

Bir Novanın Doğumu ve Ölümü

V1974 Cygni



Son 17 yıl boyunca gözlenen en parlak nova, yaşamı boyunca birçok soruya yanıt getirdiği gibi, birçok soru işareti de uyandırdı. Şimdiye değin hiçbir nova böylesine çok sayıda astronom tarafından, böylesine çok araçla izlenmemiştir. 1992 yılı başlarında patladığından bu yana V1974 Cygni, ayrıntılı gözlemlerle birçok kez izlendi. Patlamanın ilk yılında, 20 yıl önce tahmin edildiği gibi, parlak gazlar fıskırdı çevreye. Ve ikinci yılında Cygni, beklenmedik bir şekilde ölüverdi. Şu an yürütülmekte olan çalışmaların amacı da, onun kısa yaşam sürecini ayrıntılarıyla anlayabilmek.

ONDOKUZ Şubat 1992 günü sabah erken saatlerde patlamayı ilk saptayan, Peter Collins adlı amatör bir astronom oldu. International Ultraviolet Explorer (IUE), Collins'in verdiği bilgilerden yola çıkarak gözlemeye başladığında, patlama "ateş topu" aşamasındaydı. Hem doğumu hem de ölümü gözlenen ilk novaydı Cygni. Nova'nın çekirdek bölgesinden gelen düşük enerjili x-ışınları 1993 sonlarında kesildi. Bu da, nükleer patlamaların sürmesini sağlayan yakıtın, artık tükendiği anlamına geliyordu.

V1974 Cygni, novalara ilişkin görüşlerin birçoğunu sağlamlaştırırken birçoğunun da yanlış olduğunu gösteriyordu. Patlama sırasında, bir kısmı yoğun düğümler ve ipiksi yapılar halinde, tahmin edilenden 10 kez daha fazla miktarda madde fıskırdı. Novanın çekirdeğinden yüzeye madde çıkmış olabilecek çalkantılı bir sürecin göstergesi olan düğümler, bu aşırı kütleli nedenini açıklamak konusunda bir ipucu sayılabilir.

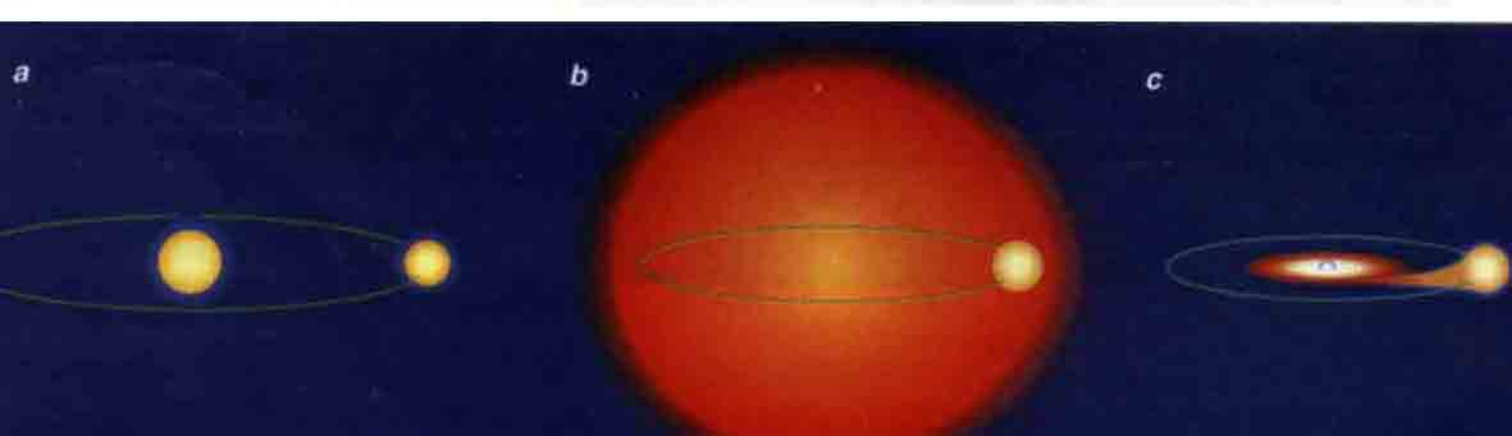
Astronomi dünyası için novaların nasıl oluştuğu konusunda birçok ayrıntıyı yeniden gözden geçirme vakti gelmiş de, mevcut görüş birçok yönüyle hâlâ geçerli.

1892... Patlaması sırasında gözlenen ilk nova T Aurigae oldu. Aslında, bunun bir patlama olduğunun anlaşılmasını sağlayan, spektrumunun diğer yıldızlara göre garip özellikler göstermesiydi. O zamandan beri bilim adamları, yılda bir ya da iki nova gözliyorlar. Ama çıplak gözle görülebilecek kadar parlak V1974 Cygni gibi bir novaya, belki on yılda bir rastlanabiliyor.

Yaklaşık 40 yıl önce, novaların nasıl oluştuğuna ilişkin görüş yavaş yavaş kesinleşmeye başlamıştı. O sıralarda Mount Wilson ve Palomar gözlemlerinde araştırma yapan Merle F. Walker, 1954 yılında, eski nova DQ Herculis'in (1934 yılında patlamış) birbiri çevresinde dönen iki yıldızdan oluşan bir sistem olduğunu keşfetti. İkili sistemlerde yıldızlardan biri, diğerinin önünden geçer. Bu sırada söz konusu süreyi esas alarak, iki yıldızın birbirleri çevresinde dönmesi için gerekli süre hesaplanabilir. DQ Herculis ikilisinde bu süre son derece kısaydı: 4 saat 39 dakika. Yıldızlardan biri de çok küçüktü; daha doğrusu bir beyaz cüceydi.

Yıldız evriminin son ürünü olan beyaz cüceler içine Güneş'in içerdiği kadar madde adeta tıkıştırılmıştır. Çün-

Nova sistemi, birbiri çevresinde dönen, ancak birbirinden çok ayrı konumda ikili bir yıldız sistemi ile başlar. Süreç şu şekilde gerçekleşir: a) Daha büyük kütleli yıldız daha hızlı evrim geçirerek kırmızı dev dönüşür ve küçük yıldız bir zarfla çevreler, b) yıldızlar, gazı göre açsal momentumlarını kaybeder ve gaz genişlettiçe birbirleri çevresinde sarmal şeklinde dönmeyi sürdürürler. Sonunda, tüm yakıtı tüketmiş olan kırmızı devin çekirdeğinden geriye kalan kısmın beyaz cüceye dönüşmüş olduğu, yakın, ikili bir sistem oluşur. Küçük kütleli yıldız, madde kaybetmekte ve öncelikle bir kütle aktarımı diski oluşturmaktadır, c) beyaz cücenin yüzeyine düşen madde, yüksek çekim alanı sıkışır. Sonra da nova patlaması olur ve d) beyaz cücenin, kütle aktarımı gerçekleşmiş maddelerinin çoğundan arınmasına yol açar, e) beyaz cüce, komşu yıldızdan kendisine yakıt aktarımı yapar ve c ile e arasında yer alan dalgular birçok kez yinelenir.



kütleleri Dünya'dan büyük değildir. Diğer eski novaların da, birbirlerine yakın konumda, birbirleri çevresinde dönen ikili yıldız sistemleri olduğunu gösteren, Robert P. Kraft oldu. Tüm bu novalarda yıldızlardan biri görece daha büyük ve evrim geçirmemişti; diğeri ise beyaz cüceydi. Peki, hiç nükleer yakıtı kalmamış olan ve kararlı bir arkadaş yıldızla birlikte dönmekte olan bir beyaz cüce, Güneş'ten 10 000 kez daha parlak bir patlamaya nasıl yol açabilir?

Belalı Arkadaşlık

Nova sistemi, birbirinden oldukça ayrı konumda bir ikili ile başlar. Yıldızlardan büyük olanı, çok daha hızlı evrim geçirir. İçerdiği hidrojen ve helyum, nükleer tepkimelerin CNO (karbon, nitrojen, oksijen) döngüsüyle füzyon yapar. Bu aşamanın sonunda yıldız, bir kırmızı deve dönüşür. Yüzeyi şişer ve küçük yıldız kendine çeker. Bu arada çekirdekindeki helyum füzyon yaparak karbon ve oksijene dönüşür.

İkisini de çevreleyen gazdan zarf içerisinde, yıldızlar birbirlerinin çevresinde dönmeye devam eder ve bu arada yörünge enerjileri ile gaza göre açılma momentumlarını kaybederler. Sonuçta gaz, sistemden dışarı atılır ve yıldızlar bir sarmal oluşturarak dönmeyi sürdürür. Sonra, küçük yıldızın üzerinden geçecek şekilde büyük yıldızdan yayılan madde yok olur. Bu "ortak zarf" safhasının sonunda, başlangıçta birbirinden uzak konumda bulunan yıldızlar yakın, ikili bir sistem oluşturmuş; tüm yakıtını tüketmiş olan büyük kütleli yıldız da, beyaz cüceye dönüşmüştür artık. Arkadaşıysa, görece hiç değişmemiştir.

Diyelim ki, bu yıldızlar başlangıçta birbirlerinden daha da uzak konumdaydı ve büyük kütleli yıldız, yaşamı-

na Güneş'in 12 katı bir kütleyle başlamıştı... Bu durumda diğer yıldız, füzyonla, merkezindeki karbonun daha fazlasını magnezyum ve neona dönüştürebilecektir. Sonunda, karbon ve oksijen değil (CO novası), bu daha ağır elementlerden oluşan ve ONeMg adını alan bir beyaz cüceye dönüşecektir.

Kraft, çok önemli bir şeyin daha farkına varmıştı. Arkadaş yıldız gaz kaybediyordu. Hidrojen bakımından zengin gaz, bir kütle aktarım diski çevresinde girdap oluşturarak döndükten sonra, beyaz cücenin yüzeyi üzerine düşer. 1972 yılında, dört kişiden oluşan bir araştırma grubu, kütle aktarımı gerçekleşmiş gazın, patlamayı nasıl başlattığını gösteren bilgisayar simülasyonları oluşturdu.

Beyaz cüce üzerindeki yoğun çekim nedeniyle, gaz yüzeye düşer düşmez yıldız üzerinde büyük bir basınç oluşur. Beyaz cücenin üzerinde toplanan gazın miktarı, Dünya'nın kütlelerinin 100 katını bulursa, alt tabakadaki yoğunluk da 10 000 gr/cm³'ü aşar (suyun yoğunluğu 1 gr/cm³'tür). Gaz sıkışmış halde olduğundan, sıcaklığı da birkaç milyon °K'e ulaşır. Gaz toplanması sürecinde çekirdekten gelen maddeler üst tabakalar ve içeriye çökmekte olan tabakalarla karışır ve dolayısıyla bileşimleri değişir.

Bu koşullar altında hidrojen çekirdekleri füzyon yaparak helyuma dönüşür ve normal yıldızları ayakta tutan CNO nükleer tepkimeleri sonucu enerji açığa çıkar. Madde öylesine ısınır ki, füzyon daha da hızlanarak sürer ve hidrojen bombasında olduğu gibi kaçak termonükleer tepkimeler oluşmasına yol açar.

Gaz normal olsaydı, hemen yayılıp soğuyacak ve füzyona da son verecekti. Ancak, beyaz cüce üzerindeki madde, kuantum me-

kaniğinde tanımlı, farklı bir şekilde davranır.

Madde öylesine sıkı-

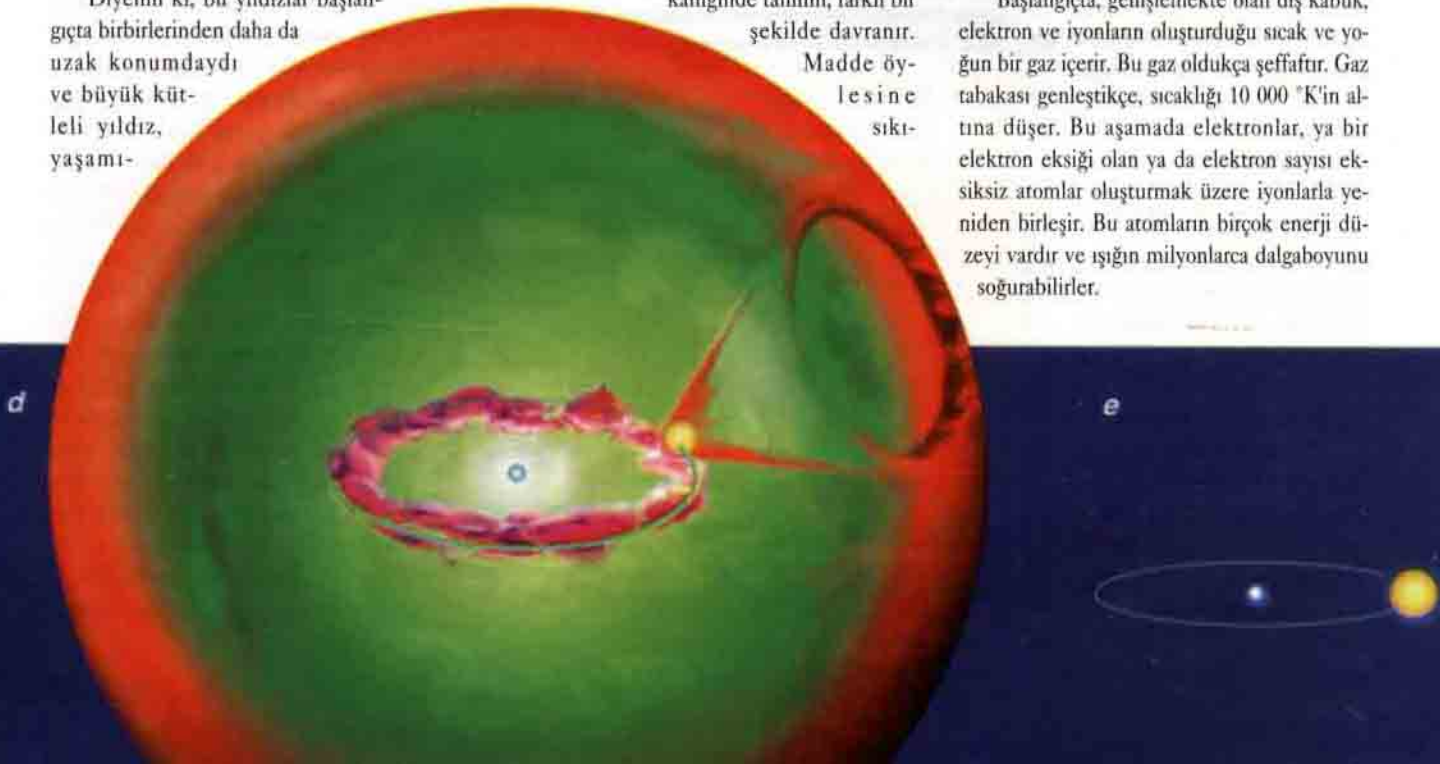
şık haldedir ki, birbirinin içine giremeyen elektronlar basıncın kaynağı haline gelir. Sıradan gazdan farklı olarak madde ısınır, ancak yayılıp soğuyamaz ve ışınım da ısının yeterince hızlı taşınmasını sağlayamaz.

Birbirine karışmış karbon ve oksijen, CNO döngüsünü katalize ederek füzyonu hızlandırır ve sonuçta bir patlamaya yol açar. Nükleer tepkimelerin oranı sıcaklığa çok duyarlıdır. Örneğin, sıcaklık 10 faktöründe bir artış gösterdiğinde, tepkimelerin hızı da 10¹⁶'dan 10¹⁸'e çıkar. Kütle aktarımı gerçekleşmiş tabakaların derininde sıcaklık 30 milyon °K'i aştığında, madde ters akıntı yaparak üstteki kuşaklarla karışmaya başlar. Karışan bölge, beraberinde ısı ve iç kısımdan çıkardığı çekirdekleri de taşıyarak yüzeye doğru büyür. Dakikalarla ifade edilebilecek bir süre içerisinde üst tabakalar patlar ve uzaya saçılır. Saçılan parçalar arasında, parlaklıkta müt-hiş bir artışa yol açan füzyon ürünleri ve cücenin çekirdeğinden gelen elementler de vardır.

Yanarak Parçalanma

Bir nova patlamasının ilk birkaç dakikası bugüne değin hiç gözlenemedi. Bilgisayarda yapılan simülasyonlara göre yüzey sıcaklığı bir milyon °K'i aşabilir ve sıcak gazlar da saniyede 5 000 km'ye de daha yüksek bir hızla savrulur. Hacmindeki ani artış nedeniyle gaz soğur. Büyük ölçüde x-ışınları şeklinde yaydığı ısıtım, birkaç saat içinde daha düşük enerjili morötesi ışınlara dönüşür. Aynı zamanda, gazın yüzey alanı artarak, nova soğudukça daha da parlak bir görünüm almasına neden olur. Böylelikle, görülmeye değer bir dönüşüm süreci yaşanır.

Başlangıçta, genişlemekte olan dış kabuk, elektron ve iyonların oluşturduğu sıcak ve yoğun bir gaz içerir. Bu gaz oldukça şeffaftır. Gaz tabakası genleştikçe, sıcaklığı 10 000 °K'in altına düşer. Bu aşamada elektronlar, ya bir elektron eksikliği olan ya da elektron sayısı eksiksiz atomlar oluşturmak üzere iyonlarla yeniden birleşir. Bu atomların birçok enerji düzeyi vardır ve ışığın milyonlarca dalgaboyunu soğurabilirler.





Nevada test alanında, atom bombası patlamasının bir saniye sonrasında yayılan dalgalar. Bu yapı, novadan yayılan ateş topu dalgalarına oldukça benziyor. 1950'lere ait bu fotoğraf, 30 km uzağa yerleştirilmiş otomatik aletlerle alınmış.

Soğurma yetisi bakımından en önemli elementler, atom numarası 26 dolayında olanlardır. Bu elementlerin soğurabildiği ışık spektrumu, son derece karmaşıktır. Bu iyon ve atomlar, bu fazda enerjinin çoğunun yayıldığı morötesinde ışınım yapan enerjinin büyük bir kısmını bloke ederler. Demir perde olarak adlandırılan fazda, perdenin soğurduğu enerji, daha uzun dalgalı boylarında yeniden yayılır.

V1974 Cygni'nin ilk gözlemlerinde, demir perde fazı oldukça belirgindi. Gözlem sırasında kullanılan IUE uydusuyla novanın morötesi parlaklığında hafif bir düşüş olduğu ve optik parlaklığının arttığı belirlendi. Astronomik değişimler, ancak milyarlarca yıllık bir süreçte gözlenebilir. Evrimi, böylesine kısa bir zaman ölçeğinde gözleyebilmek ise, çok ender rastlanır bir durumdur.

İlk gözlemden sonraki iki gün boyunca morötesi ışınım, asıl değerinin yüzde 3 kadar altına düştü. Bu arada novanın optik parlaklığı da gitgide artış gösteriyordu. Görsel parlaklık tepe noktasına ulaşır ulaşmaz morötesi ışınım en alt düzeye ulaştı ve tekrar yükselmeye başladı.

Durumun normale dönmesi, iyonizasyonda ikinci bir değişim olmasına bağlıdır. Gaz genişlettiçe, yoğunluğu düşer. Bu durumda, demir grubu elementler tekrar iyonize olur ve dolayısıyla

şeffaflaşır. Işınım artık iç kısımda yer almakta, iyonizasyonu ve şeffaflığı da artırmaktadır. Böylelikle demir perde kalkar ve sıcak alt tabakalardan gelen morötesi ışık, dış tabakalara nüfuz eder. V1974 novasında bu aşamalardan sonra, morötesi parlaklık iki ay içinde başlangıçtaki değerine ulaşmıştı.

Bu sırada, morötesi parlaklık arttıkça, novanın gözlenen parlaklığı da azalıyordu. Yine

de, yıldızın toplam (bolometrik) parlaklığı değişmemişti. 1972'de yapılan simülasyonlarda öngörülen bu "sabit bolometrik parlaklık" fazı, V1974 Cygni'nin detaylı gözlemleri sonucunda doğrulanmış oldu.

Tepe noktasına ulaşmış ışınımın daha kısa dalgalı boylarına doğru devinmeyi sürdüreceğini tahmin eden Goddard Uzay Uçuşları Merkezi (Goddard Space Flight Center), o sıralarda Neptün yörüngesinde dönmekte olan Voyager 2'nin, V1974 Cygni'nin spektrumlarını ölçmesini istedi. 27 Nisan 1992'de, Voyager 2, novayı saptadı. Cygni'nin bu dalgalı boyu aralığındaki parlaklığı, gözlem boyunca artmaya devam etti.

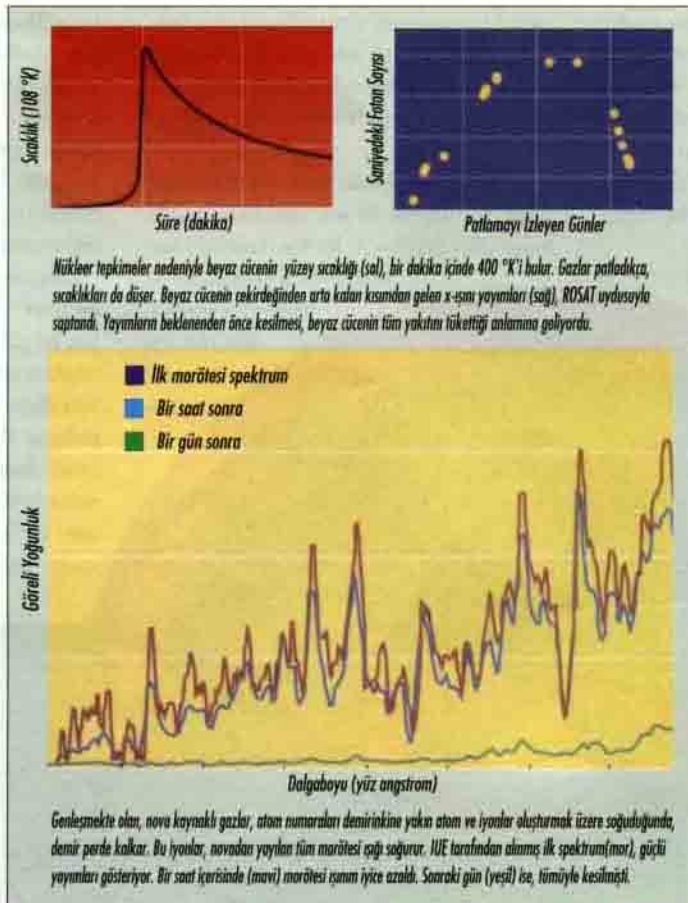
22 Nisan 1992'de, ROSAT uydusuyla yapılan gözlemlerde, x-ışını spektrumunun çok zayıf olmasına karşın, çok yüksek enerjili fotonlar içerdiği görüldü. (En yüksek enerjili fotonların kaynağı henüz bilinmiyor). Sonraki yıl boyunca V1974 Cygni'nin x-ışını parlaklığı, düşük enerji düzeylerinde olmak üzere, düzenli olarak artış gösterdi.

Uzmanlar, başlangıçta yeni bir x-ışını kaynağı keşfettiklerini sanmışlardı. Oysa, sıcak beyaz cücenin önünde, çevreye saçılmış gazların oluşturduğu bir zarf bulunduğundan, yarılsama olmuştu. Üç ay içinde nova, gökyüzündeki düşük enerjili x-ışını kaynaklarının en parlak haline geldi.

SSS denen türden x-ışını kaynakları, onyıllar boyunca etkinliğini sürdürür. Ama Cygni, 1993 yazında beklenmedik bir şekilde sönmeye başladı ve aynı yılın Aralık ayında, ROSAT uydusuyla bile görülemez hale geldi.

Neyse ki IUE uydusuyla nova hâlâ saptanabiliyordu. Yapılan gözlemlerde yüksek derecede iyonize nitrojenin azalmakta olduğu anlaşıldı. Demek ki iyonlar, daha az iyonize atomlar oluşturmak üzere elektronlarla tekrar birleşiyordu. Üstelik dört elektronu eksik iyonlar, üç elektronu eksik olanlara göre, birleşme işlemini daha hızlı gerçekleştiriyordu. Nitrojeni elektronlarından arındıran yoğun ışınım da gitgide yok oluyordu. Ortamda x-ışını da kalmamıştı artık. Bu durumun tek bir anlamı olabilirdi: Beyaz cüce tüm yakıtını tüketmiş, yüzeyindeki nükleer füzyon da durmuştu.

Nova patlaması yaklaşık 18 ay sürdü. Bir novanın yaşam sü-



resi, ona ev sahipliği yapan beyaz cücenin külesine bağlıdır. Büyük kütleli bir beyaz cüce, birikmiş gazları daha yoğun bir şekilde sıkıştırır. Bu durumda füzyon daha erken bir safhada başlayarak yakıtın hızla tükenmesine neden olur. Dolayısıyla da novanın ömrü kısalmır. Ayrıca patlama sırasında, küçük kütleli bir beyaz cüceye göre çok daha az miktarda madde fıskırır. V1974 Cygni'nin kısa ömürlü olması, külesinin Güneş'ten 20-30 kez daha büyük olduğunu gösteriyordu. Patlama sırasında fıskıran madde miktarı ise, Güneş'in külesinin 10^{31} 'i kadardı. Ne var ki gözlemlerin sonucu, bu rakamın 10 kat fazlasını veriyordu...

Bazı İpuçları

Bu çelişkili durumun açıklanabilmesi için düğümlerin incelenmesi gerekiyordu. 7 Eylül 1992'de yapılan gözleme göre, yayım hatları, gazın iki aşamada fıskırıldığını gösteriyordu. Ortamda, daha yoğun, daha yavaş devinen kümeler halinde fıskırıtılan yüksek hızlı gazlar vardı.

IUE'den alınmış önceki veriler yeniden değerlendirildi ve düğümlerin, demir perde yok olduktan hemen sonra alınan spektrumlarında da görüldüğü anlaşıldı. Bu yapılar, patlama sırasında oluşmuştu. 1 Nisan 1993'te yapılan gözlemede, daha önce saptanmış olan kümelerin aynı hızlarda devinmeyi sürdürdüğü anlaşıldı. Daha hızlı devinen madde, ortamdan büyük ölçüde gitmişti.

Aralık 1992'de Very Large Array (Çok Geniş Dizilim) adı verilen radyo teleskopla yapılan gözlem sonucu, dış kabuğun uzamsal yapısının çözülmüş olduğu anlaşıldı. Teleskopla alınan, genişleyen maddeye ait görüntüler, düğümlerle ilgili analizin sonuçlarını da doğruluyordu.

İlk kez olarak bir nova patlamasının sonrası, bu kadar erken bir aşamada görüntülenebilmişti. Düğümler, fıskırılmış maddenin içinde yer alıyor gibiydi. Geriye, bu duruma neyin neden olduğunu ve fıskırılmış maddenin içinde neler bulunduğunu belirlemek kalıyordu.

Maddenin kompozisyonuna ilişkin ilk veriler, 1 Nisan 1992'de, demir perde, ardında karbon, nitrojen, oksijen ve diğer bol bulunan elementlerden gelen parlak bir yayım hattı ile yoğun bir spektrum bırakarak kalktığında sağlandı. Daha önce bu türden yayım hatlarına yalnızca ONeMg beyaz cücelerinde rastlanmıştı. V1974 Cygni'nin de bu sınıfa dahil olduğu düşünüldü.

1993 sonbaharında gaz tabakası yeterince incelendiğinde, optik ve morötesi spektrumlar kullanılarak, nova kalıntısında ağırlıklı olarak bulunan maddeler saptanmaya çalışıldı. (Gazın yoğun

Belirsizlikler Sürüyor...

Açıklama getirilememiş bir başka gizem de, patlama sırasında birleşen elementlerle ilgili. Yapılan araştırmalara göre, bir sodyum izotopu olan "22" kütle numaralı ^{22}Na 'nın, bir ONeMg novasında üretilmiş olması gerekir. Farklı türden bir gama-ışını yayım örüntüsü olan bu izotop, radyoaktiftir.

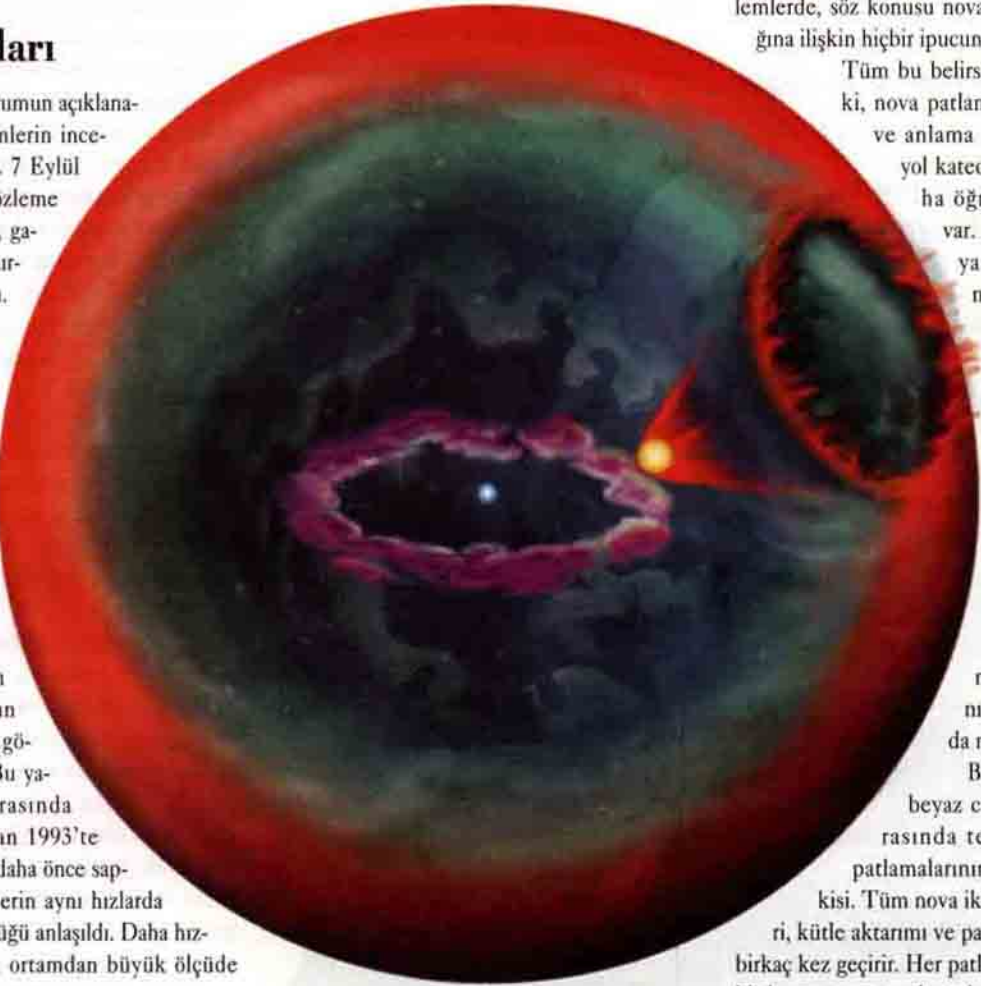
Hesaplamalar, V1974 Cygni'nin de büyük miktarda ^{22}Na içermesi gerektiğini gösteriyordu. Oysa Eylül 1993'te yapılan gözlemlerde, söz konusu novada ^{22}Na 'nın varlığına ilişkin hiçbir ipucuna rastlanamamıştı.

Tüm bu belirsizlikler gösteriyor ki, nova patlamalarını araştırma ve anlama konusunda epey yol katedilmiş olsa da, daha öğrenecek çok şey var. Aslında, patlamaya yol açan termonükleer tepkimeler yeterince kavranmış durumda. Belirsizliğe neden olansa, dinamik konusunda yetersiz olunması. Dış kabuk ve çekirdek, madde kütle aktarımı olduğu sırada mı yoksa patlamanın son aşamalarında mı karışıyor?

Bir diğer gizem de, beyaz cücenin evrimi sırasında tekrarlanan nova patlamalarının uzun vadeli etkisi. Tüm nova ikili yıldız sistemleri, kütle aktarımı ve patlama döngülerini birkaç kez geçirir. Her patlamada çekirdeğin bir kısmı uzaya saçılırsa, beyaz cücenin külesi de, tekrarlanan patlamalar sonucu gittikçe azalır. Bu durumda yıldızın külesi sonunda iyice küçülür mü, yoksa daha fazla patlama olmasını engelleyen bir şey mi vardır?

Kalıntılarının parlaklığı ve yavaş ilerleyen evrim süreci nedeniyle V1974 Cygni, 21. yüzyıla kadar rahatlıkla izlenebilecek. Önemli olan, uyandırdığı sorulara bu süreçte yanıt getirilebilmesi...

Shore, Steven N.; Starrfield, Sumner
Scientific American Ocak 1995
Çeviri: Miyase Göktepel



olduğu safhada atomlar birbirleriyle çarpışarak spektrumları karmaşıktırdığından, gerekli gözlemler yapılamıyordu. Kalıntıların, yıldız oluşturan birincil maddeye oranla 30 kez daha fazla miktarda oksijen, neon, nitrojen ve alüminyum içerdiği anlaşıldı. Bu kompozisyon, diğer ONeMg novalarınınkinden benzer bir yapı sergiliyordu. Modellerde göz önüne alınmamış bir olasılık, dış kabuk ve çekirdeğin çalkantılı bir süreç içinde birlikte devinerek düğümleri oluşturduğu ve sonuçta çekirdekten kopan büyük parçaların uzaya fırladığıydı.