

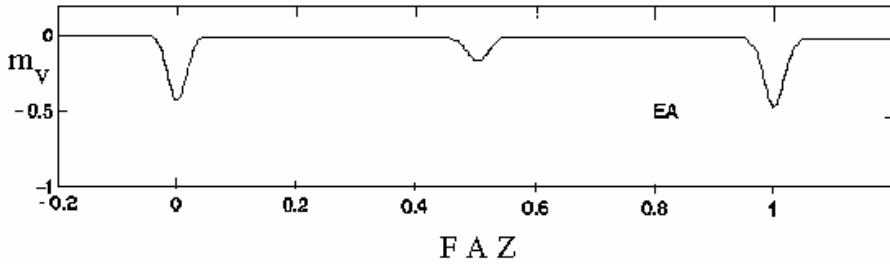
## 4.3 ÖRTEN ÇİFTLERİN TÜRLERİ

### 4.3.1 Algol Türü Örtten Çift Yıldızlar

Algol türü örtten değişenler (EA) birbirlerinden ışık eğrilerine göre ayrılmış örtten çiftlerin bir alt grubudur. Tutulmalar arasında sistemden gelen toplam ışık oldukça sabittir. Yani basıklık ve/veya yansıma etkisi nedeniyle olan değişkenlik önemsizdir. Böylece tutulmaların başlangıcı ve bitişi ışık eğrilerinden belirlenebilir. Tutulmalar, parçalı olma durumunda çok küçük (0.01 kadir) derinlikli minimumlardan, tam tutulmalarda çok derin minimumlara kadar değişebilir. İki minimum derinlik olarak birbiri ile karşılaştırılabilir veya eşit değildir. Bir çok durumda (yıldızlardan biri çok soğuk olduğunda) ikinci minimum çok sık olur. Bu şekilde ışık eğrileri, her iki bileşenin yaklaşık küresel veya elipsoid şekilli olduğu bir çift sistemde görülür.

EA'lar arasında aşağıda açıklanacağı üzere çok farklı evrim aşamalarında bulunan çift sistemler olabilirler:

- 1) O 'dan M 'ye kadar tayfsal türden iki ana-kol yıldızını içeren çiftler. Örnek: CM Lac.
- 2) Bir bileşeni veya iki bileşenin evrimleşmiş fakat henüz Roche loblarını tam doldurmamış çiftler. Örnek: AR Lac.
- 3) Bir bileşeni evrimleşmemiş ve diğer yıldızın Roche lobunu doldurarak kütle transferine başladığı çiftler. Örnek: RZ Cas.
- 4) Bir bileşeni epeyce evrimleşmiş ( sıcak bir alt cüce veya bir beyaz cüce) ve diğer bileşenin az gelişmiş olduğu çiftler. Örnek: V 1379 Aql.
- 5) Bir bileşeni epeyce evrimleşmiş ( sıcak bir alt cüce veya bir beyaz cüce) ve diğer bileşenin hiç evrimleşmemiş olduğu çiftler. Örnek V 471 Tau.



Şekil 4.10 Algol türü çift yıldızların karakteristik ışık eğrisi örneği.

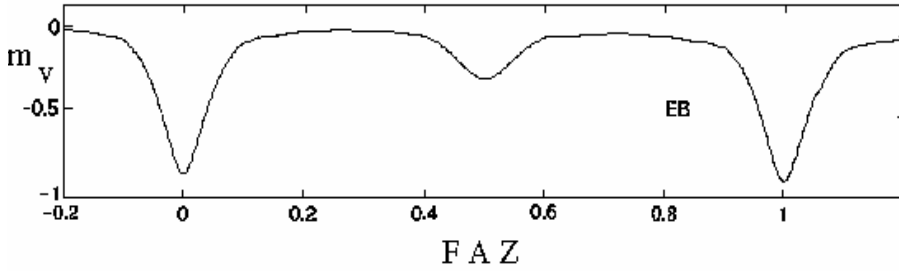
Bu evrim aşamalarından 3. maddede belirtilen yarı-ayrık türden sistemler "Algol türü çiftler" olarak isimlendirilir. Bunlara en iyi örnek daha önce söz edildiği üzere  $\beta$  Persei (Algol) dur. Algol, parçalı tutulmalar ve kütle transferi gösteren ve kromesferik olarak etkin bir ikinci (yoldaş) yıldızla sahip yarı-ayrık bir sistemdir.

EA 'ların yörünge dönemleri keskin minimumlardan çok doğru olarak belirlenebilir. Bu dönemler çok kısa (bir günün kesri mertebesinde) sürekli olabileceği gibi, çok uzun da ( $\epsilon$  Auriae 'nın dönemi 27 yıl) olabilirler.

### 4.3.2 $\beta$ Lyrae Türü Örtten Çift Yıldızlar

$\beta$  Lyrae türü örtten değişenler (EB) ışık eğrilerine göre ayrılmış örtten çiftlerin diğer bir alt grubudur. Işık eğrisi minimumlar arasında sürekli olarak değişir. Bu özellikten yıldızların küresel yapısının bozulmuş olabileceği düşünülebilir. Bu tür örtten çiftlerde çoğunlukla

bileşenler birbirine değecek şekilde yakındırlar. Bu nedenle tutulmaların başlangıcını ve bitişini belirlemek zordur.



Şekil 4.11  $\beta$  Lyr türü çift yıldızların karakteristik ışık eğrisi örneği.

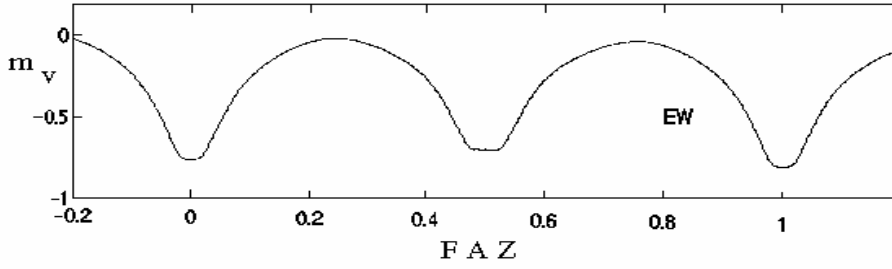
EB 'ler arasında EA larda olduğu gibi çok farklı evrimsel aşamada olan çiftler bulunmaktadır. Bunlar:

- 1) Evrimleşmemiş iki ana kol yıldızın içeren fakat oldukça kısa dönemli çiftler. Örnek: XY UMa.
- 2) Bir bileşenin veya her iki yıldızın da evrimleşmiş olduğu fakat Roche loblarını doldurmadığı çiftler. Örnek:  $\zeta$  And.
- 3) Evrimleşmiş bileşenden evrimleşmemiş yıldız kütle transferinin olduğu yarı-ayrık çiftler. Örnek:  $\beta$  Lyrae.
- 4) Bir bileşenin epeyce evrimleşmiş (sıcak bir alt cüce veya bir beyaz cüce) ve diğerinin evrimleşmiş olduğu ve basınlık etkisinin görüldüğü çiftler. Örnek: AP Psc.

EB grubunun 1784 yılında J. Goodricke tarafından ilk keşfedilen ve karakteristik örneği  $\beta$  Lyrae dir. Bu sistemde parlak yıldız Roche lobunu doldurarak diğer yıldız üzerine kütle atmakta olup bu bileşen etrafında optik ve geometrik olarak kalın bir disk oluşmuştur.

### 4.3.3 W Ursae Majoris ( W UMa )Türü Örten Çift Yıldızlar

H.M. Paul tarafından 1888 yılında ilk bulunan W UMa türü çift yıldız S Ant idi. 1903 yılında ise W UMa yıldızı G. Müller ve P. Kempf tarafından keşfedildi. Bu tür çift sistemler tutulmalar nedeniyle sürekli değişen ışık eğrileri ile karakterize edilirler. Bileşenlerin birbirlerine uyguladıkları karşılıklı gel-git kuvvetleri nedeniyle küresel şekilden oldukça ayrılmışlar ve birer elipsoid şekil almışlardır. Işık eğrilerindeki minimumların derinlikleri hemen hemen aynıdır. Bu, bileşenlerin benzer yüzey sıcaklığına sahip olduğunu gösterir. W UMa dizgelerinde dönemleri 7 saatle 1 gün arasında değişir. Normal durumda iki bileşenin kütle oranı her zaman birden farklı olduğundan, ana kol üzerinde hidrojen yakan yıldızlar için standart kütle-ışınma gücü-yarıçap bağıntısını takip edersek, yıldızların farklı yüzey sıcaklıkları olması gerekir. Bu durum da ışık eğrilerinde eşit olmayan minimumları olan  $\beta$  Lyr türü örten çiftlere karşılık gelir. O halde W UMa olayı en iyi şekilde, iki yıldızın birbirine değme durumunda olduğunu ve sistemi çevreleyen bir ortak gaz zarf vasıtası ile daha kütleli bileşenin daha küçük kütleli yıldız ışıma gücünü aktarması ve böylece yüzey sıcaklıklarının eşitlendiğini kabul edilmesiyle açıklanır.



Şekil 4.11 W UMa türü çift yıldızların karakteristik ışık eğrisi örneği.

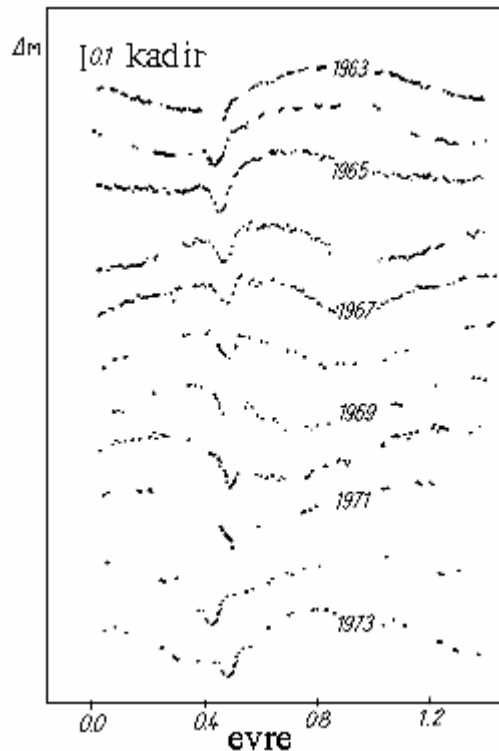
W UMa yıldızları iki alt sınıfa ayrılabilir: A ve W türü sistemler. A çiftleri, erken tayfsal türden ( A dan F 'e kadar) daha kütleli yıldızlar arasında bulunur. Bu sınıfta dönemler daha uzundur. Yine bu tür çiftlerde daha derin minimum bir örtme (transit) sonucu meydana gelir, yani daha küçük bileşenin biraz daha düşük yüzey sıcaklığı vardır. W alt sınıfı çiftleri daha geç tayfsal türden (G den K 'ya kadar) yıldızlar arasında bulunur. Çiftlerin dönemleri bu sınıfta daha küçüktür. Daha derin minimum bir örtülme sonucu meydana gelir, yani küçük bileşen biraz daha büyük bir yüzey sıcaklığına sahiptir.

#### 4.3.4 RS Canum Venaticorum ( RS CVn ) Türü Örtün Çift Yıldızlar

W. Ceraski tarafından 1914 yılında bu türe ismini veren RS Canum Venaticorum yıldızı bulundu. Bu sistemler sıcak F veya G tayf tipini içeren iki yıldızın oluşturduğu çiftler olup, kuvvetli Ca II H ve K salma çizgilerini gösterirler. Genellikle bir bileşen ana kolu terk edecek derecede evrimleşmiş, ancak henüz Roche lobunu doldurmamıştır. Ayrıca, şu özellikleri de gösterirler:

- 1) Yoğun x-ışını ve radyo ışıınımı yayınlarlar,
- 2) Uzak Morötesi bölgesinde kuvvetli salma çizgileri vardır,
- 3) Yoğun yıldız rüzgarları ve bu nedenle kütle kayıpları söz konusudur,
- 4) Değişken dönemlere sahiptirler,
- 5) Güneş de olduğu gibi fotosferinde yıldız lekeleri vardır ve ortalama ışıklarında bundan kaynaklanan güneşe benzeyen 11 yıllık bir değişim vardır.

Şekil 4.12 1963 ile 1973 yılları arasında RS VCn yıldızının ışık eğrilerindeki değişim. Lekelerden olduğu ileri sürülen göç dalgası küçük evrelere doğru kayar.

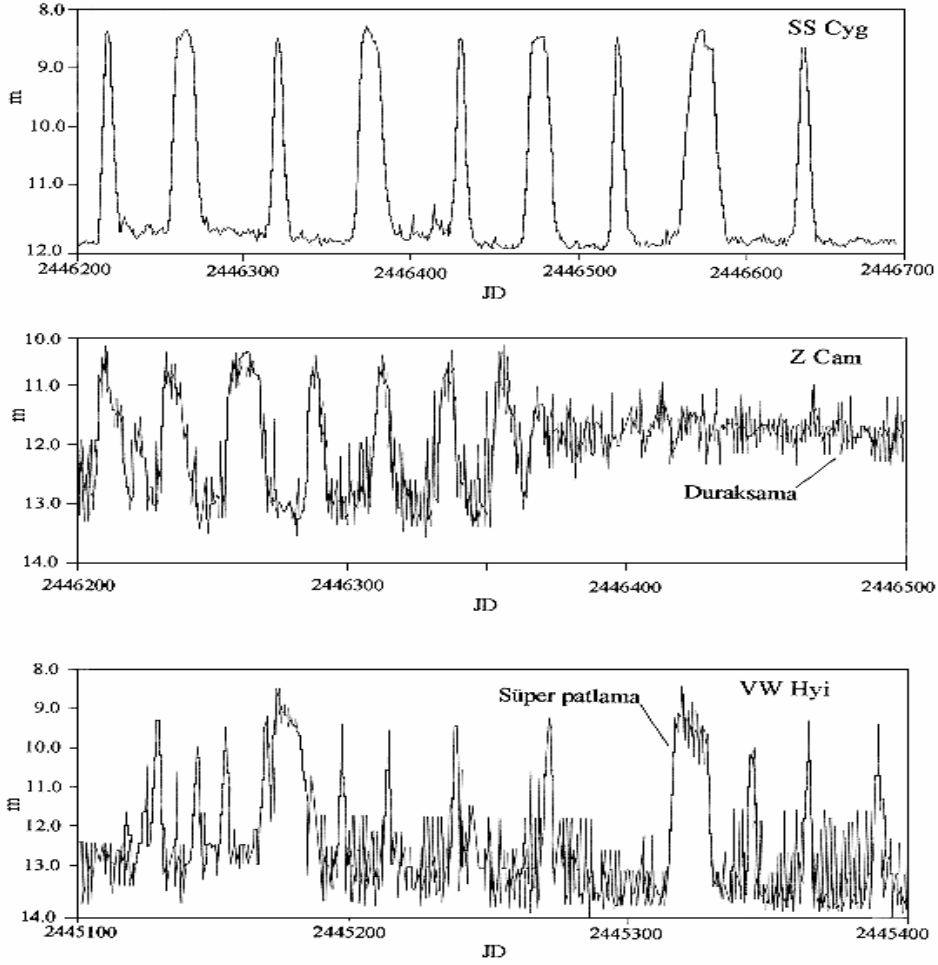


### 4.3.5 Kataklişmik Çift Yıldızlar

Uzun dönemli fotometrik ve tayfsal gözlemlerin birlikte kullanılması sonucu kendine özgü bir sınıf teşkil ettiği anlaşılan çift yıldız türlerinden biri de kataklişmik çift yıldızlardır. Bu türün gösterdiği en önemli gözlemsel özellik, sık sık parlaklık artışları şeklinde ortaya çıkan patlamalardır. Bu yıldızlar patlama şiddetleri, süreleri ve meydana gelme sıklıkları açısından da kendi aralarında önemli farklılıklar gösterirler. Patlamalarda  $2^m - 6^m$  genlikli parlaklık artışları olur. Patlamalar 10 gün ile 500 gün arasında değişen dönemlerde meydana gelir. Roche modeline göre birincil yıldız henüz Roche lobunu doldurmamış olan bir beyaz cüce olup, ikincil bileşen Roche lobunu doldurmuş G veya K tayfsal türünden soğuk bir cücedir. Yoldaş yıldız iç Lagrange noktasından baş bileşene kütle aktarımında bulunur. Bu madde baş bileşen etrafında bir yığılma diski oluşturur. Bu yıldızların uzun dönemli fotometrik gözlemlerine bakarak alt sınıflara ayırmak mümkündür. Sınıflar Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Kataklişmik çift yıldızların 4 ana türü ve alt türleri. Patlama genliği, sistemin normal parlaklığı ile patlama sırasındaki parlaklık farkını göstermektedir. Üçüncü sütun patlama sırasında çıkan toplam enerjiyi gösterir.

Sınıf	Patlama Genliği (kadir)	Enerji Çıkışı (erg)	Patlama Tekrar Dönemi
Nova	8 - 18	$10^{44} - 10^{45}$	Tekrarlama yok
Tekrarlayan Nova	7 - 9	$10^{43} - 10^{44}$	10 - 100 yıl üzeri
Cüce Nova			
<i>U Gem</i>	2 - 6	$10^{38} - 10^{39}$	30 - 500 gün üzeri
<i>SU UMa</i>	2 - 6	$10^{38} - 10^{39}$	10 - 30 gün üzeri
<i>Z Cam</i>	2 - 6	$10^{38} - 10^{39}$	10 - 50 gün üzeri
Nova Benzeri Yıldız			
<i>UX UMa</i>	-----	-----	-----
<i>Anti-Cüce</i>	2 - 5	-----	Sönükleşme
<i>DQ Her</i>	-----	-----	-----
<i>AM Her</i>	2 - 5	-----	Sönükleşme
<i>AM CVn</i>	-----	-----	-----

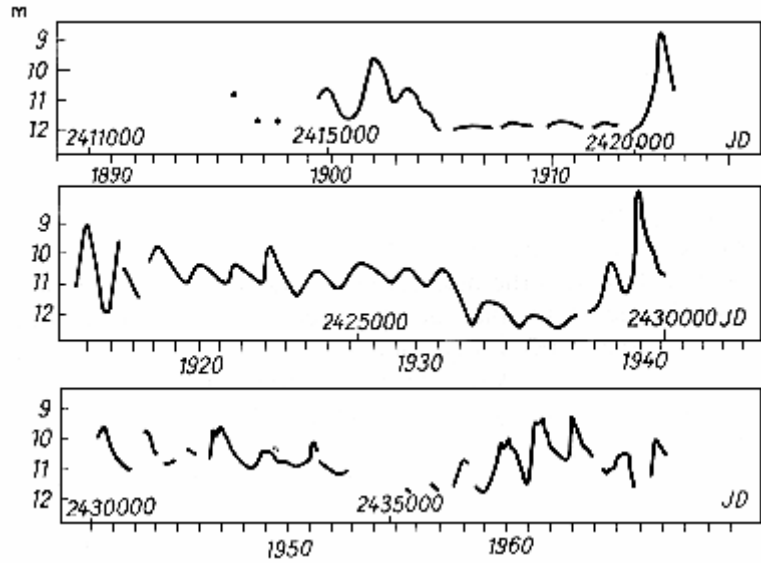


Şekil 4.13 Katakлизмik çift yıldızların ana grubu cüce novaların alt gruplarının ışık eğrileri. En üstteki ışık eğrisi U Gem türü, ortadaki Z Cam türü ve en alttaki şekilde SU UMa türü yıldızlara aittir.

#### 4.3.6 Simbiyotik Yıldızları

Bazı araştırmacılar tarafından katakлизмiklerin bir alt sınıfı kabul edilen Simbiyotik yıldızlar veya Z And değişenleri de etkileşen çift sistemlerdir. Homojen olmayan bu türün karakteristiği, göç eden fotometrik değişkenliğe ilaveten, tayflarının, hem soğuk bir devin moleküler soğurma bantları gibi özellikleri ve hem de çok sıcak bir plazmanın yüksek mertebeden uyarılmış salma çizgileri gibi tayfsal özellikleri aynı anda göstermeleridir. Çiftin dev bileşeni genellikle M veya C tayf türünden ve diğer bileşen de ana kol yıldızı veya kompakt (yani alt cüce, beyaz cüce veya nötron yıldızı) bir cisimdir.

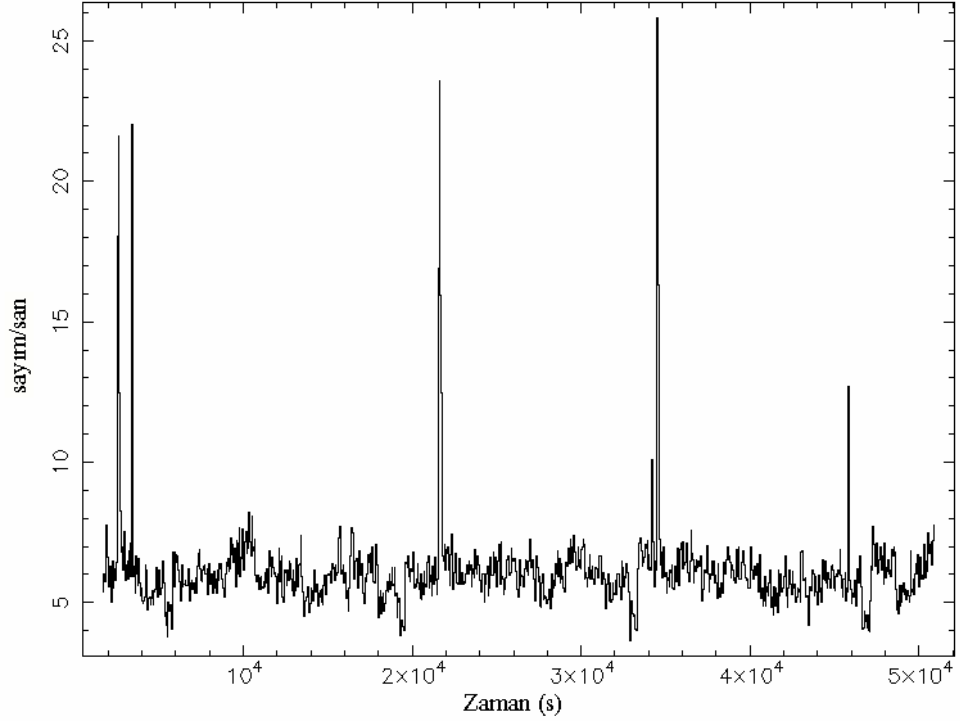
Şekil 4.14 Z And simbiyotik yıldızının ışık eğrisi. Görüldüğü gibi ışık eğrisinde yarı-dönemsel değişimler, 4 kadir büyüklüğündeki patlamalarla kesilmiştir.



#### 4.3.7 X - Işın Çiftleri

Bir x-ışın çifti, bir nötron yıldızı ya da bir kara delik ile, bunun üzerine madde aktaran bir yoldaş yıldızdan oluşur. X-ışın çiftleri, x-ışın gökyüzündeki en parlak kaynaklardır ve 1970'lerin sonunda, kullanılan cihazların yeterince gelişmesine kadar da x-ışın astronomisinin ilk 15 yılında incelenen en önemli kaynaklar olmuşlardır. 1962 yılında R.Giacconi ve ark. tarafından 1962 yılında bir roket uçuşu ile bulunan Sco X-1 güneş kaynaklı olmayan ilk X-ışın nokta kaynağıdır ve bir X-ışın çifti olarak sınıflandırılmıştır. Bu tür yıldızların kataklismik çift yıldızlardan farkı X-ışın parlaklığıdır. Örneğin X-ışın çiftlerinin X-ışın luminositeleri  $10^{35} - 10^{38} \text{ erg s}^{-1}$  olurken, kataklismik yıldızların  $L_x \leq 10^{34} \text{ erg s}^{-1}$  mertebesinde olmaktadır. Böylece X-ışın çiftleri kuvvetli X-ışın salmasında keşfedilebilirler. Bu tür yıldızlar için kabul edilen temel modelde, Roche lobunu dolduran ve iç Lagrange noktasından kütle aktarımı yapan bir 'normal' yıldız (ana kol yıldızı veya dev yıldız) ile etrafında bir yığılma diski olan bir nötron yıldızı veya bir kara delik vardır. Yüksek X-ışın parlaklıkları, çekimsel enerjinin kinetik enerjiye dönmesini kabul eden fizik bir mekanizma ile açıklanabilir.

X-ışın çiftleri 'düşük kütleli X-ışın çiftleri' ve 'büyük kütleli X-ışın çiftleri' olmak üzere iki farklı sınıfa ayrılabilir. Bu ayrım en belirgin olarak X-ışın akısının optik akıya oranında görülebilir. Yüksek kütleli olanlarda  $L_x / L_{\text{opt}}$  oranı  $10^{-3}$  ile 10 arasında olup parlak optik cisimlerdir. Diğer yandan düşük kütleli olanlarda bu oran 10 ile  $10^4$  arasında olmakta ve böylece elektromanyetik tayfın optik bölgesinde çok sönük cisimlerdir.



Şekil Exo 0748-676 X-ışın çiftinin Chandra X-ışın uydusu ile alınan ışık eğrisi. Şekilde görülen maksimum tepeler X-ışın patlamalarını gösteriyor. Yine bu sistemde X-ışın kaynağı diğer yıldızın etrafındaki yığılma diski ile örtüldüğünde ortaya çıkan tutulmalar ve çukurluklar şeklinde gözükmetedir.