

CERN'deki son gelişmeler: karşı-hidrojen atomu ve ağır iyon çarpışmaları (Kerem Cankoçak, İTÜ Fizik Bölümü)

Geçtiğimiz ay içinde Cenevre'deki Avrupa Parçacık Fiziği laboratuvarı CERN'de iki önemli gelişme yaşandı. Daha önce yapılan deneylerin çok daha büyük boyutlusu olan bu gelişmelerden ilki karşı-hidrojen atomlarının ALPHA deneyinde manyetik alanlarla hapsedilmesi, diğeri ise kuark-gluon plazmasının LHC' de daha öncekilerden çok daha yüksek enerjilerde yaratılmasıdır.

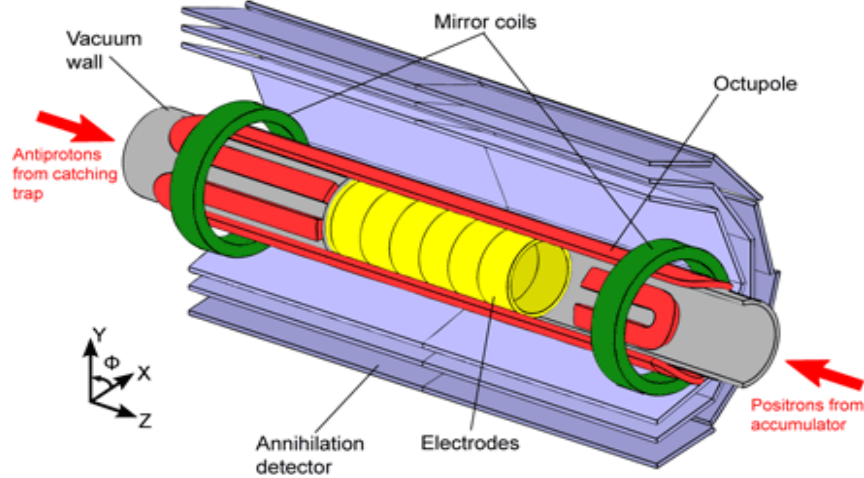
ALPHA deneyi: Karşı- hidrojen atomu

Maddeyi oluşturan atomlar, atom çekirdeği ve etrafındaki elektronlardan oluşur. Çekirdekte ise proton ve nötronlar vardır. En basit atom olan hidrojen atomuna bakarsak, merkezde **artı elektrik yüklü** bir **proton** ve etrafında da **eksi elektrik yüklü** bir **elektrondan** meydana gelir. Karşı hidrojen atomunun tanımı ise, merkezde eksi yüklü bir karşı-proton ve etrafında artı elektrik yüklü bir elektrondan (pozitron) ibarettir. Ancak doğada karşı-atomlar kendiliğinden oluşmaz. **13.7 milyar yıl önce Büyük Patlamadan** hemen sonra **madde/karşı-madde** simetrisi bozulmuş ve evren “**maddeden**” yana seçimini kullanmıştır. **Kendiliğinden simetri kırılması** dediğimiz bu olaydan sonra evrende oluşan atomlar yukarıda anlatılan kombinasyonlardan meydana gelmektedir.

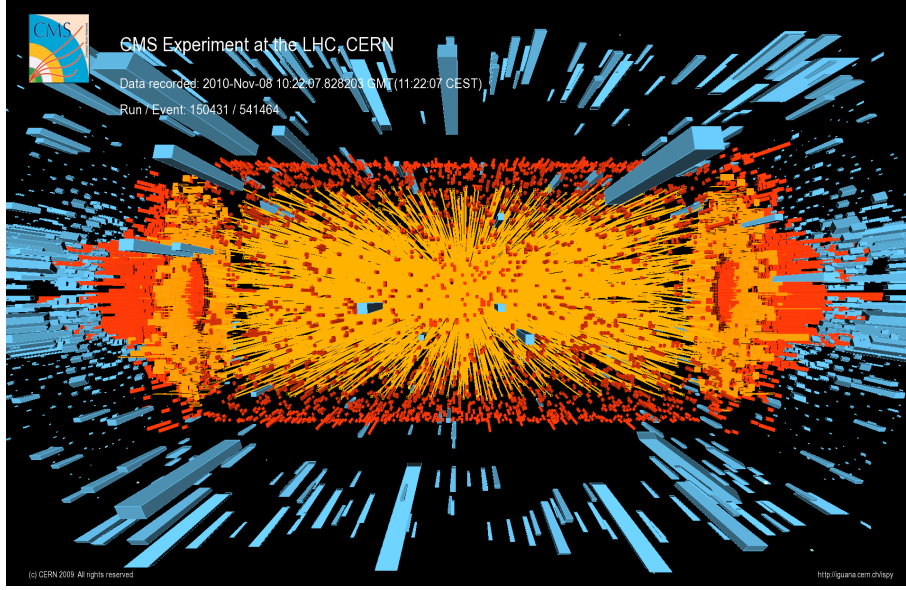
Madde ve karşı madde karşılaştığında birbirlerini yok eder ve radyasyona dönüşür: Örneğin bir elektron ve bir pozitron karşılaşıncaya birbirlerini yok edip ışığa (foton) dönüşürler. Bu nedenle de evrendeki atomlarda elektronlar (ve protonlar) vardır pozitronlar (ve karşı-protonlar) değil.

Laboratuvar koşullarında ise **karşı-hidrojen** atomu elde etmek olanaklıdır. Nitekim CERN'deki **ATHENA** ve **ATRAP** deneylerinde 2002 yılında çok miktarda karşı-hidrojen atomu elde edilmiştir. Dan Brown' un “Melekler ve Şeytanlar” kitabına da ilham veren bu deneylerde aslında kitapta anlatılanların tam tersine durumlar söz konusudur. Bu deneylerde karşı-madde araştırmaları hedeflenmektedir, bomba imalatı değil. Öte yandan karşı-maddeyi ancak çok kısa sürelerde, saniyenin milyonda biri kadar bir arada tutmak olanaklıdır. Çünkü hemen maddeyle etkileşime girip yok olmaktadır. Bu deneylerde amaç CPT kuramı denilen, yük, parite ve zaman simetrilerinin geçerli olup olmadığını araştırmaktır. CPT kuramına göre madde ve karşı-madde spektrumunun tamamen özdeş olmaları gerekmektedir.

CERN'deki **ALPHA** deneyinde ise, Kasım ayında karşı-hidrojen atomları manyetik bir tuzak sayesinde 170 milisaniye kadar bir arada tutulabilmişler ve böylelikle karşı-madde araştırmalarında önemli bir adım atılmıştır. Karşı-hidrojen atomları, hidrojen atomları gibi yüksüzdür. Proton (karşı-proton) ve elektronların (pozitronların) yükleri birbirlerini nötralize eder. Ancak bunların spin bileşenleri manyetik alandan etkilenirler. Bu spin özelliklerini kullanan ALPHA deneyçileri, 38 karşı-atomu manyetik alanla hapsedmeyi başardılar.



LHC' de Ağır-iyon çarpışmaları



CMS dedektöründe, nükleon çifti başına 2.76 TeV kütle merkezi enerjisinde çarpıştırılan ilk kurşun iyonları (<http://cdsweb.cern.ch/record/1305179/files/r150431-e541464-3dv3.png>)

CERN'deki LHC çarpıştırıcısında kurşun iyonlarının çarpıştırılması 7 Kasım'da başladı. LHC hızlandırıcısı hem protonları yüksek enerjilere hızlandırarak çarpıştırmak hem de kurşun iyonlarını çarpıştırmak için tasarlanmıştır. Yaklaşık bir yıldan bu yana, çeşitli enerjilerde saniyede 40 milyon kez tekrarlanan proton-proton çarpışmalarından yeterince veri toplandıktan sonra, 4 Kasım 2010 tarihinde yeni sahneye geçilmesi için start verildi ve 4 gün içinde kurşun iyonları LHC 'de hızlandırılarak, LHC üzerindeki ATLAS, CMS, ve ALICE dedektörlerinin içinde çarpıştırılmaya başlandı.

Kurşun iyonlarının çarpıştırılması LHC programının temel hedeflerinden biri olan, evrenin ilk zamanlarındaki koşulları incelemektir. Şu an içinde yaşadığımız evrendeki maddenin kaynağı olan bu kuark-gluon plazmasının Büyük Patlamadan hemen sonra ortaya çıkışını ve evrimini araştırmayı hedefleyen bu deneylerde, yeğin etkileşim (strong interaction) denilen nükleer kuvvetin yapısına ışık tutulacaktır. Kuarklar atom çekirdeğinin içindeki yapı taşlarıdır. Gluonlar ise kuarkları birbirlerine bağlayan kuvvet taşıyıcılarıdır. Yoğun enerjide bunlar maddenin bir hali olan kuark-gluon plazmasına dönüşürler ki evrenin başlangıcında olan durum da buna benzemektedir. Kuarkların ve gluonların etkileşimlerini açıklayan kuantum kuramının adı QCD' dir, yani Kuantum Renk Dinamiği. QCD faz geçişi ise, kuark-gluon plazmasından, maddeyi oluşturan hadronlara (örneğin atomun çekirdeğindeki proton) geçişi tanımlar. Bu faz geçişi evrenin ilk mikro saniyelerinde gerçekleşmiş olmalıdır. İşte bu geçişi incelemek amacıyla CERN'deki LHC deneylerinde ağır kurşun iyonları çarpıştırılarak çok parçacıklı ve çok yüksek bir enerji yoğunluğunda kuark-gluon plazma elde edilmeye çalışılmaktadır.

Elektronlarını kaybetmiş kurşun atomları olan kurşun iyonlarını hızlandırıcıda hızlandırmak, protonları hızlandırmaktan çok farklı bir işlemdir. Önce, protonlarda olduğu gibi, tek bir ışın dairesel hızlandırıcıda, tek bir yönde artarak hızlandırılır ve sonra zıt yöndeki ışın hızlandırıcıya sokularak aynı işlemler tekrarlanır. Proton çarpışmalarındaki kütle merkezi enerjilerinden farklı olarak, 82 proton içeren bu kurşun iyonları ışın başına 287 TeV enerjiye kadar hızlandırılırlar ve çarpışmalardan önce bu

ışınları hizalamak için çok daha hassas ayarlamalar yapılması gerekir.

Kurşun iyonları elde etmek için önce saf kurşunun **500 °C** dereceye kadar ısıtılmasıyla elde edilen kurşun buharı elektron akımı ile iyonize edilir. Daha sonra, **Pb²⁹⁺** 'ye kadar çıkabilen bu farklı yük durumları seçilerek nükleon (çekirdek) başına **4.2 MeV/u** enerjiye kadar hızlandırılırlar ve bir karbon folyosuna yönlendirilirler. Burada **Pb⁵⁴⁺** durumuna çıkan (pozitif 54, 54 adet elektronun eksilmesi anlamındadır) iyonlar **LEIR** (Low Energy Ion Ring) hızlandırıcısında **72 MeV/u** enerjiye yükseltilir ve **PS** (Proton Synchrotron) hızlandırıcısına aktarılırlar. PS' de **5.9 GeV/u**'na çıkartılan iyonlar ikinci bir folyoda diğer elektronlarını da kaybedip **Pb⁸²⁺** durumuna getirilip **SPS** (Super Proton Synchrotron) hızlandırıcısına aktarılırlar ve **177 GeV/u** enerjiye çıkarıldıktan sonra, **2.76 TeV/u** enerjilerine kadar hızlandırılmak üzere **LHC** hızlandırıcısına gönderilirler.

ALICE dedektörü daha çok bu ağır iyon çarpışmalarını incelemek için tasarlanmışken, **CMS** ve **ATLAS** dedektörleri hem proton-proton hem de ağır iyon çarpışmalarına yönelik tasarlanmışlardır. Bu 3 dedektör de 7 Kasımdan bu yana çok önemli veriler toplamaya başladılar.

6 Aralıkta CERN'in kışlık bakım dönemi başlayana kadar devam edecek olan LHC hızlandırıcısındaki ağır iyon çarpışmaları kısa bir aradan sonra Şubat 2011'de tekrar başlayacak ve 2011 yılı boyunca proton-proton çarpışmaları ile birlikte devam edecektir.

Not: 1 TeV 'luk bir enerji, alışık olduğumuz enerji ölçülerinde bir sivrisineğin kanat çırpışı kadar bir enerjidir, ama atom çekirdeğindeki protonlar boyutunda bu kadarlık bir enerji çok yoğun bir enerji demektir. ($1\text{TeV} = 10^3 \text{ GeV} = 10^6 \text{ MeV} = 10^{12} \text{ eV}$)