

## 4.2 Nötron Yıldızları

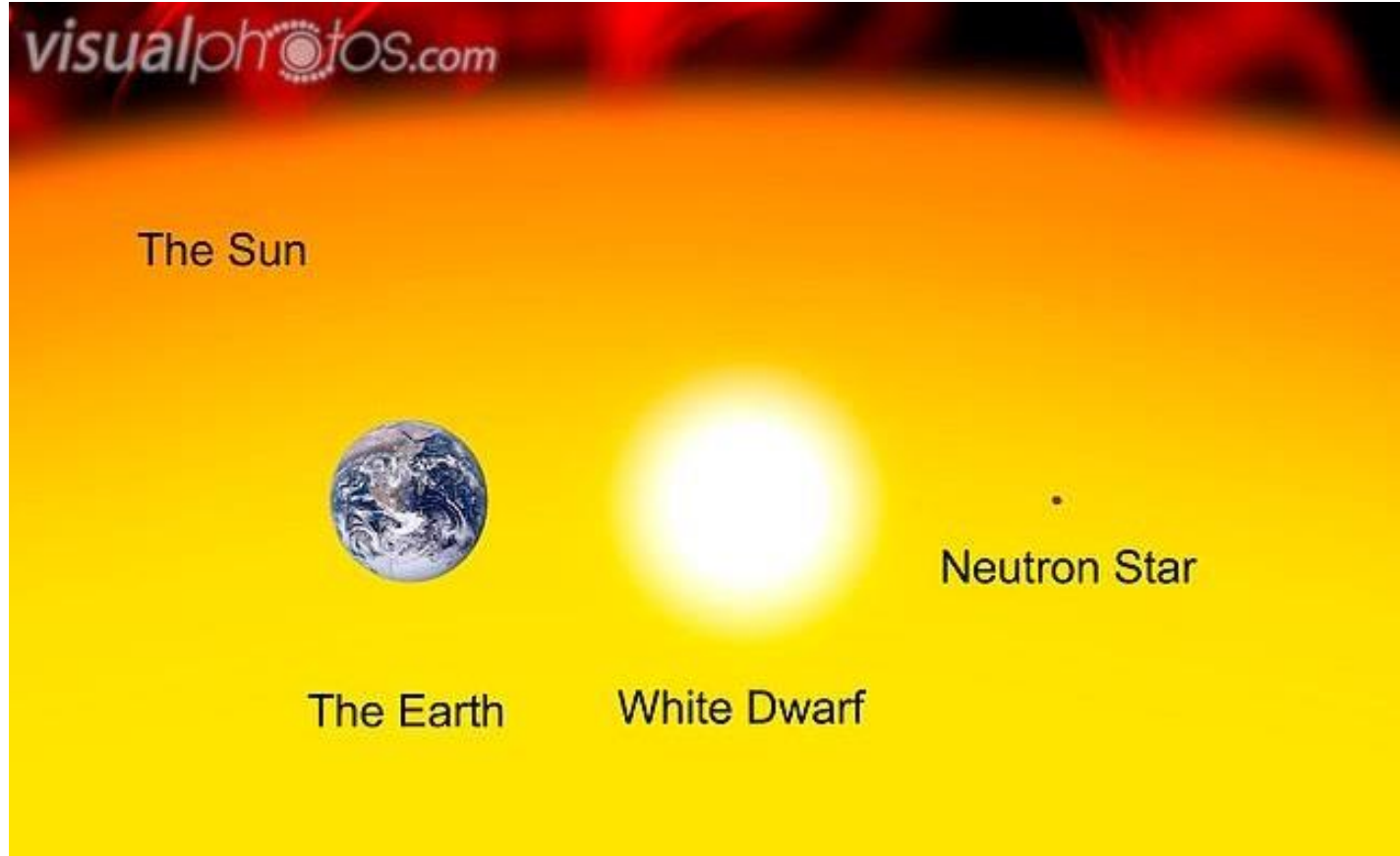
- ✓ Nötron yıldızlarının varlığı 1932 de nötronun keşfedilmesinden 2 yıl sonra Baade ve Zwicky tarafından tahmin edildi. Süpernova teriminide üreten bu iki astronom tarafından önerilen görüş:

'Süpernovalar, sıradan yıldızların son evrelerinde gerçekleşen birbirlerine son derece yakın bulunan diğer bir deyişle sıkı paketlenmiş nötronlardan oluşan nötron yıldızlarına geçişleri temsil eder'

**Bu süpernovalara bugün çekirdeği çöken süpernovalar diyoruz.**

- ✓ Oppenheimer ve Volkov 1939 da bu cisimlerin genel yapı ve özelliklerini tanımlayan ve genel rölativite içeren denklemleri çözdüler ama bu konuyu çok ciddiye almadılar taaki 1960 larda hızlı dönen nötron yıldızları olan radyo pulsarların keşfine kadar.
- ✓ Bizim galaksimizde bir kaç  $10^8$  nötron yıldızı olduğu tahmin ediliyor.
- ✓ Bunlardan bugüne kadar gözlenenlerinin sayısı 2000 civarında.
- ✓ Nötron yıldızlarının çoğu radyo pulsarlar olarak keşfedildi, fakat bu yıldızlardan salınan enerjinin büyük çoğunluğu elektromanyetik tayfın radyo bölgesinden çok X ve gama ışınları gibi yüksek enerji bölgesinde.
- ✓ Tipik olarak onların saldığı enerjinin yalnızca  $10^{-5}$  i radyo bölgede.

- ✓ Nötron yıldızlarının çoğu 1-2Mgüneş kütleli, 10-20 km çaplı yıldızlardır.
- ✓ Bir nötron yıldızı, Güneş gibi normal bir yıldızın kütlesini 10 km mertebesinde yarıçaplı bir hacim içinde hapseden yıldızdır.
- ✓ Ortalama yoğunlukları  $10^{14}$  grcm<sup>-3</sup> mertebesinde. Genellikle, nötron yıldızları, bu yüksek yoğunlukları sebebiyle bir şehir büyüklüğünde olan dev atomik çekirdeklere benzerdirler. **Onların bu aşırı yüksek yoğunlukları güçlü çekim alanlarını ve Newtonian çekiminden önemli genel rölativistik sapmaların mümkün olduğunu işaret eder.**

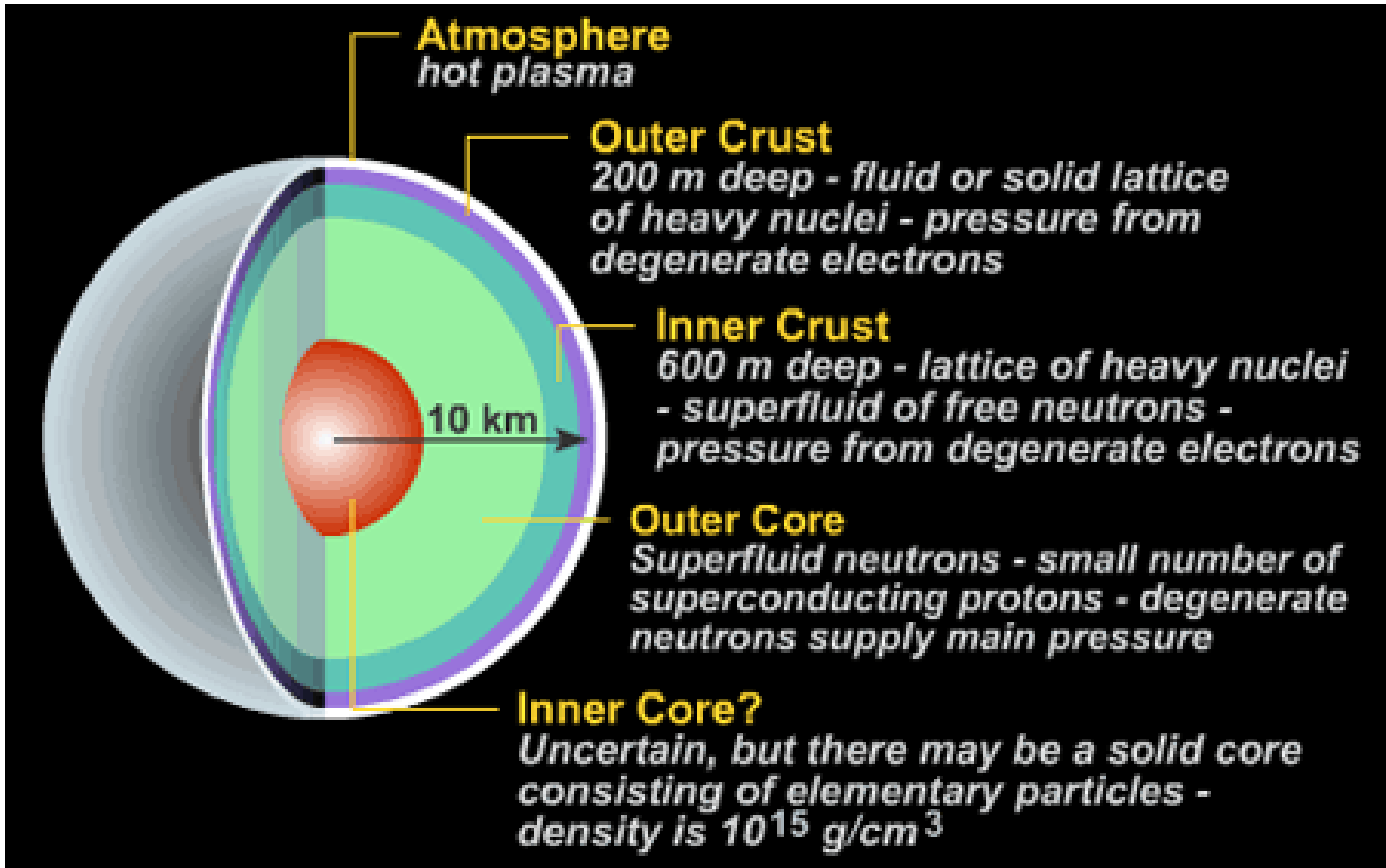


# Elektron Yakalaması ve Nötronizasyon

Bir nötron yıldızının oluşumu elektron yakalaması adı verilen bir süreçle gerçekleşir. Sürece nötronizasyon adı da verilir, çünkü onun etkisi proton ve elektronları bozmak ve nötronları oluşturmaktır. Temel reaksiyon,



- ✓ Normal şartlar altında, bu süreç zayıf etkileşimlerle sürdürüldüğünden yavaştır, fakat büyük kütleli bir yıldızda üretilen yüksek yoğunluk ve sıcaklığa sahip bir ortam için çok hızlıdır.
- ✓ Süpernova patlamasında, çekirdeğin çöküşünde açığa çıkan aşırı miktarlardaki çekimsel enerji yıldızın dış katmalarına kaçar ve geride son derece yoğun ve sıcak bir kalıntı kalır.
- ✓ Nötronizasyon reaksiyonu devam ederken, nötrinolar enerjiyi iletterek kaçarlar ve arkalarında nötronları bırakırlar.
- ✓ Nötronlar yüksüz olduklarından elektriksel itme yoktur ve çekirdeğin bileşimi çoğunlukla nötronlar olduğunda çok yüksek bir yoğunluğa erişerek çökebilir.
- ✓ Nötron yıldızlarının gerçek yapısı bundan daha komplekstir ve tamamen nötronlardan oluşmazlar, fakat bu basit resim temel düşünceyi anlamamızı sağlar.



Tipik bir nötron yıldızının iç yapısı, yani bir nötron yıldızı şekilde verilen genel bölgelere ayrılabilir.

- ✓ Atmosfer ince ( yaklaşık 1 cm kalınlığında), çok sıcak ve ionize gazdan oluşuyor.
- ✓ Dış kabuk yalnızca yaklaşık 200 m kalınlığında ve katı bir örgü yada yoğun bir sıvı çekirekten oluşuyor. Bu bölgedeki baskın basınç dejenere elektronlardan geliyor. Burada, yoğunluk nötronizasyonun lehine olacak kadar yüksek değil.
- ✓ İç kabuk 0.5 den 1 km kalınlığa uzanıyor. Basınç daha yüksek ve ağır çekirdek örgüsü şimdi serbest süperakışkan nötronlarla, ki bu nötronlar çekirdek dışına sızmayı başlatır, yayılıyor. Basınç hala çoğunlukla dejenere elektronlardan.

- ✓ Dış çekirdek başlıca süperakışkan nötronlardan oluşuyor ve nötronlar, nötron dejenerasyonu ile basıncın çoğunu tedarik ediyor, buna rağmen bir kaç serbest süperiletken proton var. Bu bölge nötron yıldızına bu adı verdiren bölgedir.
- ✓ İç çekirdeğin yapısı yıldızın dış kısmına göre daha az biliniyor, çünkü merkezdeki yoğun basınç altında maddenin nasıl davrandığı konusu henüz anlaşılabilmiş değil, yani bu koşullar altında hal denklemi henüz çözülebilmemiş değil.
- ✓ İç çekirdek, nükleonlardan daha temel parçacıklardan (pionlar, hyperonlar, kuarklar, vb.) bile oluşuyor olabilir.

Bir nötron yıldızı, nötronların oluşturduğu sıkı bir paket olmasına ve bu yönüyle dev bir atomik çekirdeğe benzemesine rağmen, bu nötronları bir arada tutan gücün çekim olduğunu nükleer kuvvetler olmadığını unutmamak gerek!

# Nötron Yıldızları Çekimle Bağlıdır!

- ✓ Bir nötron yıldızı 10-20 km çapında bir atomik çekirdek gibidir, **bir önemli farkla!**

*Bir nötron yıldızını bir arada tutan kuvvet çekim kuvvetidir, bu çekim yıldızı öyle sıkışık yapar ki, nötron yıldızının yoğunluğu bu nükleer maddeninkinden bile büyük olur.*

**Soru:** En güçlü kuvvetin seyreltilmiş bir formuyla bir arada tutulan atom çekirdeklerinden bile daha yoğun bir cisim, en zayıf kuvvet olan çekim ile nasıl üretilebilir?

**Cevap:** kuvvetlerin çeşitliliği ve izleri içerilerek.

- ✓ Çekim zayıftır, fakat uzun menzilli ve çekicidir.
- ✓ Güçlü nükleer kuvvet kısa menzillidir, yalnızca yakın komşuluklu nükleonlar arasında rol oynar.
- ✓ Normalde çekici nükleer kuvvet çok kısa mesafelerde itici olur, yani bir nötron yıldızı eğer çekim ortadan kalkarsa patlayabilir.

Bu bir çeşit kaplumbağa ve tavşan masalıdır:

- ✓ Çekim zayıf bir kuvvettir fakat ısrarcıdır ve her zaman çekicidir.
- ✓ Böylece, yeterince büyük mesafeler ve uzun zaman için çekim (kaplumbağa) daima kazanır.
- ✓ Bu nedenle bir nötron yıldızındaki materyal bilinen kuvvetlerin en çelimsizi olan çekim kuvveti ile böyle yüksek yoğunluğa sıkıştırılabilir.

