

Kaybolan Yıldızın Esrarı... Sanduleak -69°202

23 Şubat 1987 günü, daha önce hiç kimsenin ilgisini çekmemiş olan ve Sanduleak -69°202 olarak adlandırılan bir yıldız, birden bire, son üç yüz yılda görülmüş en belirgin süpernova olarak parladı. Süpernova 1987A (SN 1987A) bugüne kadar, modern teleskoplarla gözlenen en yakın süpernovaydı ve astronomlara eşî görülmemiş bir şekilde bir yıldızın ölümünü izlemelerine olanak tanırken; aynı zamanda, onlara süpernova patlamalarının klasik teorisinin doğruluğunu dramatik bir şekilde gösterdi. Ortada sadece bir sorun var: SN1987A'da dokuz yıldır bir şeyler eksik.

KLASİK TEORİYE GÖRE, bu patlamadan sonra, Sanduleak'ın yerinde bir nötron yıldızı olmalıydı. Nötron yıldızları, ölü bir yıldızın küllerinden oluşmuş, çok yoğun bir şekilde sıkışmış oldukları için sadece nötronları içeren çok yoğun cisimlerdir. Yaklaşık 16 km çapındaki bir nötron yıldızı, Güneş'in kütlesi kadar maddeyi içerebiliyor. Fizikçiler de bu cisimlerin nasıl davrandıklarını tam anlamıyla bilmiyorlar. Nötron yıldızları, kendilerini genellikle, birer atarca (pulsar) olarak gösteriyorlar. Atarcaları, kozmik deniz fenerlerine benzetebiliriz; dönen nötron yıldızının yaydığı yoğun radyo dalgaları, eğer bizim bakış doğrultumuzdan geçiyorsa, onları atmalar olarak görürüz. Ancak, SN 1987A'da henüz bir nötron yıldızına rastlanmadı.

Klasik teoriye alternatif bir teori ise, Sanduleak'ın bir nötron yıldızı olmak yerine, bir karadelik olabileceği. Ancak, astronomlar buna pek sıcak bakmıyorlar.



Magellan Bulutsusu'nda yer alan ve Sanduleak -69°202 olarak adlandırılan bir yıldız 1987 yılında bir süpernova olarak patlayana dek (sağdaki fotoğraf), yıldızın bulunduğu bölge oldukça sakin bir yerdî (soldaki fotoğraf).



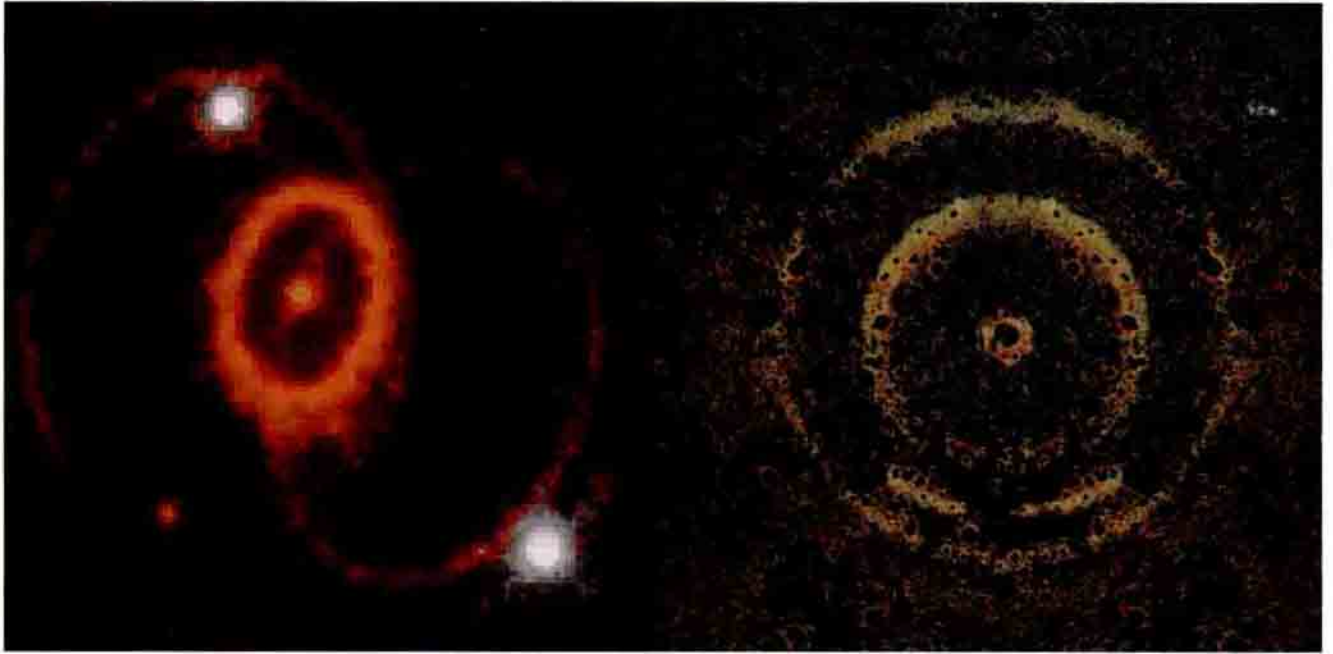
Çünkü, Sanduleak bir karadelik olmak için yeterli kütleyle sahip değil. Bunun yanında, karadelikler, süpernovalar da dahil olmak üzere yakınlarındaki herşeyi yutarlar. Eğer, şu anda bir zamanlar Sanduleak'ın bulunduğu yerde bir karadelik yer alsaydı, süpernovayı görmemiz mümkün olmazdı. Oysa bugün patlamanın kalıntıları hala silik bir şekilde görülebiliyor.

Alışılmış düşünce, astronomların neden bir şey göremediğini açıklayamadığına göre, yeni bir takım fikirler üretmek gerekiyor. Bu tip fikirler ise, genellikle, eski problemlere yeni bir görüş açısıyla bakabilen, genç araştırmacılardan çıkar. Ancak, şaşırtıcı olarak, bu sefer bu konudaki açıklamalar astronominin en kıdemli bilim adamlarından geldi.

Hans Bethe ve Gerry Brown, fizik araştırmalarında toplam 120 yıl deneyime sahipler. Bethe, 1967 yılında, yıldızlardaki nükleer reaksiyonlar üzerine oluşturduğu bir teoriyle Nobel ödülü almış bir

bilim adamı. Şu anda 90 yaşında ve New York Ithaca'da Cornell Üniversitesi'nde fizik profesörü. Brown ise 70 yaşında ve New York Eyalet Üniversitesi'nde fizik profesörü. Brown, bir anısını şöyle anlatıyor: "Birkaç yıl önce bir konferansa katılmıştık. Birisi benim ilk makalemi oradaki konuşmacıların çoğu henüz doğmadan önce yayımlanmış olduğumu, Hans'ın ise henüz ben doğmadan önce yayınladığını belirtti." Geçmişteki tecrübelerine ve biraz da elde edilen yeni verilere dayanarak, Brown ve Bethe, SN 1987A bilmeceğine basit bir çözüm önerdiler. Eğer bu önerilerinde haklılarsa, nötron yıldızlarının fiziği yeniden yazılmış olacak demektir.

Brown ve Bethe, SN 1987A'daki sorunun o kadar da anormal olmadığını düşünüyorlar ve bilinen süpernova kalıntılarının yaklaşık yarısında nötron yıldızlarının gözlenmediğini belirtiyorlar. Peki eğer bu kadar çok süpernova kalıntısında nötron yıldızlarının varlığına dair hiçbir



Süpernova patlamasından kaynaklanan yoğun ışınım, SN1987A'nın etrafındaki gaz bulutunun bir halka şeklinde genişlemesine ve parlamasına neden oluyor. Yukarıdaki görüntüler, patlamadan iki yıl sonra bir Avusturya teleskobundan (sağda) ve önceki yıl Hubble Uzay Teleskobu'ndan (solda) alınmıştır.

kanıt bulunamıyorsa, bunun sebebi ne olabilir? Brown ve Bethe'ye göre, bu sorunun cevabı, klasik teorisinin önerdiğinden çok daha farklı olarak meydana gelmiş, SN 1987A'nın merkezindeki küçük bir karadelik varlığıdır.

Dışardan bakıldığında, Sanduleak'ın davranışları, ölmekte olan ve Güneş'in 20 katı kütleye sahip sıradan bir yıldızdan ne beklenirse onu gösteriyordu. Çekirdekindeki nükleer füzyonu sağlayan yakıtın tükenmesiyle birlikte kendi kütlesiyle çökmeye başladı ve silikon, karbon, oksijen ile birlikte diğer ağır elementlerden oluşan çekirdek, önceden olduğundan çok daha küçük bir hacme sıkıştı. Sıkışmanın etkisiyle, protonlar ve elektronlar birleşerek nötronlara dönüştü ve büyük bir çekirdek halindeki proton nötron yıldızı ortaya çıktı.

Çekirdek sıkışmaya devam ettikçe, bir atom çekirdeğinden 10 kat daha yoğun hale geldi; bu suyun yoğunluğundan yaklaşık 10 000 trilyon kere daha fazla bir yoğunluktur. (Brown, Hans'ın bunu nasıl hesapladığını bilmediğini; ancak, bu yoğunluktaki maddenin bir çay kaşığı miktarının Manhattan'daki bütün binalar kadar ağırlığa sahip olduğunu söylüyor.) Yıldızın çekirdeği, bir kere bu kritik yoğunluğa ulaştığında, güçlü nükleer kuvvet (bu, protonları ve nötronları atom çekirdeğinde bir arada tutan kuvvettir) bir araya gelen nötronların daha fazla sıkışmasını engeller ve yıldızın çekirdeğinin çökmesi bir anda durur. Bu aşamada, yıldızın

çekirdeği, yoğun bir lastik top gibi davranır. Onu ne kadar güçlü sıkarsanız, o da size o kadar tepki verir. Yıldızın dış katmanlarını oluşturan hidrojen ve helyum gazları, bu güçlü itici kuvveti aşarak çekirdeğin içine girebilecek kadar büyük kütleye sahip olmadıklarından, çekirdeğe çarparak, çok büyük hızlarla uzaya fırlatılırlar. İşte gerçekleşen süpernova olayı budur.

Bu aşamadan sonra, Sanduleak'tan geriye kalan yıldıza neler olduğu konusunda bazı anlaşmazlıklar var. Çekirdek,



1987'deki süpernovanın aksine, yaklaşık 900 yaşında olan Yengeç Bulutsusu'nun merkezinde bir nötron yıldızı yer alıyor.

bir nötron yıldızı olarak kalmış olabilir; ancak, bunu görmek mümkün değil.

Kozmik bir lastik topa dönüşmek yerine, çekirdek çökmeye devam ederek, karadelik olmuş olabilir. Bunun için klasik teoriye göre, dış katmanlardan çekirdeğe düşen maddenin, yaratabildiği güçlü nükleer kuvvetin çok üstünde bir güce erişmesi gerekirdi.

Brown ve Bethe, üçüncü bir fikir sunuyorlar: Kozmik "lastiğin", çoğu astrofizikçinin tahminlerinden çok daha "yumuşak" olabileceğini düşünüyorlar. Bu "sertlik" ya da "yumuşaklık" için astrofizikçiler, "durum denklemi" terimini kullanıyorlar. California Üniversitesi'nden bir süpernova uzmanı Stan Woosley, daha "yumuşak" bir durum denklemi, bir şeyi sıkıştırdığınızda, onun aynı sertlikte karşılık vermediği anlamına geldiğini söylüyor. Bir diğer deyişle, yumuşak bir durum denklemi, Sanduleak gibi, büyük kütleli sayılabilecek bir yıldızın, çökme aşamasında, güçlü nükleer kuvvetlerin üstesinden gelebileceği ve bir karadelik olabileceği anlamına geliyor.

Brown ve Bethe, olayın gözlemsel yanından çok teorik yanıyla ilgileniyorlar. Fikirleri, en temel seviyede, doğanın nasıl davrandığına dair sezgilerinden ortaya çıkıyor. Denklemleri çözmek dışında, bu da teorik bilimle uğraşanlar için oldukça önemli bir özelliktir. Bu önseziyi teoriye dökmek için, Brown ve Bethe, durum denklemini yumuşatan bir takım fiziksel mekanizmalara ihtiyaç duydular.



Çökmekte olan bir yıldızın bu canlandırmasında, nötron bakımından zengin olan madde (kırmızı renkle gösterilen) büyük bir hacim kaplar. Ancak çok kısa bir süre sonra madde çökerek proto-nötron yıldızını oluşturur.

Aynı zamanda SN 1987A'da bir karadeliğin oluştuğu yönündeki iddialarını gizleyen diğer bir can sıkıcı gözlemi açıklamak gereği duydular: Süpernova patlaması sırasında, bilim adamları, yaklaşık 10 saniye boyunca, Sanduleak'tan kaynaklanan nötrino fışkırması tespit ettiler. Nötrinolar, çok küçük kütleli atomaltı parçacıklardır. Yıldızın çekirdeğinin sıkışması sırasında, protonlar ve elektronlar nötronlara dönüşürken, çok büyük miktarlarda nötrino ortaya çıkar. Yok denebilecek kadar küçük kütleyle sahip olmalarından dolayı, nötron yıldızının yoğun kütleçekiminden kolaylıkla kaçabilirler; ancak, bir karadeliğinkinden değil. Ston Woosley, "Bir karadeliğin, bütün nötrinoları yutardı" diyor. "Eğer SN 1987A'nın içerisinde bir karadeliğin oluşuyor olsaydı, herhalde, en azından 10 saniye boyunca, nötrinoların kaçmasını beklerdi". Brown ve Bethe, bu fikrin işe yaradığını göstermek için, bir nötron yıldızını "yumuşatabilecek"; ancak, bunu yapmadan önce yaklaşık 10 saniye bekleyebilecek maddenin bilinmeyen yapısı hakkında bir takım ip uçları yakalamak durumundaydılar.

Her ocak ayında, Brown ve Bethe Pasadena'da buluşurlar ve yaklaşık bir aylarını süpernovalar ve nükleer fizikle ilgili problemler üzerinde çalışarak geçirirler. İki fizikçi bu "yumuşak" nötron yıldızları üzerinde çalışmaya 1993 yılında başladılar. Bir akşam üzeri, üniversite kampüsü içerisindeki tepelerde dolaşırken, Brown'un aklına mükemmel bir fikir geldi. Bu fikir, onların SN 1987A üzerinde yaptıkları çalışmalarda önemli bir basamak oldu. Washington Üniversitesi'nden karı-koca iki fizikçi David Kaplan ve Ann Nelson, kaon yoğunlaşmasıyla ilgili bir teori üretmişlerdi. Brown, bunu Bethe'ye söylediğinde, Bethe, bunun çökmekte olan bir yıldızda nasıl işleyeceğini hemen kavradı. Kaplan ve Nelson'un teorileri atomaltı geçişleri zincirinin, bir nötron yıldızının içerisinde nasıl gerçekleşebileceğini açıklıyordu. Fikir, kararlı kişiliğe sahip olmayan parçacıkların, yeterli enerji verildiğinde, çabucak bir başka parçacığa dönüşebilmeleri kuantum mekaniksel olgusuna dayanıyor.

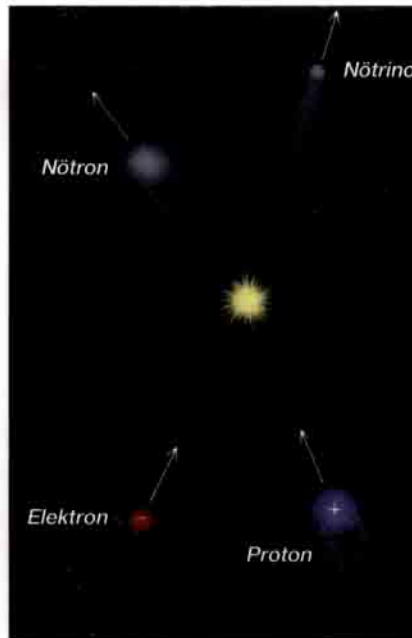
Kaplan'a göre, bu fikir, sıradan maddenin, bir nötron yıldızının yoğunluğuna getirildiği sırada elektronların, kaon olarak adlandırılan bir çeşit parçacıklara dönüştüğüydi.

Kaonlar, birçok alışılmadık özellikler gösteren, egzotik ve çok ağır parçacıklardır. Bu özelliklerden, Brown ve Bethe'nin ilgisini çeken iki ya da daha çok kaonun aynı zamanda aynı enerji seviyesinde bulunabilmeleridir. Bu, kaonların, fizikçilerin dilinde, dışlama ilkesi olarak bilinen kuantum yasasına uymadıkları anlamına geliyor. Oysa, elektronlar bu yasaya uyarlar; ne kadar elektronu bir araya getirirseniz, onlar daha yüksek enerji seviyelerine geçerler. Bu nedenle, çökmekte olan bir yıldızın çekirdeğinde, aynı yeri işgal eden ne kadar çok elektrona sahipseniz, onlar, çekirdeğin üzerine düşen gaza o kadar çok direnç göstereceklerdir; bu da çekirdeğin daha "sert" olmasına neden olacaktır. Buna karşın, kaonlar, çekirdekte barışçıl bir şekilde en düşük enerji seviyelerini paylaşarak düşen maddeye hemen hemen hiç direnç göstermezler. Gerçekte, bir Bose-Einstein yoğunlaşması (maddenin çoktan beri bilinen, ancak geçen yıl laboratuvarında gerçekleştirilen bir durumu) yaratırlar. Kaonlarla ilgili ilginç olgu ise "sıfır" sıcaklığa sahip olmaları ve bu yüzden de, bir nötron yıldızını taşıyamadıklarıdır. Çekirdek, bu durumda yumuşak olmalıdır.

Elektron gibi çok hafif bir parçacığın nasıl olup da kaon gibi çok, ağır bir parçacığa dönüştüğü merak konusu olabilir. Fizikçilere göre, Kaplan ve Nelson'un önerileri, köpeğinizin birden bire posta-cınıza dönüşmesi kadar şaşırtıcı bir olay. Çok hafif bir cismi, çok ağır bir cisme dönüştürmek, çok miktarda enerji gerektirir. Fakat bu olay nasıl gerçekleşiyor? Kaplan ve Nelson cevabı, Einstein'ın ünlü mirası, enerji ve kütleinin birbirine çevrilebilir oluşuydu.

Eğer, kütle ve enerjiyi banka hesabı olarak düşünürsek, elektronun çok fakir ve ağır olan kaon'un çok zengin olduğunu söyleyebiliriz. Ancak, bu değer yargısı sadece Dünya'da geçerlidir. Bir nötron yıldızının çekirdeğinde, durum çok daha farklıdır. Yoğun nükleer maddenin içerisindeki kaon, yakınındaki nötronlara bir çekim kuvveti uygular. Bu çekim bir tür enerjidir. Bu durumda, kaonu oluşturmak için gereken enerji ilk aşamada azaltılmış olur ve olayın gerçekleşmesi mümkün hale gelir. Eğer, elektronların daha hafif kaonlara dönüşebilmesi için potansiyel varsa, bu da gerçekleşebilir. Bir nötron yıldızının içinde, çekirdeğin derinliklerinde kaonlar daha hafiftir. Yani, elektronlar çok daha kolay dönüşebilirler.

Kaonlar, Dünya'da parçacık ivmelendiricilerinde yalnızca saniyenin 10 milyarda biri süresince yaratılabiliyorlar;



Elektron ve protonun çarpışması, bir nötron ve nötrinonun ortaya çıkmasına neden olabilir. Elektron ve proton eşit ve zıt elektrik yüklerine sahip oldukları için, ortaya çıkan nötron ve nötrino yüksüz olur.

fakat, bir nötron yıldızının içerisindeki kaonlar, nötronların oluşturduğu kuvvetli çekim nedeniyle sürekli kalabiliyorlar.

Kaplan, "Kaon Dünya'da o kadar kararsız bir parçacıktır ki, bu egzotik ve pek anlaşılamayan madde şeklinin nötron yıldızında en önemli rollerden birisini oynaması oldukça şaşırtıcıdır. Bir fizikçi için gerçekten zevk veren bir olaydır." diyor.

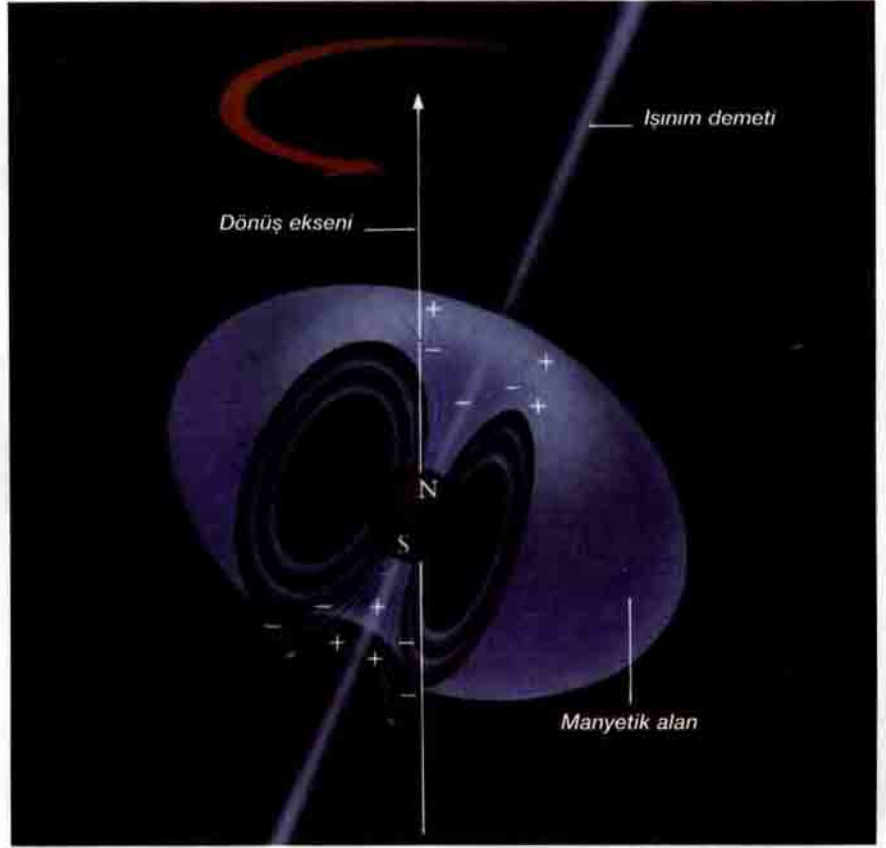
Brown ve Bethe, kaonların yoğunlaşma teorisinin, nötron yıldızlarının durum denklemini yumuşatacağını hemen kavradılar. Diğer arkadaşlarıyla birlikte iki fizikçi, bir nötron yıldızının bir karadeliğe dönüşebilmesinde bu kaonların nasıl bir rol oynayabileceği üzerinde detaylı çalışmaya başladılar. Teori, oldukça güçlü; aynı zamanda da şıktı. Ancak, SN 1987A'nın açıklanmasında hâlâ bir zamanlama sorunu vardı. Kaonlar oluşurken, hangi mekanizma nötronların 10 saniye boyunca kaçabilmelerine olanak tanıdı?

Sorunun cevabını nötrinolar dışlama ilkesine göre kendileri veriyorlar. Nötrinolar, ölmekte olan bir yıldız kaçınılmaz yan ürünleridir. Çekirdeğin sıkışması sırasında, protonlar ve elektronlar, çok hızlı bir kuantum mekaniksel değişime uğrayarak nötronlara dönüşürler. Aynı zamanda, kaonlara dönüşen elektronlar da nötrinoların ortaya çıkmasına neden olurlar; çekirdek kaon oluşmasına izin verecek kadar yoğunlaştığı zaman...

Bu sırada, nötron yıldızı aşırı miktardaki nötrinolar sayesinde bir krizle karşı karşıyadır. Nötrinolar, dışlama ilkesine uydukları için, bir nötron yıldızına sığabilecek miktar bellidir. Bir kere limit değere ulaşıldıktan sonra, nötrino üretimi durur. Aynı şekilde, nötrino üretmeden kaon oluşması mümkün olmadığı için, kaon oluşumu da durur. Yani, yeni nötrinolar için yer açılmadığı sürece, yeni kaonların oluşması mümkün değildir.

Bir kere, eski nötrinolar çekirdeği terk ettikleri zaman, elektronlar kaonlara dönüşürler ve kaonlar yoğunlaşırlar. Burada tek gerekli şey bu nötrinolardan kurtulmaktır.

Sıradan bir yıldızda, nötrinolar maddenin içerisinde geçebilirler; ancak, yoğun çekirdekte merkezden dışarıya doğru yollarını bulmaları yavaş ve zor olur. Tucson Üniversitesi'nden bir süpernova uzmanı Adam Burrows, nötrinoların genç bir nötron yıldızından dışarı çıkmaları için gereken zamanı hesaplamıştı.



Dönmekte olan bir nötron yıldızı, etrafında yoğun bir manyetik alan yaratır. Kutuplarda ivmelenen yüklü parçacıklar, kutuplardan dışarıya güçlü bir ışınımın fıskırmasına neden olur. Eğer, bu ışınım demeti, bir şekilde bizim bakış doğrultumuzda yer alırsa, yıldızı bir atarca olarak görürüz.

Brown, Burrows'un sonucunu kendi hesaplarında kullanarak, zamanı şaşırtıcı bir şekilde 10 saniye olarak hesapladılar. Yoldaki bu 10 saniyelik gecikme, Brown ve Bethe'nin SN 1987A'nın merkezinde neden bir karadeliğin olması gerektiğini açıklamalarına yardımcı oldu. Aynı zamanda, Brown ve Bethe, galaksimizde tahmin edilenden 50 kat daha fazla karadeliğin olması gerektiğini söylüyorlar.

Ancak bu konuda herkes tatmin olmuş görünmüyor. Stan Woosley, SN 1987A'da bir nötron yıldızının varlığına dair kanıt bulunamamasının, gerçekten onun olmadığı anlamına gelmediğini söylüyor ve orada henüz tespit edilememiş bir nötron yıldızının var olabileceği yargısında olduğunu ekliyor.

Brown, Bethe'yle birlikte tasarladıklarını hala spekülasyon olduğunu söylüyor. "Nükleer yoğunluktaki maddenin neye benzediğini kimse anlamış değil diyor ve biz burada bahsedilenden beş ya da on katı yoğunluklardan bahsediyoruz" diyor. Kimsenin, hatta kendilerinin bile, bu yoğunluklarla ilgili kendilerine inanmadığını söylüyor. İleri sürdükleri senaryoya göre, kaon yoğunlaşmasının oluşması, gerçekten nitel bir etkiye sahip.

Brown, tabii ki, mütevazî davranıyor. Bethe'yle birlikte ortaya attıkları nötron yıldızlarıyla ilgili teorileri, bazı kusurları olsa da, bu alandaki en bütün ve olabilecek teorilerden birisi. Bütün belirsizliklere rağmen, çalışmaları, nükleer fizik ve astrofizik arasında yeni başlayan ortaklığın ilk ürünü olabilir. Örneğin, ağır iyon çarpıştırıcısı olarak adlandırılan yeni makineler, şu anda parçacıklar dışında, çekirdekleri çarpıştırarak, fizikçilere nükleer yoğunluktaki madde ile ilgili yeni görüşler sunuyor. Brown, yeni bir döneme girildiğini söylüyor ve nükleer maddenin üç-dört katı yoğunluklarda neler olduğunu doğrudan doğruya görebileceklerini ekliyor. Bu bilgiler astrofizikçilerin, yıldız evriminin en uç aşamalarını anlamalarına yardımcı olacak.

Bethe, "Dr. Brown, beni 20 yıl önce süpernovaların içerisine sürükledi." diyor ve şöyle devam ediyor: "İşte şimdi 90 yaşındayım ve hâlâ onlar üzerinde çalışıyorum." Brown, yıllardan sonra bile daha çok etkilendiğini ve hâlâ tek isteğinin evreni keşfetmek olduğunu söylüyor.

Frank A. D'Amico, Aralık 1996
Çeviri: Alp Akoğlu