
- GRX , GRXQ : Bileşenlerin potansiyel gradyentlerinin x-bileşenleri.
- GRY, GRYQ : Bileşenlerin potansiyel gradyentlerinin y-bileşenleri.
- GRZ, GRZQ : Bileşenlerin potansiyel gradyentlerinin z-bileşenleri.
- SLUMP1, SLUMP2 : Bileşenlerin yüzeylerine bağlı olarak tek renk yüzey akısına ait tüm katkıları içeren, LUMP adlı alt program tarafından oluşturulan bir toplu nicelik.
- BL : Düşük duyarlılıklı türevler için temel değerler.
- MMSAVE : RV, GRX, GRY, GRZ, RVQ, GRXQ, GRYQ, GRZQ, SLUMP1, SLUMP2 ve diğer belirli alanların her yıldız üzerinde enlemlerle bölüdüğü yerlerin listesi.
- THETA : Sınır konum açıları.
- RHO : Gökyüzü düzleminde, her iki bileşen için gözlemciye daha yakın olan bileşenin merkezinde merkezlenmiş, sınır yarıçapları.
- AA : Sınırın Fourier tanımlamasında kosinüs katsayıları.
- BB : Sinüs katsayıları.
- KEP : Parametrelerin serbest bırakılacağını ya da bırakıl-

mayacağını kontrol eden 22 tamsayının listesi. Bu parametrelerin sırası a, e, w, F1, F2, ϕ_0 , V_γ , i, g1, g2, T1, T2, A1, A2, Ω_1, Ω_2 , q, L1, L2, x1, x2 ve l3'tür. KEP=1 sabit, 0 serbest bırakır. Böylece KEP alanı için 1111111001111111101010 girdisi, i, g1, L1, x1 ve l3'ü serbest, diğer parametreleri sabit tutar. Burada 1, birinci minimumda örtülen yıldızı, yani sıcak bileşeni, 2 ise soğuk bileşeni göstermektedir.

LOW : Türevlerin (LOW=1 için) düşük duyarlıklı, ya da (LOW=0 için) yüksek duyarlıklı olarak alınacağını tanımlayan 22 tamsayının listesidir. Bu, yalnızca çizgi inceliklerini etkiler. LOW'un değerleri program içinde sabitlenmiştir ve girdi kartlarında değiştirilemez. e, w, F1, F2, ϕ_0 , i, Ω_1, Ω_2 , ve q yüksek duyarlıklı olarak yapılır. Diğerlerinin tümü düşük duyarlılıkta yapılır.

DEL : Bağımsız değişkenler için artışların listesi. Sayısal türevlerin hesaplanmasında kullanılır.

KEEP : KEP'e benzer fakat serbest parametrelere uygulanır.

NSHIFT : İlk takımdan başka, parametre takımı için gözlem denklemlerinin sırasının değiştirilmesinde kullanılır.

WT : Gözlemlerin ağırlıkları. Bu, normal nokta başına gözlem sayısı ya da birim olarak alınabilir.

- FR1, FR2 : Değer çiftler için, boyun (back) kısmının minimumundaki halkanın dışında yer alan, her yüzey grid elementinin kesrini belirleyen bir fonksiyonun değerlerinin listesi.
- HLD : RING adlı alt programda, iç kopyalama işleminde kullanılan dizi.
- HOLD : Bir parametre takımı seçilirken, OBS değişkeninin modifiye edilmesinde kullanılmak üzere bulunan geçici saklama dizisi.

5.2. İşlemlerin Temeli-Koşul Denklemlerinin Kullanılışı :

DC programı tarafından yapılan doğrusal en küçük kareler analizi için,

$$\frac{\partial l}{\partial i} \Delta i + \frac{\partial l}{\partial g_1} \Delta g_1 + \dots = 0 - C$$

Kısmi türevler aşağıdaki a) ya da b) ile, sonlu farklar yaklaşımıyla hesaplanır.

a) (asimetrik türev örneği)

$$\frac{\partial l}{\partial i} = \frac{l(i+\Delta i) - l(i)}{\Delta i}$$

b) (simetrik türev örneği)

$$\frac{\partial l}{\partial i} = \frac{l(i+\Delta i/2) - l(i-\Delta i/2)}{\Delta i}$$

Türevler, temel değer yöresinde, simetrik ve asimetric biçimde bu şekilde hesaplanmaktadır. Bağımsız değişkenlerde yeterince küçük artışlar (DELS) kullanılarak, 1. yöntemde uygun küçük sistematik hatalar bulunabilir. Artışlar çok küçük alınmamalıdır. Birçok parametre için, 0.01'lik artış uygundur. i için 1° yöresinde, potansiyel ve q değerlerinin de %1'i kadar artış uygundur. Asimetrik türevleri hesaplamak için ISYM=0 alınır. Bu işlem zaman kazandırır. Simetrik türevleri hesaplamak için ISYM=1 alınır.

5.3. Özellikler :

Hesaplama zamanından kazanmak için, program yalnızca O-C'ler ve e , w , F_1 , F_2 , ϕ_0 , i , Ω_1 , Ω_2 , q değerlerinin türevleri için büyük N değerine sahip, iyi bir yüzey kullanır. Tüm diğer türevler için, küçük bir N değeri kullanır. Örneğin, N_1 , N_2 , N_{1L} ve N_{2L} için 30, 24, 15 ve 12 alınabilir. Hesaplama zamanı N^2 ile orantılı olduğundan, kaba grid hesaplamaları, ince grid hesaplamalarından dört kez daha hızlı yapılır. Böylece g , T , A , v.b. parametrelerin türevleri, i , Ω ve q 'dan daha az hesaplama zamanı alır. İnce grid için temel değerler BR alanında, kaba grid için BL alanında saklanır.

Boyutlar ve kritik loblar için potansiyel değerleri, yörünge dışmerkezliği e 'ye ve dönme oranı F 'ye bağlıdır. Çeşitli F değerleri için

kritik potansiyel değerlerini veren tablolar vardır. DC'de yapılan matris tersi ve matris çarpımı işlemleri çift duyarlıklı, diğer hesaplamaların çoğu, bellek gereksinimini azaltmak için tek duyarlıklı olarak yapılır.

DC, kasıtlı olarak kendi kendine yaklaştırma yapacak şekilde yazılmamıştır. Bu yüzden, hesaplanan düzeltmelerin giriş öğelerine uygulanması ve programa yeniden girilmesi gereklidir. Kullanıcı, her yaklaşımın sonuçlarını her zaman denetleyebilir. Düzeltmeler olası hatalarından daha küçük olmalıdır.

5.4. Yıldız Atmosfer Koşulu :

Anakol yıldızlarında, Planck dağılımından sapan birinci dereceden etkiler IFAT1 ve/veya IFAT2'nin bileşenler için sırasıyla 1 alınmasıyla gözönüne alınır. Bu, Carbon-Gingerich (1968) model yıldız atmosferlerine yapılan, polinomla çakıştırma yaklaşımıyla yapılır. Sınırlar aşılsa, uyarı mesajları yazılır. Model atmosfer etkileri eklendiğinde, program önemli derecede daha yavaş çalışır. Daha hızlı çalışan kara cisim yaklaşımı için, IFAT1 ve/veya IFAT2, 0 alınır.

5.5. Leke Hesaplamaları :

- 1) Lekeler dairesel olarak tasarlanır. İnce olmayan yüzey gridleri için, lekeler "merdiven yapılı" biçime sahiptir. Bu yüzden doğal olarak, leke alanı ve parlaklığı gerçek değerlerde değildir.
- 2) Çok küçük lekelerden kaçınılmalıdır.

3) Program, yıldız lekeleri katıldığında bir derece daha yavaş çalışır. Leke sayısı arttıkça çalışma yavaşlar.

IFDER, IFM ve IFR Kontrol Tamsayıları :

Verilen bir alt grup için hesaplanan sayısal türevler ve farkların çıktıkları, ilgili KEEP kartının 25. sütununa 1 (IFDER kontrol tamsayısı) yazılarak elde edilebilir. 27. sütundaki IFM yerine 1 yazılırsa, çıkışta normal denklemler ve değişkenlerin korelasyon katsayıları yazılır, 0 ise yazılmaz. Eğer 29. sütunda IFR yerine 1 yazılırsa, bu kez yanıçaplarla ilgili bilgiler de yazılır, 0 ise yazılmaz.

6. E K 3

6.1. Ö R N E K L C (Light Curve = Işık Eğrisi Programı) G İ R İ Ş V E R İ L E R İ

Aşağıda, SX Aur sisteminin yapma kuramsal ışık eğrisinin hazırlanması için oluşturulmuş L C ışık eğrisi programı giriş verileri görülmektedir. Buradaki değerlerin açıklamaları, E K 2 'de verilmiştir.

```
-----  
05 0 0 0 18 14 .12101E01 .0000 100.000 .250 010 0  
.0000 090.00 011.926 01.000 01.000 +3.0000 .0000 82.000 01.000 01.000  
1.9200 1.4804 +1.000 +1.000 03.0748 03.0609 00.59860  
0.4320 09.4034 03.1630 0.380 0.420 0.0000 +0.000 1.0000  
300.  
300.  
95  
-----
```


7. E K 4

7.1. Ö R N E K L C (Light Curve = Işık Eğrisi Programı) Ç I K T I S I

Aşağıda, SX Aur sisteminin yapma kuramsal ışık eğrisinin elde edildiği LC ışık eğrisi programı çıktısı görülmektedir. Elde edilen kuramsal ışık eğrisi değerleri, 0.01 evre aralıklarıyla hesaplanmıştır.

MODE	IPB	IFAT1	IFAT2	N1	N2	PERIOD	THE	V UNIT(KM/S)	V FAC	PHN	KPH	IFRAD					
5	0	0	0	18	14	.12101E+01	.0000	100.000	0.4988E+03	.250	10	0					
ECC	LMG	PER	S-M	AXIS	F1	F2	V	GAM	PSHIFT	INCL	G1	G2	NSPOT1	NSPOT2			
.0000	90.00	11.9260	1.0000	1.0000	1.0000	3.0000	0.0000	82.000	1.000	1.000	1.000	0	0	0			
T1	T2	ALB	1	ALB	2	POT	1	POT	2	MZ/M1							
1.9200	1.4804	1.000	1.000	3.0748	3.0609	0.59860											
WV	LTH	L1	L2	X1	X2	EL3	M	ZERO	FACTOR								
0.4320	9.4034	3.2592	0.380	0.420	0.0000	0.000	0.000	1.0000									
GRID1/4	GRID2/4	POLAR	SBR	1	POLAR	SBR	2	SURF.	AREA	1	SURF.	AREA	2	PERI.	PH.	CONJ.	PH.
278	169	1.734583850	0.999213099	2.259634970	1.428025250	1.00000	-0.00000										

PHASE	LIGHT 1	LIGHT 2	(1+2+3)	NORM LINE	DIST	MAG+K	V RAD 1	V RAD 2	DEL V1	DEL V2	VNORM 1	VNORM 2
0.0000	0.292603	0.220618	0.513221	0.484371	1.0000	0.7871	0.601731	0.601412	0.000318	-0.000000	0.3002E+01	0.3000E+01
0.0100	0.302536	0.220806	0.523342	0.493923	1.0000	0.7659	0.513361	0.639749	-0.064769	-0.000560	0.2561E+01	0.3191E+01
0.0200	0.329952	0.221309	0.551261	0.520273	1.0000	0.7094	0.451020	0.677819	-0.103918	-0.001233	0.2250E+01	0.3381E+01
0.0300	0.368816	0.222078	0.590894	0.557678	1.0000	0.6340	0.414392	0.715647	-0.117538	-0.001841	0.2067E+01	0.3570E+01
0.0400	0.410352	0.223095	0.633447	0.597839	1.0000	0.5585	0.392239	0.752967	-0.116957	-0.002499	0.1957E+01	0.3756E+01
0.0500	0.456892	0.224475	0.681367	0.643065	1.0000	0.4794	0.379489	0.789753	-0.107337	-0.003083	0.1893E+01	0.3939E+01
0.0600	0.497687	0.226168	0.723856	0.683166	1.0000	0.4137	0.368976	0.825713	-0.095933	-0.003738	0.1841E+01	0.4119E+01
0.0700	0.541082	0.228077	0.769159	0.725922	1.0000	0.3478	0.362333	0.860808	-0.081197	-0.004358	0.1807E+01	0.4294E+01
0.0800	0.578587	0.230327	0.808914	0.763442	1.0000	0.2931	0.355723	0.894760	-0.067052	-0.005079	0.1774E+01	0.4463E+01
0.0900	0.612724	0.232793	0.845517	0.797988	1.0000	0.2450	0.348434	0.927488	-0.054290	-0.005847	0.1738E+01	0.4627E+01
0.1000	0.640955	0.235610	0.876565	0.827291	1.0000	0.2059	0.340152	0.956889	-0.043305	-0.006632	0.1697E+01	0.4783E+01
0.1100	0.666983	0.238546	0.905529	0.854626	1.0000	0.1706	0.332300	0.986762	-0.032751	-0.007508	0.1658E+01	0.4932E+01
0.1200	0.686029	0.241893	0.927922	0.875761	1.0000	0.1440	0.322266	1.016844	-0.025311	-0.008617	0.1608E+01	0.5072E+01
0.1300	0.700943	0.245374	0.946318	0.893123	1.0000	0.1227	0.311404	1.043338	-0.019702	-0.009641	0.1553E+01	0.5204E+01
0.1400	0.715091	0.249184	0.964276	0.910071	1.0000	0.1023	0.301437	1.067594	-0.014263	-0.011120	0.1504E+01	0.5325E+01
0.1500	0.724949	0.253225	0.978174	0.923188	1.0000	0.0868	0.290738	1.089936	-0.010685	-0.012629	0.1450E+01	0.5437E+01
0.1600	0.733217	0.257408	0.990625	0.934939	1.0000	0.0730	0.280357	1.110206	-0.007972	-0.014233	0.1398E+01	0.5538E+01
0.1700	0.740865	0.261764	1.002628	0.946268	1.0000	0.0600	0.271499	1.127967	-0.004972	-0.016282	0.1354E+01	0.5627E+01
0.1800	0.748152	0.266114	1.014265	0.957250	1.0000	0.0474	0.263812	1.143726	-0.002083	-0.018189	0.1316E+01	0.5705E+01
0.1900	0.754442	0.270369	1.024811	0.967203	1.0000	0.0362	0.257423	1.157535	0.000779	-0.019836	0.1284E+01	0.5774E+01
0.2000	0.759671	0.274271	1.033942	0.975821	1.0000	0.0266	0.252229	1.169080	0.003476	-0.021473	0.1258E+01	0.5832E+01
0.2100	0.764073	0.278081	1.042153	0.983571	1.0000	0.0180	0.248015	1.178280	0.005761	-0.023130	0.1237E+01	0.5878E+01
0.2200	0.767198	0.281782	1.048980	0.990014	1.0000	0.0109	0.245205	1.185590	0.008033	-0.024310	0.1223E+01	0.5914E+01
0.2300	0.769146	0.284959	1.054105	0.994851	1.0000	0.0056	0.243406	1.190776	0.009878	-0.025211	0.1214E+01	0.5940E+01
0.2400	0.770167	0.287564	1.057731	0.998273	1.0000	0.0019	0.242619	1.193892	0.011283	-0.025757	0.1210E+01	0.5955E+01
0.2500	0.769817	0.289744	1.059561	1.000000	1.0000	0.0000	0.242943	1.194922	0.012339	-0.025949	0.1212E+01	0.5961E+01
0.2600	0.768389	0.291533	1.059921	1.002340	1.0000	-0.0004	0.244404	1.193839	0.013068	-0.025811	0.1219E+01	0.5955E+01
0.2700	0.765673	0.292841	1.058513	0.999011	1.0000	0.0011	0.246977	1.190682	0.013449	-0.025304	0.1232E+01	0.5939E+01
0.2800	0.762202	0.293465	1.055666	0.996324	1.0000	0.0040	0.250579	1.185494	0.013407	-0.024405	0.1250E+01	0.5914E+01

PHASE	LIGHT 1	LIGHT 2	(1+2+3)	NORM LITE	DIST	MAG+K	V RAD 1	V RAD 2	DEL V1	DEL V2	VNORM 1	VNORM 2
0.2900	0.757833	0.293396	1.051229	0.992136	1.0000	0.0086	0.255203	1.178270	0.012950	-0.023140	0.1273E+01	0.5878E+01
0.3000	0.752518	0.292987	1.045505	0.986734	1.0000	0.0145	0.261247	1.169243	0.012495	-0.021311	0.1303E+01	0.5832E+01
0.3100	0.746742	0.292211	1.038952	0.980550	1.0000	0.0213	0.268269	1.157976	0.011625	-0.019395	0.1338E+01	0.5776E+01
0.3200	0.740348	0.290794	1.031142	0.973179	1.0000	0.0295	0.276464	1.144567	0.010569	-0.017349	0.1379E+01	0.5709E+01
0.3300	0.733407	0.288974	1.022381	0.964910	1.0000	0.0388	0.285938	1.129319	0.009468	-0.014930	0.1426E+01	0.5633E+01
0.3400	0.726589	0.286785	1.013373	0.956409	1.0000	0.0484	0.296511	1.112165	0.008183	-0.012274	0.1479E+01	0.5548E+01
0.3500	0.719605	0.284427	1.004032	0.947593	1.0000	0.0584	0.308509	1.092630	0.007087	-0.009936	0.1539E+01	0.5450E+01
0.3600	0.713021	0.280592	0.993612	0.937759	1.0000	0.0698	0.321631	1.072657	0.005931	-0.006057	0.1604E+01	0.5351E+01
0.3700	0.706638	0.275257	0.981895	0.926700	1.0000	0.0827	0.336209	1.052326	0.005105	-0.000654	0.1677E+01	0.5249E+01
0.3800	0.700573	0.264504	0.965077	0.910827	1.0000	0.1014	0.351792	1.035262	0.004215	0.009800	0.1755E+01	0.5164E+01
0.3900	0.695113	0.252091	0.947204	0.893959	1.0000	0.1217	0.368642	1.017899	0.003592	0.021627	0.1839E+01	0.5078E+01
0.4000	0.689738	0.235529	0.925267	0.873256	1.0000	0.1471	0.386383	1.002633	0.002927	0.037110	0.1927E+01	0.5001E+01
0.4100	0.685028	0.216383	0.901410	0.850740	1.0000	0.1755	0.405193	0.986842	0.002470	0.053505	0.2021E+01	0.4923E+01
0.4200	0.680739	0.193752	0.874491	0.825333	1.0000	0.2084	0.424773	0.972665	0.001999	0.072824	0.2119E+01	0.4852E+01
0.4300	0.676733	0.169443	0.846176	0.798610	1.0000	0.2442	0.445141	0.959226	0.001611	0.094059	0.2220E+01	0.4785E+01
0.4400	0.673471	0.142668	0.816139	0.770262	1.0000	0.2834	0.466279	0.943279	0.001371	0.113827	0.2326E+01	0.4705E+01
0.4500	0.670541	0.114939	0.785480	0.741326	1.0000	0.3250	0.487830	0.926396	0.001004	0.133559	0.2433E+01	0.4621E+01
0.4600	0.668155	0.086424	0.754579	0.712162	1.0000	0.3686	0.510018	0.908619	0.000823	0.153152	0.2544E+01	0.4532E+01
0.4700	0.666296	0.060533	0.726829	0.685972	1.0000	0.4092	0.532501	0.878297	0.000572	0.160808	0.2656E+01	0.4381E+01
0.4800	0.665037	0.039019	0.704056	0.664479	1.0000	0.4438	0.555298	0.823909	0.000360	0.144856	0.2770E+01	0.4110E+01
0.4900	0.664119	0.023744	0.687863	0.649196	1.0000	0.4691	0.578291	0.736846	0.000162	0.096536	0.2885E+01	0.3676E+01
0.5000	0.663883	0.018672	0.682556	0.644187	1.0000	0.4775	0.601412	0.599964	-0.000000	-0.001450	0.3000E+01	0.2993E+01

COMPONENT	R POLE	DERIV	R POINT	DERIV	R SIDE	DERIV	R BACK	DERIV
1	0.39707	-0.15306	0.52025	-1.16162	0.41981	-0.19231	0.44783	-0.25270
2	0.31404	-0.15767	0.44742	0.00000	0.32819	-0.18816	0.36042	-0.27993

DIMENSIONLESS RADIAL VELOCITIES CONTAIN FACTOR P/(2PI*A)

8. E K 5

8.1. Ö R N E K D C (Differential Corrections = Diferansiyel Düzeltmeler)
P R O G R A M I G İ R İ Ş V E R İ L E R İ

Aşağıda, SX Aur sistemi için DC programı başlangıç verileri görülmektedir. Buradaki değerlerin açıklamaları, EK 2 'de verilmiştir.

+1.0E-2 +1.0E-1 +1.0E-1 +2.0E-3 -1.0E00 +1.0E-2 +1.0E-2 +1.0E-2 +1.0E-2
+1.0E-2 +1.0E-2 +1.0E-2 +1.0E-2 +1.0E-2 +1.0E-2 +1.0E-2 +1.0E-2
11111101101101111 1 1 1
0 0 01 2 0 0
05 0 0 14 10 07 05 1.21008 .0000 0100.000
.0000 090.00 011.926 01.000 01.000 +0.0300 .0000 82.000 01.000 01.000
1.9200 1.4804 +1.000 +1.000 03.0748 01.5924 00.01000
0.4320 09.4034 03.1630 0.380 0.420 0.0000 2 0.0050
300.
300.
.0001 0.4844 01 .0200 0.5203 01 .0400 0.5978 01 .0700 0.7259 01 .1100 0.8546 01
.1700 0.9463 01 .2500 1.0000 01 .3400 0.9564 01 .4000 0.8733 01 .4400 0.7703 01
.4700 0.6860 01 .5000 0.6442 01 .5300 0.6860 01 .5600 0.7703 01 .6000 0.8733 01
.6600 0.9564 01 .7500 1.0000 01 .8300 0.9463 01 .8900 0.8546 01 .9300 0.7259 01
.9600 0.5978 01 .9800 0.5203 01
12.
2

9. E K 6

9.1. Ö R N E K D C (Differential Corrections = Diferansiyel Düzeltmeler)
P R O G R A M I Ç I K T I S I

Aşağıda, SX Aur sistemi için, kütle oranı ($q=M_2/M_1$) değeri $q=0.01$ alınarak, D C programı ile elde edilmiş örnek bir program çıktısı görülmektedir.

```

DEL EC DEL PER DEL F1 DEL F2 DEL PHS DEL INCL DEL G1 DEL G2 DEL T1 DEL T2
0.1E-01 0.1E+00 0.1E+00 0.1E+00 0.2E-02 -0.1E+01 0.1E-01 0.1E-01 0.1E-01 0.1E-01

DEL ALB1 DEL ALB2 DEL POT1 DEL POT2 DEL Q DEL L1 DEL L2 DEL X1 DEL X2
0.1E-01 0.1E-01 0.1E-01 0.1E-01 0.1E-01 0.1E-01 0.1E-01 0.1E-01 0.1E-01 0.1E-01

```

ORDER OF PARAMETERS IS A,E,PER,F1,F2,PHASE SHIFT,VCAM,INCL,G1,G2,T1,T2,ALB1,ALB2,POT1,POT2,Q,L1,L2,X1,X2,3RD LIGHT.

ADJUSTMENT CONTROL INTEGERS; 1 SUPPRESSES ADJUSTMENT, 0 ALLOWS ADJUSTMENT.

11111101101101101111 1 1 1

IFVC1 IFVC2 NLC KO KDISK ISYM
0 0 0 1 2 0 0

MODE IPB IFAT1 IFAT2 N1 N2 N1L N2L PERIOD TH E V UNIT(KM/S) V FAC
5 0 0 0 14 10 7 5 .12101E+01 .0000 100.000 .4988E+03

ECC LANG PER S-M AXIS F1 F2 V GAM PSHIFT INCL G1 G2
 .0000 90.00 11.9260 1.0000 1.0000 0.0300 0.0000 82.000 1.000 1.000

T1 T2 ALB 1 ALB 2 POT 1 POT 2 M2/M1
 1.9200 1.4804 1.000 1.000 3.0748 1.5991 0.01000

WAVE L L1 L2 X1 X2 3RD L SIGMA
 0.4320 9.4034 0.4841 0.380 0.420 0.0000 2 0.0050

OBSERVATIONS

PHASE LIGHT WT PHASE LIGHT WT PHASE LIGHT WT PHASE LIGHT WT PHASE LIGHT WT
 0.0001 0.4844 0.1 0.0200 0.5203 0.1 0.0400 0.5978 0.1 0.0700 0.7259 0.1 0.1100 0.8546 0.1
 0.1700 0.9463 0.1 0.2500 1.0000 0.1 0.3400 0.9564 0.1 0.4000 0.8733 0.1 0.4400 0.7703 0.1
 0.4700 0.6860 0.1 0.5000 0.6442 0.1 0.5300 0.6860 0.1 0.5600 0.7703 0.1 0.6000 0.8733 0.1
 0.6600 0.9564 0.1 0.7500 1.0000 0.1 0.8300 0.9463 0.1 0.8900 0.8546 0.1 0.9300 0.7259 0.1
 0.9600 0.5978 0.1 0.9800 0.5203 0.1 0.0000 0.0000 0.0 0.0000 0.0000 0.0 0.0000 0.0000 0.0
 12.0000 0.0000 0.0 0.0000 0.0000 0.0 0.0000 0.0000 0.0 0.0000 0.0000 0.0 0.0000 0.0000 0.0

11111101101101101111 1 1 1

UNWEIGHTED OBSERVATIONAL EQUATIONS

-0.00125 0.05242-0.01603 0.07481-0.21911
 -0.00526 0.05267-0.00761 0.07498-0.18477
 -0.00552 0.05354 0.04157 0.07708-0.12699
 -0.00022 0.05596 0.02930 0.08204-0.04560
 -0.00020 0.05976 0.03118 0.08239 0.07984
 -0.00018 0.06661 0.03447 0.08302 0.16567
 -0.00029 0.07040 0.03663 0.08344 0.21536

UNWEIGHTED OBSERVATIONAL EQUATIONS

-0.00008 0.06112 0.03394 0.08306 0.17531
-0.00021 0.05090 0.03023 0.08248 0.09767
-0.00100 0.04175 0.04604 0.08181 0.00103
-0.00093 0.00012 0.00852 0.07867-0.05374
0.00012 0.00000 0.00861 0.07867-0.09557
-0.00070 0.00009 0.00854 0.07867-0.05374
-0.00103 0.04134 0.05130 0.08178 0.00130
-0.00021 0.05090 0.03023 0.08248 0.09767
-0.00008 0.06110 0.03396 0.08306 0.17531
-0.00029 0.07040 0.03667 0.08344 0.21536
-0.00018 0.06653 0.03442 0.08302 0.16567
-0.00020 0.05978 0.03121 0.08239 0.07984
-0.00022 0.05600 0.02935 0.08204-0.04560
-0.00569 0.05358 0.04377 0.07706-0.12682
-0.00754 0.05273-0.01613 0.07472-0.18236

WEIGHTED OBSERVATIONAL EQUATIONS

-0.00163 0.06844-0.02093 0.09768-0.28607
-0.00639 0.06403-0.00925 0.09114-0.22459
-0.00584 0.05664 0.04398 0.08155-0.13435
-0.00019 0.04875 0.02553 0.07148-0.03973
-0.00015 0.04423 0.02307 0.06097 0.05909
-0.00012 0.04452 0.02304 0.05548 0.11072
-0.00018 0.04453 0.02317 0.05277 0.13621
-0.00005 0.04042 0.02244 0.05493 0.11593
-0.00015 0.03686 0.02189 0.05974 0.07074
-0.00082 0.03428 0.03780 0.06717 0.00084
-0.00086 0.00011 0.00785 0.07253-0.04955
0.00012 0.00000 0.00846 0.07724-0.09382

WEIGHTED OBSERVATIONAL EQUATIONS

-0.00064 0.00008 0.00787 0.07253-0.04955
 -0.00085 0.03394 0.04212 0.06714 0.00106
 -0.00015 0.03686 0.02189 0.05974 0.07074
 -0.00005 0.04041 0.02246 0.05493 0.11593
 -0.00018 0.04453 0.02319 0.05277 0.13621
 -0.00012 0.04447 0.02301 0.05548 0.11072
 -0.00015 0.04424 0.02310 0.06097 0.05908
 -0.00019 0.04880 0.02557 0.07148-0.03973
 -0.00602 0.05669 0.04630 0.08153-0.13417
 -0.00917 0.06410-0.01961 0.09083-0.22166

NORMAL EQUATIONS

0.0002007 -0.0019107 -0.0003794 -0.0028538 0.0054753
 -0.0019107 0.0442206 0.0166377 0.0630267 -0.0254077
 -0.0003794 0.0166377 0.0148568 0.0264048 0.0192058
 -0.0028538 0.0630267 0.0264048 0.1074543 -0.0553720

CORRELATION COEFFICIENTS

1.0000000 -0.5000904 0.2697535 -0.7119943
 -0.5000904 1.0000000 -0.0844275 0.2710801
 0.2697535 -0.0844275 1.0000000 -0.5195534
 -0.7119943 0.2710801 -0.5195534 1.0000000

NORMAL EQUATIONS TIMES INVERSE

1.0000000	0.0000000	-0.0000000	0.0000000
-0.0000000	1.0000000	0.0000000	0.0000000
0.0000000	-0.0000000	1.0000000	0.0000000
-0.0000000	0.0000000	0.0000000	1.0000000

CHECK OF COMPUTED DEPENDENT VARIABLES FROM NORMAL EQUATIONS

0.0054753
-0.0254077
0.0192058
-0.0553720

SUM OF ABSOLUTE VALUES OF CHECKS IS 0.101481D-15

PARAMETER CORRECTIONS

28.04976	1.47224	2.63984	-1.28259
----------	---------	---------	----------

PROBABLE ERRORS

5.04077	0.63485	0.60309	0.39824
---------	---------	---------	---------

SUM(I*RES**2) FOR INPUT VALUES	SUM(I*RES**2) PREDICTED	DETERMINANT
0.3398290870000000000000000000000000	0.1019352080000000000000000000000000	0.646855E-09

RADI AND RELATED QUANTITIES (FROM INPUT)

COMPONENT	R	DR/DOM	DR/DQ	P. E.		
1 POLE	0.326233	-0.106396	0.101150	0.064167		
1 POINT	0.332523	-0.115001	0.140409	0.069356		
1 SIDE	0.332275	-0.114617	0.115097	0.069125		
1 BACK	0.332428	-0.114824	0.130692	0.069250		
2 POLE	0.092304	-0.790615	2.824646	0.000000		
2 POINT	0.141475	-0.790615	4.410746	0.000000		
2 SIDE	0.096130	-0.926039	2.913651	0.000000		
2 BACK	0.118320	-2.535582	3.037354	0.000000		
DOM1/DQ	DOM2/DQ	OM1-Q CORR.	OM2-Q CORR.	OM1 P. E.	OM2 P. E.	Q P. E.
5.722049*****		0.000000	0.000000	0.603094	0.000000	0.000000

6 . S O N U Ç L A R v e Ö N E R İ L E R

Uygulamalarımız, Roche modeline dayalı Wilson-Devinney yöntemi kullanılarak, yakın çift sistemlerde kütle oranının değerinin, fotometrik yolla elde edilebildiğini göstermektedir. Bu çalışmada bu amaçla önce, yarı-ayrık bir çift olan SX Aur örten çifti ele alınmıştır. Bu yıldız için literatürdeki çözüm sonuçları kullanılarak, önce kuramsal ışık eğrisi elde edilmiş, daha sonra, sanki bu eğri gözlenen ışık eğrisi gibi kabul edilerek, önce kütle oranı değerinin sınırları belirlenmiş, daha sonra da kesin çözüm bulunarak, çözüm sonuçları karşılaştırılmıştır. İkinci olarak aynı işlem, IU Aur değen çifti için denenmiş, yine literatürdeki çözüm sonuçlarıyla elde edilen kuramsal eğri, gözlenen eğri olarak kabul edilip çözümlenmiştir. Ancak, çözüm için kullanılan giriş öğeleri, kuramsal eğriyi elde ederken kullanılan öğeler hiç bilinmiyormuş gibi varsayılarak, yakın çiftlerin gözlem verilerinden çıkarılan özellikler ve bağıntılar yardımıyla, tahmin edilmişlerdir. Bunlardan başka, literatürden, ışık eğrisi çözümü yapılmış ve güvenilir değerlere sahip bir yakın çift sistem olan V535 Ara sisteminin verileri kullanılmıştır. Sistemin kütle oranı değerinin bilinmediği varsayılarak ışık eğrisi çözümü yapılmış ve kütle oranı değeri bu çalışmada kullanılan yöntemle belirlenmiştir. Sonuçlar literatürdeki sonuçlarla karşılaştırılmış ve iki çözüm arasındaki uyuşmanın çok iyi olduğu görülmüştür. Bu çalışmada ayrıca, bu sistemin literatürde bulunan dikine hız eğrisi de çözümlere katılmıştır. Son olarak ta, literatürde

hiç bir çözüm çalışması bulunmayan ve tayf türü ile yörünge eğikliği dışında öğeleri bilinmeyen V781 Tau yakın çift sistemi ele alınarak, Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde ışık eğrisi elde edilmiş ve normal noktalar oluşturularak bu sistemin ışık eğrisi çözümlenmiştir. Yapılan kütle oranı taraması sırasında, bu çalışmada oluşturulan çizelge ve bağıntılardan belirlenmiş olan öğelerin çözüm sonucunda bulunan değerlere yakın sonuçlar olarak bulunduğu ve bu değerlerle iyi uyum sağladığı görülmüş ve sistemin kütle oranı sağlıklı bir biçimde elde edilmiştir. Böylece bu yöntemin, yakın çift sistemlerin kütle oranı değerlerinin fotometrik yolla elde edilmesi için iyi bir yöntem olduğu ortaya konmuştur. Bu tür bir çözüm çalışması sırasında izlenmesi gereken yol, bizce şöyle olmalıdır :

- 1) Önce, çözmek istediğimiz ışık eğrisine bakarak, hangi tür bir sistemle karşı karşıya olduğumuz tahmin edilmelidir. Örneğin ışık eğrimiz A, W, E (Erken tür) veya B türünden bir dizgeyi mi temsil etmektedir ?. Bu konuda, A, W, B türü sistemlerin, ışık eğrilerinin özellikleri gözönünde bulundurulmalıdır. Bu özellikler, metin içinde verilmiştir.
- 2) Işık eğrisine bakarak sistemin türünü belirledikten sonra, bu türün kütle oranı değerinin en çok hangi aralıklarda olduğuna bakılmalıdır. Çözümlere, bulunan bu en olası değer ile başlanmalıdır. Kesin çözüme ulaşılamazsa, en olası başka bir değer seçilir. Bu seçim yapılırken, türlere göre kütle oranı değerlerinin dağılım diyagramlarına (Şekil 27 ve Şekil 28) bakılmalıdır.

- 3) Sistemin tayf türüne göre, sıcaklıklar ve kenar kararma değerleri, literatürden [örneğin, sıcaklıklar Popper (1980)'dan ve kenar kararma katsayıları Al Naimiy (1978)'den] yararlanılarak bulunur.
- 4) Gözlem verileri yardımıyla bulunan $\text{Log}(L_1/L_2)-\text{Log}(M_1/M_2)$ bağıntısı kullanılarak (Şekil 18, Şekil 19 ve Şekil 20), seçtiğimiz kütle oranı değerine karşılık gelen L_1 ve L_2 değerleri tahmin edilir. Bunun için, bulunan L_1/L_2 değeri ve $L_1+L_2=1$ bağıntısından yararlanılır. Wilson yönteminde kullanılan nicelikler, 4π ile çarpılmış niceliklerdir.
- 5) Değer çiftleriyle ilgilendiğimiz için, çözümlerimizi MODE 3 ile yapmamız gerekir. Bu nedenle, başlangıçta $\Omega_1 = \Omega_2 = \Omega$ (in.)_{cr.} seçilebilir.
- 6) Yörünge eğikliği olan i için, 90° 'ye yakın, keyfi bir değer alınabilir. Ancak, giriş öğeleri için bütün bu önerilerimiz, söz konusu çiftin, hiç ışık eğrisi çözümü yoksa geçerlidir. Eğer, literatürde verilmiş bir çözüm varsa, onun sonuçlarını giriş öğeleri olarak alınabilir.
- 7) Herhangi bir kütle oranı değerine karşılık gelen kesin çözüme karar verirken, öğelerin düzeltme terimlerinin, onların olası yarılgıları mertebesinde veya daha küçük olmasına ve giriş öğeleri ile, sonuç öğelerinin Sigma değerlerinin, birbirine çok yakın olmasına bakılır.
- 8) Çözümler sırasında kimi zaman, hemen sonuca gidilmeyebilir. Böy-

lesi durumlarda, gerçek çözüm takımından giderek uzaklaşmakta ve öğelerin düzeltme miktarları, giderek artan genliklerde salınım yapmaktadırlar. Bu durumda, öğelerin düzeltme miktarlarının gidişine göre ortalama değerler verilerek daha çabuk çözüme gitme yolu aranmalıdır.

- 9) Genellikle, kütle oranı taraması yapılırken, çeşitli kütle oranı değerlerine karşılık bulunan çözümlerin Sigma değerleri, kütle oranı değerlerine göre işaretlenir. Sonuçta, bir minimum eğrisi elde edilmelidir. Eğrinin minimumuna karşılık gelen kütle oranı değeri, en olası değerdir. Bazen böyle bir minimum eğrisi bulunamayabilir. Bu durumda, sistemin başka bir renk bölgesinde elde edilmiş bir ışık eğrisi için benzer yol denenmelidir. Örneğin kimi zaman, B rengindeki ışık eğrisi bir minimum vermezken, V ışık eğrisi verebilir.
- 10) Sigma-q eğrisi için, geniş bir kütle oranı aralığında tarama yapılması iyidir. Çünkü genelde, derin olan minimumun dışında, daha sığ ikinci ve hatta üçüncü minimumlara rastlamak mümkündür.
- 11) Sigma-q taraması sonucunda, en olası kütle oranı değeri belirlendikten sonra, bu değer kütle oranı için giriş ögesi olarak alınıp, kütle oranı serbest öğeler arasına katılarak kesin çözüm yapılmalıdır. Böylece, yanılıgısıyla birlikte fotometrik kütle oranı değeri belirlenmiş olur. Eğer varsa, dikine hız eğrisi ışık eğrisiyle birlikte çözülmelidir. Bu tür çözüm sonuçları daha güvenlidir.

Ö Z E T

Bu çalışmada, değen çift yıldızların fotometrik ışık eğrilerinden yararlanılarak, kütle oranının duyarlı olarak belirlenmesi incelenmiştir. Giriş bölümünde, değen çiftlerin sınıflandırılması ve gelişimlerine ilişkin kuramlar verilmektedir. Materyal ve yöntemin anlatıldığı 2. bölümde, Roche modeli açıklanmıştır. Bulgular ve tartışmayı içeren 3. bölümün, 1. kısmında yakın çiftlerin bir kataloğu hazırlanmış ve bu katalogdaki gözlem verileri, istatistik olarak incelenmiştir. Ayrıca yakın çiftlerin bazı öğelerinin birbirleriyle ilişkileri incelenerek, çalışmalarda öğe belirlenmesine yardımcı olabilecek bağıntılar çıkarılmıştır. Özellikle, Kütle-Işıtma, Kütle-Yarıçap ve Işıtma-Yarıçap bağıntıları belirlenmiş ve daha önce bulunan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu bağıntılar, değen çiftlerin alt grupları için ayrı ayrı incelendiği gibi, toplu olarak da ele alınmıştır. Sonuçta, anakol yıldızlarından çok daha farklı bağıntıların geçerli olduğu ortaya konmuştur. Yakın çiftlerin gözlem verileri ve veriler arasındaki ilişkilerden çıkan sonuçlar, fotometrik ışık eğrilerinin çözümünde kullanılacak olan giriş öğeleri için, bize ipuçları vermesi açısından önemlidir. 3.2.'de, yakın çift sistemlerin fotometrik çözümleri sonucunda bulunmuş olan kütle oranı değerleriyle bu sistemlerin tayfsal çalışmaları sonucunda bulunmuş olan kütle oranı değerleri arasındaki ilişki incelenmiş ve bu değerler arasında iyi bir uyuşma olduğu görülmüştür.

3.3.'te, önce yarı-ayrık bir sistem olarak SX Aur yakın çifti ele alınmış, literatürdeki çözüm sonuçlarından yararlanılarak oluşturulan kuramsal ışık eğrisi, gözlenen fotometrik ışık eğrisi gibi kabul edilerek kütle oranı değeri belirlenmiştir. Daha sonra, aynı yöntem, bir değen çift olan IU Aur'a uygulanmıştır ve çözüm sonuçları 3.4.'te verilmiştir. Sonuçta, fotometrik kütle oranı ($=q_{ph}$) değeriyle tayfsal kütle oranı ($=q_{sp}$) değeri arasında 0.01'lik bir fark bulunmuştur. 3.5.'te, bir değen çift olan V535 Ara'nın gözlenen ışık eğrisi ele alınarak çözümlenmiş ve q_{ph} değeri, Schöffel (1979)'in verdiği değerle oldukça uyumlu bir değer olarak bulunmuştur. Son olarak, bir değen sistem olan V781 Tau çiftinin ışık eğrisi gözlenerek çözümü yapılmış ve literatürde çözümü olmayan bu sistemin öğeleri ve fotometrik kütle oranı değeri elde edilmiştir. 4. bölümde EK 1 başlığı altında, Roche modelinden yararlanılarak, bileşenlerin kütleleri oranı ($q=M_2/M_1$) olan q 'nın değerlerine göre çiftin konfigürasyonunu ortaya koyan ve Roche eşpotansiyel yüzeylerinin, L_1 ve L_2 Lagrange noktaları için çizimini yapan, bu çalışma içinde BASIC programlama dilinde yazılmış olan bir bilgisayar programının listesi verilmiştir. 5. bölümde, Roche modeline dayanan ve günümüzde, çift yıldızların ışık eğrilerinin çözümlenmesinde en çok kullanılan yöntem olan, Wilson-Devinney çözüm yöntemi üzerinde durulmuştur. 6.'da, L C (Light Curve=Işık eğrisi) adlı, kuramsal ışık eğrisinin oluşturulmasında kullanılan program için örnek bir giriş veri kütüğü verilmiş, 7.'de de yine bu programla elde edilmiş bir çıktı örneği listelenmiştir. 8. ve 9. bölümlerde ise D C (Differential Corrections=Diferansiyel Düzeltmeler) adlı ışık eğrisi çözüm programı

için örnek bir giriş veri kütüğü ve çıktısı verilmiştir. 10. bölümde de yapılan çalışmanın sonuçları ele alınarak, bu tür bir çalışmada izlenecek yol hakkında bilgiler verilmiştir.

Sonuç olarak fotometrik ışık eğrileri, Roche modeline dayanan Wilson-Devinney yöntemiyle çözümlenerek, fotometrik kütle oranı bulunabilmektedir. Bulunan değerler, tayfsal değerlerle çok iyi uyusmaktadır. Dolayısıyla, q_{sp} değeri olmayan, ya da dikine hız eğrisi çözümü bulunmayan değen çiftlerin ışık eğrileri çözümlenmeden önce, q_{ph} değerinin sınırları belirlenmekte ve sonra serbest parametre olarak güvenilir bir şekilde bulunabilmektedir. q_{ph} değerinin sınırlarının bulunmasında gerekli olan taramanın, oldukça geniş bir aralıkta yapılması uygundur. Çünkü tarama sırasında, kimi zaman birden çok minimum elde edilmektedir. Tarama işlemi geniş aralıkta yapılmazsa, elde edilen sınırlar yalancı ve aldatıcı olabilir.

S U M M A R Y

In this study, we have investigated the mass ratio determination of contact binaries by using their photometric light curves. In the Introduction, theories on classification and evolution of contact binaries are given. The Roche model is explained in 2. chapter which includes the material examined and method used. In 3. which includes the results and discussions, in 1. section, an up-to-date catalogue of close binaries is given and the observational data in this catalogue are studied in a statistical point of view. Moreover, the relationships of some parameters of close binaries are examined and some relations which would be useful to obtain some parameters of these systems, have been established. Particularly, Mass-Luminosity, Mass-Radius and Luminosity-Radius relationships are found and compared with those obtained previously. These relationships were obtained for subgroups separately on the one hand and also obtained for all the systems on the other. As a result, it was found that the relationships for these stars are very different from those for main-sequence stars. The observational data and the relationships between them are very important because the input parameters for light curve analysis are taken from these relations. In 3.2., the relationship between the mass ratios of close binaries which obtained by the photometric solutions and the mass ratios from the spectroscopic studies is examined and a

very good agreement between them were obtained. In 3.3., the semi-detached system SX Aur has been taken into account at first. Taking the parameters from the literature the theoretical light curve was computed, and accepting it as an observed light curve, the mass ratio value has been determined. Later, the same method was applied to IU Aur and is given 3.4. As a result, a difference about 0.01, which is the difference between the photometric mass-ratio and the spectroscopic one, was found. In 3.5., the analysis of the observed light curves of contact binary V535 Ara and the q_{ph} value obtained by the analysis, are given. This value is in good agreement with the value taken from Schöffel (1979). Finally, the contact system V781 Tau was observed and its light curve was solved, and the photometric mass ratio value and the parameters of this system which have not been given in the literature, are obtained. In 4., with the Appendix-I title, a BASIC program which computes Roche equipotential surfaces according to the mass ratio values of the components and draws surfaces for Lagrangian points L_1 and L_2 , is given. In 5., the method of light curve synthesis developed by Wilson and Devinney, which depends on the Roche model and now used frequently, is reviewed. In 6., a data file list for the program which is used to obtain a theoretical light curve which is called LC (Light Curve), is given and in 7. chapter an output list obtained by using this program is listed. In 8. and 9. chapters, one each input and output data file lists for the DC (Differential Corrections) program, are given. In 10., the results of this study examined and some details for the method to be used in this type of study, are given.

We conclude that the photometric mass ratio can be found with the analysis of photometric light curves by the method of Wilson-Devinney which depends on the Roche model. The values found in this study are in good agreement with those of spectroscopic ones. Therefore, before attempting to solve the light curves of contact binaries with unknown spectroscopic mass ratio (q_{sp}) and/or with absent radial velocity curve, the lower and upper limits of q_{ph} are estimated and it can be determined with a great accuracy by taking as an adjustable parameter in the light curve analysis. For the determination of lower and upper boundaries of q_{ph} , a largest possible interval should be taken. Otherwise, the limits obtained may be false.

L I T E R A T Ü R L I S T E S İ

- Al-Naimiy, H. M. K. : 1978, *Astrophys. Space Sci.*, 53, 181.
- Al-Naimiy, H. M. K. ve Jabbar, S. R. : 1987, *Astrophys. Space Sci.*, 134, 153.
- Anderson, I. ve Shu, F. H. : 1977, *Astrophys. J.*, 214, 798.
- Batten, A. H. : 1974, *Pub. Dominion Astrophys. Obs.*, 14, No.10.
- Batten, A. H., Fletcher, J. M. ve Mann, P. J. : 1978, *Seventh Catalogue of the Orbital Elements of Spectroscopic Binary Systems.*, *Publ. Dominion Astrophys. Obs.*, 15, No.5.
- Batten, A. H., Fletcher, J. M. ve Mann, P. J. : 1989, *Eighth Catalogue of the Orbital Elements of Spectroscopic Binary Systems.*, *Publ. Dominion Astrophys. Obs.*, 17.
- Biermann, P. ve Thomas, H. -C. : 1972, *Astron. Astrophys.*, 16, 60.
- Biermann, P. ve Thomas, H. -C. : 1973, *Astron. Astrophys.*, 23, 55.
- Binnendijk, L. : 1957, *J. Astron. Soc. Canada*, 51, 83.
- Binnendijk, L. : 1965, *Keine Veröft. Bamberg*, 40, 36.
- Binnendijk, L. : 1970, *Vistas Astron.*, 12, 217.
- Binnendijk, L. : 1977, *Vistas Astron.*, 21, 359.
- Bopp, B. W. ve Rucinski, S. M. : 1981, In *IAU Symp. 93*, 177, eds. D. Sugimoto, D. Q. Lamb, and D. N. Schramm, Reidel, Dordrecht, Holland.
- Bopp, B. W. ve Stencel, R. E. : 1981, *Astrophys. J.*, 247, L131.
- Bradstreet, D. H. : 1981, *Astron. J.*, 86, 98.
- Brancewicz H. K. ve Dworak T. Z. : 1980, *Acta Astron.*, 30, 501.
- Budding, E. : 1981, in *Investigating the Universe*, ed. F. D. Kahn, D. Reidel Publ. Co., 296.

- Budding, E. : 1984, *Astron. Astrophys.*, 130, 324.
- Carbon, D. F. ve Gingerich, O. : 1968, in *Theory and Observation of Normal Stellar Atmospheres*, ed. O. Gingerich, Cambridge, Mass., MIT Press, 377.
- Cereda, L., Misto, A., Niarchos, P. G. ve Poretti, E. : 1988, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 76, 255.
- Cester, B., Fedel, B., Giuricin, G., Mardirossian, F., Mezzetti, M. ve Predolin, F. : 1979, *A Catalogue of Modern Light Curve Synthesis Photometric Solutions of Close Binary Systems*, *Mem. Soc. Astron. Italiana*, 50, No.4, 551.
- Chambliss, C. : 1967, *Astron. J.*, 72, 512.
- Chambliss, C. R. ve Leung, K. C. : 1979, *Astrophys. J.*, 228, 828.
- Collier, A. C. : 1982, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 200, 489.
- Cooke, D. B. ve Leung, K. C. : 1985, *Astrophys. Space Sci.*, 113, 25.
- Drechsel, H., Lorenz, R. ve Mayer, P. : 1989, *Astron. Astrophys.*, 221, 49.
- Eaton, J. A. : 1983, *Astrophys. J.*, 268, 800.
- Eaton, J. A. ve Wu, C. C. : 1981, *Astron. J.*, 86, 1387.
- Eaton, J. A., Wu, C. C. ve Rucinski, S. M. : 1980, *Astrophys. J.*, 239, 919.
- Eggen, O. J. : 1961, *Royal Obs. Bull.*, 31.
- Eggen, O. J. : 1967, *Mem. R. Astron. Soc.*, 70, 111.
- Eggen, O. J. : 1978, *Astron. J.*, 83, 288.
- Eggleton, P. P., Mitton, S. ve Whelan, J. A. J. : 1976, *Structure and Evolution of Close Binary Systems*, Reidel, Dordrecht, Holland.
- Evans III, E. E., Grosseohme, D. H. ve Moyer Jr., E. J. : 1985, *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 97, 648.
- Flannery, B. P. : 1976, *Astrophys. J.*, 205, 217.
- Flower, P. J. : 1977, *Astron. Astrophys.*, 54, 31.

- General Catalogue of Variable Stars : 1985.
- Giannone, P. ve Giannuzzi, M. A. : 1974, *Astrophys. Space Sci.*, 26, 289.
- Giuricin, G., Mardirossian, F. ve Mezzetti, M. : 1983, *Astron. Astrophys.*, 119, 218.
- Glownia, Z. : 1986, Ph.D. thesis, Copernicus Astronomical Center, Warsaw.
- Grygar, J., Cooper, M. L. ve Jurkevich, I. : 1972, *Bull. Astron. Inst. Czech.*, 23, 147.
- Hazlehurst, J. : 1970, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 149, 129.
- Hazlehurst, J. : 1974, *Astron. Astrophys.*, 36, 49.
- Hazlehurst, J. ve Meyer-Hofmeister, E. : 1973, *Astron. Astrophys.*, 24, 379.
- Hazlehurst, J. ve Refsdal, S. : 1978, *Astron. Astrophys.*, 62, L9.
- Hazlehurst, J. ve Refsdal, S. : 1980, *Astron. Astrophys.*, 84, 200.
- Hazlehurst, J., Hoppner, W. ve Refsdal, S. : 1982, *Astron. Astrophys.*, 109, 117.
- Hill, G., Hilditch, R. W., Younger, F. ve Fisher, W. A. : 1975, *Mem. R. Astron. Soc.*, 79, 101.
- Hrivnak, B. : 1988, *Astrophys. J.*, 335, 319.
- Huang, S. -S. : 1966, *Annals Astrophys.*, 29, 331.
- Hutchings, J. B. : 1975, *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 87, 245.
- Kaluzny, J. : 1985, *Acta Astron.*, 35, 327.
- Kaluzny, J. : 1986, *Acta Astron.*, 36, 105.
- Kaluzny, J. : 1986, *Acta Astron.*, 36, 113.
- Kaluzny, J. : 1986, *Acta Astron.*, 36, 121.
- Kaluzny, J. : 1986, *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 98, 662.
- Kaluzny, J. ve Caillault, J. P. : 1989, *Acta Astron.*, 39, 27.
- Kitamura, M. ve Nakamura, Y. : 1988, *Annals of Tokyo Astron. Obs.*, 22, 31.

- Koch, R. H., Suston, C. S., Choi, K. H., Kjer, D. E. ve Arquilla, R. :
1978, *Astrophys. J.*, 222, 574.
- Kopal, Z. ve Shapley, M. B. : 1956, *Jodrell Bank Annals* 1, Fasc. 4,
141.
- Kraicheva, Z. T., Tutukov, A. V. ve Yingel'son, L. R. : 1986,
Astrophysics, 24, 287.
- Kreiner, J. M. : 1977, in *The Interaction of Variable Stars with
their Environment*, IAU Coll. 42, eds. R.
Kippenhahn, J. Rahe and W. Strohmeier, p.393.
- Kruszewski, X. : 1965, *Bkz. Wilson*, 1984.
- Kuiper, G. : 1941, *Astrophys. J.*, 93, 133.
- Leung, K. C. : 1980, *IAU Symp.*, 88, 577.
- Leung, K. C. : 1988, *Critical Observations vs. Physical Models*,
Gordon and Breach, Ed. K. C. Leung, p.93.
- Leung, K. C. ve Schneider, D. P. : 1977, *Astrophys. J.*, 211, 844.
- Leung, K. C. ve Schneider, D. P. : 1978, *Astrophys. J.*, 222, 917.
- Leung, K. C. ve Schneider, D. P. : 1978, *Astrophys. J.*, 222, 924.
- Leung, K. C. ve Wilson, R. E. : 1977, *Astrophys. J.*, 211, 853.
- Leung, K. C., Sistero, R. F., Zhai, D. S., Grieco, A. ve Candellero
B. : 1984, *Astron. J.*, 89, 872.
- Li, Y. F. ve Leung, K. C. : 1985, *Astrophys. J.*, 298, 345.
- Li, Y. F. ve Leung, K. C. : 1987, *Astrophys. J.*, 313, 801.
- Limber, D. N. : 1963, *Astrophys. J.*, 138, 1112.
- Linnaluoto, S. ve Vilhu, O. : 1973, *Astron. Astrophys.*, 25, 481.
- Lipari, S. L. ve Sistero, R. F. : 1986, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*,
220, 883.
- Lubow, S. H. ve Shu, F. H. : 1977, *Astrophys. J.*, 216, 517.
- Lubow, S. H. ve Shu, F. H. : 1979, *Astrophys. J.*, 229, 657.
- Lucy, L. B. : 1967, *Z. Astrophys.*, 65, 89.
- Lucy, L. B. : 1968a, *Astrophys. J.*, 151, 1123.

- Lucy, L. B. : 1968b, *Astrophys. J.*, 153, 877.
- Lucy, L. B. : 1973, *Astrophys. Space Sci.*, 22, 381.
- Lucy, L. B. : 1976, *Astrophys. J.*, 205, 208.
- Lucy, L. B. ve Wilson, R. E. : 1979, *Astrophys. J.*, 231, 502.
- Maceroni, C., Milano, L. ve Russo, G. : 1982, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 49, 123.
- Maceroni, C., Milano, L. ve Russo, G. : 1983, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 51, 435.
- Maceroni, C., Milano, L. ve Russo, G. : 1985, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 217, 843.
- Maceroni, C., Milano, L., Russo, G. ve Sallazzo, C. : 1981, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 45, 187.
- Mammano, A., Margoni, R. ve Stagni, R. : 1974, *Astron. Astrophys.*, 35, 143.
- Mammano, A., Margoni, R. ve Stagni, R. : 1977, *Astron. Astrophys.*, 59, 9.
- Mestel, L. : 1968, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 138, 359.
- Milano, L., Barone, F., Mancuso, S., Russo, G. ve Vittone, A. A. : 1989, *Astron. Astrophys.*, 210, 181.
- Mochnecki, S. W. : 1981, *Astrophys. J.*, 245, 650.
- Mochnecki, S. W. ve Doughty, N. A. : 1972a, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 156, 51.
- Mochnecki, S. W. ve Doughty, N. A. : 1972b, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 156, 243.
- Moses, A. P. : 1976, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 176, 161.
- Moss, D. L. : 1971, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 153, 41.
- Moss, D. L. ve Whelan, J. A. J. : 1970, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 149, 147.
- Moss, D. L. ve Whelan, J. A. J. : 1973, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 161, 239.
- Mullan, D. J. : 1975, *Astrophys. J.*, 198, 563.

- Nariai, K. : 1976, Publ. Astron. Soc. Japan, 28, 587.
- Nesci, R., Maceroni, C., Milano, L. ve Russo, G. : 1986, Astron. Astrophys., 159, 142.
- Niarchos, P. G. : 1989, Astrophys. Space Sci., 153, 143.
- Papaloizou, J. ve Pringle, J. E. : 1979, Mon. Not. R. Astron. Soc., 189, 5p.
- Plavec, M. : 1958, Mem. Soc. R. Sci. Liege, 20, 411.
- Plavec, M. : 1964, Bull. Astron. Inst. Czechoslovakia, 15, No.5.
- Plavec, M. : 1968, Adv. in Astron. Astrophys., 6, 218.
- Plavec, M. : 1970, Publ. Astron. Soc. Pac., 82, 957.
- Plavec, M. : 1973, IAU Symp., 51, 216.
- Plewa, T. : 1988, Acta Astron., 38, 415.
- Popper, D. M. : 1943, Astrophys. J., 97, 395.
- Popper, D. M. : 1943, Astrophys. J., 97, 400.
- Popper, D. M. : 1954, Astrophys. J., 121, 56.
- Popper, D. M. : 1980, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 18, 115.
- Prialnik, D. ve Livio, M. : 1985, Mon. Not. R. Astron. Soc., 216, 37.
- Rafert, J. B. ve Markworth, N. L. : 1986, Astron. J., 92, 3.
- Rafert, J. B., Markworth, N. L. ve Michaels, E. J. : 1985, Publ. Astron. Soc. Pac., 97, 310.
- Rahunen, T. : 1981, Astron. Astrophys., 102, 81.
- Rahunen, T. : 1982a, Ph. D. thesis, University of Helsinki, Helsinki, Finland.
- Rahunen, T. : 1982b, Astron. Astrophys., 109, 66.
- Rahunen, T. : 1983, Astron. Astrophys., 117, 235.
- Rahunen, T. ve Vilhu, O. : 1977, Astron. Astrophys., 56, 99.

- Rahunen, T. ve Vilhu, O. : 1982, in Binary and Multiple Stars as Tracer of Stellar Evolution, IAU Coll. 98, eds. Z. Kopal and J. Rahe, p.289.
- Ramsey, L. W., Nations, H. L. ve Barden, S. C. : 1981, *Astrophys. J.*, 251, L101.
- Refsdal, S. ve Stabell, R. : 1981, *Astron. Astrophys.*, 93, 297.
- Robertson, J. A. : 1980, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 192, 263.
- Robertson, J. A. ve Eggleton, P. P. : 1977, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 179, 359.
- Roxburgh, I. W. : 1966, *Astrophys. J.*, 143, 111.
- Rovithis-Livaniou, H. : 1989, NATO-ASI, Private Communication.
- Rucinski, S. M. : 1969, *Acta Astron.*, 19, 245.
- Rucinski, S. M. : 1973, *Acta Astron.*, 23, 79.
- Rucinski, S. M. : 1974, *Acta Astron.*, 24, 119.
- Rucinski, S. M. : 1976, *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 88, 244.
- Rucinski, S. M. : 1978, in *Nonstationary Evolution of Close Binaries*, ed. A. N. Zythow, Polish Scientific Publishers, Warsaw, p.117.
- Rucinski, S. M. : 1981, *Astron. Astrophys.*, 104, 260.
- Rucinski, S. M. : 1982, *Astron. Astrophys.*, 112, 273.
- Rucinski, S. M. : 1985, in *Interacting Binary Stars*, eds. J. E. Pringle and R. A. Wade, Cambridge University Press, p.85.
- Rucinski, S. M. ve Vilhu, O. : 1983, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 202, 1221.
- Russo, G., Sallazzo, C., Maceroni, C. ve Milano, L. : 1982, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 47, 211.
- Sarna, M. J. : 1987, Ph. D. thesis, Copernicus Astronomical Center, Warsaw.
- Sarna, M. J. ve Fedorova, A. V. : 1989, *Astron. Astrophys.*, 208, 111.
- Sarna, M. J. ve Ziolkowski, J. : 1987b, *Acta Astron.*, 38, 89.

- Schneider, D. P., Darland, J. J. ve Leung, K. C. : 1979, *Astron. J.*, 84, 236.
- Schöffel, E. : 1979, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 36, 287.
- Shapley, H. : 1948, in *Harvard Centennial Symposium*, *Monogr. Harv. Obs. No. 7*, p.249.
- Shu, F. H. : 1980, in *Close Binary Stars : Observations and Interpretation*, *IAU Symp. 88*, eds. M. J. Plavec, D. M. Popper and R. K. Ulrich, p.477.
- Shu, F. H. ve Lubow, S. H. : 1981, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 19, 277.
- Shu, F. H., Lubow, S. H. ve Anderson, L. : 1976, *Astrophys. J.*, 209, 536.
- Shu, F. H., Lubow, S. H. ve Anderson, L. : 1979, *Astrophys. J.*, 229, 223.
- Shu, F. H., Lubow, S. H. ve Anderson, L. : 1980, *Astrophys. J.*, 239, 937.
- Smith, R. C. : 1984, *Q. Jr. R. Astron. Soc.*, 25, 405.
- Smith, D. H., Robertson, J. A. ve Smith, R. C. : 1980, *Mont. Not. R. Astron. Soc.*, 190, 177.
- Stahler, S. W., Shu, F. H. ve Taam, R. E. : 1980, *Astrophys. J.*, 241, 637.
- Stepien, K. : 1980, *Acta Astron.*, 30, 315.
- Struve, O. : 1940, *Festschrift für Ellis Strömgen*, p.258.
- Tomkin, J. ve Lambert, D. L. : 1978, *Astrophys. J. Letters*, 222, L119.
- Vaiana, G. : 1980, in *Highlights of Astronomy*, 5, 419, ed. P. A. Wayman, Reidel, Dordrecht, Holland.
- Van Hamme, W. : 1982, *Astron. Astrophys.*, 105, 389.
- van't Veer, F. : 1979, *Astron. Astrophys.*, 80, 287.
- Vilhu, O. : 1981, *Astrophys. Space Sci.*, 78, 401.
- Vilhu, O. : 1983, in *Highlights of Astronomy*, 6, 643, ed. R. M. West, Reidel, Dordrecht, Holland.

- von Zeipel, H. : 1924, Mon. Not. R. Astron. Soc., 84, 665.
- Walter, F. M. ve Basri, G. S. : 1982, Astrophys. J., 260, 735.
- Webbink, R. F. : 1977a, Astrophys. J., 211, 486.
- Webbink, R. F. : 1977b, Astrophys. J., 211, 881.
- Webbink, R. F. : 1977c, Astrophys. J., 215, 851.
- Webbink, R. F. : 1979, IAU Coll., 53, 426.
- Whelan, J. A. J. : 1971, Ph. D. thesis, University of Sussex.
- Whelan, J. A. J. : 1972, Mon. Not. R. Astron. Soc., 156, 115.
- Whyte, C. A. ve Eggleton, P. P. : 1984, Mon. Not. R. Astron. Soc.,
submitted (bkz. Smith, 1984).
- Whyte, C. A. ve Eggleton, P. P. : 1985, Mon. Not. R. Astron. Soc.,
214, 357.
- Wilson, R. E. : 1978, Astrophys. J., 224, 885.
- Wilson, R. E. : 1979, Ap.J. 234, 1054.
- Wilson, R. E. : 1984, Özel Haberleşme.
- Wilson, R. E. ve Biermann, P. : 1976, Astron. Astrophys., 48, 349.
- Wilson, R. E. ve Devinney, E. J. : 1971, Astrophys. J., 166, 605.
- Wilson, R. E. ve Devinney, E. J. : 1973, Astrophys. J., 182, 539.
- Wilson, R. E. ve Rafert, J. B. : 1981, Astrophys. Space Sci., 76, 23.
- Wilson R. E. ve Sofia C. : 1976, Astrophys. J., 203, 182.
- Wilson, R. E. ve Starr, T. C. : 1976, Mon. Not. R. Astron. Soc., 176,
625.
- Winkler, L. : 1977, Astron. J., 82, 648.
- Wolfschmidt, G. : 1980, Mitt. Astron. Ges., 50, 30.
- Woodward, E. J. ve Wilson, R. E. : 1977, Astrophys. Space Sci., 52,
387.
- Zhou, H. N. : 1988, Astrophys. Space Sci., 141, 199.
- Zhou, H. N. ve Leung, K. C. : 1988, Astrophys. Space Sci., 148, 289.