

# OLAĞANDIŞI ATOMLAR



Her bir atom üretmek için, biri artı, öbürü eksi yüklü parçacığı rastlaştırmak gerekir; örneğin, bir proton ve bir karşıt proton, bir protonyum atomu oluştururlar. Fotoğrafta görülen düzenek, protonlardan oluşan bir hedefi dövecek olan karşıt protonları saymaya yarar.

Doğada olmayan parçacıkları hızlandırıcılarında üreten fizikçiler, yepyeni atomlar elde etmeyi başardılar. Ayrıca, laboratuvarında, karşıt maddenin ilk mikrogramlarının üretilmesi de bekleniyor; ancak, fizikçilerin bir tek miligram karşıt madde elde edebilmeleri için, bir milyon yıl gerekecek gibidir.

Jean-Louis LAVALLARD

Hepimizin bildiği gibi, atomlar, bir çekirdek ile, onun çevresinde dolanan elektronlardan oluşmuştur. Çekirdeği bir güneş gibi düşünecek olursak, elektronlar, bu güneşin çevresinde dolanan küçük gezegenler olacaklardır. Ancak, elektronlarla çekirdeği birbirlerine bağlayan kuvvet, gezegenlerin hareketini yöneten kuvvetten farklıdır. Bu, kütleçekim kuvveti olmayıp (aslında, elektronlarla çekirdek arasında kütleçekimi de vardır; fakat çok küçüktür), çekirdeğin artı yükü ile elektronun eksi yükü arasındaki Coulomb çekimidir.

Bu işleyiş, yalnızca klasik atom çekirdekleri (artı yüklü protonlar ve nötronlardan oluşan) ve elektronlara özgü değildir. Eksi yüklü bir parçacığın (elektron gibi), bir artı yük (çekirdek gibi) çevresinde dolması durumunda kullanılabileceği gibi, aksi (inverse) yükler için de, yani artı yüklü bir parçacığın

bir eksi yük çevresinde dolandığı durum için de geçerlidir.

Atomların, bildiğimiz biçimleriyle oluşmalarının tek nedeni, protonların, en bol bulunan artı yüklü ve kararlı parçacıklar olmaları; elektronların ise, en bol bulunan eksi yüklü parçacıklar olmalarıdır. Fizik, çekirdeklerinin, nötron ve protonlardan oluşmayacağı ve elektronların yerine başka parçacıkların geçeceği "olağandışı" atomların oluşumunu da yasaklamaz. Böyle bir atomun oluşması için, artı yüklü bir parçacıkla eksi yüklü bir parçacığın rastlaşması yeterlidir. Bunların bağlı (birbirlerine göre) hızları çok büyük olmazsa, birbirlerinin çevresinde dolanmaya kolayacaklar ve fizikçilerin "olağandışı atomlar" dedikleri ve öteden beri oldukça geniş bir çerçevede inceledikleri atomları kuracaklardır.

1980 yılında bulunmuş olan **müonyum**, çok uzun zamandan beri bilinen olağandışı atomdur. Bu atomda, protonlardan ve nötronlardan oluşan artı yüklü çekirdek yerine, artı yüklü bir **müon** geçmiştir. **Müon**, tam olarak elektrona özdeş bir parçacıktır; yalnız, ondan çok daha ağırdır. Acaba böylesine benzer iki parçacığın varlığı nedendir? İşte, yarım yüzyıldır fizikçilerin kafasını karıştıran soru... Elektronlara benzer olarak, eksi yüklü müonlar kadar da artı yüklüler bulunabilir. **Elektronlar ve müonlar, gerçekten temel parçacıklardır; her ikisi de, lep-**

tonlar (kuvvetli etkileşmelere girmeyen parçacıklar)'ın aynı kategorisinde yer alırlar.

## İÇSEL OLARAK EN BASİT ATOM

Müonyum, içsel olarak, olağan atomların en basiti olan hidrojen atomundan da daha basittir: Müon, gerçekten bir temel parçacık (alt yapıtaşları bulunmayan parçacık) olduğundan, uzayda bir noktadır. Oysa protonun yaygın bir uzaysal yapısı vardır; protonun alt yapıtaşları olan **kuarklar ve gluonlar**, bu uzaysal bölge içinde hareket ederler.

Kuşkusuz, kuantum mekaniği müonyuma da uygulanır. Elektron, yine, duyarlılıkla **kuantumlanmış yörüngeler** üzerinde hareket eder. Bir yörüngeden öbürüne geçerken, frekansı iyice belirlenmiş ışık yayarlar. Bu ışığın deneysel incelenmesi, hem kuantum mekaniğinin ayrıntılı olarak sınanmasını, hem de müonun fiziksel niceliklerinin çok büyük duyarlılıkla ölçülmesini ve bu parçacığın ağır bir elektron gibi davrandığının doğrulanmasını sağlar. Ancak, bu durum, müonu çevreleyen sır perdesini kaldırmaz!

Müonyum üzerindeki deneyler, kuantum mekaniğinin ve görellik kuramının elektromanyetizmaya uygulanmasını en duyarlı olarak doğrulayan ve fizikçilerin, süreklilik olarak kusursuzlaştırmaya ve daha duyarlı kılmaya çalıştıkları deneylerin de bir bölümünü oluşturmaktadır. Fizikçiler, bu deneylerle, yakında, zayıf etkileşme kuvvetinin müonyum sistemindeki etkisini de ortaya çıkarmayı umuyorlar. Bu arada, doğada yalnızca dört kuvvet bulunduğunu da hatırlayalım: Kuvvetli etkileşme kuvveti, müonlardan ve elektronlardan oluşan leptonlara etki etmez; dolayısıyla, müonyum sisteminde etkisi yoktur; elektromanyetik kuvvet, olağan ve olağandışı atomların yapısını belirleyen başlıca etkendir; zayıf etkileşme kuvveti, çok daha az şiddetlidir ve genellikle önemsenmez; kütleçekim kuvveti ise, daha da zayıftır. Öngörülen deneylerin geliştirilerek, zayıf etkileşme kuvvetine bağlı bir düzeltme çarpanı elde edilmek istenmek-

tedir. Zayıf etkileşme kuvveti, genellikle, yalnızca çok kısa uzaklıklarda (nötron ve protonun içinde oluşan beta radyoaktivliğinde olduğu gibi), ayrıca da, en büyük hızlandırıcılarda ve kozmik ışınlarda oluşan çok yüksek enerjili tepkimelerde etkili olduğundan, müonyum deneylerinde böyle bir düzeltme çarpanı elde edilmesi, özellikle ilginç olacaktır.

Müonyum, müon ile kurulabilecek, olağandışı tek atom değildir. Gerçekten, eksi yüklü bir müon da, olağan bir atomdaki bir elektronun yerine geçebilir. Böylece, fizikçiler şimdiden, karma (birleşik, composite) helyum atomları üretebilmişlerdir. Bu atomların çekirdeği, yine, 3 ya da 4 ağırlıklı olağan helyum çekirdeğidir; yalnız, bu çekirdeğin çevresinde iki elektron yerine bir elektron ve bir eksi müon dolmaktadır. Fizikçiler, yine müonlarla, bir artı müon (çekirdek rolü oynayan) ile, bunun çevresinde dolanan iki elektrondan oluşan eksi yüklü bir müonyum iyonu yapmayı da başarmışlardır.

## DAHA DA OLAĞANDIŞI BİR ATOM

Yüksek enerji fiziğindeki güncel gelişmeler, daha da olağandışı bir atom ile ilgilidir: **Protonyum**. Bir proton (hidrojen atomunun çekirdeği)'un çevresinde, bir karşı proton (protonun, elektron yüküne eşit bir eksi yük taşıyan karşı parçacığı) dolaştırmak gibi depdeğişik bir düşünce, fizikçilerin aklına nereden gelmiştir?

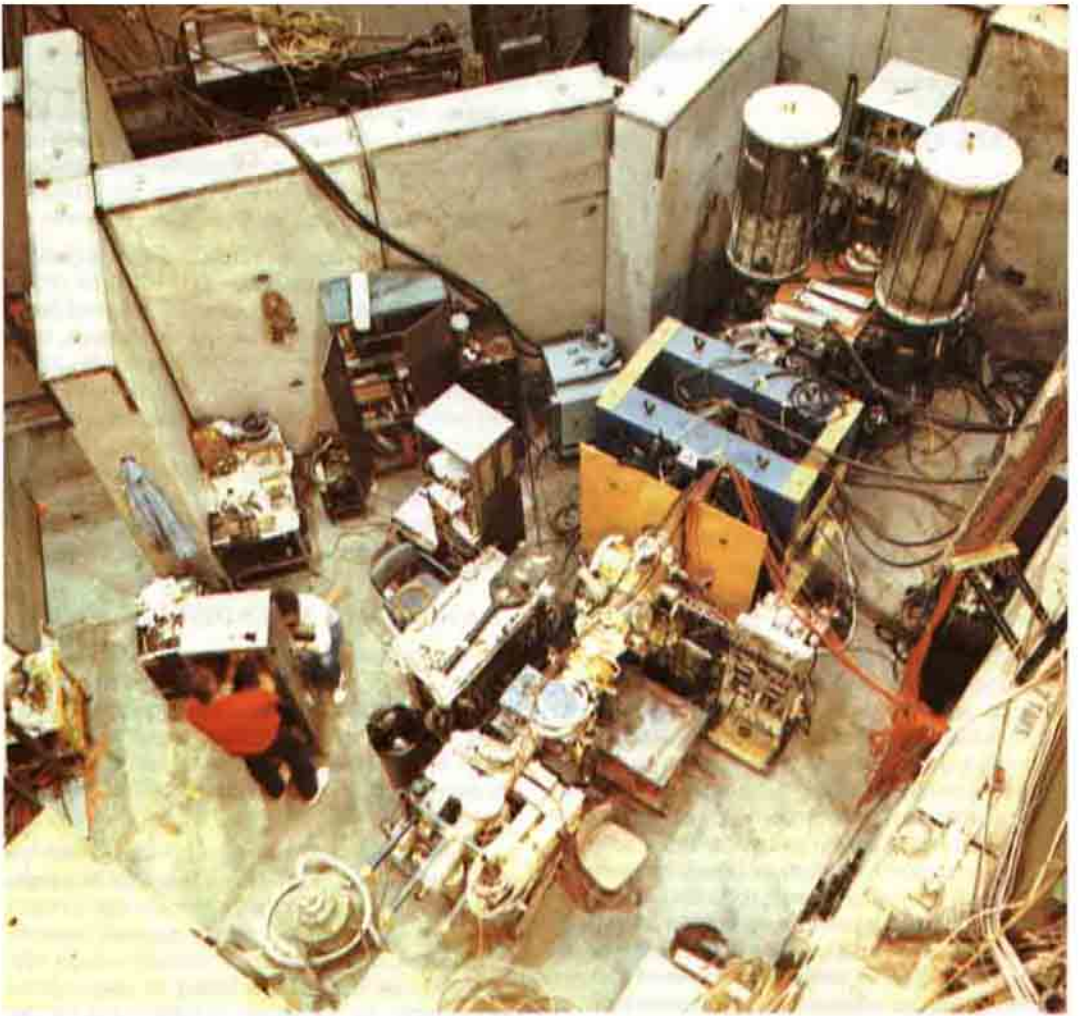
Bu kez, protonyum ile, hidrojen atomundan iyice uzaklaşmış oluyoruz. Çevresinde hafif bir parçacığın (elektron) dolandığı ağır bir çekirdek (proton) yerine, biri öbürünün çevresinde dolanan, hangisinin çekirdek, hangisinin uydur rolünde olduğu söylenemeyen ve ikisi de aynı kütleli iki parçacığımız var demektir. Bu, bir ayrıntı değildir; daha da öte, proton ve karşı proton, karşı parçacıklar olduklarından, rasişirilseler, birbirlerini yok ederek, bir parçacıklar çokluğunun kaynağı olurlar. Öyleyse, kararsız olan protonyum, kendi kendini yok etmekte gecikmez; buna karşılık, müonyum, son derece sakindir.

Acaba fizikçiler, böylesine geçiverici bir atom türüne neden ilgi duymaktadırlar? Çeşitli nedenleri var. Bazıları, atomsal yapının kendisi ile ilgilenmiyorlar. Bir protonyum atomunun protonu ile karşı protonu birbirlerini yok ederlerse, açığa çıkacak enerjinin duyarlılıkla belli olduğunu (proton ve karşı protonun durgun kütlelerinin toplam enerjisine eşit) düşünüyorlar. Ancak, protonlardan oluşan bir hedef, bir karşı protonlar demeti ile bombardıman edilirse, başka olaylar da ortaya çıkabilir; karşı protonlar demetinin kinetik enerjisini de hesaba katmak gerekir. Öyleyse, birbirlerini yok etme olayı, kusursuz simetrik bir biçimde oluşmaz.

Protonyum atomunun yapısı, hidrojen atomunununkine çok benzer. Tek fark, karşı protonun yö-



*Bir karşı proton ve bir helyum çekirdeği arasında ki bir çarpışmada, parçacıkların yok oluşu.*



rüngelerinin, protona çok daha yakın olmasıdır; çünkü karşıt proton, elektronun yaklaşık 2.000 kati ağırlıktadır. Protona daha yakın yörüngeler durumunda, artık, yalnız başına elektromanyetik çekim etki etmez; kuvvetli etkileşmeyi de göz önüne almak gerekir. Protonyumun yayınlatabileceği ışınımın frekansı (X-ışınlar bölgesinde), yalnız elektromanyetik kuvvetin katıldığı çoğu durumda büyük duyarlılıkla öngörülebiliyorsa da, protona en yakın yörüngeler için, bu frekansın, kuvvetli etkileşmeler nedeni ile önemli ölçüde değişeceği beklenmektedir. Henüz, kuvvetli etkileşmelerin etkisinin nasıl hesaplanacağı bilinmediğinden, protonyumun X-ışınlarının (özellikle de, enerjileri daha büyük olan "K-ışınlar" denen bölümünün) incelenmesi, kuvvetli etkileşmelerin araştırılması için, seçkin bir yöntem oluşturmaktadır.

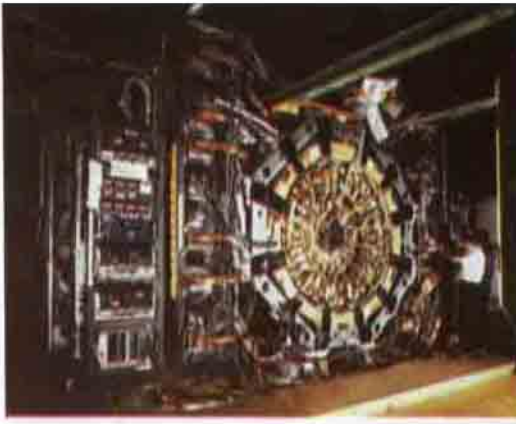
## DENEYSEL ZORLUKLAR

Protonyumun XK-ışınlarının bu gözlemi, CERN (Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi)'de çalışan bir-

*Fizikçiler, Amerikalıların Los Alamos laboratuvarlarında, müonyum atomları üretmeyi başarmışlardır. Bu atomların enerji düzeylerinin ölçümü, kuantum mekaniğinin geçerliliğini çok büyük bir duyarlıkla doğrulamıştır.*

çok fizikçi grubunun, ancak on yıllık çabaları sonucunda gerçekleşmiştir. Şimdi, deneyin zorluğunu anlamaya çalışalım. Protonyumun araştırılmasının ideal koşullarında, karşıt proton, gitgide sıkışan bir dairesel yörüngeler dizisinde yer almalı ve daha alt bir düzeye geçtikçe, enerjisi artan bir X-ışınlar "çağlayan"ı yayınlamalıdır. Bunlardan da, hemen hemen yalnızca sonucu geçişte, kuvvetli etkileşmenin etkisi önemli olabilecektir.

Ne yazık ki, deneysel koşulların çoğunda, protonyum atomu, temel durumuna ulaşmadan, yok olma olayı ile yitmiş olur. Bu güçlük, hedefin yoğunluğuna bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. On yıl kadar bir süreden beri zorunluluk yüzünden kullanılmakta olan sıvı hedeflerle, kuvvetli etkileşmeleri belirleyecek olan L ve K geçişlerini tanımak imkânsızdı.



*Protonyumun yayınladığı düşük enerjili X-ışınlarını algılamak için, CERN'deki araştırmacılar, "Astérix" adını verdikleri bir manyetik spektrometre kurmuşlardır.*

Buna karşılık, CERN'deki LEAR (Low Energy Antiproton Ring: Düşük Enerjili Karşıt Proton Halkası) adlı kuruluş, artık, yavaş karşıt protonlardan oluşan daha yoğun demetler kullanılmasını sağlayacaktır. Buna bağlı olarak da, daha az yoğun olan ve özellikle gaz hedefler kullanılabilirler.

Başarıya giden yolda durmak istemeyen birçok fizikçi grubu, bu tür deneyleri, karşıt hidrojen atomu üretimi ile sürdürmeyi öneriyorlar. Bu atom, hidrojenin tam eşdeğeri, ancak karşıt maddeden yapılmış olacaktır; proton yerine, karşıt proton; elektron yerine ise, karşıt elektron ya da pozitron geçmiş olacaktır. Ama bu deney, karşıt protonlar ve pozitronların az bulunan türler olmaları yüzünden ve ayrıca, birleşebilmeleri için iyice belirlenmiş bağıl hız koşullarında bulunmaları gerektiğinden, güçlükleri çoğaltır. Bununla birlikte, gösterişe yönelik amacı dışında (kuşkusuz, bu da önemlidir), bu deney, bir de temel fiziksel amaç sunacaktır. Madde ve karşıt madde bölme (compartment)lerinin özdeş olduğunu doğrulamak. Deney, çok büyük duyarlılıkla yapılmadıkça, yarar sağlamayacaktır. Bu da, ek bir güçlük getirir; çünkü, güncel teknolojinin makul sınırları içinde elde edilebilecek gibi görünen birkaç karşıt madde atomu yerine, bu tür atomlardan pek çok sayıda elde etmek gerekecektir. Yine de, gelecek yıllarda, bu deneyin yapılabileceği düşünülebilir.

Öte yandan, bazı fizikçiler, karşıt maddenin, çok küçük bir hacim içinde son derece yoğun bir enerji kaynağı oluşturmasından yararlanmak için, tartıya gelir ölçülerde karşıt maddeyi bir araya toplamaktan söz ettikleri zaman, fizikçilerin çoğunluğu ise, kuşku duymakta ve bilim-kurguya başvurmaktadır. Bilimcilere göre, "yalnızca" bir miligram karşıt madde ile, üç haftada, Mars'a bir füze gönderilebilecek gibi görünmektedir! Buna, fizikçi çoğunluğunun cevabı ise, bu "gösterişsiz" bir miligram karşıt maddeyi



*Yakında, Obélix deneyi ile, CERN'deki araştırmacılar, protonyumun enerji düzeylerinin ölçümünde yeni bir çığır açacaklar. Fotoğrafta, deneyin başlıca parçalarından biri olan, 300 tonluk mıknatıs görülüyor.*

CERN'de üretmek için, bir milyon yıl gerekeceğidir. İlgili teknolojiler ilerlese bile, dev büyüklük basamaklarına ulaşmak, pek kolay olmayacaktır.

Ancak, öteden beri, çok küçük miktarlarda karşıt madde ile, bilimsel uygulamalar yapmak mümkün görünmektedir. CERN'deki birçok deney, elektromanyetik tuzaklarda, durgun karşıt madde biriktirmeye dayanmaktadır. Bunlardan biri, karşıt protonun da, Dünya'nın kütleçekim alanında proton ile aynı hızda "düşüp düşmediği"nin ölçülmesine yöneliktir. Ayrıca, nötr (yüksüz) karşıt madde biriktirmenin, her zaman, çok daha zor olduğunu da belirtmek gerekir; çünkü karşıt madde atomları, toplama kabının çeperlerinde yok edilirler.

Böylece, son birkaç yıldır, laboratuvar meraklarından doğan olağandışı atomlar, maddenin iç özelliklerinin araştırılmasında, gitgide daha da duyarlılaşan bir âlet olma yolundadırlar. Peşin olarak düşünülebilir ki, gerçekten, kinetik enerjisiz sistemler üzerinde incelemeler yapma imkânını verdiklerinden, olağandışı atomları incelemek, hızlandırıcılarda yüksek enerjilere çıkarılmış parçacıkların çarpışmalarını incelemekten daha kolaydır. Ancak, bu deneylerin teknolojisinin çok incelik istemesi ise, neden yaygınlaşmadıklarını açıklar.

**Sciences et Avenir'den çev.: Dr. Hanaslı GÜR**

**İYİ OLMAK, HAKLI OLMAKTAN ÇOK DAHA ÖNEMLİDİR.**

**Prof.Dr. Şinasi ÖZSOYLU**