

# YILDIZLARDA OLUŞAN NÜKLEER REAKSİYONLAR

Dr. Nilgün KIZILOĞLU\*

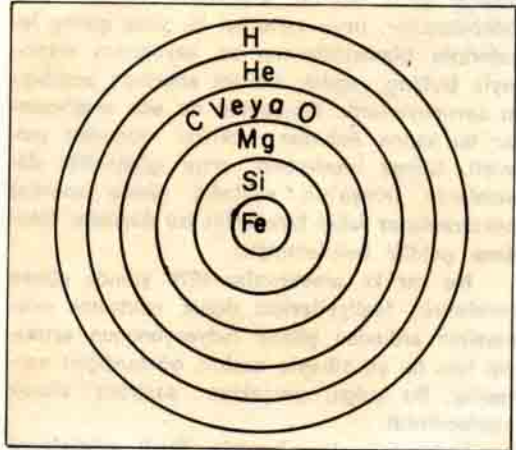
**B**üyük Patlama'dan sonra oluşan gökadalardan (Galaksilerin), element olarak ilk yıllarda sadece hidrojen ve helyum içerdikleri, dolayısıyla bu gökadalarda ilk oluşan yıldızların, hidrojen ve helyumdan meydana geldiği düşünülür; şöyle ki, bu yıldızlarda atom numarası 2'den büyük olan elementler ( $z > 2$ ) görülmez. Zaman ilerledikçe, yıldızların iç kısımlarındaki nükleer reaksiyonlar sonucu, ağır elementler oluşur ve yaşamını çabuk tamamlayan yıldızların patlamasıyla, bu ağır elementler gökadaya dağılır. Bu şekilde ortam, zamanla ağır elementler yönünden zenginleşmeye başlar. Böyle bir ortamda doğan yıldız, hidrojen ve helyumla birlikte bu elementleri de ( $z > 2$ ) içerir. Örneğin, Güneş'in 1 gramında bulunan kesirsel hidrojen, helyum ve ağır elementlerin miktarı, sırasıyla 0.760, 0.221 ve 0.019'dur.

Yıldızlardaki en önemli reaksiyonlar, hidrojenli helyuma dönüştüren reaksiyonlardır ki bunlar proton-proton (pp) çevrimi veya karbon-azot-oksijen (CNO) çevrimli olmak üzere, iki grupta toplanırlar. pp çevrimi üç kolda gelişir: ppl, pplI ve pplII, zincirleri. Birinci zincirde 2 proton ( $^1\text{H}$ ) birleşerek deteryum ( $^2\text{H}$ ), pozitron ( $e^+$ ) ve nötrino ( $\nu$ ) oluşturur. Deteryum, bir başka protonla birleşir ve bir helyum izotopu ( $^3\text{He}$ ),  $\gamma$ -ışınımı ile birlikte görülür.  $^3\text{He}$ , bir diğer  $^3\text{He}$  ile reaksiyona girebileceği gibi, helyumla ( $^4\text{He}$ ) da birleşebilir. 2 tane  $^3\text{He}$  birleşirse ppl zinciri tamamlanmış olur ve  $^4\text{He}$  meydana gelir. Aksi durumda  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$  ile reaksiyona girerse,  $\gamma$ -ışınımı ile birlikte berilyum ( $^7\text{Be}$ ) görülür.  $^7\text{Be}$ , bir elektron ( $e^-$ ) alarak lityuma ( $^7\text{Li}$ ) dönüştüğü gibi, bir proton alarak da borona ( $^8\text{B}$ ) dönüşebilir. İlk durumda  $^7\text{Li}$  bir proton yakalarsa,  $^8\text{Be}$  ve sonra  $^4\text{He}$  oluşur ve pplI zinciri sonuçlanır. İkinci durumda,

Çağımızın ilginç gökcisimleri olan nötron yıldızları ve kara delikler nasıl oluşuyor sorusuna aşağıda kısaca değinerek açıklık getirmeye çalışacağız.

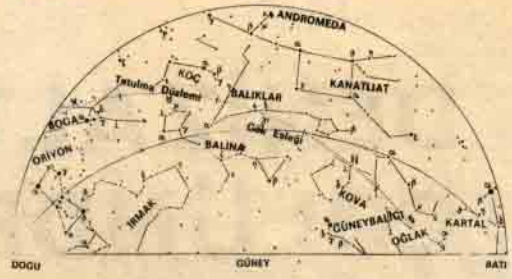
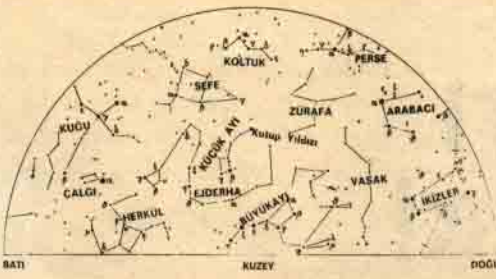
$^8\text{B}$  önce  $^8\text{Be}$ 'a, sonra  $^4\text{He}$ 'a dönüşür ve pplII zinciri de tamamlanmış olur. CNO çevriminde ise karbon ( $^{12}\text{C}$ ), azot ( $^{14}\text{N}$ ) ve oksijen ( $^{16}\text{O}$ ), hidrojeni helyuma çevirmede katalist olarak kullanılır. Şüphesiz ki, bir yıldız bu elementleri içermiyorsa CNO çevrimi olmaz. Bütün bu reaksiyonların oluşabilmesi için, yıldızın iç sıcaklığının en az  $1-2 \times 10^7$  °K olması gerekir. Şu anda, Güneş'teki hidrojenin % 55'i helyuma dönüşmüş bulunmaktadır. Bu da, en çok ppl ve pplI zincirleriyle sağlanmaktadır.

Yıldızın sıcaklığı  $5 \times 10^7$  °K'ı aşınca, hidrojenin yanmasıyla oluşan helyum da yanmaya başlar. 3 tane  $^4\text{He}$  çekirdeği birleşip  $^{12}\text{C}$  oluşturacağı gibi, bir  $^4\text{He}$  çekirdeği  $^{12}\text{C}$  veya  $^{14}\text{N}$  veya  $^{16}\text{O}$  ile birleşip sırasıyla  $^{16}\text{O}$  veya  $^{16}\text{F}$  veya  $^{20}\text{Ne}$  oluşturabilir. Böylece, merkezdeki helyum yanıp tükendikçe, oluşmuş olan  $^{12}\text{C}$ 'da yanmaya başlayacak ve değişik reaksiyonlar sonucu, bu defa yıldızın içinde, karbonun en kararlı ürünü olan magnezyum ( $^{24}\text{Mg}$ ) birikecektir.  $^{16}\text{O}$  yandığı zaman ise, en kararlı ürün olan silikon ( $^{28}\text{Si}$ ) oluşur. Her bir elementin yanması (reaksiyona gir-



Çok büyük bir yıldız için elementlerin, merkezden yüzeye doğru düşünülen dağılımı.

\* ODTÜ Fizik Bölümü



## AYIN İLGİNÇ GÖK OLAYLARI

Dr. İ. Ethem DERMAN

Geçen ay en parlak (4.3 kadir) durumu alan ve sabahları doğu çevrenini pırıl pırıl süsleyen Venüs gezegeni, 4 Kasım günü en büyük batı uzanımına erişecek; yani Güneş'le olan ayrılığı 47° olacak. Tüm okuyuculara özellikle bu ayın ilk günlerinde en az bir gün, Güneş doğmadan kalkarak, halkımızın Sabah Yıldızı da dediği Venüs'ü seyretmelerini yürekten öneririm. Özellikle 1 Kasım sabahı, Venüs'ü 5° kuzeyinden geçecek Ay ile birlikte görebilirsiniz. Kasım sonunda Venüs - Ay yaklaşması bir kez daha meydana gelecek, Kasım ayında da Jüpiter, Ay tarafından örtülecek. 7 Kasım günü saat 11.00'de meydana gelecek bu tutulma, üzümlük belirtir ki ülkemizden görülmeyecek. Fakat 6 Kasım akşamı ayağa şeklindeki Ay ile parlak Jüpiter'i yan yana görebilirsiniz. 12 Eylül akşamı meydana gelen Jüpiter-Ay yaklaşmasının birçok kişinin ilgisini çektiği, bize gelen mektuplardan ve basında çıkan haberlerden anlaşılmaktadır. Bu büyük ilgiye karşın, henüz elimizde söz konusu olayı fotoğraflayan bir oku-

yucumuzun mektubu geçmiş değil.

Merkür gezegenini görmek için bu ay elimizde iki fırsat var. 20 Kasım akşamı Merkür, Akrep takımyıldızının en parlak yıldız olan kırmızı renkli Antanes'in 3° kuzeyinde, 26 Kasım akşamı ise Jüpiter'in 3° güneyinde bulunacak. Her iki yaklaşma için de, Güneş batır batmaz Antanes ve Jüpiter'i bulmanız gerekmektedir. Onları bulduktan sonra, kendisini bize zor gösteren bu mahçup gezegeni görebilirsiniz.

Akşamları gördüğümüz güzel gezegenleri, dikkat ederseniz yavaş yavaş kaybettik. Sabah, Güneş doğmadan gökyüzüne baktığımızda Mars'ı, başucu doğrultusuna yakın, Venüs'ü doğu çevresinin oldukça üzerinde ve ay sonuna doğru da hemen doğu çevresinde Satürn'ü görebilirsiniz. 17/18 Kasım gecesi geceyarısından sonra, Leonid akanyıldız yağmurunu gözleyebilirsiniz. Özellikle sabaha karşı Ay battıktan sonra, saatte 10 kadar akanyıldız gözlemek olası. Bazı okuyucularımız yazdığımız günlerde 1 denli çok akanyıldız gözleyemediklerini belirtiyorlar. Gözlem yaptığınız konumda gökyüzünün karanlık olmasına dikkat edin; örneğin büyük bir kent içinde bu tür gözlem, doğaldır ki, istenen sonucu vermez.

rebilmesi) için gerekli olan sıcaklıklar farklı olacaktır. Örneğin,  $12^{\circ}\text{C} \approx 1 \times 10^{10} \text{ }^{\circ}\text{K}$ ,  $160 \approx 3 \times 10^9 \text{ }^{\circ}\text{K}$  dolayında yanabilirken, 2 silikon çekirdeğinin birleşmesi için,  $5 \times 10^9 \text{ }^{\circ}\text{K}$ 'den fazla sıcaklığa gerek vardır. İç sıcaklık yeterli ise elementler merkezde demir ( $^{56}\text{Fe}$ ) oluşana dek reaksiyona girebilirler. Şekilde, kütlesi Güneş kütlesinden çok büyük olan yıldızlar için, elementlerin merkezden yüze doğru, düşünülen dağılımını göstermektedir.

Yukarıda bahsettiğimiz bütün reaksiyonlar enerji vermektedir. Oysa, demir çekirdeklerinin birleşmesi enerji ister; bu yüzden yıldız kararsız olur ve çöker. İç sıcaklık aniden artar. Demir reaksiyonlarının alamıyacağı kadar fazla bir enerji üretimi olur ve yıldız, gerisinde nötron yıldızı veya kara delik bırakarak patlayabilir. Bu patla-

ma, yıldızın iç kısmında karbonun ateşlenmesi sırasında da (yıldızın kararsız olması nedeniyle) olabilir. Yalnız, bu kez geride sadece genişleyen bir gaz bulutu kalacaktır.

Yıldızın bu patlama evresine dek gelebilmesi için kütlesinin çok büyük olması gerekir. Evrende büyük kütleli yıldızların sayısı az olduğu için gökbilimciler bu olayı Samanyolu'muzda nadiren gözlerler. Patlamanın şiddeti o denli yüksektir ki yıldız eski durumuna göre çok parlaklaşır ve bazen gündüz ile gözlenebilir. Gökbilimciler bu patlama olayına "Süpernova" adını verirler. Süpernova bir nötron yıldızının veya bir kara deliğin meydana gelmesini yani doğmasını sağlamasına karşın yöresindeki her şeye felaket getirir. ■