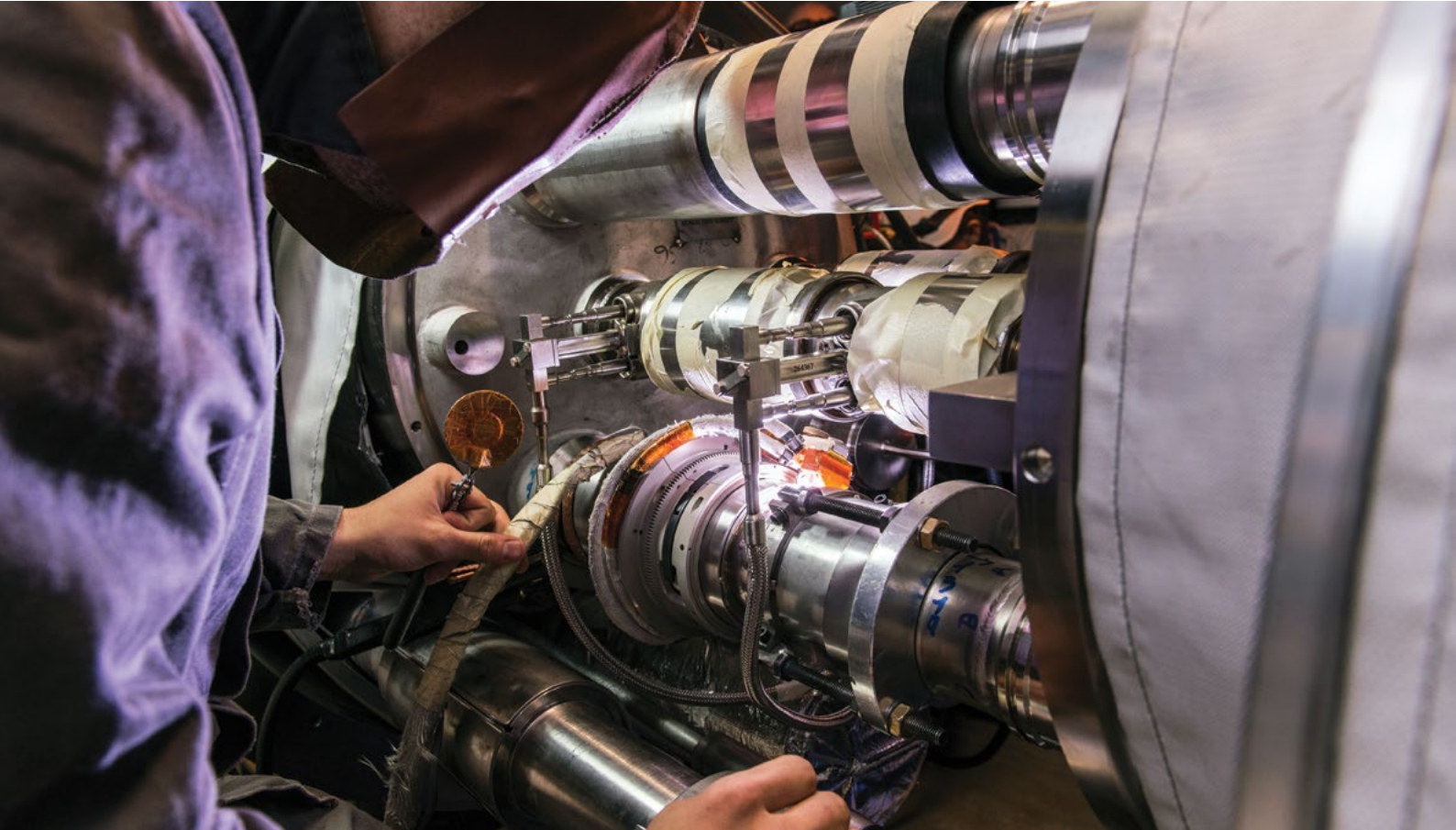


CERN

Geleceğini Planlıyor

İsviçre-Fransa sınırında kurulmuş olan CERN'de, LHC (*Large Hadron Collider* - Büyük Hadron Çarpıştırıcı) ile bilimsel araştırmalar yürüten bilim insanları, bir taraftan bu devasa makina ile çalışmalarına devam ederken bir taraftan da maddeyi daha derinlemesine incelemek, keşfedilmeyi bekleyen yeni fiziğe ulaşmak için daha büyük bir hızlandırıcının hayalini kurmaya çoktan başladı: FCC (*Future Circular Collider* - Yeni Nesil Çembersel Hızlandırıcı).



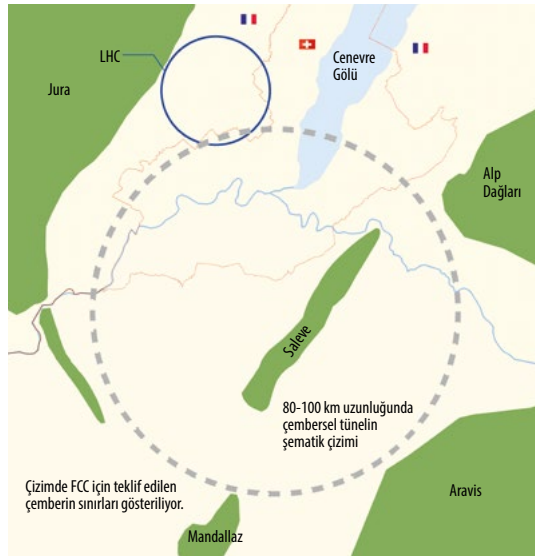


4 Temmuz 2012 tarihinde CERN Merkez Konferans Salonu'nda Higgs parçacığı ile uyumlu bir parçacık bulunduğunu açıklandığında bilim insanlarının sevinci

Yeni Nesil Çembersel Hızlandırıcı

Higgs parçacığını keşfeden meşhur LHC çalışmaları son sürat devam ediyor. Diğer yandan LHC'yi geliştirmek için çalışmalar da çoktan başladı. Çalışmalar öncelikle ışınlığı (çarpışma sonrası ortaya çıkan parçacık sayısı ile orantılı bir parametre) artıracak ve 2024 yılında deney esnasında parçacıkların çarpışma sayısını 10 katına çıkararak potansiyele sahip HL-LHC (Yüksek Işınlıklı Büyük Hadron Çarpıştırıcı) üzerinde yoğunlaştı. LHC ile ilgili planlar HL-LHC ile birlikte önümüzdeki 20 yıl için yapılmış olsa da, daha ileride yapılacak çalışmalar için hazırlıklara çoktan başlandı. Bunlar arasında yukarıda bahsedilen FCC, CLIC (Kompakt Lineer Çarpıştırıcı) ve ILC (Uluslararası Lineer Çarpıştırıcı) projeleri var.

Şu anda LHC'den sonra hangi projenin kurulacağı bilinmiyor, ancak önümüzdeki süreçte LHC'de elde edilecek sonuçlar nasıl bir yol izlenmesi ve ortaya çıkacak yeni sorulara cevap bulacak hızlandırıcının nasıl olması gerektiği konusunda bilgi verecek.



- LHC**
(Large Hadron Collider-
Büyük Hadron Çarpıştırıcı)
- FCC**
(Future Circular Collider-
Yeni Nesil Çembersel Hızlandırıcı)
- HL-LHC**
(Yüksek Işınlıklı Büyük Hadron Çarpıştırıcı)
- CLIC**
(Kompakt Doğrusal Çarpıştırıcı)
- ILC**
(Uluslararası Doğrusal Çarpıştırıcı)
- SPS**
(Super Proton Synchrotron-
Süper Proton Hızlandırıcı)
- PS**
(Proton Hızlandırıcı)
- EPS-IGA**
(Avrupa Fizik Birliği Hızlandırıcı Grubu)



Dr. Frank Zimmermann kimdir?

Frank Zimmermann bilimsel çalışmalarını CERN'de yürüten bir bilim insanıdır. CERN'den önce Standford Üniversitesi'ndeki Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı SLAC'ta ve Almanya'daki hızlandırıcı merkezi DESY'de çalışmıştır. *Physical Review Special Topics - Accelerators and Beams* dergisinin editörlüğünü de yapan Zimmermann 2002 yılında EPS-IGA (Avrupa Fizik Birliği Hızlandırıcı Grubu) ödülüne layık görüldü. Zimmermann'ın 400'den fazla makalesi ve konferans bildirgesi vardır. HERA, SLC, KEK-ATF, PEP-II, NLC, KEKB, LHC, CLIC ve LHeC gibi çeşitli hızlandırıcıların tasarımına katkıda bulunmuştur. Daha önce bazı Avrupa hızlandırıcı ağlarında görev alan Prof. Dr. Zimmermann, şu anda FCC projesinin koordinatör yardımcılığı görevini yürütüyor.

LHC ve FCC ile ilgili olarak Dr. Frank Zimmermann ile dergimiz için yaptığımız sohbetten bazı bölümler:

BTD: LHC'nin hedeflerinden biraz bahsedebilir misiniz?

FZ: LHC'de dört ayrı ana deney düzeneğinde (dedektörlerde) deney yapılması hedeflendi:

ALICE: LHC'deki çarpışmaların Güneş'teki sıcaklıktan 100.000 kat daha fazla sıcaklıkta gerçekleştiği düşünüldüğünde, bu enerjiler Büyük Patlama'dan hemen sonraki durumu laboratuvarda oluşturmak gibidir. Bu durumda, kuarklar ve gluonlar serbest halde bulunur, buna kuark-gluon plazması denir. Bu kuantum kromodinamiğini anlamak için de anahtar bir olgudur. Bu deneylerde, kuark-gluon plazması üzerine çalışmalar yapılıyor.

LHCb: Kuark olarak isimlendirilen parçacık üzerine çalışarak madde-antimadde arasındaki farklılıkları incelemek amacıyla kuruldu.

ATLAS ve CMS: ALICE ve LHCb'nin daha özel hedefleri varken bu iki dedektörün genel hedefleri var. Buradaki deneylerin geniş bir araştırma alanı var; bu Higgs bozonundan ekstra boyutlara ve karanlık maddeyi incelemeye kadar uzanıyor.

BTD: LHC'nin esas hedefi Higgs parçacığını mı bulmaktır?

FZ: Higgs parçacığını bulmak hedeflerden biriydi ama esas hedef olduğunu söylemek doğru olmaz. LHC, evren ve Dünya hakkında cevabı bilinmeyen soruları yanıtlayabilecek standart model ötesindeki yeni fiziği arıyor. Aslında bilim insanları bu deneylerde süpersimetriye özgü bir şeyler bulmak istiyordu, ancak bu henüz gerçekleşmedi.

Günümüzde Higgs bozonu hakkında bilinenler sınırlı. Karanlık madde ve süpersimetri ile ilgili çalışmalar ise devam ediyor. Bu eksik bilgiler ve cevabı bilinmeyen diğer sorular yeni bir parçacık hızlandırıcının kurulmasını kaçınılmaz kılıyor. Zaman içinde yapılan deneyler hadron çarpıştırıcıların yeni parçacıklar keşfetme konusunda ne kadar başarılı olduğunu ortaya koydu.

Standart model parçacıkları olan W, Z bozonları, üst kuarklar ve Higgs bozonu sırasıyla SPS (*Super Proton Synchrotron*, Süper Proton Hızlandırıcı), Tevatron ve LHC'de keşfedildi. CERN, standart modelin öngörülen parçacıkları araştırmayı tamamlamak için neredeyse 50 yıl çalıştı, yaptığı her deneyle, kurduğu her hızlandırıcıyla evrenin sınırlarını yavaş yavaş ortaya çıkardı.

SPS

Süper Proton Hızlandırıcı (SPS), CERN hızlandırıcı kompleksinin en büyük ikinci hızlandırıcısıdır. 7 km çevre uzunluğundaki bu hızlandırıcı, parçacıkları kendisinden daha küçük (628 m çevre uzunluğuna sahip) Proton Hızlandırıcı'dan (PS) alıp LHC için gerekli olan enerjiye çıkararak LHC'ye aktarır.

1976 yılında göreve başlayan bu hızlandırıcı, protonun yapısı, maddenin antimadde üzerindeki önceliği, evrenin ilk anlarındaki maddelerin araştırılması gibi konularda çalıştı. En büyük başarısı ise proton-antiproton çarpıştırıcı olarak çalıştırıldığı sırada Nobel Ödülü'nü de beraberinde getiren W ve Z parçacıklarını keşfetmesiydi.

SPS çalışmaya başladıktan hemen sonra 1976 yılında çekilen bir fotoğraf (Sağda)

Şimdiye kadar bu konu hakkında herhangi bir iz yok, belki daha yüksek enerjilerde bulunabilir. Bu husus parçacık fiziğindeki en popüler konulardan biridir ve birçok önemli soruya cevap olabilir. Bilindiği üzere evrenin %5'i bildiğimiz madde, geri kalanı karanlık madde ve karanlık enerjidir. Karanlık maddenin ise süpersimetrik parçacıklardan oluştuğu düşünülüyor. Bu yüzden bilim insanları hâlâ süper simetriyi bulmayı umuyor. Süpersimetri dışında ekstra boyutlar ve steril nötrinolar gibi konular da var.

BTD: LHC daha ne kadar çalışmaya devam edecek?

FZ: LHC'nin şu andaki haliyle 2022-2023'e kadar görevde kalması planlanıyor, sonra HL-LHC'ye dönüşüm olacak. Burada yeni elemanlar (mıknatıslar, yeni hızlandırma yapıları (kaviteler) vb.) olacak, mevcut hızlandırıcının birçok elemanı değişikliğe uğrayacak. Dedektörler de yüksek ışınlığa uygun revize edilmeli. HL-LHC ise 2035'e kadar çalışacak. HL-LHC, LHC'nin 5 katı kadar olan sabit ışınlıkta çalışacak.

BTD: FCC, LHC'nin yapamadığı neyi yapacak?

FZ: FCC, çok daha yüksek enerjilere çıkacak: 100 TeV. Normalde daha yüksek enerjilere çıktığınızda daha yeni etkiler ve parçacıklar bulabilirsiniz. LHC'nin bulamadığı karanlık maddenin sırları ile ilgili bilgiler verebilir. Bu hızlandırıcının lepton çarpıştırıcı kısmı aynı zamanda Higgs fabrikası gibi davranacağından, Higgs ile ilgili çalışmalar daha da ilerleyecektir. Hızlandırıcı fizikçileri her zaman yeni etkiler ve yeni açıklamalar için yüksek ışınlığın ve enerjinin peşine düşer.

BTD: Pek çok hızlandırıcı keşfettikleri yeni parçacıklarla ünlü. FCC'nin keşfedeceği parçacıklar ile ilgili beklentiniz nedir?

FZ: Ekstra boyutlar, süpersimetri ve karanlık madde ile ilgili gelişmeler sağlaması, bunlara ilişkin parçacıklar bulması gerçekten iyi olur.

BTD: 2018'deki Avrupa Strateji Grubu toplantısı FCC'nin geleceği için ne kadar önemli?

FZ: Şu andaki FCC çalışma ekibinin amacı bu toplantıya kadar kavramsal tasarım ve bütçe çalışmasını tamamlamak. O zamana kadar LHC'nin 14 TeV'de çalıştırılması ile ilgili sonuçlara da ulaşılmış olacak. Bu toplantı çok önemli, burada projeler ile ilgili neler yapılacağı, nasıl bir yol izleneceği ve gelecek stratejisi belirlenecek.

BTD: FCC çalışması ile ilgili birlikte çalıştığınız ortaklarınızdan bahseder misiniz?

FZ: Avrupa Strateji Grubu'nun isteği üzerine ev sahipliğinin ve organizasyonunun CERN tarafından yapıldığı FCC çalışması tüm dünyadan üniversiteler, laboratuvarlar ve endüstriden oluşan küresel işbirlikleri ile yürütülmektedir. CERN'ün şu anda FCC çalışmasında 21 farklı ülkeden 53 ortağı var. Zamanla bu sayının 100'ün üzerine çıkması planlanıyor; her kurumla projeye nasıl katkılar vereceği üzerinde çalışılıyor. Türkiye'den şu an da İstanbul Aydın Üniversitesi ve Ankara Üniversitesi ile işbirliği anlaşmaları imzalanmış durumda.



TEVATRON

1983 yılında ilk parçacık demetini hızlandıran Fermilab'daki (Chicago, ABD) bu hızlandırıcı 28 yıl çalıştırılmış ve 2011 yılında görevini tamamlamıştır. 2011 yılında kapatıldığında dünyadaki en güçlü ikinci parçacık hızlandırıcı olan Tevatron'un en büyük başarıları Tau nötrinoyu ve üst kuarkı (*top quark*) keşfetmesidir. 1,96 TeV enerji seviyesinde protonları ve antiprotonları iki farklı noktada çarpıştıran bu hızlandırıcı 450 süperiletken mıknatıs kullanıyordu. 2011 yılında kapatılmasına rağmen deneylerindeki sonuçlar bilim insanlarınca hâlâ inceleniyor.



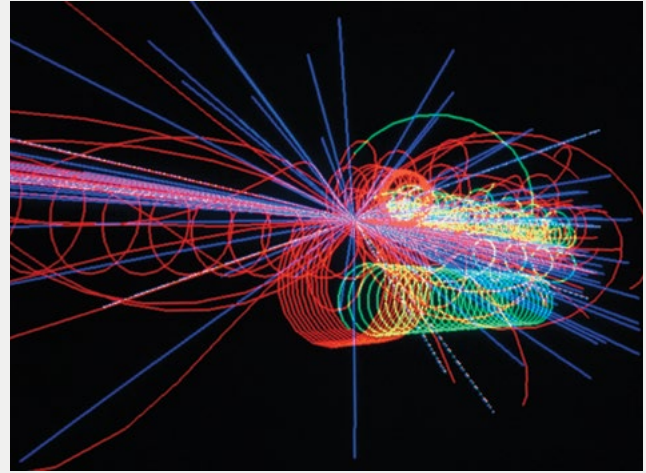
Parçacık fizikçileri evreni oluşturan temel parçacıkları ve bunlar arasındaki etkileşimleri açıklayan standart modeli, Higgs parçacığının bulunmasıyla tamamladı. Bu model çok önemli olmasına rağmen evrenin yalnızca yaklaşık %5'ini açıklayabiliyor. %95'i ise hâlâ karanlık ve açıklanmayı bekliyor.

Higgs parçacığı ile ilgili çalışmaları derinleştirecek ve karanlık evren ile ilgili bilinmeyenleri açığa çıkaracak yeni bir hızlandırıcı için en büyük aday LHC'nin üç katı çevresi ve 8 kat daha yüksek enerjisi ile 100 TeV'lik bir FCC. FCC projesi, 2013 yılında Parçacık Fiziği için Avrupa Strateji Grubu'nun tavsiyesi ve CERN'ün onayı ile harekete geçti. CERN, bu strateji toplantısının ardından zaman kaybetmeden uzun dönemli bir proje olacak 80-100 km'lik Yeni Nesil Çembersel Hızlandırıcı (FCC) için çalışmalara başladı. Strateji toplantısında belirlenen hedef, 2018 yılında yapılacak ikinci strateji toplantısına kadar kavramsal tasarım belgesini oluşturmak.

ÖNERİLEN YENİ DENEYLER

FCC-Lepton çarpıştırıcı, 40-175 GeV aralığındaki enerjilerde elektron-pozitron çarpışması sağlayacak şekilde tasarlanacak. Yüklü parçacıkların ivmeli hareketi söz konusu olduğundan sinkrotron ışınımı oluşacak; bu ışınımı sınırlamak için, çevresi 80-100 km civarında olacak bu makine farklı hedeflere yönelik dört farklı enerji noktasında çarpışma gerçekleştirecek şekilde tasarlanacak: 91 GeV, 160 GeV, 240 GeV ve 350 GeV.

FCC-Hadron çarpıştırıcı, LHC'dekinden çok daha yüksek enerjilerde protonları ve iyonları çarpıştıracak. Hedeflenen kütle merkezi enerjisi 100 TeV'dir. Hızlandırıcının maksimum enerjisi, bükücü manyetik alanlara ve çevre uzunluğuna doğrudan bağlıdır. Bu çevre uzunluğuna sahip bir makinede bükücü manyetik alanının 16 T civarında olacağı düşünülmektedir. Bu değer LHC'de 8,33 T civarındadır, dolayısıyla bu hızlandırıcıda daha yüksek performans gösteren süperiletken mıknatıslar kullanılması gerekecek.



Parçacıkların çarpıştırılmasının simülasyonu

Kavramsal tasarım çalışmasının esas amacı, uzun dönemde daha yüksek enerjilerde fizik çalışmalarını yürütmek için yeni bir tünelde 100 TeV'lik enerjilere ulaşabilecek bir hadron çarpıştırıcı tasarlamak. Bu hazırlıklar sonucunda hadron çarpıştırıcı ve detektörler, tünel ve teknik alt yapı için temel gereklilikler belirlenecek. Bu çalışma, bir lepton çarpıştırıcıyı (FCC-e⁺e⁻) ve onun detektörlerini de kapsayacak. Ayrıca elektron-hadron çarpıştırıcı seçeneği de bu çalışma kapsamında değerlendirilecek.

Kaynaklar

- <https://espace2013.cern.ch/fcc>
- <http://www.epsnews.eu/2014/02/clic-after-lhc/>
- <http://home.web.cern.ch/cehn-people/opinion/2014/02/future-just-around-corner>
- <http://press.web.cern.ch/press-releases/2014/02/cehn-prepares-its-long-term-future>
- <http://home.web.cern.ch/about/accelerators/super-proton-synchrotron>
- <http://www.fnal.gov/pub/tevatron/index.html>
- <http://www.bbc.com/news/science-environment-26250716>