

## Parçacıkların Uyum Dansı

Fizikçiler 1995'te Bose-Einstein Çökeltisi (BEC) denen, soğutulmuş atomların aynı kuantum durumuna girip tek bir "süperatom" gibi davrandıkları bir madde biçimi oluşturdular. Ancak ABD'deki JILA Laboratuvarı fizikçilerinin bu başarısı, yarım kaldı. Çünkü doğadaki parçacıkların bölündüğü iki gruptan yalnızca bozonlar senkronize edilebilmişti. Şimdi başka bir JILA araştırmacısı, aynı şeyi uyumsuzluğuyla tanınan fermiyon adlı öteki grupla gerçekleştirilmeyi başardı.

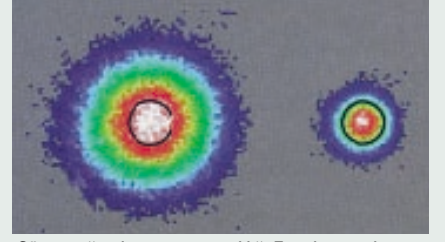
Tüm parçacıklar, bu iki gruptan birinin üyesi. Bunları ayırırsa, "spin" denen dönmeleri. Fotonlar, W ve Z parçacıkları gibi kuvvet taşıyıcılarını içeren bozonların 0, ya da tam sayı değerli spinleri var. Elektron, kuark, nötron, proton gibi madde parçacıklarını kapsayan fermiyonların spinleri ise kesirli. Atomlar da, içlerindeki temel parçacıkların spin toplamına göre iki gruptan birine giriyorlar.

Bu farkın önemli sonuçları var. En görünür etki, aynı kuantum durumunda aynı iki parça yanyana geldiğinde ortaya çıkıyor. Aynı türden bozonlar, aynı yeri paylaşmaktan gocunmayan arkadaş canlısı parçacıklar. Fermiyonlarsa antisosyal karakterli; aynı alanı paylaşmaktan hoşlanmıyorlar. Bu "dışlama ilkesi", parçacıkların davranışlarını belirliyor. Elektronlar fermiyon olduklarından,

atom içindeki en düşük enerji düzeyine topluca yerleşmiyorlar. Merdiven basamaklarına oturur gibi değişik enerji düzeylere yerleşiyorlar. Atomların enerji basamaklarında farklı elektron dizilişleri, doğada gördüğümüz element çeşitliliğini sağlıyor.

Bozonlar içinse, aynı kuantum durumunda bulunmanın bir sakıncası yok. Yeter ki, ısıyla yükselen hareketlilik kendilerini grup dışına atmasın. Bunun için de çok soğuk bir ortam gerekli. Önceki BEC deneylerinde kullanılan soğutma tekniği, parçacıklardan birinin ötekinden daha fazla enerji götürdüğü çarpışmalar oluşturmaktı. Böylece, daha enerjik parçalar dışarıya atılıyor ve geriye soğumuş bir gaz kalıyordu. Bir fincan kahvenin, doğal buharlaşma yerine yüksek teknolojiyle soğutulması gibi. Ama yöntem, fermiyonlar için yarsız; aynı anda aynı yerde bulunamayacaklarından çarpışma olmaz.

JILA'dan Deborah Jin, engeli aşmak için fermiyon sınıfından potasyum-40 atomlarından oluşan gazı manyetik bir alana yerleştirmiş. Böylece atomların enerji düzeylerini, farklı kuantum durumlarına karşılık gelen alt düzeylere ayırmış. Sonra da lazer ve radyo dalgalarıyla potasyum buharını hareketlendirmiş. Böylece atomların yarı bir kuantum durumuna, yarı da



Süper soğutulmuş gazın sıcaklığı Fermi sınırından düşükse (sağda), Fermi yüzeyinde (siyah halkalar) daha fazla atom birikiyor. Beyaz renk en yüksek atom yoğunluğunu, mavi-siyah ise en düşükünü gösteriyor. Daha sıcak olan soldaki bulutta 2,5 milyon, neredeyse mutlak sıfırdaki sağ buluttaysa 0,78 milyon atom var. Bunda atomlar buharlaştırarak soğutma tekniği nedeniyle azalmış.

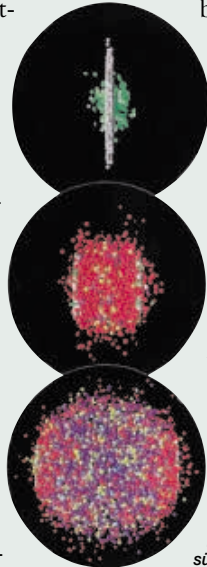
bir başkasına geçmiş. Aynı durumdaki atomlar birbiriyle çarpışmaz. Potasyum buharındaysa, farklı kuantum durumuna giren atomlar çarpışmaya başlamış. Nedeni, artık aynı özellikte olmamaları ve dışlama ilkesinin işlememesi. Sonuçta, farklılaşan kümeler birbirlerini soğutmaya başlamış.

Sıcaklık,  $-273^{\circ}\text{C}$  olan mutlak sıfırdan yalnızca bir derecenin on milyonda üçü üzerindeki bir dereceye düştüğünde, atomların Fermi enerji ölçeğindeki en alt basamaklara çökme belirtileri görülmeye başlanmış. Bunlardan biri, potasyum buharının enerjisinin, fermiyon olmayan bir gazın aynı sıcaklıkta düşeceği enerjinin biraz üzerinde kalması. Nedeniyse, dışlama ilkesinin fermiyonik atomları en alt basamaklardan daha üste taşıması.

Science, 10 Eylül 1999

## 'Büyük Patlama' Deneyi Başlıyor

New York'taki Brookhaven Ulusal Laboratuvarı'nda bu ay başlayacak bir deneyin, parçacık fiziği ve evrenbilimin önemli sorunlarını aydınlatacağı umuluyor. Altın iyonları, Relativistik Ağır İyon Çarpıştırıcısı (RHIC) adlı çok güçlü bir parçacık hızlandırıcısında çarpıştırılacak. İyonlar 3,4 km'lik,  $-268^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar soğutulmuş iki tünelde süperiletken mıknatıslarla ters yönde hızlandırılacak. 200 GeV (milyar elektron volt) şiddetindeki çarpışmada, sıradan madde içinde bulunandan 10 kat fazla enerji yoğunluklarına ulaşılacak. Fizikçiler, bu enerjide, atom çekirdekleri içinde hapsolmuş kuarklarla, şiddetli çekirdek kuvvetini taşıyan gluon-



Çarpışan iyonlar önce kuark (beyaz) ve gluonlara (yeşil), sonra alt parçacık kümelerine (kırmızı), daha sonra da kaon, pion ve öteki parçacıklara ayrışıyor. Tüm süreç  $10^{-22}$  saniye sürüyor.

ları ilk kez serbest durumda, görmeyi umuyorlar. Bu, Büyük Patlama'dan sonraki ilk saniyenin birkaç milyonda biri içinde gerçekleşen faz geçişinin, yani kuark ve gluon plazmasının, bildiğimiz hadronik maddeye dönüşünün tam tersi demek. Deneylerde yalnızca iki iyonun çarpışması 10 000 parçacık oluşturacak. Enerji yoğunluğu, normal madde yoğunluğunun 10 katına çıktığında, kuarklar ve gluonlar arasındaki uzaklık kısalıyor; böylece kuarklar arasındaki kuvvetler zayıflıyor ve kuarklarla gluonların serbest kaldığı

faz geçişi ortaya çıkıyor. RHIC, bir başka bilmeceyi de aydınlatabilecek: Protonun kayıp spini. İçindeki temel parçacıkların spinlerinin toplamı, protonun toplam spininin yarısından daha az.

Fizikçiler, nötron yıldızları konusundaki bilgilerini de arttırabilmeyi umuyorlar. Kuramcılar, nötron yıldızlarının bazılarının içinde kuarkların, nötronlardan kurtulup serbest hale gelmiş olabileceklerini düşünüyorlar. Çarpışmalarda ortaya çıkacak parçaların sıcaklığı, 100 milyon elektronvolt enerjiye eşit düzeyde olacak. Yani nötron yıldızlarının sıcaklığının yüz katı. Serbest kuarklardan oluşan maddenin sıcak halinin tanınması, aynı maddenin bir milyon derecedeki "soğuk" durumuna ışık tutabilecek.

Physics Today, Ekim 1999  
Physics World, Haziran 1999