

Konu: **Bilim**

Yazı: **39**

Higgs Parçacığı

Doç. Dr. Haluk Berkmen

Bu aralar medyada oldukça fazla sözü geçmiş olan **Higgs parçacığı** nedir ve neden araştırılıyor? Konu oldukça bilimsel ve karmaşık olmasına rağmen, herkesin anlayacağı düzeyde bu olayın aslını ve ayrıntısını anlatmaya çalışayım.

Parçacık denince sonlu bir hacmi ve kütlesi olup uzayda yer kaplayan **en ufak** birim aklımıza gelir. Bu tanım kanımca ucu açık bir tanımdır, çünkü 'en ufak' sözü limitte sıfır hacim ve sıfır kütle anlamına gelir. Sıfır hacimli ve sıfır kütleli bir parçacık varsa bir anda yok olabilir mi? Hayır, bu mümkün değil, çünkü var olan hiçbir şey yok olamaz ve yokluktan varlık oluşamaz. Işık sıfır kütleli ve sıfır hacimli (yer kaplamayan) bir nesne olup hem dalga hem de parçacık gibi davranmaktadır. Görünen ışık **elektromağnetik** dalga tayfi içinde sadece küçük bir bölümü içermektedir. Radyo dalgaları, televizyon dalgaları, radar dalgaları, röntgen ışınları ve cep telefonu dalgaları da elektromagnetik dalgalardır.

Elektromağnetik dalgalar parçacık olarak tanımlanmasalar da etkileme gücüne sahip enerji paketleridirler. Bu enerji paketlerine **foton** adı verilmiştir. Eğer doğanın en küçük enerji paketi bir foton ise ve evren kütsüz parçacıklardan oluşmuş bir enerji alanı olarak başlamışsa, ilk dönemlerinde maddesel parçacıklar nasıl oluşmuştur? Bu soru modern kuramsal fizikçileri meşgul etmiş olan en önemli sorulardan biridir. Nasıl oluyor da sıfır kütleli parçacıklar biraraya gelerek kütleli bir parçacık oluşturabiliyor?

Bu soruyu yanıtlamak için kütle kavramı üzerinde durmak gerek. Kendi haline bırakılan bir nesne ya yerinde durur veya sabit hızla hareket eder. İkisi arasında fizik yasaları açısından fark yoktur. Sabit hızla hareket eden bir nesnenin hızını değiştirmek için ona bir kuvvet uygulamak gerekir. Newton'un birinci yasasına göre kendi haline bırakılan bir nesne ya yerinde durur veya sabit hızla hareketine devam etmek ister. Fizik yasaları açısından durmak ile sabit hızla hareket etmek arasında fark yoktur. Dolayısıyla kuvvete karşı bir direnç uygular. İşte bu direncin belirtisine biz kütle diyoruz. Newton bu durumu $F = m \cdot a$ olarak ifade etmiştir. Sözel olarak bu denklem Newton'un ikinci yasası olup "kuvvet eşittir kütle çarpı ivme" olarak ifade edilir. Bu ifadede kütle her nesnede bulunan bir özellik olarak tanımlanmıştır. Yani, kütle bir veridir ve nasıl oluştuğu üzerinde durulmamaktadır.

Altteki resimde uzay gemisinin dışında bulunan ve uzay gemisinin sabit hızıyla dünya etrafında dönen bir astronot görüyoruz. Bulunduğu noktada yerçekim kuvveti hemen hemen sıfır olduğundan uzay gemisinin sabit hızıyla ona paralel olarak dünya etrafında havasız ortamda sürtünmesiz dönmektedir.



Peki ama, kütle nasıl ortaya çıkmıştır ve kütleli nesnelere nasıl oluşmuşlardır? Kuantum kuramına göre kütle sonsuz ve bütünsel bir enerji alanı içinde oluşmuş olan yerel yoğunluktur. Doğada, elektromagnetik alan vardır ama fotonlar yüksüzdür. Ancak elektromagnetik dalgaların dışında kütleli fakat artı ve eksi elektrik yükü taşıyan parçacıkların oluşması gerekmektedir. Aksi takdirde elektronun ve protonun yükü nasıl açıklanacaktır?

Bu tür kütleli fakat artı ve eksi yüklü parçacıkların var olmaları gerektiğini 1961 yılında **Jeffrey Goldstone** (1933-) denklemlere dayanarak iddia etmiştir. Kütle

sahibi olmayan bu yüklü parçacıklara da **Goldstone Bozonu** adı verilmiştir. Bugüne kadar kütleli olan sadece iki parçacık bulunmuştur ki bunlar elektromagnetik kuvveti ileten fotonlar ve atom çekirdeği içindeki kuvveti ileten Glüonlardır. Nötrino denen çok küçük maddesel parçacıkların sıfıra çok yakın, fakat sıfırdan farklı kütleli oldukları saptanmıştır. Her üç parçacığın da elektrik yükü yoktur. Kütleli fakat yüklü Goldstone Bozonu uzun süre fizikçilerin başını ağrıtan bir sorun olarak temel parçacık kuramının içinde varlığını sürdürmüştür.

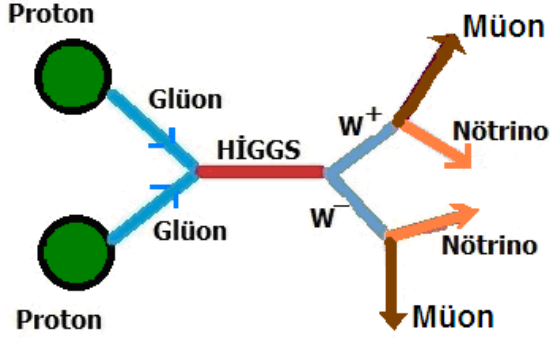
Bu zor problemi 1964 yılında altı tane fizikçi, çok yakın aralıklarla, yayınladıkları makalelerde çözmüşlerdir. Medyada kolaylık olsun diye bu çözüme kısaca "**Higgs Mekanizması**" adı verilmiş olsa da çözüme ulaşmış olanlar: **Brout, Englert, Guralnik, Hagen, Higgs** ve **Kibble** adlı altı fizikçidir. Mekanizma şöyle işliyor: Yüklü ve sıfır kütleli bir Goldstone bozonu bir foton ile birleşerek yüklü bir W^\pm ara parçacığı oluşturuyor. W bozonu dengesiz olduğundan kısa bir an içinde bozunarak diğer maddesel Leptonları (elektron, müon ve nötrino) oluşturuyor. Leptonlar hakkında bilgi için **14** sayılı **Standart Parçacık Modeli** başlıklı yazıma bakınız.

Sıfır kütleli iki parçacıktan kütleli olan parçacık oluşma mekanizmasına Higgs Mekanizması denmesinin nedeni, Higgs'in farklı yapıda (skaler) ve W^\pm den daha yoğun yüksüz fakat kütleli olan bir bozonun varlığına işaret etmiş olmasındandır. İşte, **CERN**'de varlığı araştırılan ve büyük ihtimalle bulunmuş olan bu yüksüz fakat ağır kütleli parçacık **Higgs Bozonu** olmaktadır. Higgs bozonu dengesiz ve hızla bozulan bir ara parçacık olduğundan deneysel olarak kanıtlanması oldukça zordur. Higgs parçacığı birçok şekilde bozunabildiğinden ona "**Kütle veren**" parçacık olarak bakılmaktadır. Medyada "Tanrı parçacığı" denmesinin de nedeni budur.

CERN'de bulunmuş olan ve protondan 140 kere ağır olan ara parçacığı büyük olasılıkla Higgs parçacığıdır. Alttaki çizimde Higgs'in bozunma şekillerinden bir tanesi ve deneyle gözlenmesi mümkün olan en önemlisi gösteriliyor. Yüksek hızda ve enerjide iki proton çarpıştığında proton içindeki Kuarkları birbirlerine yapıştıran kütleli ve yüksüz Glüon bozonlardan ikisi birleşerek (bu olaya fizik dilinde **füzyon** deniyor) Higgs bozonunu oluşturuyor. Higgs bozonu da anında W^+ ile W^- çiftine bozunuyor. W bozonları da yüklü bir leptona ve bir fotonu ayrıştırıyor. W^\pm bozonlarının varlığı gene CERN'de, Ocak 1983 yılında, deneysel olarak kanıtlanmış ve kütleleri 80 GeV olarak saptanmıştır. Higgs parçacığının kütleli de 160 GeV civarında olması beklenir.

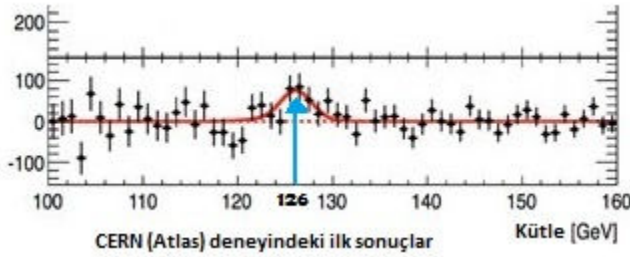
W^+ ara parçacığı + yüklü bir Müon ile bir Nötrino, W^- parçacığı ise eksi yüklü bir Müon ile bir Nötrino oluşturarak bozunuyor. Nötrinolar etkileşmeden uçup gitse de Müonları ölçmek mümkün. Müon parçacığı ağır bir elektron gibi olup kütlesi 0,105 GeV kadardır. Bir GeV = 1 Milyar (10^9) elektronvolt'tur.

CERN deneyinde "Higgs parçacığını bulduk" diyebilmeleri için iki Müon görmeleri gerekir. İki Müon görülünce o çarpışmaya odaklanarak Higgs parçacığı aranıyor.



Higgs parçacığını bulmak için İsviçre Fransa hududundaki CERN araştırma merkezinde 24 km çevresi olan yerin 50 metre altında bir sekizgen tünel kazmışlardır. LHC (Large Hadron Collider) "Büyük Hadron Çarpıştırıcısı" denmiş olan bu devasa aletin yapımına Aralık 1991 yılında karar verilmiş olsa da Avrupa devletlerinin onayı 1994 yılında alınabilmiştir. Şimdi sürmekte olan deneyde protonlar iki zıt yönde dolanarak saniyede 11,000 kere karşılaşılıyorlar. Bu karşılaşmaların hepsinde

çarpışma gerçekleşmiyor. Fakat arada bir iki proton kafa kafaya çarpıştıklarında büyük miktarda enerji açığa çıkıyor. Higgs parçacığı da bu çarpışmaların sadece pek azında ortaya çıkabiliyor. Amaç bu nadir olayı saptayabilmektir. Alttaki grafikte Higgs olduğu düşünülen parçacığın enerji dağılımı görülüyor. Parçacığın enerjisi 126 GeV etrafında Normal Dağılım gösteriyor (Bkz. Bir önceki **38** sayılı **Normal Dağılım** başlıklı yazım). Protonun enerjisi 0,938 GeV olduğuna göre bu parçacık yaklaşık 135 protona eş kütle sahibidir. Böylesine kütleli parçacığı oluşturabilmek için de devasa bir projeye şu ana kadar milyarlarca dolar harcanmıştır, harcanmaya da devam edilecektir.



Bu grafikte de görüldüğü gibi bulunmuş olan parçacığın kütlesi 160 GeV'den az oluşu iki adet W parçacığının varlığını şüpheye düşürüyor. Bu yüzden ki kesin olarak Higgs bulundu diyemiyorlar. Bu yeni parçacık yaygın enerji alanı içinde oluşan yerel bir enerji yoğunluğu olduğu görülmektedir. Kütesiz parçacıkların oluşturduğu tümüyle simetrik (her noktası birbirinin aynı olan) titreşen bir enerji alanından kütleli bir yapının aniden ortaya çıkışı gizli olan genel **simetrinin aniden kırılması** anlamına gelir. Kanımca, genel simetriyi aniden kıran düzen oluşturan **Takyon**lardır. Simetrinin kırılması konusunu ayrıntılı olarak **29** sayılı **En Genel Durum Enerjisi** başlıklı yazımda ve Takyonların etkisini **13** sayılı **Işıktan Hızlı Parçacıklar** başlıklı yazımda söz ettim.

Günümüzün fizikçileri simetrinin evrenin ilk başlangıcında kırıldığı görüşündeler. CERN deneyine bir çeşit evrenin başlangıç şartlarının laboratuvarında oluşturulması olarak görüyorlar. Oysaki iki protonun çarpışması evrenin başlangıcında oluşamazdı, çünkü tüm parçacıklar kütesizdi ve Higgs bu kütesiz parçacıklardan, yukarıda sözünü ettiğim mekanizma sayesinde ortaya çıkmıştır. Takyon evren modelinde bu tür bir çelişki bulunmamaktadır.