

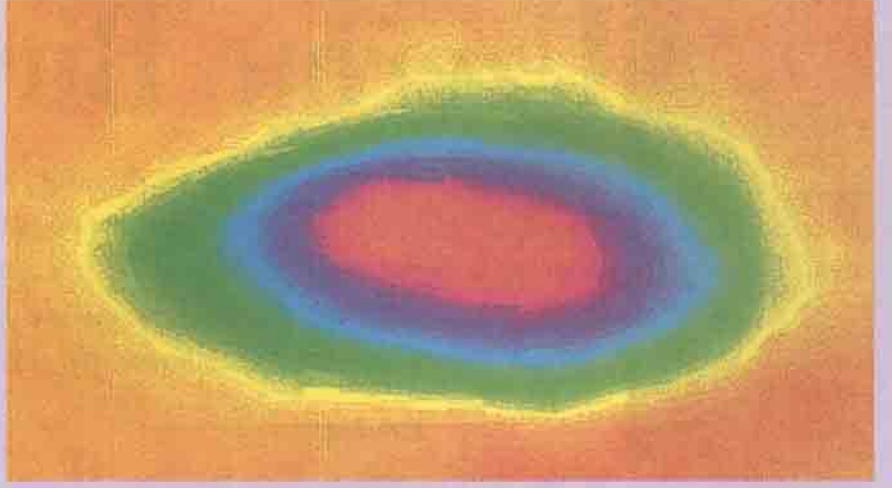
# Bose-Einstein Kondensatı

**A**LBERT EINSTEIN ve Hintli fizikçi Satyendra Nath Bose, 1925 yılında yoğun bir gaz kütlelerini mutlak sifıra yakın bir sıcaklığa kadar soğuttuklarında yoğunlaşan gazın olağandışı bir buz küpüne dönüşeceği sonucuna vardılar. Buna göre atomlar kendi özelliklerini kaybedecek, bir bütün halinde hareket edecek ve dev bir atom haline geleceklerdir.

70 yıl sonra atom fizikçileri, bu tahminin doğru olduğunu ispatlamış görünüyorlar. Bu yılın Haziran ayında National Institute of Standards and Technology (NIST)'den Eric A. Cornell ve arkadaşları, University of Colorado ile birlikte radyum atomlarını 10 nanokelvin gibi rekor bir sıcaklığa kadar soğutarak Bose-Einstein kondensatı diye bilinen kuantum buz kübünü elde ettiler.

Maddenin bu halinin fizikçilerin ilgisini çekmesinin en önemli sebebi, teorik çalışmaların, varolan bu oluşum hakkında çok az şey söyleyebilmesinden doğan gizemdir. Kondensatın gözlemlenmesi konusunda Cornell'in grubuyla yarışan başka bir topluluğun başkanı MIT'den Thomas J. Greytak, kondensatın bütün faz değişimleri arasında benzersiz olduğunu belirtiyor. Greytak, buharın suya, suyun buza dönüşmesi gibi diğer bütün faz değişimleri atomlar ve moleküller arasındaki kuvvetlerle açıklanırken, Bose-Einstein yoğunlaşmasının, kuantum mekaniği yasalarının bir sonucu olduğuna dikkat çekiyor. Daha da ayrıntıya girecek olursak, bu olay Heisenberg'in, bir parçacığın konumuyla momentumu arasındaki bağı betimleyen belirsizlik ilkesiyle açıklanır. Atomlar sifıra yakın bir sıcaklıkta çok yavaş hareket ettiklerinden, belirsizlik ilkesine göre konumları hemen hiç bilinemez. Atomların hareketini açıklayan dalga fonksiyonları genişler ve birleşir. Sonuçta birçok atom aynı kuantum düzeyinde yer alır.

Üstün-iletkenlik ve üstün-akışkanlık da aynı temele dayanır. Dirençsiz



*Bose-Einstein yoğunlaşmasına yakın bir düzeyde, 35 nanokelvindeki 30 000 atom, 100 mikron boyunca dağılımlarını, sıkışık durumdan(kırmızı) seyrek(sarı) olacak şekilde gösterabilmek için renklendirilmişler.*

elektrik ve sıvı akışıyla birçok benzerliği olduğu bilindiği halde, araştırmacılar kondensatın birçok özelliğini ortaya çıkaramadılar. Görünüşü konusunda bile birçok spekülasyon bulunuyor: Cam gibi berrak mı, yoksa metal gibi parlak mı?

NIST-Colorado işbirliğinin, kondensatı dünyanın en soğuk ortamında oluşturmasıyla birçok soru yanıt bulacak. Grup, Greytak ve çalışma arkadaşlarının, 1980'lerin sonunda MIT'de geliştirdikleri soğutma yöntemini kullanıyor. Buharlaşıcı soğutma (evaporative cooling) olarak bilinen bu yöntem, atomların iki manyetik alan arasında asılı birakılması esasına dayanır. Manyetik alan şiddetinin azaltılıp bir radyo dalgasının uygulanması, daha sıcak atomların, manyetik alandan kaynaklanan dönüşleri sırasında çarpışmalarına sebep olur. Böylece sıcak atomlar manyetik kapan dışına çıkarken, soğuk atomlar içeride kalır. Atom yığınının sıcaklığı her adımda biraz daha düşer. Greytak, 1990 yılında bu yöntemi kullanılarak, hidrojen atomlarını 100 mikrokelvine kadar soğutmayı başarmıştı. Ne var ki, manyetik kapanın ortasındaki delik daha fazla soğutmayı engelledi. Geriye kalan atomların soğuk atomların dönüşlerini bazen ters yöne çevirmesi, atomların manyetik alanın sifır olduğu kapanın merkezinden dışarı çıkmasına neden oldu. Bu sonuç daha fazla soğuma olmasını engellerken,

atom sayısını, kondensatın oluşması için gerekli atom sayısının altına düşürdü.

Geçen yıl bu deliğin kapatılması için yeni yöntemler geliştirildi. MIT, soğuk atomların istenilen bölgede tutulması için lazer kullandı. Cornell'in grubu ise kapandaki deliği atomların çıkamayacağı kadar hızlı döndüren bir manyetik alan üzerinde çalıştı. Sekiz aydan daha kısa bir süre içinde Cornell, soğutmayı 1000 katına çıkardı.

Buharlaşıcı soğutma yöntemi çok iyi çalıştığından, kondensat oluşmuş, fakat araştırmacılar farketmemiş olabilir. Greytak, gazın oluşumunu gözlediklerini ve sorunlarının daha düşük sıcaklıklar elde etmek olmadığını belirtiyor. Sıcaklık düştükçe atom bulutu küçülür ve incelenmesi zorlaşır. Kesinlikle emin olmak için büyüklüğün birkaç kat artırılması gerektiği de öne sürülüyor.

Yine de, kondensatı ilk kez gözlemlene onuruna Cornell'in grubu erişmiş görünüyor. Grup, rubidyum bulutunu lazerle taradığında, merkezdeki yoğunlukta büyük bir artış olduğunu saptamış. Bundan sonraki hedef, rubidyum buzuna dönüşmeden önce varlığını sadece birkaç dakika sürdürebilen maddenin diğer özelliklerini ortaya çıkarmak.

Philip Yam  
Scientific American, Ağustos 1995  
Çeviri: Murat Ertem