

# YUMRUK ATAN HAYALET: NÖTRİNO

Dr. Ergin KORUR

Bugünlerde parçacık fiziği konusunda deney ve araştırmalar yapan bilim adamlarının birbirine en çok yönelttikleri soru şu: "Siz hiç yumruk atan bir hayalet gördünüz mü?" Doğrusunu isterseniz, hayaletin yumruk atamaması gerekir; çünkü maddi bir varlığı yoktur. Eğer bir hayaletin, yumruk atıp onu bunu devirdiğini görürsek, aslında gerçek bir hayalet olmadığından şüphelenmemiz gerekir. İşte fizikçiler de, nötrino dediğimiz parçacığın sırları ortaya çıktıkça böyle bir hayret içinde kalmışlardır; çünkü önce, sadece "denklemleri denkleştirmek" üzere kâğıt üzerinde yaratılan, kütlesi olmadığı ve hemen hiçbir etkileşime girmedığı varsayılan "hayalet parçacık" nötrininonun, çok küçük de olsa bir kütlesinin bulunduğu saptanmıştır. Nötrininonun, bir kütleyle sahip olması; fizik, astrofizik, kozmoloji bilgisinde büyük değişikliklere neden olacaktır. Hatta evrenimizin geleceği bile nötrininonun bir kütlesi olup olmadığına bağlıdır!

İsterse...:., nötrininonun heyecan verici öyküsünü başından itibaren izleyelim: Bundan elli dört yıl kadar önce, radyoaktif olaylardaki beta bozunmasını inceleyen fizikçiler, bir muamma karşısında kalmışlardı. Bilindiği gibi, bu olaylar esasında salınan (—) beta parçacıkları elektronlardan; (+) beta parçacıkları ise, elektronların karşıtı olan pozitronlardan ibarettir. Radyoaktif bozunmada, mesela Azot 13, ( $^{13}\text{N}$ ) bir pozitron ( $\beta^+$ ) salarak Karbon 13 ( $^{13}\text{C}$ )e Hidrojen 3 ( $^3\text{H}$ ) ise bir elektron ( $\beta^-$ ) salarak Helyum 3 ( $^3\text{He}$ )e dönüşür. O halde beta bozunması, aynı zamanda çekirdek içindeki bir protonun nötron haline geçmesi (artı beta bozunması) ya da bir nötronun proton haline geçmesi (eksi beta bozunması) olarak da tanımlanabilir. Ne var ki; bu bozunumda salınan beta parçacıklarının enerjisi, teorik olarak hesaplanan enerji düzeyinin altında kalıyordu. Bu da fizikçilerin "kutsalın kutsalı" saydığı "enerjinin korunumu" ilkesine aykırı düşüyordu! Fizikçiler sonunda, bu çelişik durumu açıklayabilmek için beta bozunması süreci içinde enerjinin bir kısmının henüz bilinmeyen başka bir parçacık tarafından götürüldüğünü varsaymak zorunda kaldılar. Nitekim doğada böyle bir parçacığın bulunması gerektiği, 1930'da Avusturyalı Wolfgang Pauli tarafından ileri sürülmüş ve ünlü İtalyan fizikçisi Enrico Fermi, 1931'de bu parçacığa "nötrino = nötroncuk" ismini vermiştir. Pauli'ye göre nötrininonun varlığı kabul edilirse, beta bozunumunu şöyle ifade etmek mümkündür:



$$n - p + e + \bar{\nu}$$

Nötron — proton + elektron + antinötrino

çekirdek içinde bağımlı durumda bulunan proton bozunumu:

$$p - n + e + \nu$$

Proton — nötron + pozitron + nötrino

Tabii, fizikçilerin işi sadece nötrinoyu varsaymakla bitmiyordu: Bu hayalete, diğer bazı özellikler de yakıştırmak gerekliydi. Örneğin nötrininonun spin (ekseni etrafında dönüş kuantumu) sayısı 1/2 olmalıydı; çünkü proton ve nötronun spin sayısı + 1/2 elektronunki ise -1/2 olduğundan, spin sayısı denklemi ancak şöyle denkleşebilirdi: +1/2 (nötron) = +1/2 (proton) -1/2 (elektron) + 1/2 (nötrino)

Denklemler böylece "denkleştirildikten" sonra, fizikçilerin huzuru yerine gelir gibi oldu. Yalnız arada şöyle "mini minnacık" bir soru kalmıştı, o da şuydu: acaba nötrino gerçekten de var mıydı? Şaka bir yana, fizikte esas; gerçeği denkleme değil, denklemi gerçeğe uydurmaktır. Varsaydığımız bir parçacığın denklemlerimize iyi uyması, mutlakla onun gerçekten de varolduğu anlamına gelmez. "Örneğin 1.000 liralık bir banknotun 250 liralık dört banknot karşılığında bozdurabileceğini varsayar ve denklemi  $250 \times 4 = 1.000$  diye yazabilirim. Bu denklem doğru olmasına doğrudur ama piyasada şimdiye kadar 250 liralık tek bir banknota rastlamadığımı itiraf etmek zorundayım. Bundan dolayı hiçbir ciddi fizikçi denklemlerinin gerçeğe uygunluğu doğrulanmadıkça rahat bir nefes alamaz.

Fizikçiler, nötrininonun varlığını doğrulamak için çeşitli deney düzeyleri hazırladılar. Ancak bu konudaki çabaları uzun süre sonuçsuz kaldı. Nötrininonun gerçekliğini kanıtlamak, ancak varsayılışından 25 yıl kadar sonra, Birleşik Amerika'da Cowan ile Reines'in 1953 ile 1956 yılları arasında yaptığı çok güç ve güç olduğu kadar ilgi çekici deneyler sonucunda mümkün oldu. Cowan ile Reines, bu deneyler için üçü dedektör havuzu, ikisi hedef havuzu olmak üzere kocaman beş su havuzu kullanmışlardı. Hedef havuzunda bir miktar kadmium klorür eritilmişti. Deneyin esası şuydu: Suya gelen bir nötrino; bir proton ile etkileşime girerse, bundan bir pozitron ve bir nötron doğar. Pozitron çok kısa süre sonra

karşıt parçacığı olan elektronla çarpışır. ve birbirini yok ederken, ortaya iki foton (ışık parçacığı) çıkar. Ortaya çıkan fotonlar dedektör havuzunda görülebilir ışıdamalar meydana getireceklerdir. Bu ışınlar dedektör tarafından tespit edildiğinden, nötrininonun varlığının deneysel kanıtı olacaktırlar. Dene için gerekli nötrino akımını Georgia'daki Savannah River fisyon reaktörü sağlıyordu. Deneyle ilgili olayı şöyle bir denklem biçiminde ifade edebiliriz:

Deneyle başlıca zorluğu nötrininonun başka parçacıklarla çok az etkileşime girmesi ve milyar kere milyar nötrininonun ancak bir kaçıının protonla öngörülen böyle bir etkileşimde bulunabilmesidir. Genelde 1956'da böyle birkaç etkileşim kesinlikle gözlemlendi ve nötrininonun gerçek bir parçacık olduğu anlaşıldı.

1956'da nötrininonun varlığı doğrudanmış bulunuluyordu ama, bu sefer başka bir tartışma başlamıştı. Tartışma konusu şuydu: Acaba nötrino, kütlesi olmayan bir "hayalet" miydi, yoksa bir kütlesi var mıydı? O zamana kadar, genellikle nötrininonun bir kütlesi olmadığını kabul ediliyordu ve okuyucumuz dikkat ettiyse, şimdiye kadar verdiğimiz denklemlerde o devrin anlayışına uygun olarak nötrininonun kütlesinin hep (0) = sıfır olarak gösterdik. Ne var ki bir süre sonra nötrininonun kütlesini sıfır kabul etmenin doğru olmayacağı konusunda bazı ipuçları elde edildi. Bunlardan birincisi nötrininonun sadece tek bir çeşidinin bulunmadığının anlaşılması idi. İlk bulunan nötrino, elektronlarla birlikte yayınlandığı için şimdi buna "elektron nötrinosu" diyoruz. Oysa, 1962'de, bir çeşit ağır elektron sayılabilen ve kütlesi elektronun 207 katı olan muonlarla birlikte yayınlanan yeni bir nötrino gözlemlendi. Buna da "muon nötrinosu" adı verildi. Daha sonra, kütlesi elektronun 3.500 katı kadar olan taon ile salınan "taon nötrinosu" bulundu. Bu suretle nötrininonların sayısı; elektron, muon ve taon nötrinosu olarak üçe, eğer bunların her birinin karşıt parçacığı olan anti-nötrininonlara dikkate alırsak, altıya yükseldi. Bu arada Ray Davis, 1956'dan beri yürüttüğü deneyler sonucunda, nötrininonların bir biçimden diğerine geçebileceğini gösterdi. İşler bunun üzerine daha da karıştı. Kütlesi olmayan bir parçacık nasıl üç ayrı "biçim"de olabilir. Ve nasıl, bir biçimden diğerine geçebilir? Oysa eğer her nötrininonun bir başlangıç kütlesi olduğunu kabul edersek, çeşitli nötrininonların, başlangıç kütlesi ve enerjilerine bağlı olarak bir biçimden diğerine dönüşeceğini söyleyebiliriz. Hatta nötrininonun bir kütlesi olması; doğanın dört temel etkileşimesinin tek bir kökende açıklamaya çalışan büyük birleştirici (Grand Unificational) teorilere uygun düşer, nötrininonun küçükte olsa bir kütleyle sahip olup olmadığını kanıtlanmasını gerekir.

Atom fizikçileri, nötrininonun bir kütlesi var mı yok mu tartışma dursunlar, astrofizikçiler de bu arada evrenle ilgili bir bilinmiyeni çözmeye çalışıyorlardı; Evrenin teorik olarak hesaplanan kütlesi ile gözlenen kütlesi arasındaki kütle açığını nasıl açıklamalı? Astrofizikçiler, sonuçta bunun, galaksilerin görünmez bir nötrininon halosu ile örtülmüş olmasından ileri geldiğini sonucuna vardılar. Eğer nötrininonların çok küçükte olsa bir kütlesi varsa, aradaki kütle farkını açıklamak bu mo-



### Nötrininonların deneylerde fotoğrafla belirlenmiş izleri.

delde mümkün oluyordu.

1980'den itibaren, nötrininonun kütlesini ölçmek için yapılan çalışmalar yoğunlaştırıldı. Amerikalı, Rus ve Fransız bilim adamları çeşitli yöntemlerden yararlanarak nötrininonun kütlesini ölçmeye çalıştılar. 1980'de Rus bilgini V.A. Liubimow, tiryumun beta bozunmasında çıkan elektronların enerji spektrumlarını inceleyerek, nötrininon kütlesini 5-50 elektrovolt arasında olarak belirledi. (bir elektrovolt bir elektronun 1 voltluk potansiyel farkı altında kazandığı kinetik enerjidir). Amerikalı Reines'de hemen hemen aynı zamanda üç nötrino cinsi arasında kuantum osilasyonları (kütle dönüşümleri) tespit etti. Nihayet 1983'te Fransız bilgileri, Bugey reaktöründe saatte 100 milyar kere antinötrininonun 30 kadar parçacıkla etkileşiminden elde edilen sonuçları karşılaştırdılar. Ve her üç nötrininonun bir kütlesi olduğunu, aralarındaki kütle farkının ise 0.2 elektrovolt değerinde kaldığını belirlediler.

Nötrininonun bir kütlesi olduğunun kanıtlanması, evren konusundaki düşüncelerimizde bir devrim yaratacak özelliktedir. Çünkü nötrino, evrenin ve insanlığın geleceği hakkında son sözü söyleyebilecek güçtedir. Bilindiği gibi, en çok sorulan sorulardan biri de şudur: Acaba evrenimiz gelişmesi devam mı edecek, yoksa bu gelişme duracak, kozmik bir kıyametle yeniden içine kapanıp, başladığı gibi bir noktacı haline mi gelecek? Yapılan hesaplara göre, relativite teorisinin denklemleri, evrenin yoğunluğunun kritik bir değer (santimetre küp başına  $10^{-27}$  gram) üzerinde olması halinde, bu durumun ortaya çıkacağını göstermektedir. İşte evrende en bol görülen parçacık olan nötrininonun çok küçük de olsa bir kütlesinin bulunması, yoğunluğu bu kritik değerin üzerine çıkarmaya ve eninde sonunda kozmik kıyameti başlatmaya yeterli olabilir kanısı geçerlidir.

Şimdi fizikçiler biraz da endişeli olarak, nötrininonun daha ne gibi sürprizler hazırladığını merak ediyorlar; çünkü önce kâğıt üzerinde yarattıkları güçsüz hayalet, bugün yumruğu ile evreni bile çökertebilecek bir dev haline gelmiştir.