

Yıldızların Yapısı ve Evrimi

Nötrino Problemi

Güneş'te Nötrino Problemi

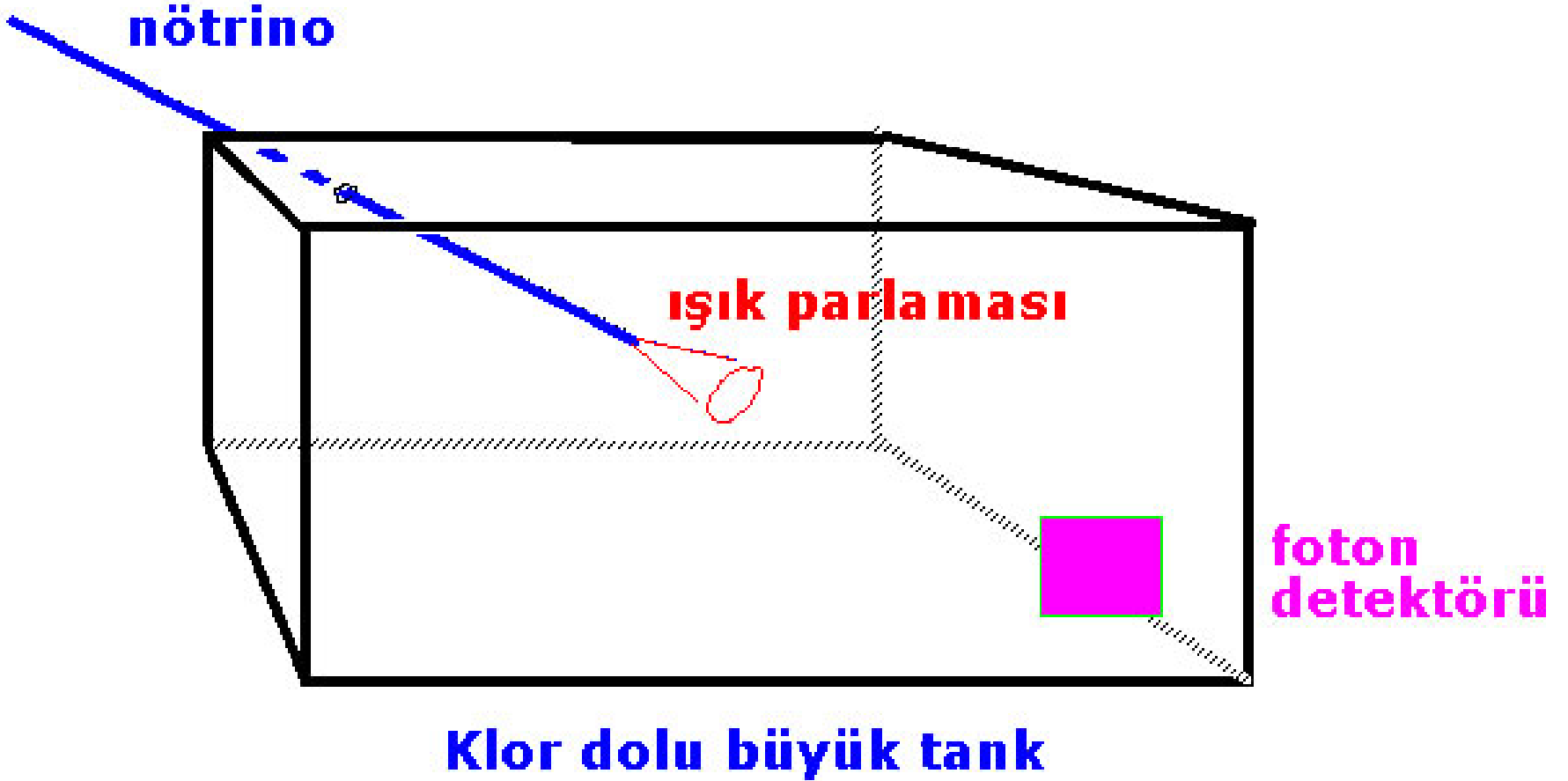
Nötrino kütlesi sıfır veya sıfıra çok yakın, ışık hızına yakın bir hıza sahip ve elektrik yükünden yoksun bir lepton olduğunu ve güneş merkezinde farklı nükleer tepkimeler sonucu meydana geldiğini biliyoruz. İlk kez 1930 yılında W. Pauli böyle bir parçacığın olduğunu ileri sürdü. 1956 yılında bir nükleer santralde deneysel olarak saptandı. Bu işi yapan akademisyenler 1995 yılında Nobel aldılar. 1962 yılında bir grup fizikçi birden fazla nötrino olabileceğini ileri sürdüler ve onlar da 1988 yılında nobel ödülü aldılar.

Güneş'te Nötrino Problemi

Buldukları nötrinoya "muon nötrino" adını verdiler. 1975 yılında Stanford hızlandırıcı deneyinde "tau nötrino" bulundu.

1960 yılından itibaren Güneş merkezindeki nükleer tepkimeler sonucu oluşan "elektron nötrino" saptamak için deneyler yapılmaya başlandı. Aynı yıl yapılan [Homestake](#) deneyi ile ilk kez Güneş'ten gelen elektron nötrinolar yakalandı. Yer altında 600 ton Klor'luk bir havuz deneyi ile elde edildi.

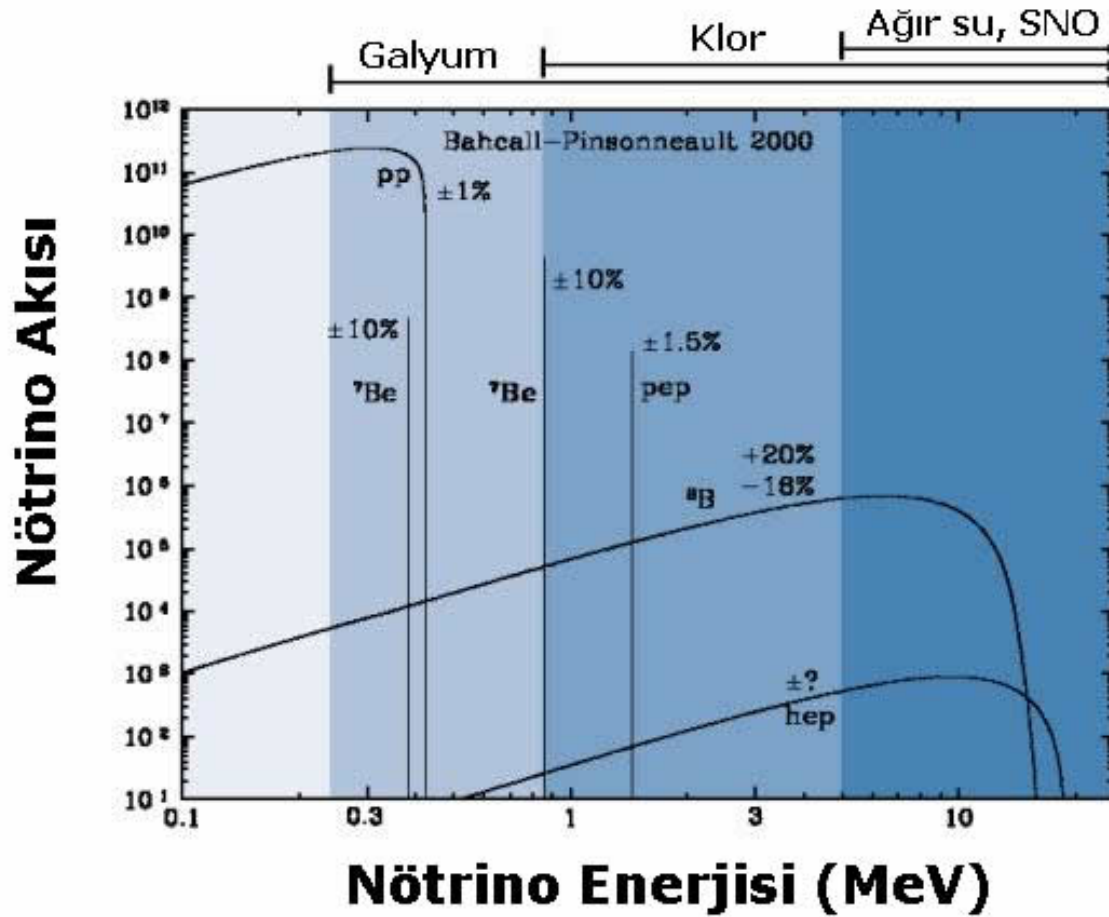
Güneş'te Nötrino Problemi



Güneş'te Nötrino Problemi

Bu deneyde ölçülen nötrino akısı nükleer astrofiziğin beklediğinin sadece 1/3'ü yöresindeydi. Parçacık fiziği kütlesi sıfıra yakın olan bir parçacığın oluştuktan sonra değişmeyeceğini öngörüyordu. Bundan sonra 1986 yılında yapılan Kamioka deneyinde saf su kullanıldı ve beklenen akının yarısı kadar nötrino yakalandı. Son iki deney SAGE and GALLEX adını taşıyor ve Galium kullanıldı. Beklenenin %60-70'i yöresinde nötrino yakalandı. Standart Güneş Modeli yanlış mı?

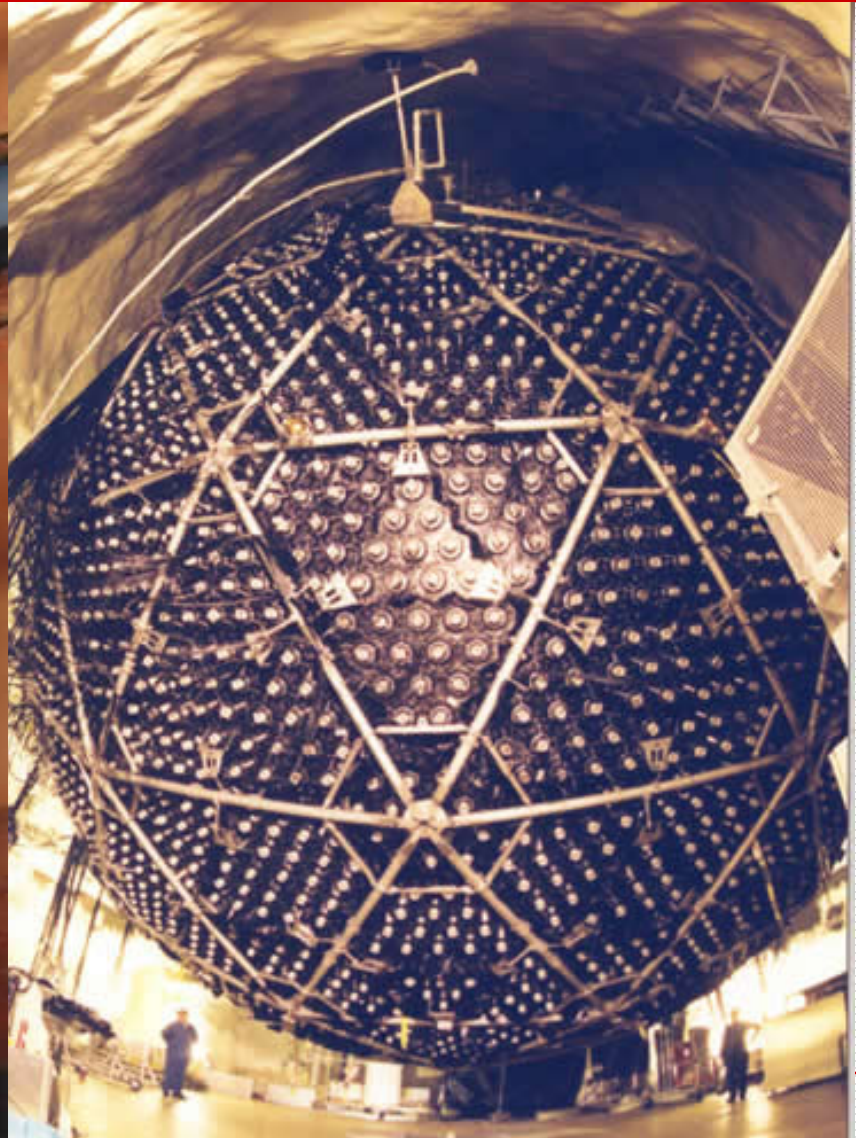
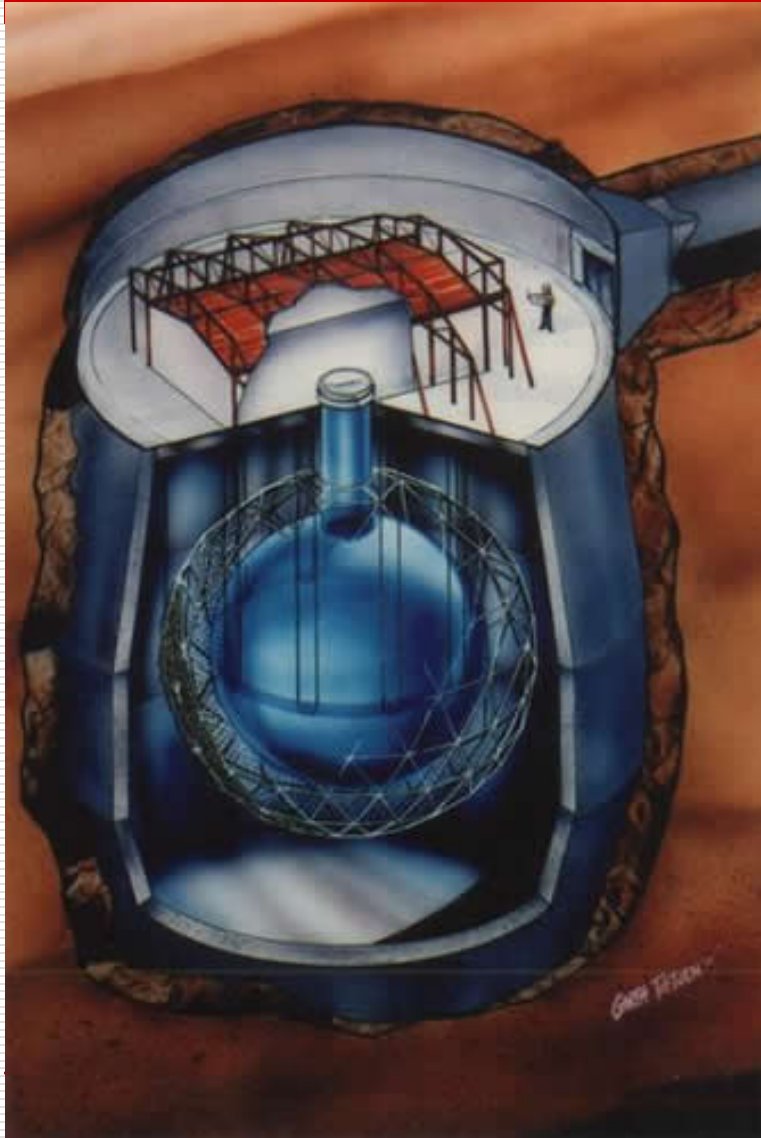
Güneş'te Nötrino Problemi



Güneş'te Nötrino Problemi

Astronomlar nerede yanlış yaptıklarını düşünmeye başladılar. Belki de güneş merkezindeki sıcaklık yanlışti. Bu sıcaklığı %6 daha düşük aldıklarında gözlenen nötrino akısını buluyorlardı. Belki de deneyin doğru kalibrasyonu yapılmıyordu. İşte tüm bu araştırmalara neden olan Güneşin Nötrino Problemiydi. 1999 yılında Kanada da Sudbury Neutrino Observatory (SNO) ağır su ile deneyi gerçekleştirdi. 2006 yılında son verilen deneyin verileri hala incelenmekte.

Güneş'te Nötrino Problemi



Güneş'te Nötrino Problemi

SNO her üç çeşit nötrinoyu da ve onların ayrı ayrı akısını hesaplayabiliyordu. Güneşten gelen muon ve tau nötrinolarını yakalamıştı. Bu parçacık fiziğine aykırı olmasına karşın bugün elektron nötrinolarının oluştuktan sonra güneşten geçerken değişime uğrayarak diğer iki türüne dönebileceğini gösterdi. Bu ise nötrinoların küçük de olsa bir kütleleri olduğunun kanıtıydı. Evrende fotondan sonra en bol bulunan parçacığın tüm özellikleri bulunmuştu. Ama GNP çözüldü mü?

Problem

$$r_{ix} \propto r_o X_i X_x \rho^\alpha T^\beta \quad \varepsilon_{ix} = \left(\frac{\varepsilon_0}{\rho} \right) r_{ix} \quad \varepsilon_{ix} = \varepsilon'_0 X_i X_x \rho^\alpha T^\beta$$

$$\varepsilon_{pp} \cong \varepsilon'_{0,pp} \rho X^2 T_6^4 \quad \varepsilon'_{0,pp} = 1.07 * 10^{-5} \text{ erg cm}^3 \text{ gr}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

$$\varepsilon_{CNO} \cong \varepsilon'_{0,CNO} \rho X X_{CNO} T_6^{19.9} \quad \varepsilon'_{0,CNO} = 8.24 * 10^{-24} \text{ erg cm}^3 \text{ gr}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

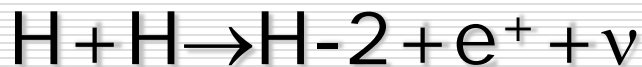
$\rho_c = 160 \text{ gr cm}^{-3}$ (Güneş merkez yoğunluğu)

$T_c = 1.5 \times 10^6 \text{ K}$ (Güneş merkez sıcaklığı)

$X_1 = 0.71$ (Hidrojenin kütle kesri)

$X_2 = 0.15 \times 10^{-4}$ (Döteryumun kütle kesri)

$X_3 = 0.12 \times 10^{-3}$ (He-3 ün kütle kesri)



$$N_1 = \frac{X_1 \rho}{A_1 m_H}$$

Problem

$$A = \frac{A_i A_j}{(A_i + A_j)} \quad \tau = 4.25 \times 10^3 \left(q_i^2 q_j^2 \frac{A}{T} \right)^{1/3}$$

$$r_{i,j} = r_0 \rho \frac{X_i X_j}{A_i A_j} \tau^2 e^{-\tau} (A q_i q_j)^{-5}$$

$$r_{1,1} = 1.15 \times 10^{11} X_1^2 \rho \exp\left(-\frac{33.81}{T_6^{1/3}}\right) T_6^{-2/3}$$

$$r_{2,1} = 5.305 \times 10^{28} X_1 X_2 \rho \exp\left(-\frac{37.21}{T_6^{1/3}}\right) T_6^{-2/3}$$

$$r_{3,3} = 1.859 \times 10^{35} X_3^2 \rho \exp\left(-\frac{122.76}{T_6^{1/3}}\right) T_6^{-2/3}$$
