

Higgs bozonu: 2012'nin en büyük keşfi

LHC ulaşabildiği enerji seviyesi, veri işleme için gereken bilgisayar ağının büyüklüğü, evrenin ilk anlarını yoklayabilme gücü ve gerektirdiği uzmanlık seviyesi bakımlarından uygarlık tarihinin en iddialı ve en büyük projesidir ve insanlığı yepyeni başka bilimsel buluşların da eşiğine getirmiştir.

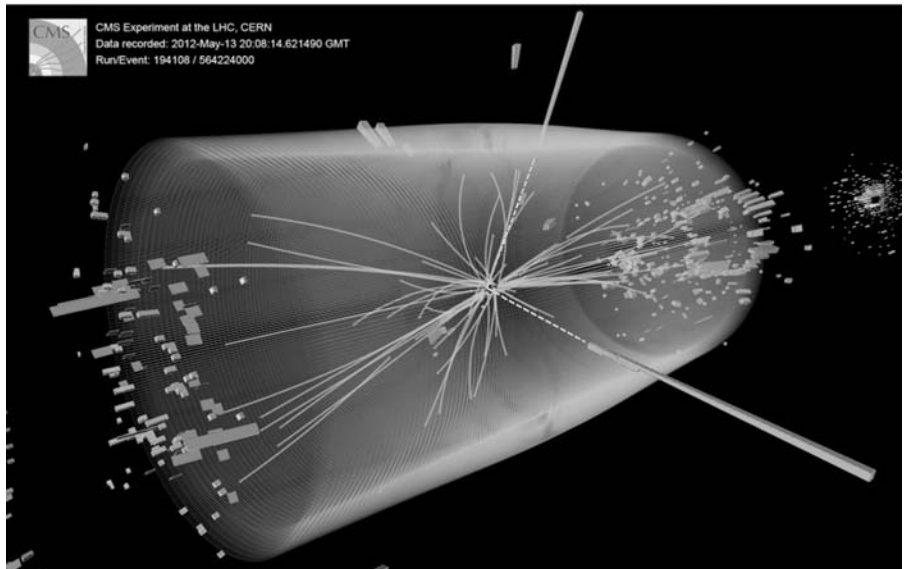
Evrenin işleyiş modelini inşa etmek için yaklaşık 100 yıl geçmiş. 1900'de Max Planck'ın ilk kuantum makalesi ile başlayan serüven 1930 ve 1940'larda parçacık hızlandırıcılarının geliştirilmesi ile ivme kazanmıştır. Bu çabaların nihai ürünü bu gün Standart Model (SM) olarak bilinen modeldir.

4 Temmuz 2012'de CERN'deki ATLAS ve CMS adlı iki büyük deney grubu tarafından Büyük Hadron Çarpıştırıcısı

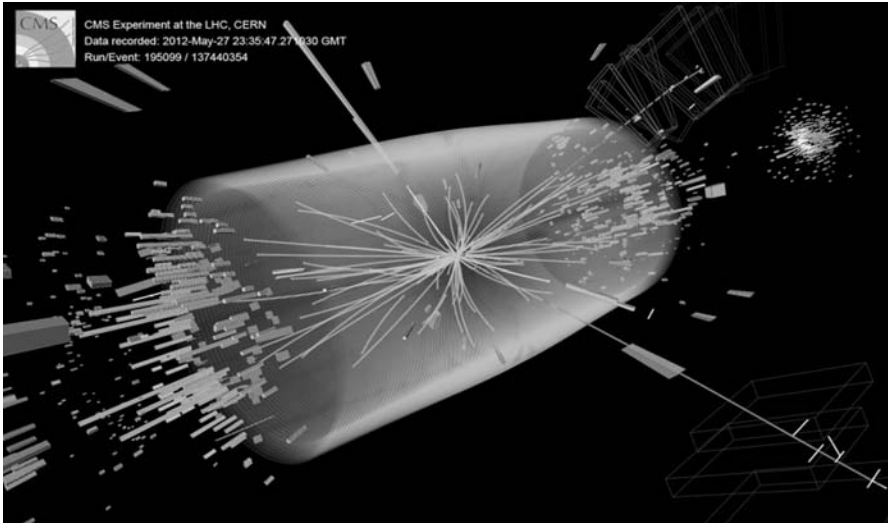
sında (LHC=Large Hadron Collider) Higgs parçacığı olarak adlandırılan bir parçacığın keşfedildiği açıklandı.

İlk çarpışmaların gerçekleştirildiği 30 Mart 2010'dan beri işletimde olan bu hızlandırıcıda en büyük öncelikle ve büyük umutla aranan nesne Higgs parçacığı idi. Higgs öngörülen özelliklerle gözlenebilirse, SM bir anlamda tümüyle kanıtlanmış ve tamamlanmış ve oturmuş bir teori statüsü kazanacaktı. Bu keşifle bu model artık kanıtlanmış ve tam bir teori statüsü kazanmış gibi görünüyor.

4 Temmuz 2012'de CERN'deki ATLAS ve CMS adlı iki büyük deney grubu tarafından Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda (LHC=Large Hadron Collider) Higgs parçacığı olarak adlandırılan bir parçacığın keşfedildiği açıklandı.



Higgs parçacığının 2 fotona bozunması. (CMS detektörü; 8 TeV enerji)



Higgs parçacığının ZZ çifti aracılığı ile 2 yüklü lepton çiftine bozunması.
(CMS detektörü; 8 TeV enerji)

Higgs, Brout, Englert Kibble, Gouralnik, Hagen adlı fizikçiler tarafından 1964'te "kütle problemini" çözecek bir mekanizma bulundu. Bu mekanizma çerçevesinde kuvvet taşıyıcı vektör alanlara menzillerini atom çekirdeği boyutlarına indirgeyebilmek amacıyla kütle kazandırılıyordu. Temel fikir teoriye yeni bir skalar alan eklemekten ibaretti. Ancak, bu alan vakumda tümüyle ortadan kaybolmamakta ve ardında bir kalıntı (çökelek, yoğuşku) bırakmaktaydı.

Zayıf kuvvet taşıyıcı vektör alanlara Higgs mekanizması ile kütle kazandırıldığına göre, kütleyle ilişkin üçüncü ekstra spin kuantum durumları nereden gelir sorusu çok önem kazanmaktadır. Bu durumlar Higgs alanından gelir. Şöyle ki, her bir ayar kuantumu bir Higgs alanı ile birleşir ve kaynaşır ve kütle ile birlikte ekstra bir spin kuantum durumu kazanır. Bunun karşılığında bir Higgs alanı ortadan yok olur. Popüler anlatımla, kuvvet taşıyıcı parçacık Higgs parçacığını "yiyerek kilo kazanır".

Bu şık kütle yaratma mekanizmasının ilk göze çarpan yan ürünü yeni bir kütleli skalar (spinsiz) parçacık: Meşhur Higgs parçacığı. Yıllardır yapılan çalışmalar sonucu kütle için belirli deneysel limitler de konulmuştu bu parçacık için.

Altını çizmeden geçmeyelim: Esas olarak "kütle yaratmak" için sisteme dâ-

hil edilen Higgs parçacığının kesinlikle (teorik olarak) öngörülemeyen tek özelliğinin kütleli olması da kaderin garip bir cilvesi olmalı. Tüm parçacıkların (kuarklar, leptonlar, W ve Z bozonları) kütleleri Higgs alanı tarafından yaratıldığı için Higgs parçacığının bu parçacıklarla etkileşme sabitlerinin kütleleri ile orantılı olması beklenir. Bu çok ayırt edici bir özelliktir ve Higgs parçacığının LHC hızlandırıcısında gözlemlenip tanınmasında belirleyici rol oynaması beklenmektedir. SM'nin öngörülleri uyarınca Higgs parçacığının ömür süresi de çok kısadır ve proton proton çarpışmasında oluşturulduktan hemen sonra pek çok kanal üzerinden çok hızla, yani çok çok kısa sürelerde, bozunacaktır. Dolayısıyla bu parçacığın keşfi, kendisinden çok bozunduğu parçacıkları gözlemlemeye yöneliktir, yani, bozunduğu parçacıklardan elde edilen bilgilerle yapılmaktadır.

SM çerçevesinde yıllardır yapılan çalışmalar sonucu edinilen bilgiler en önemli bozunma kanallarının son ürün olarak 2 tane foton ve (bir tanesi virtüel olan) 2 tane Z bozonu içeren kanallardan olduğunu göstermişti. Esas olarak bu kanallar üzerinden yeni parçacığın kütlelerinin en büyük hassasiyetle ölçülmesi mümkün oluyordu. 2 tane Z bozon'un üretildiği kanalda Higgs kütleleri, kendileri de çok kısa ömürlü olan Z bozonlarının her birinin elektron veya müon çiftlerine

bozunma süreçleri üzerinden tayin edilebiliyordu. Yani bu kanalda gözlemlenmesi gereken nihai bozunma ürünleri, 2 elektron çifti; 2 müon çifti; ya da 1 çift elektron ve 1 çift müon olmak üzere 4 adet elektrik yüklü leptonudur.

İlk Deneysel İşaretler: CERN'deki ATLAS ve CMS deneylerinden ilk olarak 13 Aralık 2011 tarihinde yapılan açıklamalar ile Standart Model Higgs parçacığının araştırılmasında geldikleri son durum dünyaya duyurulmuştu. Her iki deney tarafından elde edilen bulgular olası Higgs parçacığının kütlelerinin 124–126 GeV aralığında bir yerlerde olabileceğine işaret etmekteydi. Ancak o tarih itibarıyla toplanan veri miktarı henüz Higgs sinyalini bilinen fon süreçlerinden ayırt etmek için yeterli değildi; dolayısıyla bu sonucun bir keşif olduğunu söylemek için çok daha fazla veri ve güçlü bulgular gerekmektedir. Bu bulgular veri artışıyla birlikte istatistik hata sınırları içinde ya kaybolabilir veya daha da belirginleşebilirdi. 2012'de toplanacak olan yeni veriler, istatistiksel belirsizlikleri azaltıp SM Higgs parçacığının bu kütle bölgesinde olup olmadığını bize daha kesin olarak gösterecekti.

Keşif: Sonunda beklenen oldu ve yüksek enerji fiziği dünyası derin bir nefes aldı. 4 Temmuz 2012 Çarşamba gün-

Esas olarak "kütle yaratmak" için sisteme dâhil edilen Higgs parçacığının kesinlikle (teorik olarak) öngörülemeyen tek özelliğinin kütleli olması da kaderin garip bir cilvesi olmalı. Tüm parçacıkların (kuarklar, leptonlar, W ve Z bozonları) kütleleri Higgs alanı tarafından yaratıldığı için Higgs parçacığının bu parçacıklarla etkileşme sabitlerinin kütleleri ile orantılı olması beklenir.

nü CERN'in iki büyük araştırma grubu ATLAS ve CMS, SM Higgs parçacığının (veya ona çok benzeyen bir parçacığın) bulunduğunu açıkladılar. Bu açıklama bir anlamda 13 Aralık 2011 açıklamasında yarım bırakılan (zorunlu olarak) bir işin tamamlanması mahiyetinde bir açıklamadır. O ilk açıklamada vaat edildiği gibi 2012 yılında toplanacak yeni verilerle ya ilk sinyal ortadan kalkacaktı, ya da daha yüksek bir güvenilirlik düzeyi ile bir keşif niteliği kazanacaktı. 4 Temmuz 2012 açıklaması bu vadin tutulduğunu ve açıklamadan iki hafta öncesine kadar 2012 yılında toplanan yeni verilerle mutlu sona ulaşıldığı anlaşılıyor.

Bu noktada bilim adamı şüpheciliğini elden bırakmadan (özellikle bu bilim alanının 44 yıllık bir mensubu olarak benim bu konuda dikkatli olmam gerekir) belirtmeliyiz ki, SM'in öngörülerine göre ölçülen bazı kısmi bozunum genliklerinde farklılıklar olmakla birlikte, toplam bozunum genliğinin SM ile uyumlu olması gözlemlenenin çok büyük bir olasılıkla SM'in beklediği Higgs olduğunu düşündürmektedir. Ancak, SM Higgs parçacığı olduğu düşünülen bu parçacığın şimdilik sadece kütle değerinin belirlendiği, spin ve diğer parçacıklarla olan etkileşim kuplajları gibi özelliklerinin henüz tayin edilmediğini de not etmeliyiz.

2011 verileri 7 TeV kütle merkezi çarpışma enerjisinde (ve 5.1 fb^{-1} lüminosite

değerinde), 2012 verileri ise 8 TeV kütle merkezi çarpışma enerjisinde (ve 5.3 fb^{-1} lüminosite değerinde) toplanmıştır.

2 foton kanalında Higgs'in kütlesi nihai bozunma ürünleri olan yüksek enerjili fotonların enerjileri ve saçılma açıları Kristal Elektromagnetik Kalorimetre'de (ECAL) ölçülerek tayin edilmiştir. $Z+Z'$ kanalında ise her bir Z bozonunun da hızla bozunması ile oluşan ve bu sürecin nihai ürünleri olan 2 lepton çiftinin ECAL ve müon detektörlerinde ölçülmesi ile tayin edilmiştir (bu ölçümlerde $\tau+\tau$ ve $W+W'$ gibi birkaç başka kanal da göz önüne alınmıştır).

Yüksek Enerji Fiziğinde bu amaçla geliştirilmiş olan istatistiksel kriter çerçevesinde her iki grubun yeni açıklamalarına esas olan güvenilirlik ölçütü 5-sigma; bu da bir keşif anlamına geliyor. Yani daha anlaşılır bir ifade ile, protondan 133 kez daha ağır 125 Giga elektron-volt kütleli bu yeni parçacık (Aralık 2011'deki kütle değerinde bir değişme yok) % 95 üzerinde bir güvenilirlikle gözlemlenmiş durumdadır. Bir başka deyişle, fonun Higgs'in mevcut olmadığı bir dünyada böyle bir etki oluşturması sadece 3,5 milyonda bir ihtimaldir. Deney sürecinin devam ettirilerek, bulunan bu yeni parçacığın çeşitli kanallara bozunma özelliklerinin ve sonunda spin ve paritesinin ölçülmesi hedefleniyor. Zira ancak bu

10 milyar dolar kadar bir maliyetle dünyanın pek çok ülkesinin düzinelerce kurum ve kuruluşundan on binden fazla bilim insanının yaklaşık 25 yıldır milyonlarca saatlik çok üst düzey zihinsel emeği ile ve esas olarak yaklaşık 30 yıldır tüm çabalara rağmen henüz bulunamamış olan bu "tanrının cezası parçacığı" bulmak için inşa edilmiş olan bu proje, bu yeni keşif ile beklentilere ve tüm bu yatırımlara karşılığını vermiştir.

özellikler belirlendikten sonra gözlenen parçacığın gerçekten SM Higgs parçacığı olup olmadığı kesinlik kazanacak. 2012 yılı sonuna kadar toplanacak yeni verilerle toplam veri miktarının üç katı artması ve bu yeni verilerle 125 GeV kütleli bu yeni parçacığın tüm özelliklerinin kesinlikle belirlenebilmesi bekleniyor.

10 milyar dolar kadar bir maliyetle dünyanın pek çok ülkesinin düzinelerce kurum ve kuruluşundan on binden fazla bilim insanının yaklaşık 25 yıldır milyonlarca saatlik çok üst düzey zihinsel emeği ile ve esas olarak yaklaşık 30 yıldır tüm çabalara rağmen henüz bulunamamış olan bu "tanrının cezası parçacığı" bulmak için inşa edilmiş olan bu proje, bu yeni keşif ile beklentilere ve tüm bu yatırımlara karşılığını vermiştir.

LHC ulaşabildiği enerji seviyesi, veri işleme için gereken bilgisayar ağının büyüklüğü, evrenin ilk anlarını yoklayabilme gücü ve gerektirdiği uzmanlık seviyesi bakımlarından uygarlık tarihinin en iddialı ve en büyük projesidir ve insanlığı yepyeni başka bilimsel buluşların da eşğine getirmiştir. İzlemeye devam edelim.

