

Astrofizik Üzerine El Yazmalarım

Kasım 2025

Yazar: Emre SEZER

1 Yıldız

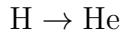
Ağırlıklı olarak H ve He'dan oluşan, ışık ve ısı yayan, kararlı plazmalardır. Çekirdeklerinde füzyon meydana gelir. Açıga çıkan enerji yıldızın yüzeyine ulaşır ve dış uzaya radyasyon ile yayılır. Yıldızın tayfi(spektrumu) ve parlaklıği ile kütlesi, yaşı, kimyasal bileşeni vb. özellikleri belirlenebilir. Birim olarak güneş kütlesi, güneş yarıçapı ve güneş parlaklıği kullanılır.

2 Yıldız Döngüsü

- **Doğum (Prototip Evre):** Nebulanın çökmesiyle oluşur.
- **Protostar:** Füzyon henüz başlamamıştır. Çekimsel ısınma olur.
- **Ana Kol:** Çekirdek sıcaklığı yaklaşık olarak

$$T \approx 10^7 \text{ K}$$

olur. Hidrojen füzyonu başlar:

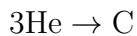


Yıldız dengedendir:

$$P_{\text{iq}} = F_{\text{kütleçekimi}}$$

Yıldız yaşamının yaklaşık %90'ı bu evrede geçer. Hidrojen tükenliğinde helyum birikir, çekirdek çöker ve dış katmanlar genişler. Yıldız kırmızı dev evresine geçer.

- **Kırmızı Dev:** Helyum füzyonu başlar:



Dış katmanlar genişlemiş ve soğumuştur. Yıldızın boyutu ve parlaklığı artar. Helyum tükenliğinde çekirdekte C ve O oluşur. Füzyon sona erer. Dış katmanlar uzaya atılır (Gezegenimsi Bulutsu). Geriye sadece çekirdek kalır (Beyaz Cüce).

Nebula → Protostar → Ana Kol → Kırmızı Dev → Beyaz Cüce

3 Beyaz Cüce

Güneşe göre düşük ve orta kütleli yıldızlar ($0.08 - 8 M_{\odot}$) oluşturur. Kütlesi $0.5 - 1.4 M_{\odot}$ aralığındadır. Yarıçapı $\approx 0.01 R_{\odot}$ mertebesindedir. Yoğunluğu $10^6 - 10^9 \text{ g/cm}^3$ aralığındadır. Yüzey sıcaklığı doğduğunda $\approx 10^5 \text{ K}$ olur ve zamanla soğur.

Reaksiyon yapmaz ve enerji üretmez. Çekirdeğinde çoğunlukla C ve O bulunur. Daha düşük kitlelerde He, daha yüksek kitlelerde O, Ne ve Mg bulunabilir. Elektron dejenere basıncı kütleçekimsel basınçla karşı koyar.

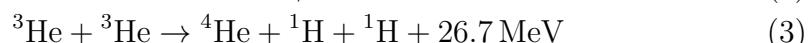
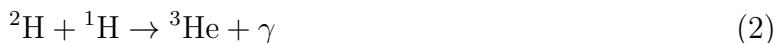
$10^9 - 10^{10}$ yıl sonra Siyah Cüceye dönüşürler. Siyah Cüce şu anda teoriktir çünkü bir Siyah Cüce oluşması için evrenin yaşı yetersizdir.

3.1 Beyaz Cüce'nin Soğuma Süreci

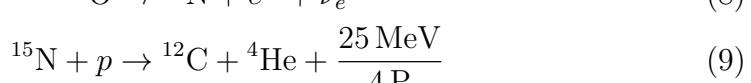
Beyaz Cüce enerji ürememektedir. Ana kol evresindeki enerjisini zamanla tüketir. Isı kapasitesi, yoğun ve küçük hacimli olduğu için düşüktür. Isı ve ışık yayaarak(radyasyon) enerji kaybeder. Stefan-Boltzman yasasına uygun davranış göstermektedir.

4 Hidrojen Füzyonu

4.1 Proton-Proton Döngüsü



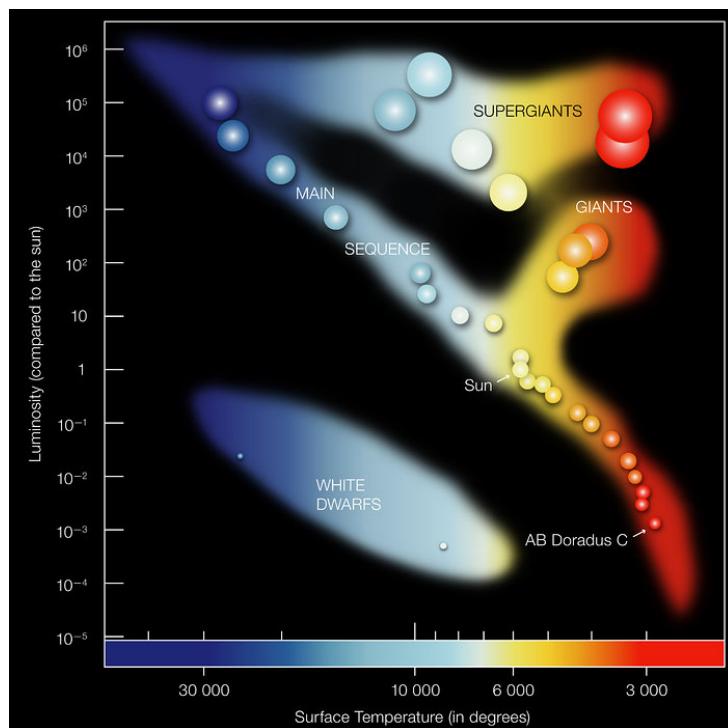
4.2 C-N-O Döngüsü



H \rightarrow He \rightarrow C \rightarrow O \rightarrow Ne \rightarrow Si \rightarrow Fe \rightarrow Süpernova

Süpernova = $1.4 M_{\odot}$
 Nötron Yıldızı = $1.4 - 3 M_{\odot}$
 Kara Delik $> 3 M_{\odot}$
 Beyaz Cüce = $0.08 - 8 M_{\odot}$

5 Hertzprung-Russell diyagramı



Şekil 1: Hertzprung-Russell diyagramında, yıldızların sıcaklıklarını parlaklıklara göre çizilmiştir. Bir yıldızın diyagramdaki konumu, mevcut durumu ve kütlesi hakkında bilgi verir. Hidrojeni helyuma dönüştüren yıldızlar, ana dizi adı verilen dijagonal kolda yer alır. AB Doradus C gibi kırmızı cüceler serin ve sönükleşmiş köşede yer alır. AB Dor C'nin sıcaklığı yaklaşık 3.000 derecedir ve parlaklığı Güneş'in %0,2'si kadardır. Bir yıldız tüm hidrojenini tükettiğinde ana diziden ayrılır ve kütlesine bağlı olarak kırmızı dev veya süperdev olur (AB Doradus C çok az hidrojen yakıldığı için ana diziden asla ayrılmaz). Güneş kütlesinde olup tüm yakitlarını yakmış yıldızlar sonunda bir beyaz cüceye dönüşür (sol alt köşe). Kaynak: ESO