

PULSARLAR (ATARCALAR)

Elif YARBASAN

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fizik Bölümü, Terzioğlu Yerleşkesi,
17100, Çanakkale
elifyarbasan@mynet.com*

Özet

Bir yıldız doğumundan ölümüne kadar, uzun ve karışık bir evrim sürecinden geçer. Burada en önemli parametre küttedir. Küçük kütleli yıldızlar, evrimini daha geç tamamlarken, büyük kütleli yıldızlar, evrimini daha erken tamamlar. Yıldızların içindeki, termo-nükleer reaksiyon süresince, yıldızın kimyasal bileşiminde değişiklik olur. Bu değişiklik süreci, yıldızın evriminin temelini oluşturur. Ancak bütün yıldızların evrimi aynı safhalardan geçer. Anakol öncesi evrim, anakol evrimi ve anakol sonrası evrim.

Anahtar kelimeler: Yıldız evrimi, pulsarlar

Abstract

A star passes through a long and complex evolution process from its birth to death. The mass is the most important parameter. Lower mass stars spend their lifetime in a long time while higher ones complete in shorter time. The chemical structure of stars changes because of the chemical reactions which occurs inside. This changes are plays an important role in stellar evolution. However, the phases of evolution are the same; pre-main sequence evolution, main sequence evolution and post-main sequence evolution.

Keywords: Stellar evolution, pulsars

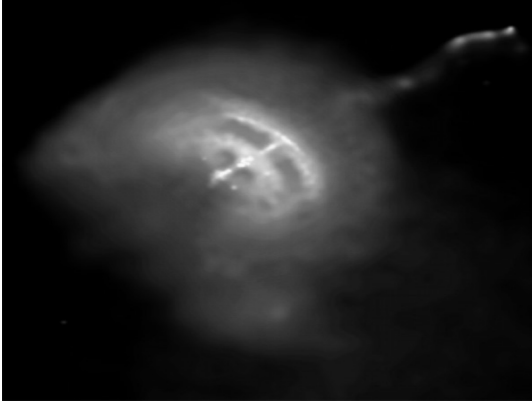
1. Giriş

Kütlesi 9 ile 40 M_{\odot} arasında olan yıldızların gelişiminin ilk evreleri, kendisinden daha küçük kütleli yıldızlara benzemektedir. Ancak kütlesinden dolayı evrimleşme oranı çok daha hızlıdır. Böyle büyük kütleli bir yıldız, H'nin yanma safhası başlar başlamaz kütle kaybeder. Daha küçük kütleli yıldızlara oranla, merkezdeki karbonun yanması daha yavaştır ve daha ilerdeki nükleer süreçler sonunda demir içerikli bir çekirdek oluşmasına neden olacaktır.

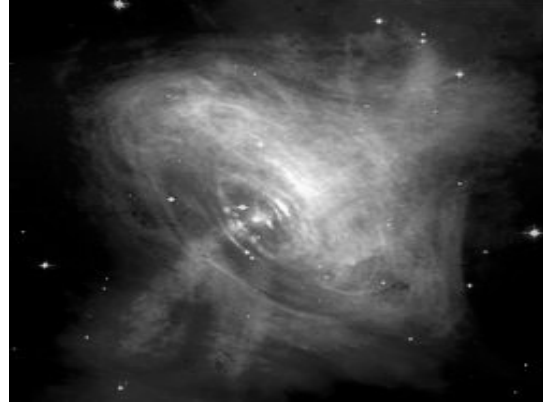
Çekirdeğin kütlesi büyüdükçe merkezi yoğunluk ve sıcaklık artar. Nötrinozasyon süreci başlayıp merkezi yoğunluk bir milyon gr/cm^3 gibi bir değere ulaştınca yani protonların nötronlara dönüşümü ve nötronların yayılımı ile eş zamanlı olarak demir çekirdekleri tarafından elektronların yakalanması veya sıcaklığın demir çekirdeklerinin foto parçalanmasına neden olacak kadar yeterli yüksekliğe ulaşması sonucu kararsızlık meydana gelecektir. Bu süreçte merkezi basınç azalır ve çekirdek çöker. Yıldız çekirdeğinden kaçan nötrinolar, dış katmanlar tarafından soğurulur. Bu ek enerji transferi yıldızın zarf atmasıyla son bulur veya bir süpernova patlamasını başlatır. Eğer kararlılık kaybına demir çekirdeklerinin foto parçalanması sebep olduysa salınan enerji öyle yüksek olur ki, bu yıldız tamamen parçalanır. Nötron yıldızı oluşturmak üzere çöken yıldızın çekirdeğinin, süpernova patlama evresinden mi artakaldığı, düşünülen aralıkta kütleli yıldız olup olmadığı veya patlamanın yıldızın tamamen parçalanmasıyla mı bitip bitmediği kesin olarak bilinmemektedir. Patlamada salınan enerjinin 10⁵³ erg civarında olduğu tahmin edilmektedir.

2. Yıldız Öldü Fakat Kalbi Atıyor

Atarca (Pulsar) “kalp gibi atan” anlamına gelmektedir. İngilizcede “kalbin atması” anlamına gelen “pulsate” kelimesinden türemiştir. Atarcalar, içinde buldukları bulutsuların çekirdeği (bkz. Şekil 1) ve kalbi oldukları kadar, kalp atışları gibi muazzam ritimlerle uzaya radyo dalgaları gönderen nötron yıldızlarıdır. Yengeç Bulutsusunun optik ve X-ışını görüntülerinin birleştirilmesiyle oluşturulmuş görüntüsü Şekil 2’de yer almaktadır.



Şekil 1. Vela Atarcası



Şekil 2. Yengeç Bulutsusu.

Şekil ortasındaki küçük nokta atarcayı, bu noktadan çıkan iç bükey çizgiler manyetik alan çizgilerini, mavi konik çizgilerse atarcanın kutuplarından çıkan ışınımı göstermektedir. Nebula merkezindeki atarcanın oluşturduğu manyetik alan çizgileri gözlemlenebilir.

Bir nötron yıldızı süpernova patlaması sonucu parçalanmış bir yıldızın merkezinin kendi üzerinde çökmesiyle oluşur. Nötron yıldızları oldukça büyük kütleli, çok küçük çaplı, yüksek manyetik alana sahip ve kendi eksenleri etrafında muazzam hızlarla dönen gök cisimleridir. Güneşimiz gibi yıldızlar hiçbir zaman bir nötron yıldızı oluşturamazlar.

Kendi etrafında yüksek hızlarla dönen nötron yıldızı kutuplarından uzaya doğru çok yüksek hızlarla parçacık saçar. Bu şekilde belli aralıklarla elektromanyetik ışınım yapan nötron yıldızına “atarca” adı verilir. Manyetik kutuplardan çıkan bu ışınım görüş çizgimizi kestiği sürece atarca dünyadan gözlemlenebilir. Yani ışınım süreklidir ancak bu ışınım dünyadan kesik kesik izlenebildiği için cisim bize periyodik elektromanyetik ışınım yapan bir kaynak gibi gözükür. Buna deniz feneri etkisi denmektedir. Bazı atarcalar, radyo dalgalarından başka, kızılötesi ve mor ötesi ışınlarda yaymaktadırlar. Atarcanın kendi etrafındaki dönüş hızı oldukça yüksektir. Bazıları kendi etrafında saniyede 1000 devir yapar. 20 km çapında bir atarcanın ekvator yüzeyinde bu dönüş hızı saniyede 62.800, dakikada 3.768.00, saatte ise 226.000.000 km yi bulmaktadır. Atarcalar o kadar yoğundur ki bir çay kaşığı kadar atarca maddesinin dünyadaki ağırlığı 100 milyon tonu geçmektedir.

2.1 Atarcaların Keşfi

İlk atarca 1967 yılında Cambirdge Üniversitesinden Jocelyn Bell BURNELL ve Antony HEWISH tarafından keşfedilmiştir. Antony Hewish, radyo dalgaları yardımıyla kuasarlardaki (yıldızimsı cisim) parlamaları incelemek için dört dönümlük bir araziye kaplayan ve yapımı iki yıl süren oldukça büyük bir radyo teleskop inşa etmiştir. Jocelyn Bell Burnell bu araştırma ekibine henüz asistanken antenin çalışmaya başlamasından kısa bir süre sonra 1967 yılının Temmuz ayında katılmıştır.

Kaynağın yaptığı radyo dalgalarının düzenliliğine şaşırarak araştırma ekibi, keşiflerini LGM-1 (Küçük yeşil adam - little green man) olarak isimlendirdi. Çalışmalarını derinleştiren araştırma ekibi gökadanın başka bölgelerinden de düzenli radyo dalgaları geldiğini tespit etti. Bulunanlardan bir tanesinin ışınım dönemi sadece 16 ms'dir. Bu kadar küçük bir ışınım aralığı radyo kaynağının bir gezegen olma ihtimalini ortadan kaldırmaktadır.

2.2 Atarca Çeşitleri

Atarcalar ışınımlarına neden olan enerji kaynaklarına göre üçe ayrılır; dönen atarcalar, X-ışını atarcaları ve Magnetarlar.

2.2.1 Dönen Atarcalar

Dönen atarcaların ışınımı, adından anlaşılacağı gibi atarcanın kendi etrafında dönerken zaman içinde dönme enerjisini yitirmesinden kaynaklanmaktadır. Bu tip atarcalar dönme enerjisi tamamen bittiğinde ölürlür.

2.2.2 X – Işını Atarcaları

X- ışını Atarcaları bir nötron yıldızı, çiftli sistem oluşturulduğunda ortaya çıkan bir gök cisimidir. Bir atarcanın çifti, başka bir yıldız, bir gezegen, beyaz cüce hatta başka bir atarca olabilir. Çiftlerden birisi ömrünün sonuna yaklaştığında dış kabuk şişmeye ve bu eşten nötron yıldızına madde akmaya başlar. Madde akışıyla beraber nötron yıldızı kendi etrafında çok hızlı dönmeye başlayarak Milisaniye atarcaları olarak da adlandırılan atarcayı oluşturur. Bütün madde atarcayı geçip bittiği zaman atarcanın dönme periyodu artmaya başlar. Enerjisini tüketen atarcanın tamamen ölmesi milyarlarca yıl sürecektir.

X- ışını atarcası 1970 yılında fırlatılan Uhuru uydusuyla ilk defa gözlemlenmiştir. X-ışını kaynağı kabul edilen 300 X-ışını kaynağı

üzerinde 429 günlük bir gözlem dönemi ile çalışılmıştır. Bunlar arasında en göze çarpanlar, çift sistemlerdeki X-ışını atarcalarıdır. Bu atarcalar toplanma yapan nötron yıldızlarıdır. Toplanmayı, relativistik bir yoldaşa sahip dev yıldızdan, relativistik yıldızın üzerine maddenin düşmesi olarak tanımlarsak, bir gazın toplanması şu şekilde açıklanabilir.

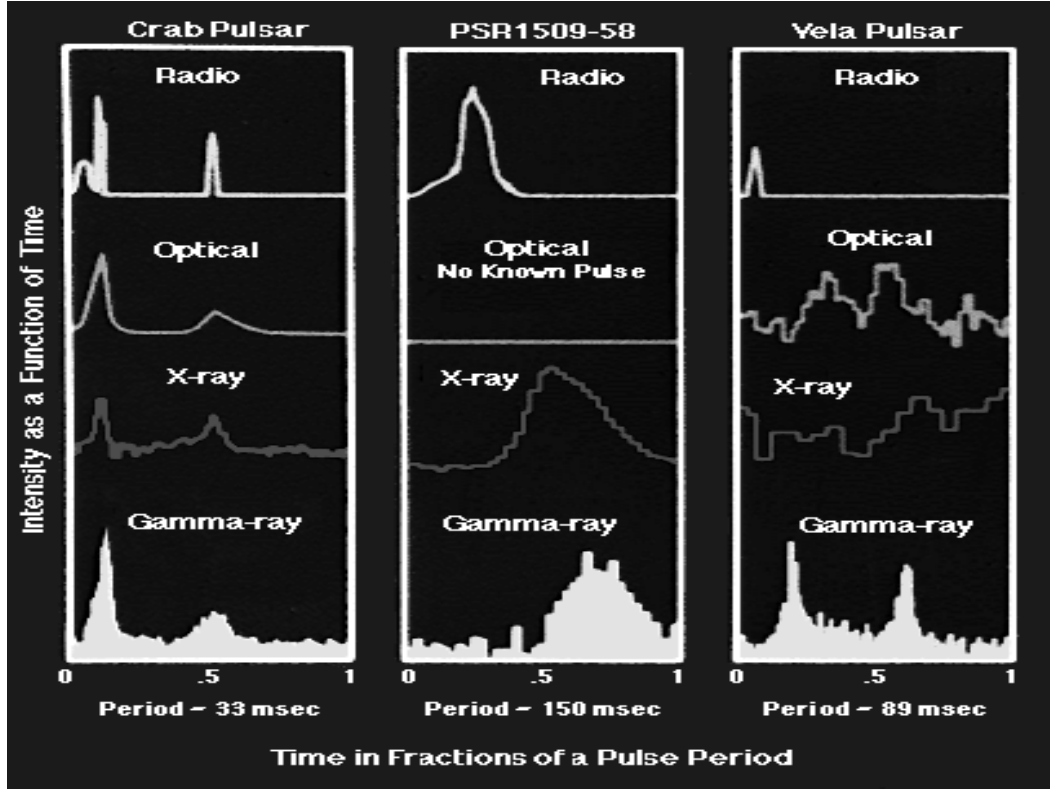
İlk gözlenen X-ışını atarcası Cen X- 3 ve Her X-1' dir. Bu atarcaların dönemleri sırasıyla 4.8 s ve 1.24 s' dir. Bu atarcaların salma tayfları, termal olmayan radyo atarca tayfindan çok daha farklı, 108 K lik bir sıcaklıktaki plazmanın temel ışınımını hatırlatmaktadır. Bir çift sisteme ait X- ışını atarcası, X- ışınımı örtülmesinden ve yörüngesel hareketi nedeni ile tekrarlanan hareketinde atımın değişiminden bulunur.. X-ışını atarcalarının yoldaş yıldızların çoğu, mavi süper devler veya roche lobunu doldurmuş parlak yıldızlardır. Çift sistemlerin her iki tipide yıldızlı rüzgarlar ya da jetler şeklide, gaz akımında karakterize edilmiştir.

2.2.3 Magnetarlar

Magnetarlar, ışınım kaynağı çok şiddetli manyetik alanlardan kaynaklanan atarcalardır. Manyetik alanın belli bir seviye altına düşmesiyle ölürlür.

2.3 Atarca Avı

Bir atarcayı araştıran gök bilimci, radyo teleskopunu gökyüzündeki belli bir bölgeye, birkaç dakikadan 12 saate kadar uzanan bir zaman dilimi için çevirir. Gözlem süresi ne kadar uzarsa zayıf atarcaları bulmak o kadar kolaylaşır. Teleskop çıkışına elde edilen verileri işleyecek bir bilgisayar bağlanır. Daha sonra elde edilen veriler içinde, kendini tekrar eden bir sinyal olup olmadığı araştırılır. Kendini tekrar eden ışınım arasındaki zamana atarca dönemi denir.



Şekil 3. Farklı dalgaboylarındaki yeğlilik değişimi.

Herbir atarca için, ışınım aralarındaki zaman oldukça belirlidir ve çok kesin olarak ölçülebilir. Işınım aralarındaki zaman dilimi ışınım dönemi olarak adlandırılır. Örnek olarak Şekli 3'te üç atarca için, farklı dalga boylarında elde edilmiş yeğlilik değişimleri ve dönemleri yer almaktadır. Crab atarcasının, PSR1509-58'in ve Vela atarcasının dönemi sırasıyla, 33 ms, 150 ms ve 89 ms'dir. Görüldüğü gibi ışınım araları hem biçim hem de genlik olarak birbirlerinden oldukça farklıdır.

Bir ışınımın en yüksek frekanslı bileşenleri düşük frekanslı bileşenlerinden daha önce radyo teleskopuna ulaşmaktadır. Bu olgunun nedeni, ışınımın yıldızlar arası ortam içinde ve farklı frekans bileşenlerinin farklı hızlarda yol almasıdır. Yıldızlararası ortamda bulunan serbest elektronların neden olduğu bu olaya ışınım yayılması denmektedir. Uzaktaki atarcalardan gelen sinyaller, yakındakilere göre frekans anlamında daha dağınıktır. Bu yüzden farklı frekans bileşenleri arasındaki gecikme, atarcanın yaklaşık olarak uzaklık hesaplanmasında kullanılır.

3. Atarcaların Saat Mekanizması

Atarcaların saat mekanizmasını yorumlamada kullanılan ilk veri, sinyal analizleri tarafından sağlanmıştır, atarca sinyallerini oluşturan atımlar birkaç düzine milisaniyeden birkaç yüz milisaniye ye kadar uzayabilir. Böyle atımların kaynağı, sade ve sadece, boyutları astronomi standartlarına göre küçük olan, bir nesne olabilir. Atımların dönemlerinin sıra dışı kararlılığı, atımların önemliliği ve kaynağın özelliğine bağlıdır.

Atarcaların dönme yapan nötron yıldızları olduğunu gösteren daha fazla açıklamalar enerjinin korunumu tarafından sağlanacaktır. Eğer atarcaların eylemsizlik momenti I ise, atarcaların dönme hareketinin enerjisi $E_{\text{dönme}} = (2\pi^2 / P^2) I$ olur. Atarcanın dönemi kademeli olarak artar, böylece rotasyonel enerjisinin değişimi oranı, Atarcanın rotasyonel enerjisi, belkide atarcaların manyetik alanı yoluyla bulutsuya aktarılmıştır. Peki, yengeç bulutsusu sürekli ışımaya yapmak için bu kadar büyük enerjiyi nasıl sağlamaktadır?

Atarcaların dönme yapan nötron yıldızı modeli, PSR 0532+1 ve PSR 0833-45 atarcalarının dönemlerinde gözlemlenen ani değişiklikleri açıklamayı olası kılar. Yıldızın kabuğunun çatlamasının ve yer değiştirmesinin sebep olduğu dönemdeki ani değişiklikler hipotezini Dyson ve Ruderman geliştirmişlerdir. Atarcaların keşfi, nötron yıldızlarının varlığının dolaylı bir kanıtı olmuştur. Baade ve Zwicky 1932 yılında, Yengeç bulutsusundaki merkezi yıldızın bir nötron yıldızı olduğunu tahmin etmişlerdir. Bunu takiben bulutsunun daha geniş gözlemi, Baade ve Minkowski tarafından yerine getirilmiştir. Yengeç bulutsusunun 1054 yılındaki bir süpernova patlamasının ardından oluşan, genişleyen bir gaz bulutu olduğu uzun zaman bilinmekteydi. Merkezi yıldız garip bir yıldızdır. Tayfi ne salma ne de soğurma çizgileri içermektedir.

4. Atarca Işınım Mekanizması Modelleri

Atarca ışınım mekanizmasının modelleri iki gruba ayrılabilir. Işınım ışık silindirin yanından çıktığı varsayılan modeller (ışık silindiri modelleri) ve kutupların yanında meydana gelen olaylara göre atarca ışınımını açıklayan modeller (kutupsal başlık modelleri).

İlk atarca modeli, atarcanın keşfinden bir yıl önce 1968 yılında Gold tarafından öne sürülmüştür. Pacini dönme ekseninde

eğimleşen, dipol manyetik alanlı dönme yapan bir nötron yıldızını göz önüne almıştır ve böyle bir sistemin güçlü bir elektromanyetik dalga kaynağı olması gerektiğini tahmin etmiştir. Işık modeli olarak bilinen Gold'un modeline göre, ışık silindirin yanında bir grup yüklü parçacıkların relativistik hızlarla hareket ettiği varsayılmıştır.

Böyle bir ışınım demeti gök küresini süpürecek ve bunu gözlemleyen bir gözlemci dönemli atımlar algılayacaktır. Bütün bu modellerde izotropik bir ışınım kaynağı her zaman relativistik bir hızda ışık silindirin yanına doğru hareket eder, bundan dolayı uzak bir gözlemci ışınımı dar bir demet içinde çizgi haline gelmiş gibi görür. Kaynağın ışınım mekanizması farklı modellere göre değişir. Bunlardan bahsedecek olursak cyclotron ışınımı ve maser etkisini örnek verebiliriz. Işınım yapan parçacık grubu ışınım reaksiyonu yüzünden kararsızdır.

En iyi atarca modellerinden birisi de Ruderman ve Sutherland (RS Modeli) tarafından önerilmiştir. Son zamanlarda bu model Cheng ve Ruderman tarafından geliştirilmiştir. Işın aslı bu model Sturrock'un atarcaların ışınımının kutupsal başlıklara yakın yerlerde çıktığı fikirdir.

Kaynaklar

Astronomi ve Astrofizik, 2005, Ed. Özdemir, S., Gürol, B., Dermircan, O.
Keskin C., Şen, O., 1998, Bitirme Tezi, Ege Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü
<http://tr.wikipedia.org/wiki/Pulsar>