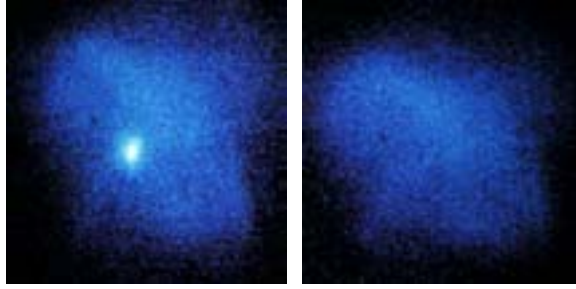


## UZAY SAATLERİ: ATARICALAR

**Doç. Dr. Berahitdin Albayrak, Araş. Gör. Aşlı Elmash**  
Ankara Üniversitesi Rasathanesi, 06837, Ahlatlıbel, Ankara

Ataricalar (pulsar) Evren'deki en ekzotik cisimlerden biridir. Bunlar, Güneş'e kıyasla çok daha büyük kütleli olarak doğan yıldızların, ömürlerinin sonunda süpernova olarak patlamasından arda kalan cisimlerdir. Ataricalar saniyede birçok kez yanıp sönmektedirler. Yani Dünya'dan gözleendiğinde "açık" veya "kapalı" (Şekil 1) olduğu durumlar gözlenmektedir.



**Şekil 1:** Yengeç (Crab) Bulutsunun "açık" ve "kapalı" durumuna ilişkin x-ışın görüntüsü. Bu bulutsu içersinde bulunan Ataricanın manyetik kutupları Dünya ile aynı hıza geldiğinde "açık", aynı hızıda olmaz ise de "kapalı" durumda görülür.

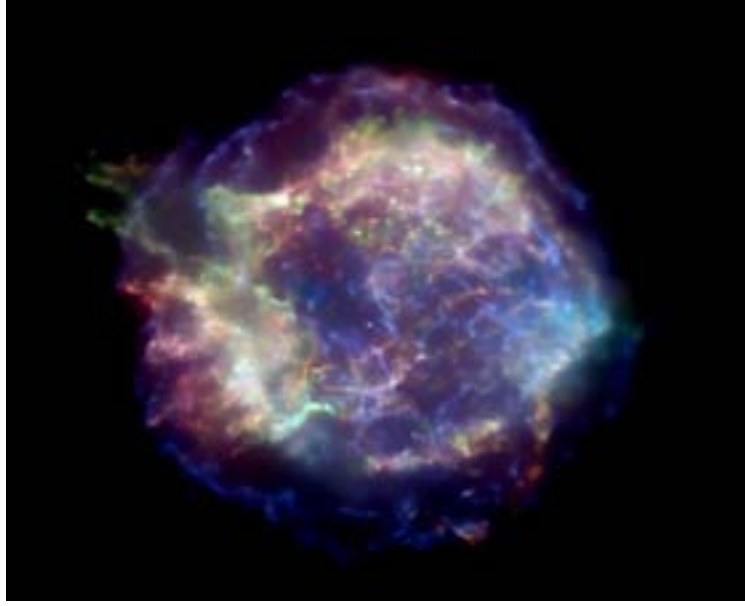
Evrendeki en büyük savaş madde ile kütle çekim kuvveti arasında geçmektedir. Kütle çekim kuvveti yıldızı büzerek küçük bir hacime sıkıştırmak isterken, yıldızın çekirdeğinde gerçekleşen nükleer reaksiyonlar sonucu üretilen enerjinin yıldızın yüzeyinden dışarı çıkma gayretinin yarattığı ışınım basıncı ise kütle çekim etkisine karşı yönde bir tepki oluşturarak yıldızın belirli bir hacimde kalmasını sağlar. Bu iki kuvvet dengede olduğunda yıldız milyarlarca yıl boyunca kararlı bir gök cisimi olarak ışınım yapabilir. Tıpkı Güneş'in şu anda bulunduğu durum olarak ömürlerinin bu evresinde olan yıldızlar "Hidrostatik Denge Durumundadır". Fakat belirli bir zaman sonra yıldızın merkezindeki nükleer yakıt biter. Bu durumda artık yıldızın merkezinde ısı ve enerji üretilemez ve yıldızın merkezinde dışa doğru kendi kütle çekimine karşı karşı koyabilecek etkili bir güç yoktur. Kütle Güneş'in kütlelerinin (Güneş'in kütle yaklaşık  $10^{30}$  kg dır) 10 katından daha büyük olan yıldızlar için bu ani ve yıldızın merkezine doğru olan kütle çekimsel çökme süpernova patlaması ile sonuçlanır. Yengeç Bulutsusu ise 1054 yılında patlayan bir süpernovanın kalıntısıdır (Şekil 2). Bu patlamalar sonucunda yüksek enerjili kozmik ışınlar uzaya yayılır. Kozmik ışınlar farklı enerji değerleri aralığındadır ve enerjileri elektronvolt (eV) biriminde ölçülür. Hubble Uzay Teleskobu, 1 ile 100 eV enerji aralığındaki ışınımı ölçmektedir. X-ışın bölgesi ışınımı binlerce elektronvolt (keV) civarındadır. Güneş'in kozmik ışınları milyon ile milyar elektronvolt değerleri arasındadır. Orta-enerjili kozmik ışınların enerjileri 100 trilyon eV, yüksek enerjili kozmik ışınlar  $10^{14}$  eV'yi geçerken ultra-enerjili kozmik ışınlar için bu değer  $10^{18}$  eV'nin üstündedir.



**Şekil 2:** Yengeç Bulutsusunun x-ışın ve görsel bölge görüntüsünün birleşimi



**Şekil 3.** G292 Bulutsusunun merkezinde de bir Atarca (Pulsar) bulunmaktadır



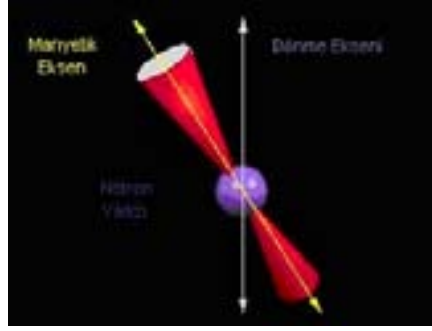
**Şekil 4.** Cas A süpernova kalıntısı. Atarca içeren bir diğer yıldız kalıntısı

Uzaydaki gamma ışın patlamaları, gökyüzünün derinliklerinden 0.1-100 sn arasında gelen yoğun ve kısa süreli ışınımlardır. Gamma-ışın patlamalarının enerjileri 5000 ile  $18 \times 10^9$  eV arasında değişmektedir. Bu düzeydeki enerjilerin ya çok büyük kütleli yıldızlardan, atarcalardan ya da bileşeni nötron veya karadelik olan çift yıldızlardan gelebileceği bilinmektedir. Örneğin, GRB 011121 (Gamma Ray Burst: Gamma Işın Patlaması) isimli gök cismi büyük kütleli bir yıldızın süpernova olarak patlamasıdır. Bir birine çekimsel olarak bağlı iki yıldızın oluşturduğu bir çift yıldız sisteminde bileşen yıldızlardan birinin kütlesi Güneş'e göre çok büyük ise bu bileşen yıldız öldüğünde arkasında ya nötron yıldızı ya da bir karadelik bırakır. Bu aşamadan sonra çift sistemdeki bu iki cisim zamanla birbirlerine yaklaşma yönünde sarmal hareketler çizerek birleşip tek bir cisim (bir karadelik) oluşturabilirler. Böyle bir karadeliğin oluşması inanılmaz enerji açığa çıkarır ve Dünya'dan bu enerji gamma-ışın patlaması olarak gözlenir.

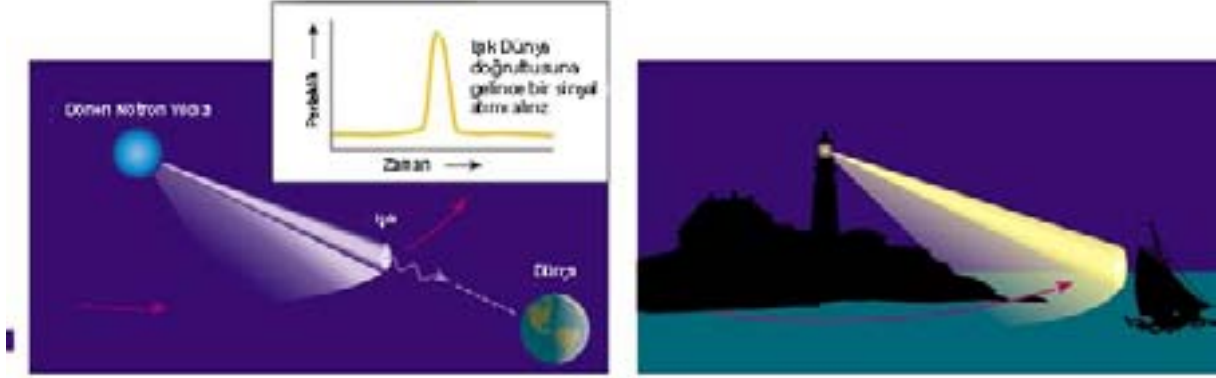
### **Atarca (Pulsar) nedir?**

Süpernova patlamasından sonra orijinal yıldızdan arda kalan çekirdeğe nötron yıldızı denir. Nötron yıldızları diğer gök cisimleri ile kıyaslandığında boyutları oldukça küçüktür. Güneş'in yarıçapı Dünya'ninkinden yaklaşık 100 kez daha büyüktür. Dünya'nın yarıçapı ise yaklaşık 6300 km'dir. Fakat tipik bir nötron yıldızın yarıçapı 10 km olarak bilinmektedir. Aynı zamanda bir nötron yıldızı Güneş'in kütlelerinin 1.5 katı kadar madde içermektedir. Dolayısıyla bu cisimlerin yoğunlukları inanılmaz büyük değerlere sahip olmaktadır. Bir nötron yıldızının bir çay kaşığı ölçeğindeki maddesi yaklaşık 1 milyar ton ağırlığındadır. Küçük bir alanda bulunan bu kadar çok madde büyük bir çekim alanı yaratır, bu o kadar büyüktür ki ışığı bile bükebilmektedir.

Nötron yıldızları aynı zamanda çok güçlü manyetik alana sahiplerdir. Dünya'nın manyetik alanı, tipik bir nötron yıldızınınkinden trilyon ( $10^{12}$ ) kez daha zayıftır. Nötron yıldızının manyetik alanı o kadar güçlüdür ki, saldırdığı ışığın çoğunu bir huni şekline toplayarak ışınım yapar (Şekil 5). Aynen bir deniz fenerinin yaydığı ışıkta olduğu gibi (Şekil 6).

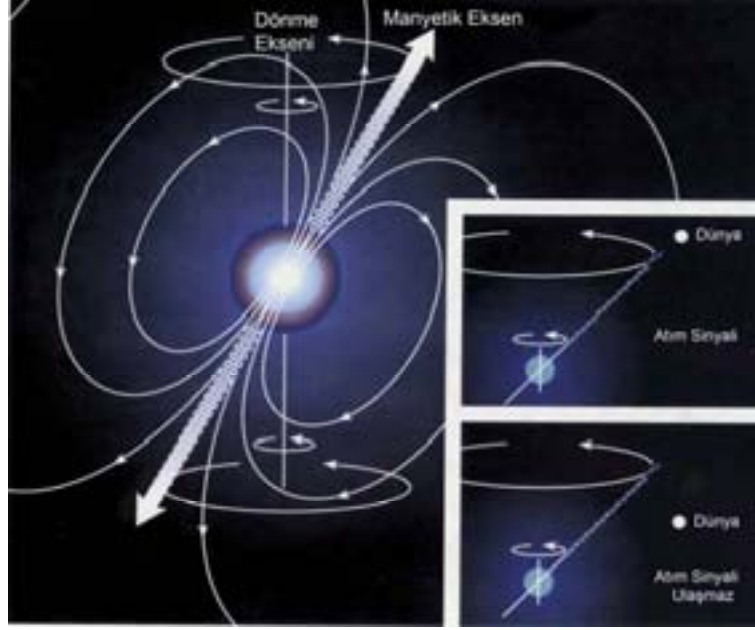


Şekil 5. Nötron yıldızının manyetik eksen boyunca huni şeklinde yaptığı ışınım



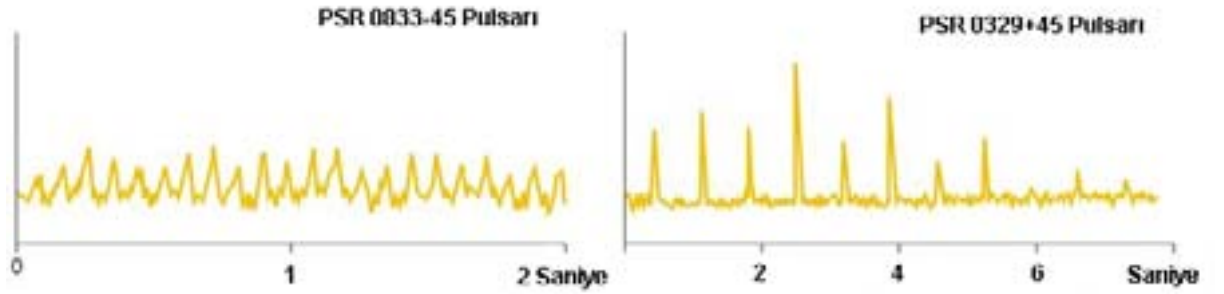
Şekil 6. Atarca deniz fenerine, Atarcadan gelen ışık deniz fenerinden çıkan ışığa ve Dünya ise bir gemiye benzetilmektedir. Atarcanın manyetik eksenini ile Dünya aynı hızda bulunduğunda Atarcadan gelen ışığı Dünya'daki gözlemciler bir sinyal olarak algılayabilir. Bu durum deniz feneri ile gemi aynı hızda olduğunda gemideki denizcilerin ışığı algılaması gibidir

Bir nötron yıldızının olağanüstü bir manyetik alan ile kendi eksenini etrafındaki dönmesinin birleşimi Atarca (Pulsar) olarak isimlendirilir. Eğer bir nötron yıldızı kendi eksenini etrafında dönüyor ve Dünya bu ışınımın geldiği doğrultu üzerinde bulunursa o zaman Atarcadan gelen her ışınım Dünya'da bir atım (puls) sinyali olarak algılanır. Dolayısıyla Dünya'ya bir atım sinyali ulaşır (Şekil 7). İşte Dünya'ya ulaşan bu ardarda sinyallerin aralığı o kadar düzgündür (mükemmel denilecek düzeyde) ki ileride atomik saat yerine Atarca Saati kullanabiliriz.



**Şekil 7.** Bir Atarcanın manyetik eksenini ile dönme eksenini görüntüsü. Sağ köşe: Atarcanın manyetik alan doğrultusu ile Dünya aynı hizada olduğunda Atarcadan gelen atım sinyali Dünya’da kaydedilebilirken, aynı hızda bulunmazlarsa sinyal gözlenemez

Atarcalar, atım sinyalleri nötron yıldızın kendi eksenini etrafındaki dönme hızı ile aynı olduğundan düzenli bir şekilde sinyal yollarlar (Şekil 8). Genelde bu değerler milisaniye (ms) yani saniyenin binde biri mertebesinde ölçülür. Örneğin ilk keşfedilen PSR B1919+21 isimli atarcanın dönemi 134 ms’dir.

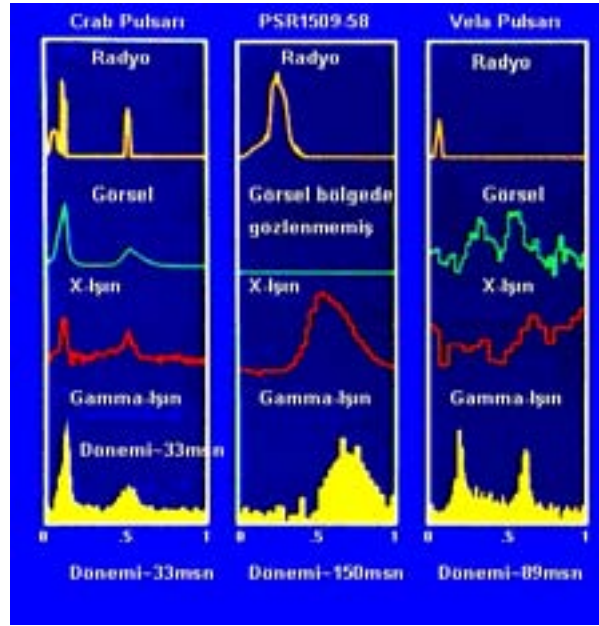


**Şekil 8.** İki farklı Atarcanın radyo teleskopla kaydedilen düzgün dönemli atım sinyalleri

Jocelyn Bell Burnell ve Antony Hewish, 1967 yılında gözledikleri ilk radyo pulsarın çok kısa süreli ve düzenli atımının (puls) keşfi karşısında büyük bir şaşkınlığa düşerler ve bunun Dünya dışındaki muhtemel zeki canlılardan gelen bir sinyal olabileceğini düşünürler. Bu nedenle, o dönemde uzaylılar küçük yeşil adamlar olarak hayal edildiğinden bu sinyali “Küçük Yeşil Adam-1” olarak isimlendirmişler (bugün bu atarcanın adı PSR B1919+21’dir).

2004 yılında radyo teleskoplarla yapılan gözlemlerle yaklaşık 1500 tane atarcanın varlığı belirlenmiştir. Atarcalar; gamma ışını, x-ışını, görsel bölge, radyo dalgaları gibi birçok

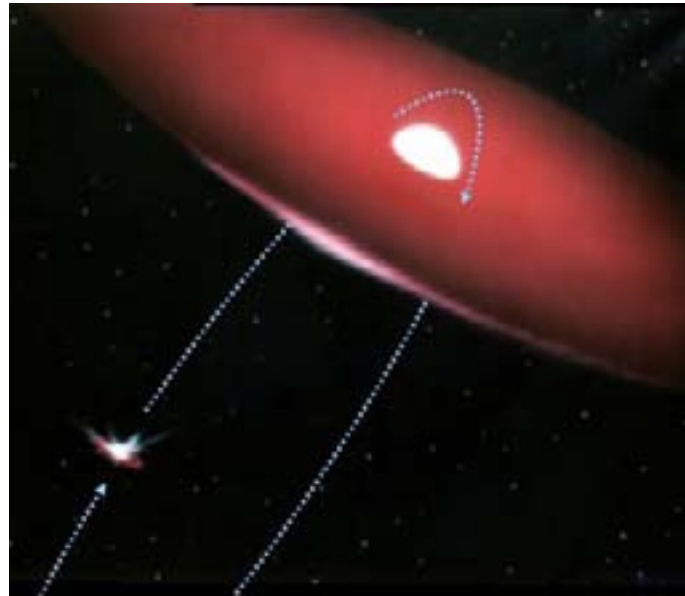
dalgaboyunda ışınm yapmaktadır. Şekil 9'da üç atarcadan (pulsardan) kaydedilen sinyallerin farklı ışınm bölgesindeki görelî şiddetleri verilmiştir.



Şekil 9. Üç pulsardan farklı dalgaboylarında alınan sinyallerin görelî şiddet değişimi

### Çift Sistemler

X-ışın çift yıldızları, bir normal yıldız ile bileşeni bir nötron yıldızı veya karadelik olan ikili sistemlerdir. İlk kez 1974 yılında keşfedilen böyle bir Atarca çiftinin adı B1913+16 ve birbirleri etrafındaki dolanma dönemi 0.32 gündür. Atarca olan ikinci bileşenin kendi eksenini etrafındaki dönme dönemi ise 59 ms olarak hesaplanmıştır.

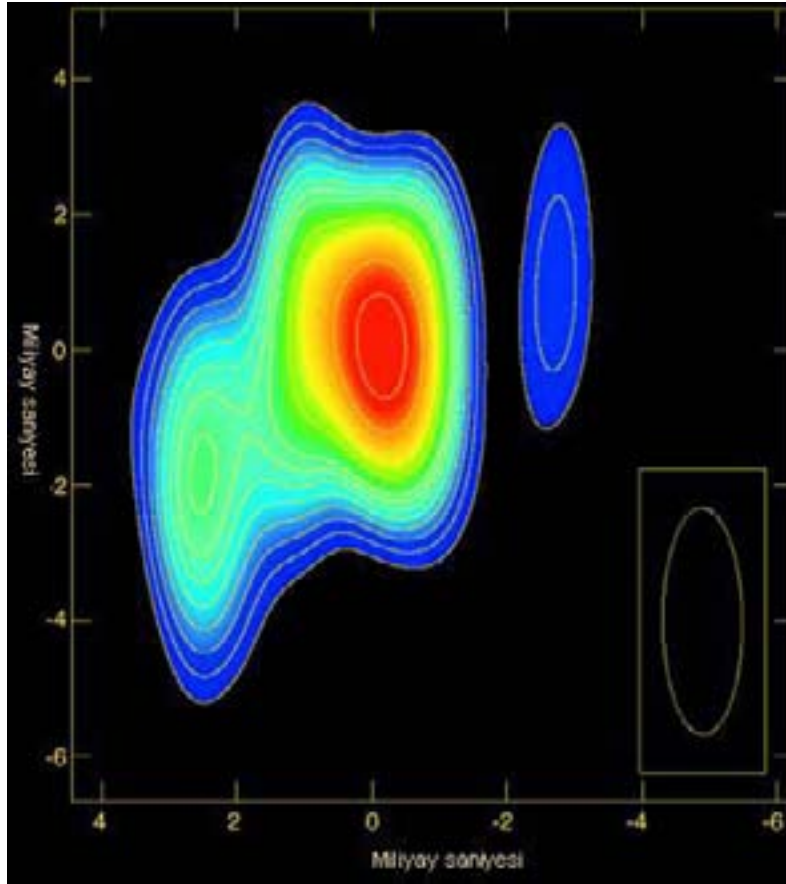


Şekil 10. B1913+16 sistemi gibi büyük kütleli bir yıldızın etrafında dolanan bir atarcanın temsili görüntüsü

## İlk Gamma Işın Saati: LS 5039

Gökbilimciler, H.E.S.S (High Enregy Stereoscopic System) ile uzaydan ilk kez Çok Yüksek Enerjili Gamma Işınımında modülasyon sinyali gözlemlədiler. Uzaydan düzenli sinyal gönderen cisimlerin varlığı 1967 yılından beri bilinmektedir. Fakat bu kadar yüksek enerjili ( $10^{10}$  eV) bir sinyal ilk kez alındı, o kadar ki bu sinyal ilk ölçülen sinyalden 100.000 kez daha şiddetlidir.

Bu sinyal LS 5039 isimli çiftli bir sistemden gelmektedir. LS 5039; büyük kütleli bir mavi yıldız ile ikinci bileşeni bir nötron yıldız veya karadeliik olan bir çift sistemdir. Bu iki cisim birbirleri etrafında çok küçük bir uzaklıkta dolanmaktadır. Birbirlerinden olan ayrıklıkları (aralarındaki uzaklık) Dünya-Güneş uzaklığının 1/5 ile 2/5 arasında değişmektedir. Dünya-Güneş uzaklığı ortalama 150 milyon km dır. Kompakt cisim, mavi yıldız etrafındaki bir tam turunu yaklaşık 4 saatte tamamlamaktadır. Galaksimizde bulunan bu sistem Güneş'ten 100.000 ışık yılı uzaklıkta olup gökyüzünde Scutum takımıyıldızında görülmektedir. Bir ışık yılı yaklaşık 10 trilyon km değerindeki bir uzaklığa karşılık gelir.

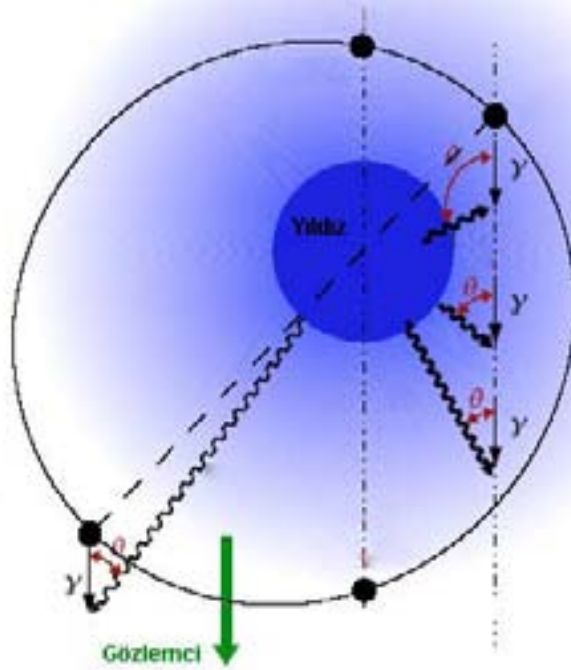


Şekil 11. LS 5039 çift sisteminin radyo teleskoplarla alınmış görüntüsü

LS 5039'dan Dünya'ya ulaşan gamma-ışın sinyali değişik mekanizmalardan etkilendiği için, bu sinyalin değişimini inceleyen gökbilimciler kompakt (aşırı yoğun) cisim (nötron yıldızı veya karadeliik) içeren benzer çift sistemler hakkında yeni bilgiler edinecektir. Kompakt cisim, bileşeni olan mavi-dev yıldızın atmosferinden geçerken onun yıldız rüzgarına

maruz kalır. Böylece mavi yıldızdan yayılan parçacıkların enerjisi yükselir fakat bu, parçacıkların ürettiği gamma-ışınlarının kaçmasını güçleştirir.

Dünya'dan gözlem yaparken, kompakt cismin yörüngesi üzerindeki dolanımı süresince mavi-dev yıldızın önünde olduğu ana karşılık gelen gamma-ışın sinyali en şiddetli, arkasında olduğunda ise en zayıf sinyal olarak algılanır (Şekil 12). Gamma ışınları, mavi-dev yıldızın atmosferinde (yıldız rüzgarı) hızlanan parçacıkların kompakt cisim ile etkileşmesi sonucunda oluşmaktadır. Kompakt cismin mavi-dev yıldızın uzaklığına göre manyetik alanın nasıl değiştiğini gamma ışın sinyalleri üzerindeki bilgiler Dünya'ya ulaştırdığından, gökbilimciler bu kompakt cisim sayesinde mavi-dev yıldızın doğası hakkında yeni bilgiler edinebileceklerdir.



**Şekil 12.** LS 5039'ın temsili durumu: Mavi-dev yıldızın yaydığı yüksek enerjili ışınım (yıldız rüzgarı) etrafındaki yörüngede (siyah elips) dolanan kompakt cisim ile etkileşerek gamma-ışını ( $\gamma$  ile gösterilen) oluşturur. Kompakt cismin yörüngesi üzerinde bulunduğu konuma göre gözlenen  $\gamma$  - ışınım şiddeti değişkendir.

#### **Kaynaklar:**

- Aharonian, F. et al., 2006 Astronomy and Astrophysics, 460, 743
- <http://science.nasa.gov/newhome/help/tutorials/pulsar.htm>
- [http://hubblesite.org/gallery/album/entire\\_collection/pr2002024a/large\\_web](http://hubblesite.org/gallery/album/entire_collection/pr2002024a/large_web)
- <http://www.astro.umd.edu/~miller/nstar.html#grb>
- <http://www.astro.caltech.edu/~ejb/faq.html>
- [http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know\\_11/pulsars.html](http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know_11/pulsars.html)
- [http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know\\_12/pulsars.html](http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know_12/pulsars.html)
- <http://relativity.livingreviews.org/open?pubNo=lrr-2006-3&page=articlesu17.html>
- [http://www.mpi-hd.mpg.de/hfm/HESS/public/som/Som\\_4\\_05.htm](http://www.mpi-hd.mpg.de/hfm/HESS/public/som/Som_4_05.htm)
- <http://www.nrl.navy.mil/pressRelease.php?Y=2004&R=1-04r>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Pulsar>
- <http://www.nrao.edu/imagegallery/php/level3.php?id=123>