

# YENİ FİZİĞE DOĞRU

Resmi adı Avrupa Nükleer Araştırmalar Merkezi (CERN). Ama herhalde isim nükleer silah çalışmalarını çağrıştırdığından olsa gerek, Cenevre yakınlarındaki merkez bilim dünyasında daha çok Avrupa Parçacık Fiziği Laboratuvarı diye tanınıyor. Merkez bu sıralar hareketli. İddialı bir sprint koşusu öncesi ısınma hareketlerini yapan bir atlet gibi biraz gergin. Havadaki gerilim için yeterli neden var. Başarı, ABD'deki rakibi uzun süre gölgeye itecek. Tabii koşu başlayınca kadar ABD'nin Chicago kentinde bulunan Fermi Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı, ya da kısaca Fermilab, bir son dakika golü atmazsa. Ama dünya fizik toplumu daha şimdiden bahis paralarını CERN'e yatırıyorlar. ABD, Fermilab'daki Tevatron çarpıştırıcısı sayesinde son 20-30 yıldır deneysel parçacık fiziği alanının lokomotifliğini yapmış olmakla teselli bulurken, fiziğin ağırlık merkezinin CERN'e kaydığı genel kanı.

Fermilab gibi CERN'in de asıl ilgi odağı, Fransa-İsviçre sınırı altında 27 km uzunluğunda halka biçimli bir parçacık hızlandırıcısı. Atlantik'in iki yakasındaki ezeli rekabet, Standart Model diye tanınan, atomaltı düzeyde etki yapan üç temel doğa kuvvetinin etkileşiminde rol alan ve evrendeki tüm maddeyi oluşturan parçacıkların envanteri üzerine odaklı.

Bu tür tesisler için hem hızlandırıcı,



hem de (daha yaygın olarak) "çarpıştırıcı" betimlemesi kullanılıyor. Çünkü bunlarda atom çekirdekleri ya da daha küçük parçacık demetleri (örneğin elektronlar) uzun doğrusal ya da halkasal tüneller içinde güçlü manyetizasyonla önce ters yönlere hızlandırılıyorlar. Demetler saniyede 300.000 km olan ışık hızının %99,999'una kadar hızlandırıldıktan sonra, tünelin belli bölümlerini saran dev birer silindir biçimli detektörlerin içinde kafa kafaya çarpıştırılıyor ve ortaya çıkan "çarpışma enkazı" inceleniyor. Çarpışan parçacıkların oluşturduğu enerji milyar, hatta trilyon elektronvolt mertebelerine ulaşıyor ve Einstein'ın  $E=MC^2$  denklemine göre enerji maddeye dönüşebildiğinden, örneğin çarpışan iki elektronun kütlelerinin birkaç yüz bin katı kadar kütleyle sahip parçacıklar ortaya çıkabiliyor. İşte fizikçiler kuramlarda öngörülen parçacıkların pek çoğunu bu yolla gözlemleyebildiler.



Standart Model, kuramsal öngörülerini ve bu öngörülerin milyar dolarlar düzeyinde fiyat etiketleri taşıyan parçacık çarpıştırıcılarında kanıtlanan doğruluğuyla evrenimizi “doğruya çok yakın” biçimde açıklayan başarılı bir model. Avrupalı ve Amerikalı fizikçiler arasındaki yarış da Standart Model’in vardığı nokta ile “kesin doğru” arasındaki açığı kimin kapayacağı üzerine. “Avrupalı” ve “Amerikalı” ayrımı aslında lafın gelişi. Her iki laboratuvarında neredeyse her ülkeden parçacık fizikçileri, kuramcılar ve teknisyenler çok yakın bir işbirliği içinde çalışıyorlar. Örneğin, LHC’deki ATLAS adlı büyük detektörle çalışanların beşte birini, CMS adını taşıyanında çalışanlarınsa yaklaşık üçte birini Amerikalı fizikçiler oluşturuyor. Araştırma ekiplerinde, varlıklarıyla gururlandığımız Türk fizikçileri de yer alıyor.

Fiziğin, özellikle kütleçekim dışındaki öteki üç temel doğa kuvvetini açıklayan kuantum mekaniğinin alıştığımız bir özelliği, kesinlik yerine genellemeler üzerine kurulu olması. Bu bakımdan, Standart Model’in eriştiği düzeyle “kesin doğru” arasındaki fark da –en azından şimdilik– bir genelleme. Büyük başarılarına karşın modelin fizikçileri sıkıntıya sokan bazı çelişki



İsviçre - Fransa sınırında bulunan CERN ve LHC hızlandırıcı tüneli

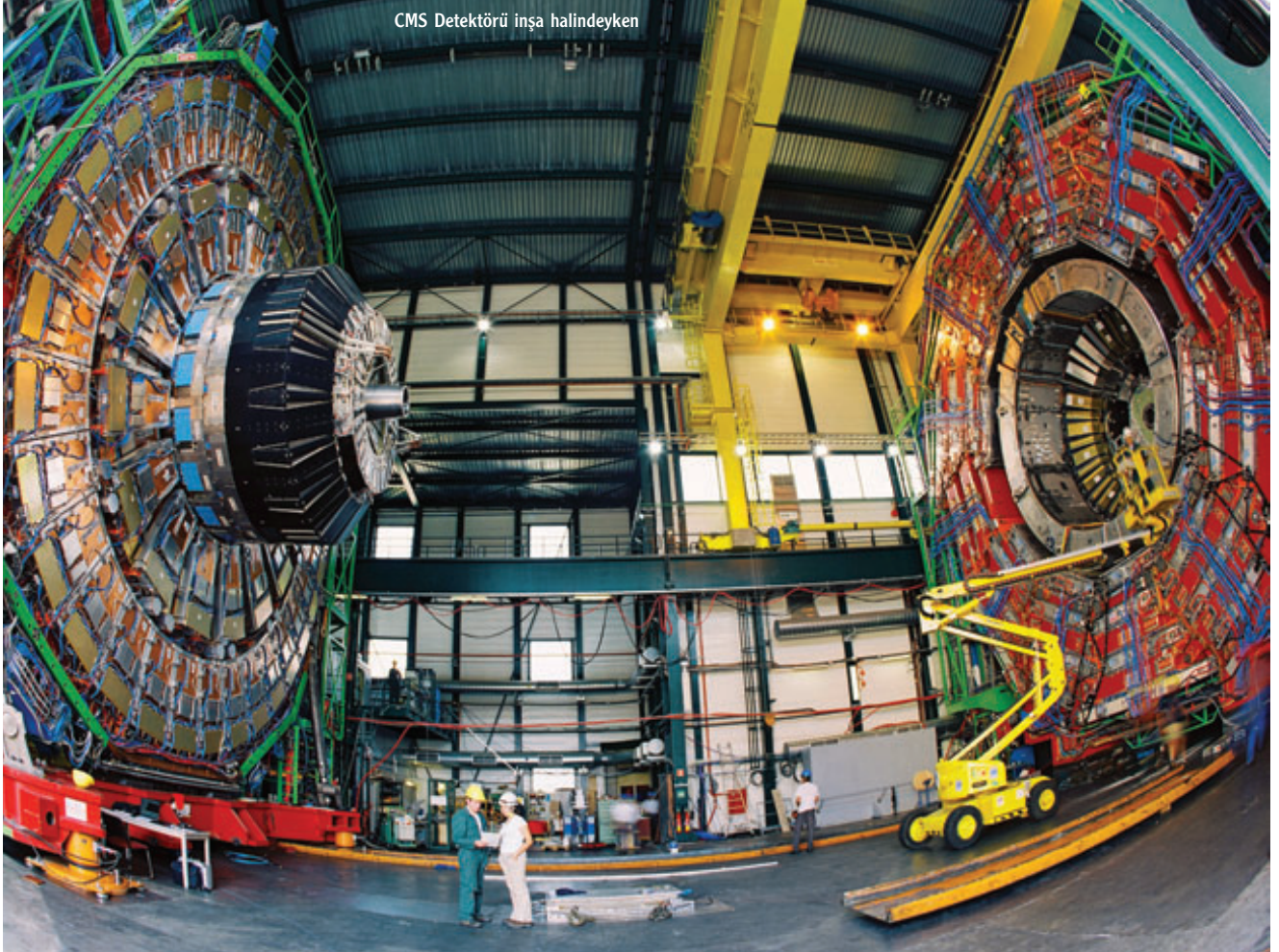
ve eksiklikleri var. Temel doğa kuvvetlerinin güçleri, erimleri ve simetrileri arasındaki fark gibi...

Modelin bir temel eksikliği de, tanıdığımız, elle tuttuğumuz madde parçacıklarının ve bunlar arasındaki etkileşimi sağlayan kuvvet taşıyan parçacıkların Standart Model tarafından öngörülen ve deneylerce doğrulanan kütlelerini nereden aldıkları.

Tabii fizikçilerin CERN’in atağından bekledikleri yalnızca Higgs’in bulunması değil, Standart Model’in öteki

bazı eksikliklerinin de giderilmesi. Bazı fizikçilerin Standart Model’in deliklerini tıkamak, geçerliliğini daha öteye taşımak için önerdikleri bir model de süpersimetri.

Bu kuram, fermiyon olsun, bozon olsun bildiğimiz her parçacığın, karşı türden ve kendinden daha ağır olan (süperlik ondan geliyor), ama bizim ulaşabildiğimiz enerji düzeylerinde gözleyemediğimiz bir eş parçacığı olduğunu öne sürüyor. Büyük Patlama’nın ilk anlarındaki enerji düzeyle-



CMS Detektörü inşa halindeyken



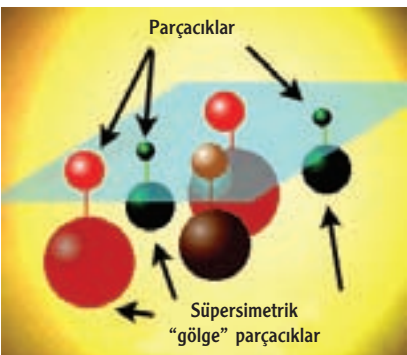


rinde varolan simetri, evren genişleyip soğudukça bozuluyor ve bizim bugünkü teknolojimizle gözleyebildiğimiz parçacıklara çöküyor.

Bazı laboratuvarlar geçtiğimiz yıllarda yaptıkları birtakım deneylerde, örneğin fiziğin belli başlı sabitlerinden biri olan müonun manyetik momentinin daha duyarlı ölçümlerinde, Standart Model'in öngördüklerinin dışında parçacıkların etkisinden kaynaklandığını düşündükleri anomaliler belirlediklerini açıkladılar. Başka ekipler bu sapmanın hesap hatalarından kaynaklanıyor olabileceğini ileri sürdülerse de, yeni deneylerde de olağandışlıklar olduğu bildirildi. Tabii bu olağandışlıkların bir ölçüm hatası olmayıp da gerçek bir olguya işaret ettiğini belirleyebilmek için belirli bir istatistiksel kararlılık göstermeleri gerekiyor. Ancak deney verilerinin incelenmesi aylar hatta yıllar sürebilen çalışmalar gerektiriyor.

Eğer ortaya çıkarlarsa bu süperparçacıklar nerede ortaya çıkacaklar?

Bu işe soyunan aygıtlardan biri, geçtiğimiz ay CERN'deki tüneldeki yerine yerleştirildi. 15 metre çapında ve 13.000 ton ağırlığındaki dev yapı, LHC'nin ana detektörlerinden biri olan Compact Muon Solenoid'in (CMS) temel parçalarından olan bir mıknatıs bloku.



Birkaç ay içinde 27 kilometre uzunluğundaki tünelin LHC için yeniden döşenmesi tamamlanmış olacak. Tünel, daha önce elektronlarla antiparçacıkları olan pozitronları çarpıştıran LEP deneyleri için kullanılmaktaydı. LEP fizikçileri, 2000 yılında tam da Higgs'in izi olabileceğini öne sürdükleri işaretler bulmuş olabilecekleri yolunda açıklamalar yaparken, deneyler sona erdirilmiş ve tünellerdeki donanım, yerini LHC'ye bırakmak üzere sökülmeğe başlanmıştı.

Milyarlarca dolar tutarında yeni ekipmanın tümüyle yerleştirilmesinin ardından CERN araştırmacıları dünyada şimdiye kadar yapılmış en büyük ve

en karmaşık deney cihazının ilk deneme çalışmalarını başlatacaklar. LHC, parçacıkları şimdiye kadar (Fermilab'da) erişilen en yüksek enerji düzeylerinin yedi katı enerjiyle çarpıştıracak ve öncelikle Standart Model'in parçacık vitrinindeki tek boş yerde bulunması gereken parçacığı, yani Higgs bozonunu arayacak. Bu arada yeni ve daha egzotik parçacıklar bulunursa da ne âla...

LHC'de fizikçileri heyecanlandıran, yalnızca parçacıkları şimdiye kadar düşünememiş enerjilerde çarpıştıracak olan tüneller değil. Şimdiye kadar yapılmış en büyük "fizik makinesi" aynı zamanda bir çarpıştırıcı için üretilmiş en büyük ve en karmaşık parçacık detektörlerini de bir veri tufanına boğacak. Her bir detektörün bir yıl içinde toplayacağı veriler, DVD'lere doldurularak üst üste konacak olsa en sondaki DVD'nin 25 kilometre yükseklikte olacağı bildiriliyor. Detektörleriyle birlikte LHC'nin tüketeceği gücün 120 megawatt olacağı bildiriliyor. 3,8 milyar dolarlık fiyat etiketi de onu şimdiye kadar inşa edilmiş en pahalı parçacık çarpıştırıcısı yapıyor.

Yeraltındaki 27 kilometre uzunluğundaki tünelin içinde, sonu gelmeyen

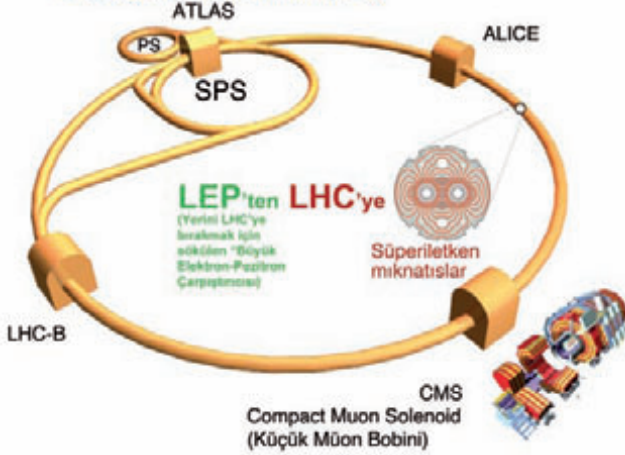
## LHC'den kısa kısa:

- Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC), yer yüzeyinin 50-175 m altında 27 kilometre uzunluğunda halka biçimli bir tünel içine kurulu. Tünel İsviçre ve Fransa sınırının altında her iki ülkenin topraklarına giriyor. Tünelin çapı 3,8 m.
- Birbirine ters yönlere yol alan proton demetleri, SPS (Süper Proton Senkrotronu) adlı özel hızlandırıcıdan LHC içine sokulacak.
- Proton demetleri 450 GeV (milyar elektronvolt) enerji düzeyinde halkaya alındıktan sonra 7 TeV (trilyon elektronvolt) düzeyine erişinceye kadar hızlandırılacak. (Işık hızının %99,9'undan fazlası.)
- Proton demetleri LHC halkası içinde bulunan ve çok sayıda mıknatıs arasından geçen iki ayrı vakum tüpü içinde yol alacaklar.
- Toplam 1232 adet dipol mıknatıs, demetleri 27 km uzunluğundaki halka boyunca bukererek yönlendirecek. Demetin momentumu çok yüksek olduğu için bu mıknatısların çok güçlü bir manyetik alan oluşturmaları gerekiyor.
- İstenen güçte manyetik alanı oluşturabilmek için yüksek akım gerekli. Aşırı direnç kayıplarını önlemek için mıknatıslar süperiletken olmak zorunda. Mıknatısları süperiletkenliği gerektirdiği soğuklukta tutacak sıvı helyumu üretecek dev bir soğutma sistemi kullanılıyor.

- Mıknatısların kabloları çok özel bir tasarımda üretilmiş ve süperiletken moda geçtiklerinde akımı dirençsiz olarak iletiyorlar.
- Tam yoğunluktaki her parçacık demeti, 2808 kümeden oluşacak. Her kümedeyse  $1,15 \times 10^{11}$  (115 milyar) proton bulunacak.
- Her biri 7 trilyon elektronvolt enerji kazanmış 115 milyar protondan oluşan 2808 küme içeren bir demetin toplam enerjisi 362 megajoul (MJ) oluyor. Bu enerji, 80.000 ton ağırlığında bir uçak gemisini saatte 5,6 deniz mili hızla seyrettirebilir, Fransa'nın ünlü hızlı treni TGV'yi saatte 150 km hızla yürütebilir, 77,4 ton TNT'nin patlamasına eş bir enerjiyi açığa bırakabilir, yarım ton bakırı eritebilir.
- Işık hızının yanına kadar hızlandırılan ve ters yönlere yol alan proton demetleri, birbirlerinin içinden saniyede 40 milyon kez geçecekler. Demetlerin karşılıklı her geçişinde 20 proton-proton çarpışması olacağı hesaplanıyor. Bu da saniyede 800 milyon çarpışma demek. Ancak bunların arasında "ilginç" sayılanların sayısı çok az olacak. Çünkü protonların çoğu birbirini yalnızca sıyrıp geçecek, kafa kafaya çarpışmalar son derece seyrek görülecek. Kafa kafaya çarpışmalarda ortaya yeni parçacık çıkarılabilirler daha da az olacak. Sonuçta Higgs parçacığının ancak 10 trilyon çarpışmadan birinde ortaya çıkabileceği hesaplanıyor. Yani, her saniye 800 milyon çarpışma gerçekleşse bile, bir günde yalnızca tek bir Higgs parçacığı ortaya çıkabilir.

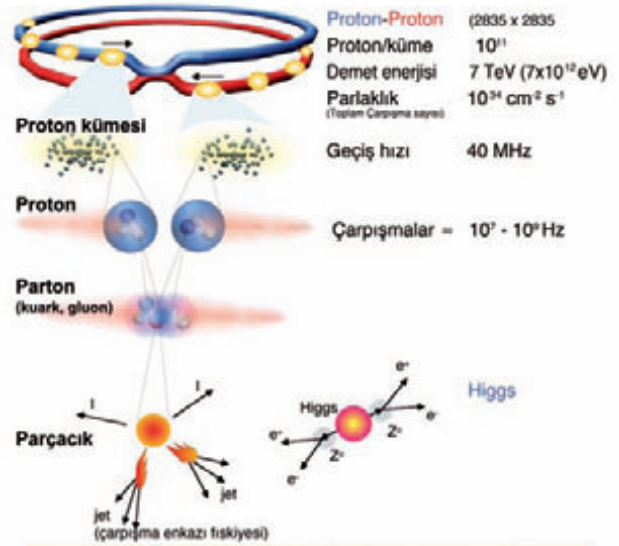
## Büyük Hadron Çarpıştırıcısı

The Large Hadron Collider (LHC)



	Demetler	Enerji	Parlaklık
LEP	e+ e-	200 GeV	$10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
LHC	p p Pb Pb	14 TeV 1312 TeV	$10^{34}$ $10^{27}$

## LHC'de Çarpışmalar



Higgs bozonunun 10 trilyon çarpışmadan yalnızca birinde ortaya çıkması bekleniyor

bir dizi halinde sosis gibi uç uca eklenmiş büyük mavi silindirel bulunuyor. Bunlar, yüklü parçacıkları halka içinde yönlendiren, devrimci tasarımda süperiletken mıknatıslar. Mıknatıs silindirelilerinin içindeyse iki boru yer alıyor. Bunlar, protonları ters yönlere taşıyan hızlandırıcı tüpler. Proton demetleri bunlar içinde ışık hızının hemen yanına kadar hızlandırıldıktan sonra bir noktada aynı tüpe alınıp içlerinden küçük bir bölümünün çarpışıp, detektörlerce incelenen parçacık sağanaklarına yol açması bekleniyor.

Sıvı helyumla soğutulan son mıknatısın da bu ay içinde (Nisan) tünele yerleştirilmesiyle hızlandırıcılar, heyecanlı görevlerine başlamaya hazır hale gelecek.

Tesisteki detektörler de hem içerdikleri uç teknolojiler, hem fiyatları hem de boyutlarıyla birbirleriyle yarış halindedir. Herbirinde yüzlerce biliminsanı ve teknisyen son hazırlıkları yürütmekte meşgul. Tabii asıl yarış, hedefi ilk ele geçirmek için yapılacak.

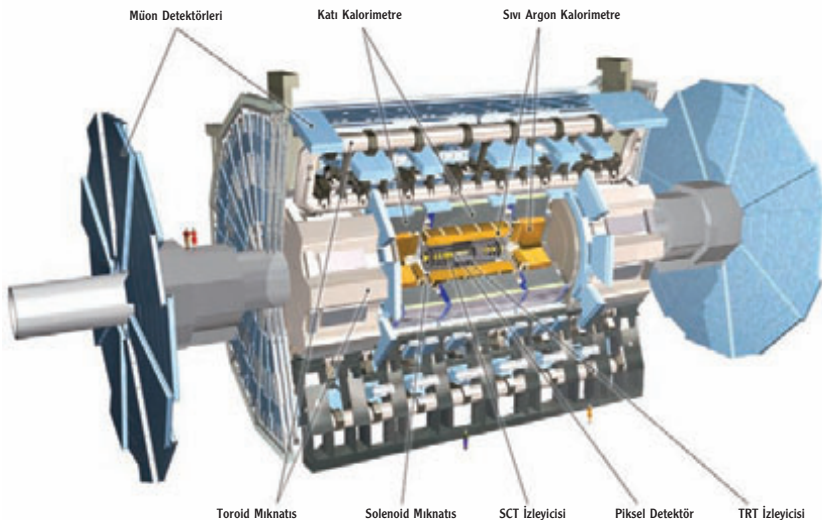
Ana detektörlerden biri olan ATLAS, sekiz katlı bir apartman yüksekliğinde. Uzunluğuyca bir futbol sahasının yarısı kadar. İçi parçacık izleyiciler, ışık yayan kristaller ve içerdiği yüz milyon veri kanalına bilgi akışı sağlayacak pek çok başka aygıtla tıka basa dolu. CERN'de detektörlerin sağlayacağı verilerin elde edilmesi ve analizi için pek çok ülkeden çok sayıda bilim adamı ve teknisyen çalıştığı için bunlara "işbirliği platformu" (collabo-

ration) deniyor. Örneğin yalnızca ATLAS detektöründe görev almış biliminsanlarının sayısı 1800 kadar.

Yarışın ortağı olan CMS platformunda da 2359 araştırmacı görev yapıyor. LHC'nin bütünündeysse 111 ülkeden yaklaşık 7500 biliminsanı araştırmalara katılmak için kayıt yaptırmış. Ama bunların hepsi aynı anda tesiste bulunmayacak; GRID (şebeke) denen bir elektronik paylaşım sistemi sayesinde deney verilerini kendi ülkelerinde bilgisayardan izleyebilecekler.

Öncelikli hedefin Higgs bozonunu bulmak olmasına karşın, farklı hedefler peşinde koşanlar da var. Pek çok fizikçi süpersimetri parçacıklarının ortaya çıkmasını beklerken, tesisi ziyaret eden Stephen Hawking ise Higgs bozonunun bulunacağı konusunda kuşkuları olduğunu, kendi ilgisininse deneyler sırasında ortaya çıkabileceği spekülasyonları yapılan mini karadelikler olduğunu söylemiş.

LHC'deki parçacık çarpışmaları sırasında karadelik oluşması beklentisi, medyada sık sık felaket senaryolarının gündeme getirilmesine yol açıyor. Bir karadelik oluştuğunda dur durak bilmeyen iştahıyla tüm dünyayı yutabileceği yolundaki medya ortalığı öylesine ayağa kaldırmıştı ki, CERN yetkilileri birkaç yıl önce resmi bir açıklama yaparak, bir karadelik oluşsa bile bunun Stephen Hawking'in keşfederek adını verdiği "Hawking Radyasyonu" süre-



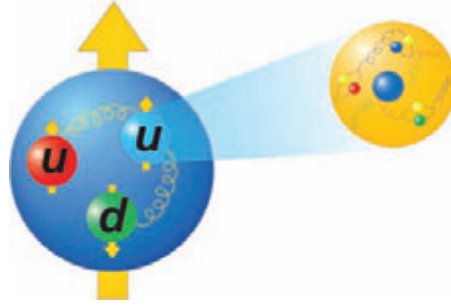


ciyle saniyenin çok küçük kesirleri içinde yok olacağını belirtme gereği duymuşlardı.

Hawking karadeliklerini arayadursun, ATLAS ve CMS dışındaki detektörler de başka avlar peşinde olacak. Bunlardan LHCb adlı detektörde görevli biliminsanları, alt (bottom) kuark denen bir kuark çeşnisini içeren parçacıklarla bunların antiparçacıkları arasındaki asimetrisini inceleyecekler. Daha önce ABD ve Japonya'daki özel hızlandırıcılarda biliminsanları, yeni parçacıklar keşfetme umuduyla, alt kuarklar başka kuark çeşnilerine bozunurken ortaya çıkan küçük farklılıkları belirlemişlerdi.

LHCb'den yedi kilometre ötede ALICE adlı bir başka detektörde araştırmacılar, "kuark-gluon plazması" denen bir "parçacık" çorbasını inceleyecekler. Normal olarak maddenin temel yapıtaşları olan kuarklarla, şiddetli çekirdek kuvvetinin taşıyıcısı olan gluonlar, hü-

re çekirdeğinin içinde hapsedirler. Çekirdek dışında ve serbest halde bulunamazlar. Ancak, evrenin ilk başlangıç anlarındaki trilyon dereceler düzeyindeki sıcaklıklarda bu sıcak plazmanın evreni doldurduğu düşünülüyor. Geçtiğimiz yıllarda ABD'deki Brookhaven Ulusal Laboratuvarı'nda araştırmacılar, altın iyonlarını çarpıştırarak bu plazmayı oluşturduklarını açıklamışlardı. LHC'deyse yılda birkaç hafta süreyle kurşun hücreleri 28 kat daha yüksek enerjide çarpıştırılarak ALICE'in bu



plazmanın özelliklerini çok daha derinden izlemesi sağlanacak.

## Acele İşe...

Projenin tamamlanmasının ve medya ilgisinin kamuoyunda yarattığı beklentilere karşın, proje yöneticileri ve araştırmacıların, işi aceleye getirmeye niyetleri yok. LHC'den beklenen trilyonlarca byte tutarında veri seli için anlaşılabilir bir miktar bekleniyor. Araştırmacılar hızlandırıcı halkalarına ilk proton demetlerini, deneme amacıyla bu yılın kasım ayında sokmaya başlayacaklar. Verilerin derlenmeye başlayacağı gerçek seanslara, 2008 ilkbaharına tarihlendirilmiş bulunuyor. Bu tarihte bile ihtiyat elden bırakılmayacak ve makine düşük enerjide çalıştırılacak; (Fermilab'daki Tevatron'unkinden de düşük) fizikçilerin "parlaklık" diye adlandırdıkları parçacık demet yoğunluğu da düşük tutulacak. Proje-

## Parçacık Çiftliği

Standart Model'in açıkladığı üç temel doğa kuvvetinden etkilenen ya da bunları taşıyan parçacıklar, halen bilinen ya da varlığı tahmin edilen **temel parçacıklar** ile, bunlardan yapılabilecek **bileşik parçacıklar** olarak ayrılıyor.

### Temel Parçacıklar

Ölçülebilir bir iç yapıları olmayan, yani daha başka parçacıklardan yapılabilecekler. Temel parçacıklarsa spin denen kuantummekaniksel özelliklerine göre ayrılabilir. Bunlardan fermiyon denen parçacıklar 1/2 spinli, bozon denen parçacıklarsa tamsayı spinli olurlar. Fermiyonların bir özelliği de aynı enerji düzeylerinde sınırlı sayıda bulunabilmeleri, buna karşılık bozonların bir araya toplanabilmeleri. Temel doğa kuvvetlerini ileten parçacıklar bozon özelliği taşıyor, bazı madde parçacıkları da bozon olabiliyor.

Fermiyonlar, tüm maddenin temel yapıtaşları. Bunlar da şiddetli çekirdek kuvvetinden etkilenip etkilenmediklerine göre sınıflara ayrılıyor. Standart Model'e göre 12 temel fermiyon çeşni si bulunuyor: 6 **kuark** ve 6 **lepton**.

**Kuarklar** şiddetli çekirdek kuvveti aracılığıyla etkileşirler. Kuarkların da 6 çeşni si bulunuyor: Bunlar,

- Yukarı (Up) u
- Aşağı (Down) d
- Garip (Strange) s
- Tilsim (Charm) c
- Alt (Bottom) b
- Üst (Top) t

olarak tanınıyor. Bunların her birinin bir de ters elektrik yüklü karşı parçacığı (antikuark) bulunuyor.

**Leptonlar** şiddetli elektrik kuvveti aracılığıyla etkileşmeyen parçacıklar. Yine her leptonun bir antilepton karşı parçacığı oluyor. Elektronun antiparçacığına tarihi nedenlerle pozitron deniyor. Leptonların da 6 çeşni si oluyor. Antiparçacıklarıyla birlikte şöyle sıralanıyor:

- Elektron ve pozitron
- Elektron nötrinosu ve Elektron antinötrinosu
- Müon ve antiparçacığı
- Müon nötrinosu ve Müon antinötrinosu
- Tau leptonu ve antiparçacığı
- Tau nötrinosu ve Tau antinötrinosu

**Bozonlar** tam sayılı spinlere sahipler. Doğanın temel kuvvetleri "ayar bozonları" denen parçacıklarla iletiliyor. Standart Model'e göre temel bozonlar şunlar:

İsim	Yük (e)	Spin	Kütle (GeV)	Taşıdığı Kuvvet
Foton	0	1	0	elektromanyetizma
W <sup>±</sup>	±1	1	80,4	zayıf çekirdek kuvveti
Z <sup>0</sup>	0	1	91,2	zayıf çekirdek kuvveti
Gluon	0	1	0	şiddetli çekirdek kuvveti
Higgs	0	0	>112	tablonun altına bakınız

Bunlardan Higgs bozonu (0 spinli), elektrozayıf kuram (zayıf çekirdek kuvvetiyle, elektromanyetik kuvveti özdeşleştiren kuram) tarafından öngörülüyor. Standart Model'deki Higgs mekanizmasına göre ağır Higgs bozonu, Higgs alanındaki simetrisinin kendiliğinden bozulmasıyla ortaya çıkıyor. Temel parçacıkların (özellikle ağır W (artı ve eksi yüklü iki çeşidi var) ve Z (yüksüz) bozonlarının) kütleleri, bu alanla yaptıkları etkileşimle açıklanıyor. Standart Model'in aksine Süpersimetri modeli, beş ayrı "hafif" Higgs parçacığının varlığını öngörüyor.

### Varsayımsal Parçacıklar

Süpersimetrik kuramlar, henüz hiçbirinin varlığı deneysel olarak saptanamamış bir dizi başka parçacık öngörüyor:

- Nötralino (-1/2 spin), Standart Model'deki birçok yüksüz parçacığın (kendilerinden daha ağır) süperpartnerlerinin üst üste binmiş hali olarak betimleniyor. Nötralino, evrendeki maddenin büyük kısmını oluşturan "karanlık madde" için önde gelen adaylardan biri. Süpersimetri kuramlarında Standart Model'deki yüklü (charged) parçacıkların süper eşlerineyse chargino deniyor.
- Fotino (spin-1/2) fotonun süpersimetrideki süperpartneri.
- Gravitino (spin 3/2), süpergravite kuramlarında kütleçekiminin parçası olan graviton bozonunun süperpartneri.

Sleptonlar ve Skuarklar (spin 0), Standard Model'deki fermiyonların süpersimetri kuramındaki süper partnerleri. Örneğin stop skuarkın ( üst kuarkın süperpartneri) görece küçük bir kütlesi olduğu düşünülüyor ve hızlandırıcı deneylerinde varlığı gözlemlenmeye çalışılıyor.

### Bileşik Parçacıklar

**Hadronlar** şiddetli çekirdek kuvvetiyle etkilenen bileşik parçacıklar. Hadronlar, ya

- Fermiyon türü oluyorlar ki, bu durumda bunlara **baryon** deniyor. Ya da
- Bozon türünden oluyorlar ki, bunlara da **mezon** deniyor.

İlk kez 1964'te birbirlerinden bağımsız olarak Murray Gell-Mann ve George Zweig tarafından önerilen kuark modelleri hadronları, gluonlarla iletilen şiddetli çekirdek kuvvetiyle birbirlerine sıkıca bağlanmış değerlik (valans) kuarkları ve/veya antikuarklarından oluşan bileşik parçacıklar olarak betimliyor. Her hadronun içinde ayrıca bir

de görevli fizikçiler, demet yoğunluğunun tasarlanan düzeye, yani tesisin tam güçle çalışmasında erişeceği düzeye bir yıldan önce çıkmasını beklemiyorlar.

Araştırmacıları heyecanlarını dizginlemeye zorlayan, LHC'nin kendi kendini tahrip edebilecek kadar güçlü ilk parçalık çarpıştırıcısı olması. LHC'nin hızlandırıcılarında dolaşacak parçacık demetlerinin her biri 362 megajoul enerji taşıyor. Bu 90 kg TNT'nin patlama enerjisine eşit ve 500 kilo bakır eritmeye yetiyor. Eğer makine proton demetlerinden birine yolunu şaşırtıp kendi içine yönlendirirse, protonlar 30-40 metre çaplı delikler açabilir ve LHC'yi aylar süreyle devreden çıkartabilir.

Böyle bir felaketi önlemek ve makineyi kendine karşı korumak için, hızlandırıcı fizikçileri teknolojinin uç noktalarını zorlamışlar. 4000'den fazla süperhızlı "demet-kayıbı monitörü"

bir arada çalışıp, mıknatıslarla yönlendirerek tünel içinde yol alan demetlerden sapan protonları belirleyecek. Bunlardan bağımsız olarak demet akımı monitörleri, tünel içinde dolaşan akımın düzeyini sürekli ölçerek protonların yoldan saptığına işaret edecek yük kayıplarını ortaya çıkaracak. Demet konum monitörleri ise, demetin bir bütün olarak yolundan sapıp sapmadığını denetleyecek. Bu sistemler hep birlikte mıknatıslara verecekleri komutla, kararsız hale gelmiş bir demeti, birkaç yüz mikrosaniye içinde, yani halka içinde daha birkaç tur atmadan halka dışına çıkartacak.

Hiçbir aksaklık olmasa bile fizikçilerin, yalnızca LHC'yi devreye alacak şalteri indirmek için bile olağanüstü güvenlik önlemleri almaları gerekiyor. Çarpıştırıcı, her demet içine  $10^{14}$  (yüz trilyon) proton sığdırmak üzere tasarlanmış. Ve bu protonların yalnızca 10 milyonda biri demetten saparak mık-

natıslardan birinin içine dalacak olsa, mıknatısı hızla ıstıp süperiletkenliği ortadan kaldırarak demetin dağılmasına yol açabilir. Bunu önlemek için tasarımcılar halkalar içine yüzlerce "kolimatör" denen ve kaçak parçacıkları yakalamak için geliştirilmiş, çapları ayarlanabilir demet sıkıcılar yerleştirmişler. CERN yetkililerine göre kolimatörlere yönelmiş her 1000 parçacıktan 1'den fazlası yol boyunca dizili mıknatıslara girmemeli.

Bir de tabii proje yöneticilerini korkutan, LHC devreye sokulduktan sonra odaları doldurup konsol başındaki görevlilerin omuzları üzerinden konsolları izlemek isteyecek kalabalık. Ama yöneticiler, en azından ilk başlarda bu "istenmeyen" kalabalığı önlemenin bir yolu olmayacağını ve olmaması gerektiğini de teslim ediyorlar. CERN'e gelip de görevi ne olursa olsun bu ilk heyecanı tatmak istemeyen olabilir mi?

ortaya çıkıp bir yok olan ya da birbirlerine dönüşüp duran sanal kuark ve antikuark parçacıkları var. Bunların sayılarının çokluğu bir denizi anımsatmış olacak ki, bunlara deniz (sea) kuark ve antikuarkları deniyor.

**Baryonlar** (fermyonlar): Sıradan baryonların (fermyonların) her biri ya üç değerlik (valans) kuark ya da üç değerlik antikuark içeriyor.

**Nükleonlar** normal atom çekirdeklerinin fermiyonik bileşenlerine deniyor:

- Protonlar (iki yukarı (u) ve bir aşağı (d) valans kuarkından oluşuyor (ve çok sayıda sanal "deniz" kuark ya da antikuark içeriyor),
- Nötronlar (iki d ve bir u valans kuarkından oluşuyor (ve de deniz kuarkları)

**Hyperonlar:**  $\Lambda$ ,  $\Sigma$ ,  $\Xi$  ve  $\Omega$  gibi, bir ya da daha fazla garip (s) kuark içeren, kısa ömürlü ve nükleonlardan daha ağır parçacıklar. Atom çekirdeklerinde normal olarak bulunmamakla birlikte kısa ömürlü hiperçekirdekler içinde bulunabilirler.

Bir takım **tılsımlı** (c kuark içeren) ve **alt** (b kuark içeren) baryonlar da gözlenmiş durumda.

**Mezonlar** (bozonlar) bunlar çok sayı ve çeşitte bulunuyorlar. Sıradan mezonlar (bozon özellikli) bir valans kuarkıyla (başka türden) bir valans antikuarkından oluşur. Bunlar arasında **piyon**, **kaon** ve  $J/\psi$  ile birçok başka tip mezon sayılabilir. Kuantum dinamiğinde nükleonlar arasında güçlü çekirdek kuvveti, mezonlarca iletiliyor (nükleonlar içindeki kuarklar arasında şiddetli çekirdek kuvveti (şiddetli etkileşim) hatırlanacağı gibi gluonlar tarafından iletiliyor)

Bunların dışında zaman zaman varlıklarına ait çok da kesin olmayan egzotik mezonlar da bulunuyor.

**Atom çekirdekleri:** Atom çekirdekleri proton ve nötronlardan oluşuyor. Bir elemente ait her çekirdek türü belirli sayıda proton ve belirli sayıda nötron içerir ve nüklid ya da izotop olarak adlandırılır.



**Atomlar:** Atomlar, kimyasal tepkimeler yoluyla maddenin içine dağılabileceği en küçük yüksüz parçacıklardır. Bir atom küçük ve ağır bir çekirdek ile çevresinde dolanan görece büyük elektronlardan oluşmuş bir buluttan meydana gelir. Her atom türü, özel bir kimyasal elemente karşılık gelir ve 111 tanesi resmen adlandırılmıştır (Bkz. Elementlerin periyodik tablosu).

**Moleküller:** Moleküller bir maddenin fiziksel özelliklerini korumakla birlikte içlerinde element olmayan bir maddenin sokulabileceği en küçük parçacıklara denir. Her tip molekül, belli bir kimyasal bileşiğe karşılık gelir. Moleküller bir ya da daha fazla türden atomun bileşikleri olabilirler.



## Dersler ve Sonrası

1980'li yıllarda ABD'de fizikçiler büyük düşündüler. Ama haddinden fazla büyük!.. Hem bilinen parçacıkların kuramını tamamlayacak olan parçacığı bulup çıkaracak, hem de yepyeni parçacıklar keşfedecek dev bir makine. Dev derken de, elbette Amerikan ölçülerinde olacak. 87 kilometre uzunluğunda bir hızlandırıcı tünel. Seçilen yer de ABD'nin en büyük eyaleti Texas.

Bu arada Avrupa'nın laboratuvarında yani CERN'de bir grup araştırmacı, daha devreye bile girmemiş olan elektron-pozitron çarpıştırıcısı LEP'in ardından işi devralacak yeni bir makine üzerinde fikir cimmastığı yapıyorlardı. Bu makinenin adı Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC) olacaktı.

Yirmi yıl sonra LHC, öteki makinenin, talihsiz Süperiletken Süper Çarpıştırıcı'nın (SSC) yapamadığı keşifleri yapmaya hazırlanıyor. LHC'nin erişileceği enerjinin üç katına erişmeyi hedefleyen SSC, maliyeti 4,6 milyar dolardan 8,3 milyara fırlayınca ABD kongresinin fizik dünyasını yasa boğan kararıyla, tamamlanmadan çöpe atıldı.

Neden SSC başaramadı da LHC başardı? Fizikçilere göre neden, SSC'yi çelmeleyen bir dizi hata: Tesisi mevcut bir laboratuvarında kurmak yerine proje yöneticileri Texas'ta Waxahachie adlı ıssız bir yeri seçtiler. Araştırmacılar daha sonra, getirisi fazla önemli olmayan, ama maliyeti büyük ölçüde artıran bir tasarım değişikliğine gittiler. Nihayet ABD başta bu tesise tek başına sahip olmak istedi ve ancak iş işten geçtikten sonra uluslararası ortaklar aradı.

LHC'nin başarısı da son derece somut nedenlerle açıklanabilir ve CERN'i, daha şimdiden planlanan yeni dev çarpıştırıcı, 31 kilometre uzunluğundaki Uluslararası Doğrusal Çarpıştırıcı (ILC) için avantajlı konuma getirebilir.

Gözlemcilerin çoğuna göre LHC'nin başarısında temel rolü, CERN'in son derece sağlam bütçesi oluşturuyor. Neden sağlam? Çünkü 1954 yılında CERN'i ortaya çıkaran antlaşma uyarınca, kuruma ortak olan ve şimdi sayıları 20'ye ulaşmış olan hükümetlerin her biri, kendi gayrisafi milli hasıllarıyla orantılı olarak kuru-



SSC için, Texas'ta Waxahachie adlı ıssız bir yer seçilmişti.

mun bütçesine katkı koyuyorlar. CERN Direktörü Robert Aymar'a göre antlaşma, bütçede istikrar sağlıyor. Çünkü her yıl ortak ülke parlamentoları bu yıl katkımızı ne kadar artıralım ya da eksiltelim diye karar alamıyorlar. Bu sayede beş yıl sonrasının bütçe harcamalarını da önceden planlıyorlar, ve (örneğin 2002'deki %20 maliyet artışında olduğu gibi) bütçe açıklarını kapatmak için üyelerin gelecek yılki katkılarından mahsup edilmek üzere ödünç kaynak da sağlayabiliyorlar. Buna karşılık bütçe, SSC için bir handicap oldu. Çünkü ulusal laboratuvarların bütçesi her yıl ABD kongresi tarafından belirlendiği için kaynaklarda büyük dalgalanmalar yaşanabiliyor.

LHC'yi inşa ederken CERN, bir çarpıştırıcıdan durmaksızın ötekine geçmenin avantajını da yaşadı. CERN araştırmacıları bir yandan LEP'i inşa ederken, bir yandan da onun yerini alacak olan makineyi tasarlamaya başladılar. LEP'in tünelini ve hızlandırıcılarını LHC'ye devrederek projeye milyarlarca dolarlık tasarruf sağladılar ve projenin öngörülen bütçe dışına taşmasını önlediler.

CERN'in bir avantajı da LHC daha devreye girmeden, onu işletmek üzere LEP'te deneyim kazanmış ve kaynaşmış bir araştırmacı kitlesine sahip olması.

LHC daha devreye girmeden tüm dünyada fizikçiler onun yerini alacak makineyi tasarlarlarken, hükümetler de bu prestijli aygıtın kendi topraklarında konuşlandırılması için kulislere başlamış bulunuyorlar.

31 kilometrelik doğrusal hızlandırıcıyla ILC'nin, LHC'nin varlıklarını ortaya çıkaracağı parçacıkların daha ayrıntılı incelenmesini sağlayacağı umuluyor. Doğrusal bir hızlandırıcının avantajı, daha az zorlu mühendislik sorunları getirmesinin yanı sıra, daha "temiz" ve kolayca tanımlanabilen çarpışma ürünleri sunan elektronların (antiparçacıkları olan pozitronların) "yakıt" olarak kullanılmasına olanak sağlaması. Proton gibi çekirdek parçacıkları ya da iyonlaştırılmış çekirdekler gibi daha ağır "yakıtlar" daha şiddetli çarpışmalar sağlamakla birlikte, bunların çarpışmalarında ortaya çıkan ürünler içinde "ilginç" olanları ayıklamanın son derece güç olması.

Elektronlarsa, daha temiz ürünler sunmalarına karşın, ivmelendiklerinde ya da doğrusal yönden saptırıldıklarında senkrotron radyasyonu denen doğal bir olguyla enerjilerinin önemli bir bölümünü yitiriyorlar. Dolayısıyla halka biçimli hızlandırıcılar yerine doğrusal hızlandırıcıların önemli üstünlükleri var.

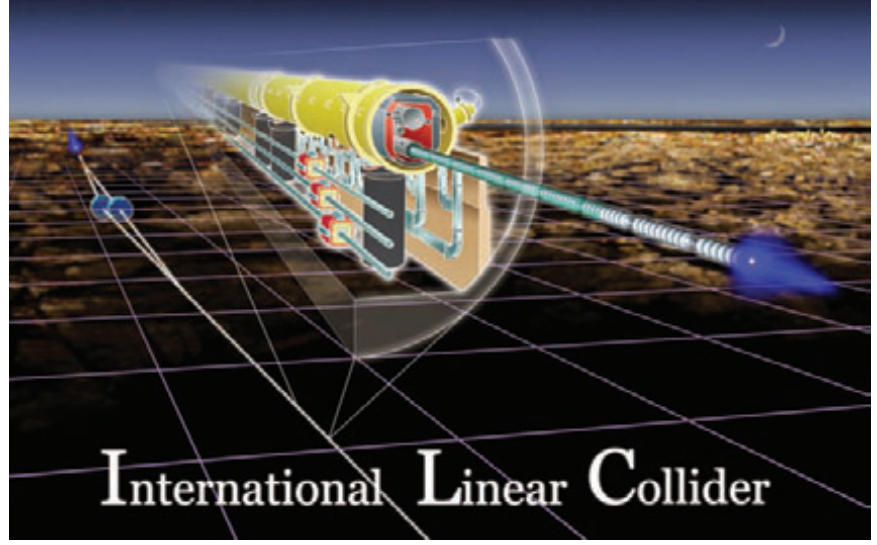
Avrupa, Japonya ve ABD, bu tesisin kendi topraklarında kurulmasını isterken, fizikçiler CERN'in deneyiminden çıkarılması gereken dersleri hatırlatıyorlar ve ülkelerin evsahipliği için birbirlerinin boğazlarına atılmadan önce, ILC'yi nasıl başarılı bir uluslararası bilimsel işbirliği projesi yapacaklarını düşünmeleri gerektiğini vurguluyorlar.

Bu durumda, sağlam bütçesi ve iki büyük makineyle kazandığı deneyimler CERN, ILC'nin ev sahipliği için öne çıkarken, bazı analistler bütçe istikrarı-

nın bazen avantaj yerine dezavantaj olabileceğine de işaret ediyorlar. Çünkü CERN'in bütçesi kolayca azalmadığı gibi, durumun ve artan maliyetlerin gerektirmesi halinde, hızla artmıyor da. Bu durumda daha dinamik bütçe süreçlerine sahip ABD ve Japonya'nın öne geçebilmesi de olası. Kolayca artırılabilen bir bütçe ev sahibinin belirlenmesinde önemli. Çünkü LHC'nin 3,8 milyar dolarlık etiketine karşılık, ILC'nin maliyetinin 10-15 milyar dolar olması bekleniyor. Evsahibi olmak isteyense aynı zamanda bonkör olmak da zorunda. Çünkü bu onura karşılık maliyetin yarısını kendi cebinden karşılayacak.

LHC'nin başaramadığını başarması beklenen ILC için yer seçiminde zamanlama da önemli bir öge olarak ortaya çıkıyor. CERN, LHC'yi bu haliyle 2011 yılına kadar işlettikten sonra, çarpışmaların sayısını artırmak için kapasite artışına tabi tutacak, dolayısıyla önümüzdeki 5-6 yıl süreyle iş yükü ağır olacak. Buna karşılık ABD'nin elinde 2009 yılından sonra parçacık fiziğinde kullanılacak bir çarpıştırıcı kalmamış olacak. Halen görece küçük bir çarpıştırıcı kullanan Japonya ise, bu yakınlarda büyükçe bir proton hızlandırıcı tesisi devreye sokmaya hazırlanıyor.

Bu durumda ILC'nin kuruluşu 2020'li yılları bekleyecekse, CERN yeniden avantajlı konumda olacak. Yok,



eğer LHC'deki ilk fizik sonuçlarının 2010 yılında alınmaya başlamasıyla hemen yeni çarpıştırıcının inşası gerekecekse, ABD ve Japonya daha gerçekçi seçenekler olarak ortaya çıkacak.

Tabii, ILC'nin nerede kurulacağından daha hayati bir sorun, kurulmasına gerek olup olmayacağı. Bu sorunun yanıtı da LHC'nin daha da incelenmeye değer bir şey bulup bulamayacağına bağlı...

## Fizikçilerin Kabus Senaryosu

Science Dergisi yazarı Adrian Cho, "Kendinizi bir parçacık fizikçisi yerine koyun" diyor ve soruyor: "Yirmi ülke kütleli kaynağını bulacak bir makine yapmanız için elinize milyarlarca dolar tutuşturuyor. Sizin önerdiğiniz açıklama için makinenizin Higgs bozonu diye adlandırılan yeni parçacık bul-

ması gerekiyor. Yirmi yıllık hazırlıktan sonra aletin düğmesine basmaya hazırlandığınızda yüreğinizi dolduran korku, sonunda varsayımınızın yanlış çıkması ve böyle bir parçanın olmadığını anlaşılması olasılığıdır; değil mi?".

Yanıtı da kendisi veriyor: "Pek öyle değil!". Cho'ya göre pek çok fizikçi LHC'nin Higgs bozonunu bulacağı konusunda güvenli. Onların asıl korkusu, dev çarpıştırıcının Higgs'in ötesinde başka bir şey bulamaması. Bu takdirde fiziğin giriştiği koşunun duracağına işaret eden bu fizikçilere göre "Eğer LHC Higgs bozonuyla birlikte yeni bir parçacıklar koleksiyonu bulamayacaksa, hiçbir şey bulmasın daha iyi!".

"Bu mantık size çarpık gelebilir, ama gelin yine kendinizi bir parçacık fizikçisinin yerine koyun" diyor yazar. 1960'lar ve 70'lerde araştırmacılar, kütleçekimini dışarıda bırakması ve öteki bazı eksikliklerine karşılık, o za-

## BÜYÜK FİZİĞİN TAŞLI YOLLARI

LHC'nin önce kafalarda, sonra çizim masalarında şekil alıp nihayet gerçeklik kazanması için güçlükler, hayal kırıklıkları ve sürprizlerle dolu yirmiyi aşkın yılın geçmesi gerekti. CERN, LHC'yle ilgili ilk planlarını, önceki fizik makinesi olan ve 1989-2000 yılları arasında devrede kalan Büyük Elektron-Pozitron Çarpıştırıcısını (LEP) inşa ederken yapmaya başlamıştı. O sıralar ABD, "Süperiletken Süper Çarpıştırıcı" (Superconducting Super Collider - SSC) adlı, 87 kilometrelik bir hızlandırma halkası içeren bir makinenin inşasına başlamıştı. Ancak, 1993 yılında ABD kongresi yüksek maliyeti nedeniyle projeyi durdurunca meydan CERN'e kaldı ve 1994 yılında LHC'nin proje çalışmaları başlatılarak LEP'in ardından devreye sokulması kararlaştırıldı. LEP, görevini tamamlamadan önce Higgs parçacığını bularak bu büyük onurun sahibi olmaya çok çalıştıysa da ömrünün uzatılmasını sağlayamadı ve yerini alacak makinenin işini kolaylaştırmak

için yeraltı tüneline ve hızlandırıcı tüplerini LHC'nin kullanımına bıraktı. Bütçe krizi içinde bulunan CERN bu "yamyamlık" sayesinde elindeki kaynakları LHC'nin üstün teknolojisine akıtma olanağı buldu. Yine de ABD'deki makinenin başına gelenlerden kaçınmak ve ortak hükümet ve kurumları "yeter artık" noktasına getirmemek için CERN yöneticileri ve mühendisleri ellerindeki kaynakları yaratıcı yöntemlerle kullanma baskısını sürekli üzerlerinde hissettiler. Bu nedenle silindirik yapıda süper iletken mıknatıs bloklarının



içine bir yerine iki hızlandırıcı tüp sığdırmayı başardılar. (Görece) yüksek sıcaklıkta süperiletken kablolar kullanarak tesisin işletilmesinde güç kayıplarını önlediler. Mıknatısları soğutan sıvı helyumu 1,9 Kelvin (Yaklaşık -271 °C) dereceye kadar soğutarak süper akışkan haline getirdiler. Tabii işler her zaman düzgün gitmedi. 2001 yılında yapılan bir inceleme, projenin hedeflenen tarihe yetişemeyeceğini ve maliyetin de öngörülen düzeyin %20 üzerine çıktığını belirledi. Bu durum, CERN'in planladığı ya da yürütmekte olduğu başka bazı projelerin küçültülerek daraltılması ve LHC'ye yeni fonlar aktarılması gereğini doğurdu. 2004 yılındaki kriz, sıvı helyumu süperiletken mıknatıslara ileten soğutma borularında ortaya çıktı. İşçiler boruların 3 kilometre uzunluğundaki bir bölümünü sökmek, tamir etmek ve yeniden monte etmek durumunda kaldılar. Bu da gelir gelmez tüneldeki yerlerine koması gereken mıknatısların birikmesine, 1000 kadar mıknatısın güvenli biçimde depolanması gibi öngörülmemen lojistik sorunlara yol açtı. Ama iki yıl gecikmeyle de olsa, son mıknatısın yerine yerleştirilmesiyle artık tasarımcı, teknisyen ve fizikçilerin zihinlerinde tek bir sıkıntı kayıyor: "Ya çalışmazsa?..."



mandan bu yana çarpıştırıcı deneylerinde görülen her parçayı açıklayan, daha derin bir kuram için fizikçilere fazla ipucu vermeyen Standart Model adlı bir kuram geliştirdiler. Şimdi LHC'nin sağlayacağı enerji düzeylerindeyse bu Standart Model yolunu şaşırıyor, negatif olasılıklar ve fizikçe kabul edilemeyecek benzer 'saçmalıklar' ortaya atmaya başlıyor. Dolayısıyla araştırmacılara göre yeni çarpıştırıcı, ortaya yeni 'herhangi bir şey' koymak zorunda. "Ortaya koyabildiği yalnızca Higgs olacaksa" diyorlar, "keşfin yeni altın çağı daha başlar başlamaz sona erebilir!"

CERN'deki kuramcılardan Jonathan Ellis'e göre, eğer bulunacak Higgs beklenen kütlede olursa (protonun kütesinin 190 katı) Standart Model'in deliklerini tıkayacak ve fizikçilerin görüşünü eskisinden de beter biçimde perdeleyecek. "Bu gerçek bir beş yıldızlı felaket olur" diyor Ellis. "Çünkü, ta Planck ölçeğine kadar yeni bir fiziğe ihtiyacımız olmadığı anlamına gelir". Planck ölçeği, doğa kuvvetlerinin en zayıfı olan kütleçekiminin, atomaltı düzeylerde, etkiyen öteki temel doğa kuvvetleriyle aynı güce erişerek özdeşleştiği, evreni ortaya çıkaran Büyük Patlama öncesinde var olduğu öngörülen akıl almaz yükseklikteki enerji düzeyi ( $10^{16}$  GeV). Öteki üç kuvvetsunlar: atom çekirdeği içindeki parçacıkları bir arada tutan şiddetli çekirdek kuvveti, atomların ve alt parçacıklarının bozunarak başka parçacıklara dönüşmesine yol açan zayıf çekirdek kuvveti ve elektronları atom çekirdekleri çevresindeki yörüngelere bağlayan elektromanyetik kuvvet. Dolayısıyla tek başına Higgs parçası (kütleçekimini hâlâ kuram dışında bırakarak), maddenin temelini keşfi için on yıllardır sürdürülen çabalara, kimseyi tatmin etmeyen bir nokta koyacaktır.

Öte yandan, LHC, (Higgs dahil) hiçbir yeni parçacık bulamayacak olursa da bu, atomaltı düzeydeki etkileşimleri açıklayan kuantum mekaniğinin, hatta Einstein'ın genel görelilik kuramının temel kurallarının tümünden yanlış olduğu anlamına gelecektir. California Teknoloji Enstitüsü'nden (Caltech) deneysel fizikçi Harvey Newman'a göre de "Bu, bildiğimizi sandığımız her şeyin bir anda dağılıp gitmesi demek". Ama Newman, bu durumun pek çok fizikçi-

yi heyecanlandıracağına kuşku olmasına karşın, bildiğimiz fiziğin böylesine temelsiz çıkmasının son derece küçük bir olasılık olduğunu ve dolayısıyla LHC'nin yeni hiçbir şey görememesinin neredeyse olanaksız olduğunu da vurguluyor.

## Peki Bu Higgs de Ne?

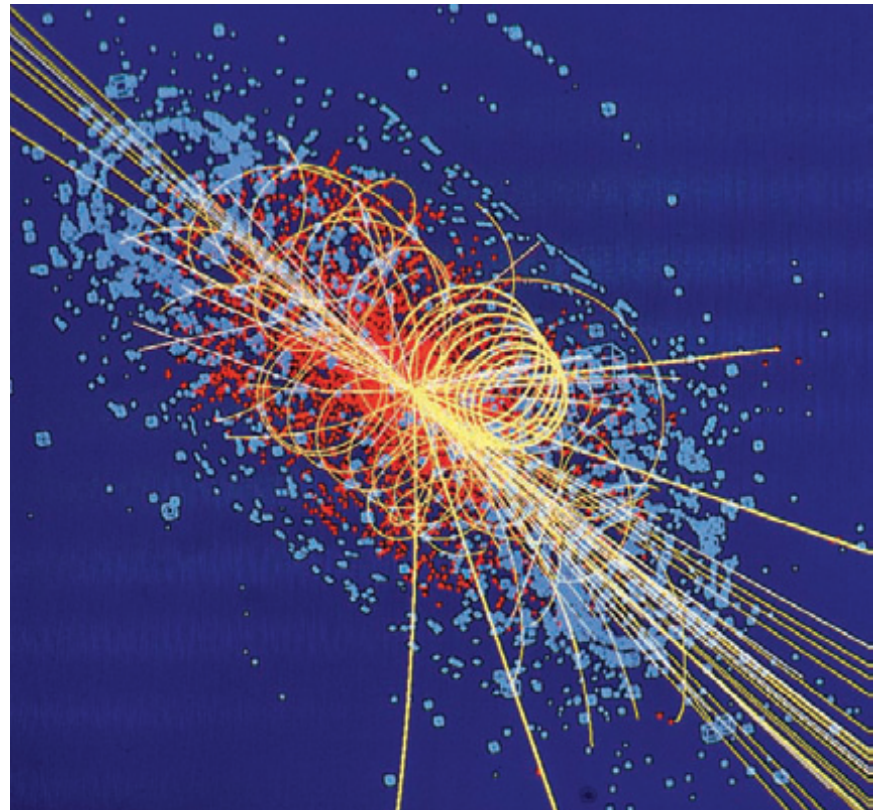
Görülüyor ki bulunması istensin ya da istenmesin, Higgs parçacığı, bilinmeyen ama varlığı kuramsal olarak öngörülen parçacıkların en ünlüsü. Hatta, Nobel Ödülü fizikçi Leon Lederman, buna ünlü "Tanrı parçacığı" yakıştırmasını yapmış bulunuyor. Aslında Standart Model'de açıklanamayan bir soruna, parçacıkların nasıl kütle kazandıkları sorusuna "Ben yaptım, oldu!" kabilinden getirilmiş bir çözüm.

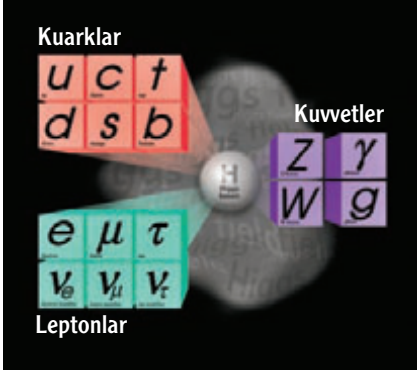
Sorunun çetrefilli kısmı, Standart Model'deki W ve Z parçacıklarına kütle kazandırmak. Bunlar zayıf çekirdek kuvvetini taşıyan parçacıklar. Standart Model'e göre, bir tür radyoaktif bozunmaya yol açan zayıf çekirdek kuvvetiyle, elektronları çekirdeklere bağlayarak atomları oluşturan ve el fenerimizden şimşeklere, televizyonlarımızdan laptop bilgisayarlarımıza kadar yaşamımızdaki pek çok şeye güç sağlayan elektromanyetik kuvvet, aynı şeyin farklı açılardan görünen yüzleri. Ancak bu kuvvetleri zihnimizde kolayca birbirlerinin yerine koyamıyoruz. Elektromanyetik kuvvet yıldızlara, gökadalara kadar uzanırken, zayıf kuvvet bir

atom çekirdeğinin çapını bile katedemiyor. Parçacıkların erimilerindeki bu muazzam farklılığın nedeni, bir elektromanyetik alanı oluşturan kuantum parçacıklar olan, bir başka deyişle elektromanyetik kuvveti taşıyan fotonların kütsüz olmaları; buna karşılıksa zayıf kuvvet alanını oluşturan parçacıkların, yani W ve Z bozonlarının protonun sırasıyla 86 ve 97 katı kütleyle sahip olmaları.

Sorun şu ki, W ve Z bozonlarıyla öteki parçacıklara kuramcılar kafalarına göre kütle atasalar, Standart Model dağılıp gidiyor. Dolayısıyla kütlelerin bir şekilde parçacıkların kendi aralarındaki etkileşimlerinden geliyor olması lazım. 1960'larda Edinburgh (İskoçya) Üniversitesi'nden kuramsal fizikçi Peter Higgs, boş uzayın aslında boşluğun her tarafını bir elektrik alanı gibi kaplayan (skaler) bir alanla kaplı olabileceğini keşfetti. Bu alan her noktasında Higgs bozonu diye adlandırılan bir parçacıktan oluşuyor. Ve bu alan, bir yapışkan gibi, içinde yol alan parçacıkları yavaşlatıyor ve onlara, kütlelerin temel olan atalet kazandırıyor. Kurama göre Higgs alanıyla kuvvetli etkileşen parçacıklar daha büyük, zayıf etkileşenlerse daha küçük kütleler kazanıyorlar.

Sonradan görüldü ki doğa da bu ilginç planı izliyor. Bu mekanizmadan yararlanan kuramcılar W ve Z parçacıkları için belirli birer kütle öngördüler. 1983 yılında CERN'deki hızlandırıcılarda gerçekleştirilen deneylerde,





çarpıştırılan parçacıkların yarattığı enerji bu parçacıkları boşluktan koparacak düzeye eriştiğinde W ve Z, öngörülen kütleleriyle detektörlerde belirdiler.

Peki kuramcılar, Higgs bozonunun varlığından neden bu kadar eminler? Kendilerine sorarsanız kanıtlar giderek birikiyor. Örneğin, Z parçacığının ömrü ve öteki özellikleri bu parçacığın çevresinde sinekler gibi uçan bir sanal parçacıklar bulutuna bağlı. Z üzerinde yapılan duyarlı ölçümler, bu bulut içinde, protonun yaklaşık 200 katı kütlede bir Higgs bozonu olduğuna işaret ediyor. Michigan Üniversitesi'nden kuramcı Gordon Kane, W bozonuyla en ağır kuark çeşnişi olan üst kuarkın kütleleri arasındaki karşılaştırmanın da benzer bir sonuç ortaya koyduğunu belirtiyor.

## Yeni Fizik?

Yukarıda da değinildiği gibi fizikçilerin endişesi LHC'nin bula bula yalnızca Higgs'i bulması. Yine yukarıda değinildiği gibi bu durumda pek çok kuramcının tercihi LHC'nin Higgs'i bile bulamaması. Tabii deneysel fizikçiler pek aynı görüşte değil. Onlara göre yalnızca Higgs'in bulunması bile bir zafer olacak. CERN'deki deneyçilerden Peter Jenni kendisine ve takım arkadaşlarına güveniyor. "Eğer Higgs gerçekten de kuramcıların tarif ettiği gibi bir şeyse, bulacağımızdan kuşkunuz olmasın" diyor. "Ayrıca bulursak da pişman olacağımızı sanmıyorum."

Fizikçiler ayrıca, entellektüel arayışlara getireceği hareketliliğe karşılık, deneylerden eller boş çıkmanın sorunlar doğuracağını da teslim ediyorlar. "Ya hep, ya hiç" takımının militanı Ellis bile şöyle diyor: "Düşünün, (hükümetlerarası) CERN Konseyi'ne gidiyoruz ve diyoruz ki 'Eksik olmayan, ver-

diğiniz milyarlarca İsviçre Frangını harcadık; ama inanın orada hiçbir şey yok'. Herhalde yüzleri çok güleç olmazdı".

Jüri karşısında boş ellerini açıp omuzlarını kaldıran fizikçiler kadar mahcup olmasalar bile, LHC'nin koskoca ağı içinde yalnızca Higgs bozonu ile hesap vermeye gelen fizikçilerin de hayatlarının pek kolay olmayacağı açık. Araştırmacıların, LHC ile çözemedikleri gizleri çözmek için güvendikleri "yeni fizik" makinesi, yukarıda sözünü ettiğimiz ve elektronlarla antiparçacıkları olan pozitronları çarpıştıracak olan ILC. ILC, işi LHC'nin bıraktığı yerden alarak onun ortaya çıkardığı yeni kavramsal platoyu derinlemesine araştırarak. Ama LHC, vere vere yalnızca Higgs bozonu verirse, fizikçilerin bu düşüncüyü ve 10-15 milyar dolarlık maliyetini hükümetlere satabilmekte zorlanacakları kesin.

Yine de fizik toplumunun büyük bölümü, para babalarının yüzlerini güldüreceklerinden emin. Pek çok araştırmacı, LHC'nin Higgs'in yanısıra bir sürü yeni şey bulacağını ve bunlar arasında süpersimetri (supersymmetry ya da kısaca SUSY) kuramının öngördüklerinin de olacağını düşünüyor. Süpersimetri modelinin, madde ve kuvvet parçacıkları için öngördüğü kendilerinden daha ağır eş parçacıklar, ilk bakışta karmaşık gibi görünse de SUSY, Standart Model içindeki sorunları çözmekle kalmıyor, daha derin bir kuramın işaretlerini veriyor ve hatta evrendeki maddenin çok büyük bölümünü oluşturan "karanlık madde"nin gizeminin aydınlatılabilmesini de gündeme getiriyor.

Ama en temel olarak SUSY, Higgs bozonuyla ilgili teknik bir sorunu da çözüyor. Çünkü parçacıklara kütle kazandıran Higgs'in kendisi de ötekilerin başına sardığı sanal parçacıklar bulutuyla sarılı olmalı ve bu da kendisinin kütesini de muaazzam ölçülere çıkarılmalı. Oysa SUSY, Higgs bozonunun neden öngörüldüğü kadar hafif olduğunu kolaylıkla açıklayabiliyor: Çünkü matematiksel olarak Higgs kütesi üzerinde parçacık ve süperparçacıkların etkileri birbirlerini götürüyor.

SUSY, dört temel doğa kuvvetinin özdeşleştirilmesi için de daha yararlı bir araç. Standart Model, bunlardan atomaltı düzeydeki üçünü; şiddetli ve zayıf çekirdek kuvvetleriyle, elektro-

manyetik kuvveti açıklıyor. Bu kuvvetlerin güçleri, çarpışmaların enerjisiyle paralel olarak artıyor ve evrenin süpersimetrik olması halinde üçü de Planck Ölçeği'nin daha altında bir yerlerde aynı şiddetle etkileşmeye başlıyor. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü kuramcılarında Frank Wilczek'e göre özdeşleşen bu üç kuvvetle Standart Model dışındaki kütleçekimini daha üst bir "Herşeyin Kuramı"nda birleştirmek daha kolay.

SUSY, gökadalaları bir arada tutan karanlık maddeyi de açıklamaya aday. Fizikçiler, karanlık maddenin, normal maddeyle kütleçekim dışında ancak çok zayıf biçimde etkileşen kararlı bir maddeden olduğunu düşünüyorlar ve SUSY'nin süper eşleri içinden "en hafif süpersimetri parçası" olarak adlandırılan kuramsal varlık hakkındaki öngörüler, karanlık madde tiplmesine uyuyor.

Bunca kanıtla desteklendiğine işaret eden bazı fizikçilere göre SUSY, "yanlış olamayacak kadar güzel" bir kuram. Wilczek ise biraz daha temkinli. "Tabii bütün bu işaretler bizi yanıltıyor olabilir" diyor. "Ama eğer Doğa Anamız bize böyle bir şaka yapacaksa, bu zalim olduğu kadar tatsız bir şaka olacaktır."

Daha iyimser bazı beklentilerle LHC, daha başka olgulara da kapıyı açabilir. Örneğin, elektronlar ve kuarklar gibi maddenin bölünemez temel taşları kabul edilen parçacıkların daha da karmaşık iç dünyaları olduğunu ortaya koyabilir, mini karadelikler oluşturabilir ya da yalnızca son derece yüksek enerjilerde ortaya çıkan yeni uzay boyutlarının açıldığını görebilir. Ortaya çıkabilecek bu gizli boyutlarla aniden genişleyen uzayımız, örneğin, kütleçekiminin öteki temel doğa kuvvetlerinden neden bu kadar zayıf olduğunu açıklayabilir.

Columbia Üniversitesi'nden fizikçi Michael Tuts, "Açık söylemek gerekirse, ilave boyut gibisinden şeylerin ortaya çıkmasına pek ihtimal vermiyorum" diyor. "Ama potansiyel öylesine büyük ki, son derece heyecan veriyor".

Derleyen: Raşit Gürdilek

Kaynaklar  
Cho A., Large Hadron Collider, Science, 23 Mart 2007  
<http://lhc-machine-outreach.web.cern.ch>  
<http://public.web.cern.ch>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Higgs\\_boson](http://en.wikipedia.org/wiki/Higgs_boson)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/list\\_of\\_particles](http://en.wikipedia.org/wiki/list_of_particles)