

YILDIZLARIN HAYATI

ASART*

Gökyüzünün açık olduğu gecelerde, başımızı kaldırıp o uçsuz bucaksız gibi görünen yıldızlar âlemine baktığımız olmuştur. Acaba hiç düşündük mü? Yıldızlar nasıl oluşmuşlardır? Kaç yıl yaşarlar ve sonları ne olur? Ölürler mi?

Yıldızlar, çok yakın bir benzetme ile tıpkı bir insan gibi doğar, yaşar ve ölümler diyebiliriz. Şimdi hep birlikte bu süreçlerin nasıl başladığı, geliştiği ve sonuçlandığına bakalım.

Evrende, yıldızlararası madde dediğimiz, içinde çok miktarda hidrojen, helyum ve az miktarda ağır elementler olan demir, karbon, azot gibi elementleri bulunduran bölgeler vardır.

Bu bölge (yığın), dışardan alacağı herhangi bir etki ile dönmeye ve bir yandan da sıkışmaya başlar. Bu dış etki, güçlü bir foton bombardımanı olabileceği gibi, bölgede yayılan şok dalgaları da olabilir.

Dönen ve sıkışan bu başlangıç kütlesi çekimsel potansiyel enerji ile ısınmaya başlar. İşte bu dönemde yıldız, çok cömertce enerji yayar. Onun bu ısıyı saklamak gibi bir çabası yoktur. Oldukça düşük yoğunluktan dolayı saldırdığı enerji, soğurulmadan yüzeyinden uzaya yayılır. Bu dönemde yıldız, ileri dönemdeki denge halinde yayınlayacağı ışınının beş yüz katı ile ışıır. Bu nedenle yeni doğan yıldızlar oldukça parlak görünürler.

Yıldız hep dengeli bir konuma gelip, sabit bir ışınım gücü ile ışımak ister. İşte bu konuma doğru ilerlerken sıkışıp, yoğunlaşmaya devam eder. Bu dönemde çekimsel potansiyel enerji ile ürettiği ısıyı, yapısında konveksiyon ile taşır ve yüzeyinde ışıma yaparak salar.

Artık üzerindeki sıkışıp yoğunlaşma ile artan enerji dolayısıyla yıldız, öyle bir düzeye ulaşır ki, merkez bölgesinde hidrojeni yakabilecek 10 milyon °K'lik enerjii sağlar ve hidrojen yakarak, dengeli bir şekilde ışıma dönemine girer. İşte gelişimi sırasında hidrojen yakarak ısıdığı bu döneme, **yıldızın dengeli ışınım dönemi** denir.

Hidrojeni yakmak demek, bildiğimiz anlamda bir yakma değildir. Dört tane hidrojen atomu birleşerek, bir tane helyum atomu oluşturur. İşte bu dönüşüm



ORİON NEBULASI (ORİON BULUTSUSU) : Hidrojen gazı ve yıldızlararası tozdan oluşmuş bu bulut içinde yeni yeni yıldızların doğduğu saptanmıştır.

sırasında kütlelinin binde yedisi enerjiye çevrilir. Buna karşılık gelen enerjiyi ise $E = 0,007 \cdot m \cdot c^2$ bağıntısından bulabiliriz.

Yıldızın dengeli ışınım dönemine gelinceye dek geçirdiği büzüleme süreleri, başlangıç kütlelerine bağlıdır. Farklı kütleli yıldızlar için bu süreler de farklıdır.

Tablo 1'den anlaşılacağı gibi, yıldızın kütlesi ne kadar büyükse, dengeli ışınım dönemine o kadar çabuk gelir. Peki yıldız dengeli ışınım döneminde ne kadar kalır ve bu dönemden nasıl çıkar?

Kütlesi büyük olan yıldızlar, daha çabuk gelişime gösterir. Güneş kütlelinin on beş katı kütleyle sahip bir yıldız, dengeli ışınım döneminde 10 milyon yıl kalırken, güneş kütlelindeki bir yıldız yaklaşık 820 milyon yıl kalmaktadır.

Dengeli ışınım döneminin sonuna doğru yıldız, merkez bölgesinde hidrojen yakmayı bitirir. Bu nedenle, iç ısıyı artırmak için tekrar büzülür. Bu büzüleme iç ısıyı artırmaya başlar ve artan iç ısı helyum yakmaya yetecek düzeye ulaştığında (10^8 °K), yıldız artık dengeli ışınım döneminden çıkar. Bu süreç devam ederken, yıldızın yarıçapı aniden artmaya başlar. Yıldızın dış katmanlarında yoğunluk azalırken, ışınım gücünde bir artma olur. Yıldızın merkezinde yanacak helyum kalmadığı zaman, yıldız tekrar çöker ve merkezde oluşan diğer ağır elementler yanmaya başladığında ise yıldız tekrar genişler. Sonunda yıldız başlangıç kütleline bağlı olarak dev veya süper dev yıldız olur. Süper dev yıldızlar merkezlerinde demir elementini yakmaya başladıklarında **süpernova** olarak patlarlar.

Süpernovalar, anı ve çok büyük bir ışık şiddeti artması ile kendini gösteren yıldız patlamalarıdır. Toplam ışınım gücündeki artış, güneşinkinin 10^8 katına ulaşır. Bir süpernova patlaması sırasında yayınlanan enerjinin 10^{50} erg olduğu gözlemlerle saptanmıştır.

Bir yıldız süpernova olarak patlarken dışındaki

* A.Ü.Fen Fak. Astronomi Araştırma Topluluğu.

KÜTLE (GÜNEŞ KÜTLESİ)	15	9	5	3	2,25	1,5	1,25	1
ZAMAN (YILI)	$6,2 \times 10^4$	$1,5 \times 10^5$	$5,8 \times 10^6$	$2,5 \times 10^6$	$5,9 \times 10^6$	$1,8 \times 10^7$	$2,9 \times 10^7$	5×10^7

Tablo 1 : Farklı kütleli yıldızların çekimsel çökme süreleri. En son kolondaki bir güneş kütlelerine karşılık gelen süre Güneşimiz içindir. Görüldüğü gibi Güneş, dengeli ışınım dönemine elli milyon yılda gelir. Güneş'in kütleli (M_{\odot}) 2×10^{33} gram kadardır.

KÜTLE (GÜNEŞ KÜTLESİ)	15	9	5	3	2,25	1,5	1,25	1
ZAMAN (YILI)	1×10^7	$2,2 \times 10^7$	$6,8 \times 10^7$	$2,3 \times 10^8$	5×10^8	$1,7 \times 10^9$	3×10^9	$8,2 \times 10^9$

Tablo 2 : Farklı kütleli yıldızların, dengeli ışınım döneminde kalma süreleri.

kabuğu atar; yalnızca yıldızın çekirdeği kalır. Tarih boyunca çok sayıda süpernova gözlenmiştir. Bunlardan biri 1054 yılında Çinliler ve İslâm astronomları tarafından gözlenen Crab Nebulası (Yengeç Bulutsusu)'dur. 1572'de ise Tycho Brahe tarafından B.Cassiopea'da bir süpernova gözlenmiştir. 1604'de Kepler Kuğu takımyıldızında bir süpernova gözlenmiştir. 1987 yılında Kanada Toronto Üniversitesi'nin Şili'deki Las Campanas Gözlemevi'nde üniversitenin asistanlarından Ian Selton, Büyük Macellan Bulutsusu'nu incelediği 25 cm'lik astrograf ile bir süpernova tespit etmiştir. Ian Selton, o bölge için 3 saatlik bir poz süresi ile çektiği fotoğrafı banyo etiketten sonra, o bölgede 5. parlaklık derecesinden, daha önce orada o parlaklık olmayan bir yıldızın varlığını ortaya koymuştur. İncelemeler sonunda bunun bir süpernova olduğu belirlendi.

Süpernova konusunu oldukça geniş bir konudur. Ama burada verdiğimiz bilgi, sanırım süpernova kavramının anlaşılması için kâfi gelecektir. Bir yıldız süpernova olduktan sonra ne olur?

Yıldız, süpernova olmadan önce, içerideki termonükleer reaksiyonlar yıldızın çökmesini önler. Ama süpernova olduktan sonra, merkezdeki çekirdekte bu termonükleer reaksiyonlar durur. Yıldız hızla çökmeye başlar. Yıldız kütleli Chandrasechar Limiti adı verilen belli bir sınır altında ise, fermi gaz basıncı ile dışı doğru olan radyasyon basıncı ve adı gaz basıncı toplamı, gravitasyonel sıkışmaya karşı koyarak bir denge durumu kurabilir. Astronomide çekirdeklerin, elektron gazı içinde gömülü olduğu bu tip yıldızlara BEYAZ CÜCELER denir.

Beyaz cüceler, Güneş'e ve öteki yıldızlara kıyasla oldukça yoğunlardır. Onlarda 1 cm^3 'lük madde miktarı 100 bin gr ilâ 100 milyon gr arasındadır. Çok yoğun olduklarından ışınım güçleri de oldukça düşüktür. Beyaz cücelerde ışınım gücü Güneş'inkine nazaran 100 ilâ on bin kere daha düşüktür.

Göküzünün en parlak yıldızı Sirius, bir çift yıldızdır. Yani Dünyamız ve Ay gibi ikili bir sistemdir. Sirius'un sistem üyesi ise bir beyaz cücedir. Beyaz cücelere madde, dejenerere (yozlaşmış) haldedir. Yoğunluğu yüksek olan bu yıldızlarda, dejenerere olmuş elektronlardan başka dejenerere olmuş nötronlar da bulunabilir. Yıldızların çoğunun kütleleri Güneş kütlelerinin 1,39 katından daha küçüktür. Daha büyük kütleli olan yıldızların bir kısmında da termonükleer gelişmeleri sırasında dışarıya madde atılması sonucu, kütle, bu kritik değerin altına düşebilir. Bu durumda yıldız, kararlı denge durumuna geçer. Bu nedenle evrende bol sayıda bu tür soğumuş yıldızların bulunmasını bekleriz. Eğer kütleleri kritik kütle altında olan yıldız dışarıdan madde alırsa, sürekli olarak gravitasyonel çöküntüye (çekimsel çökme) gidebilir.



CRAB NEBULASI (YENGEÇ BULUTSUSU) : 4 Temmuz 1054 günü Çinli astronomlar tarafından saptanmıştır. Çinliler bunu ilk önce yeni doğmuş bir yıldız sandılar. Bir hafta boyunca parlaklığını sürekli artıran bu yıldız, gündüz bile görünebiliyordu. Sönüp kaybolması ise bir yıl kadar sürdü. Bugün yapılan incelemeler, Çinlilerin yıldız sandıkları bu gök cisminin bir süpernova artığı bulutsu olduğunu göstermiştir.

BEYAZ CÜCELERDEN SONRA NE OLUYOR?

Termonükleer gelişimini tamamlamış bir yıldızın kütlesi yeter büyüklükte ise, yukarıkinden farklı olarak gravitasyonel sıkışma sonucu meydana gelen çok yüksek basınçlarda, yıldızın iç kısmındaki bütün maddenin (çekirdeklerin), elektron yakalama yolu ile nötron haline dönüşmesi şeklinde başka bir nükleer reaksiyon ortaya çıkar.

Yıldız, gravitasyonel sıkışma etkisi ile büzülüp küçüldüğünde, elektron enerjileri birkaç elektronvolt değerine çıkabilir. Nükleer maddesi sadece elektronlardan oluşan bu tür yıldızlara **NÖTRON YILDIZLARI** denir. Nötron kütlesi, gravitasyonel etkisi ile sıkışmaya devam ederek, yoğunluğu nükleer madde yoğunluğuna (2×10^{14} gr/cm³) erişir ve bu değeri de geçebilir. Bilindiği gibi A kütle numaralı herhangi bir çekirdek için (Yarıçap = $1,2 \times 10^{-13} A^{1/3}$ cm olarak verildiğine göre) nükleer madde yoğunluğu 2×10^8 ton/cm³'tür.

Nükleonların merkezleri arasındaki ortalama uzaklık, $0,4 \times 10^{-13}$ cm'den daha küçük değerler aldığı için, nükleer kuvvetlerin çekici olmaktan çıkıp itici özellik gösterdikleri göz önüne alınır, yaklaşık bir hesapla yoğunluğunun 5×10^{15} gr/cm³ değerine ve belki de daha yüksek değerlere çıkması beklenebilir.

X ışını kaynağı olan pulsarların ve nötron yıldızlarının ortalama kütlesi 1,4 güneş kütlesi civarındadır. Bir örnek olarak kütlesi 1,4 güneş kütlesi olan bir nötron yıldızındaki bütün madde yaklaşık 10-15 km yarıçaplı bir hacim içine sıkışmış olur. Gravitasyonel büzülme sırasında açısal momentum korunduğuna göre, bu boyutlardaki bir nötron yıldızının eksenini etrafında dönme periyodu saniyenin kesirleri kadardır. Yüzeydeki manyetik alan şiddetinin 10^{12} GAUSS olduğu tahmin ediliyor. Bu kadar büyük hızla dönen böyle miknatıslı bir yıldızın, aynı periyotlu dalgalar yayınlaması beklenir.

1967'de Hewis ve çalışma arkadaşları tarafından, radyo teleskopta, 1,33 saniye periyotlu düzgün radyo pulsarı yayınladığı ölçülen, ilk nötron yıldızına, o zaman **PULSAR (ATARCA)** adı verilir. Daha sonra birçok yeni pulsar keşfedildi. Bugün 300 civarında pulsar olduğu bilinmektedir. Bunların nötron yıldızları olduğu, manyetik alanları ile dönme eksenleri aynı doğrultuda olmadığından, aynı periyotlu radyo dalgaları yayınladıkları ve enerji yayınlama sonucu zamanla açısal hızlarının azalması gerektiği teorik olarak gösterildi. Gerçekten bir örnek vermek istersek, Crab Nebulası (Yengeç Bulutsusu)'nda gözlenen 0,033 saniye periyotlu pulsarın, yılda yaklaşık 1/240 kadar yavaşladığı gözlenmiştir.

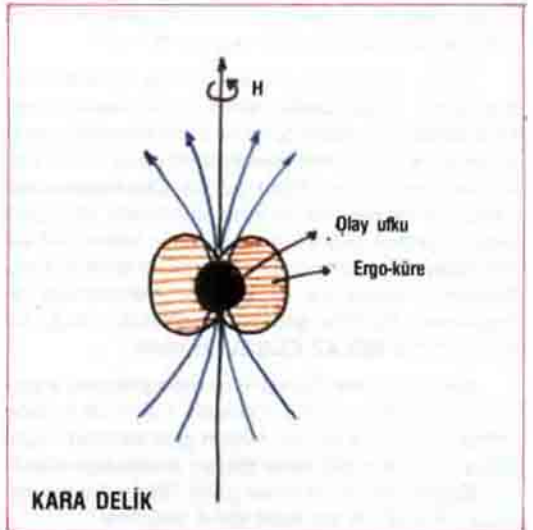
Süpernova patlamalarında yıldızın, dış katmanlarını atmasından geri kalan kütle, Güneş kütlesinin 3,2 katından daha küçükse bir **nötron yıldızı**, bu değerden daha büyükse bir **karadellik** oluşması gerek-



RİNG NEBULASI (YÜZÜK BULUTSUSU) : Çalgı takım-yıldızında bulunan bu gezegenimsi nebula, yaklaşık 20.000 yaşındadır. Bunların gezegenimsi olarak bilinmelerinin nedeni, 19. yüzyılda astronomların, bunları teleskopta gezegene benzer şekilde görmelerinden ileri gelmektedir. Fotoğrafta yüzük şeklinde görülen bulutun tam ortasında, süpernova olarak patlayan yıldızın çekirdeği görülmektedir.

tiği sanılmaktadır. Daha önceden belirtilmiş olduğu gibi, süpernova patlaması kalıntıları oldukları bilinen Crab ve Vela nebularından birer nötron yıldızı gözlenmiş olması, nötron yıldızlarının doğuşu hakkındaki görüşleri doğrular niteliktedir.

Yıldız, bir nötron yıldızı olduktan sonra çökmeye devam eder mi? Oppenheimer ve çalışma arkadaşı, yıldızın çöküşünü tasvir eden gravitasyon alan denklemlerinin çözümünü inceledikleri çalışmalarında, sadece gravitasyonel çökmenin analizini yapmakla kalmayıp, uzaktan bakan bir gözlemci için çöküşün nasıl görüneceğini de genel relativite (göreceli) teorisi bakımından incelediler. Böylece sonradan karadellik adı verilen, tam çökmüş cisimlerin fiziğinin temelini de oluşturdular.



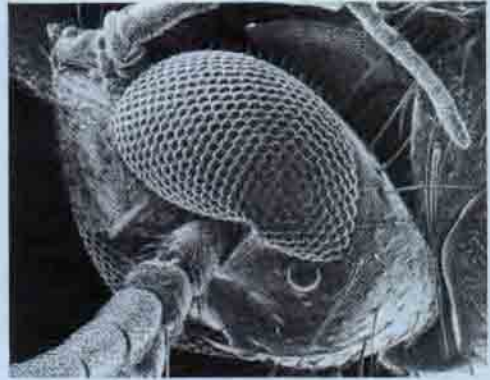
GNAT (TATARCİK) ROBOTLAR

Küçücük, tatarcık büyüklüğünde uçabilen, sürünebilen veya bir bot gibi yürüyebilen, güvertesinde görmesini, koku almasını veya hissetmesini sağlayan mikroalıcıları bulunan bir robot düşünün.

Acaba böyle makinelerle ne yapabiliriz?

MIT (Massachusetts Institute of Technology)'nin (Artificial Intelligence) Elektronik Beyin Laboratuvarları'nda çalışmakta olan Anita Flynn, meslektaşı Rodney Brooks ve daha birçokları bu tür sorulara cevap arayışı içinde. Örneğin, ateşleme öncesi, roket yardımcı motorunun iç sistemlerini kontrol etmek istediniz; bunun en emin yolu, içeriye küçük, sürünebilen, alıcı yüklü bir robot göndermek olacaktır. Ekli alanların susuzluk oranını mı tespit etmek istiyorsunuz; gnat robotlar gönderin. Tarlalar üzerinde uçabilen ve nem detektörlerine sahip olan bu robotlar, algıladığı nem düzeyine göre, mesajlar göndererek, tarlaların sulama sistemini harekete geçirebilir.

Araştırmacılar Brooks, tatarcık büyüklüğünde, bıçak uçu robotlardan oluşan, ziraat saha içerisinde dolaşan zararlı otları keserek kurutma kapasitesine sahip bir robotlar ordusunun oluşturulabileceği görüşünde. Bunun yanında haşereler için programlanabilecek kinsektisit robotlar da Brooks'un sibernetik istek listesinde.



Mikromakine mühendisleri, bu tatarcık büyüklüğünde robotları üretebilmenin yollarını araştırıyorlar (Büyütmeye 250 defa).

Gnat robotların becerileri bununla da kalmıyor. Bu küçük aletler, uzay istasyonlarının korunmasında görev alabileceği gibi, herhangi bir uydunun için öncü keşif kolu olarak veya gezegen keşifleri için insansız uzay aracı olarak da kullanılabilirler.

Bütün bunlar sadece bilim kurgudan mı ibaret? Flynn, Brooks ve Kaliforniya Üniversitesi'nde ve Bell Laboratuvarları'nda çalışmalarını sürdüren diğer mikromakine mühendisleri için durum böyle değil. Şu an bir saç teli kesiti içine sığabilecek boyutta silikon dişliler yapabilen birileri için, bu robotların gerçekleştirilmesi pek uzak olmasa gerek.

OMNI'den çev.: Abdullah KAYA

Kütlesi güneş kütlesinin 3,2 katından daha büyük olan, nükleer yakıtını tüketmiş bir yıldız, teoriye göre, sürekli şekilde gravitasyonel çökme haline geçer. Yarıçap küçülürken, yoğunluğu da gitgide artar. Yarıçap, Schwarzschild yarıçapı adı verilen ve $R = ZGM/c^2$ bağıntısıyla verilen değer altına düşünce, relativite teorisine göre artık bu sistemden dışarıya hiçbir şey, hatta ışık bile çıkamaz. Kütlesi bu yarıçapın içinde kalan cisimlere **karadelik** denir. Buna karşılık dışarıdan gelen madde ve ışık, çekilerek karadelik içine düşer. Karadelik içine düşen her şeyin, bütün özelliklerini kaybedeceği, sadece kütle, elektron yükü ve açısal momentumun korunacağı gösterilmiştir.

Peki hiç gözlenmiş karadelik var mıdır?

1962'de keşfedilmiş olan X ışını kaynağı CYGNUS (KUĞU) X-1'in, 1970'de UHURU Uydusu'na yerleştirilmiş aletlerle yapılan gözlem sonuçları ve daha sonraki gözlemler, bunun bir karadelik olabileceğini göstermektedir. Yazımızı karadeliklerin boyutlarına ilişkin şu basit hesaplarla bitirelim.

Kütlesi güneş kütlesinin 10^6 katı olan bir yıldız termonükleer yakıtını bitirip sürekli, sınırsız gravitasyonel çökmeye başlarsa, bunun yarıçapı 30 km'ye indiğinde yüzeyinden bir taneciğin kaçması için gerekli hız 300 bin km/sn = ışık hızı olur. Yani böyle bir cisimden parçacığın kaçması için ışık hızı ile fırlaması gerekir.

