

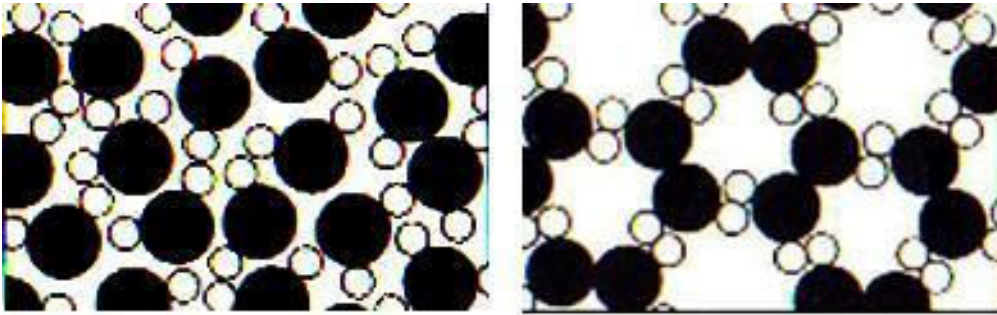
Konu: **Bilim**  
Yazı: **28**

## Kritik Noktada Dönüşüm

Doç. Dr. Haluk Berkmen

Nesnelerle ve çok parçacıklı sistemlerle yapılan deneyler göstermiştir kritik noktaya ulaşıldığında sistemde ani ve belirgin bir değişiklik, beklenmedik bir davranış ortaya çıkar. Bu farklı hallerin olduğu noktaya "**Kritik nokta**" diyebiliriz. Kritik noktayı suda hepimiz görmüştür. Donan suyun aniden, büyük bir hızla ve kısa zamanda buza dönüşmesi olayı. Kuzey denizinde soğuk hava çok kısa sürede binlerce kilometrekare denizi buza dönüştürmektedir. Su molekülleri kritik noktanın üzerindeki sıcaklıklarda şeklin sol tarafında görüldüğü gibi belirgin bir düzen oluşturmada birbirlerinin üzerinden kayarlar.

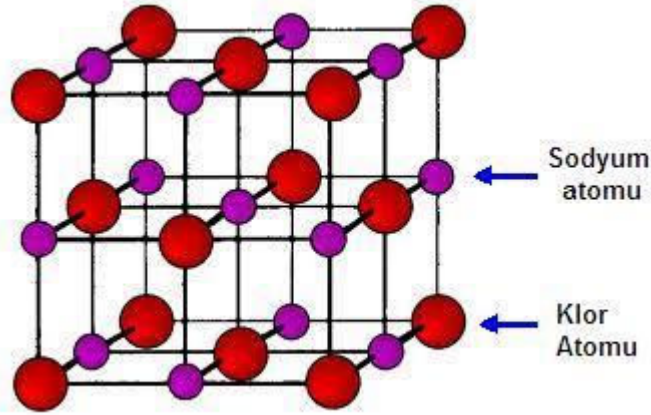
Su kütlesi alt kritik nokta olan sıfır dereceye geldiğinde (tuzlu su için biraz daha düşük bir sıcaklıkta) su molekülleri aniden belirgin bir düzene girip bir kristal yapı oluştururlar. Bu düzgün duruma girdiklerinde su moleküllerinin kayarak birbirlerine göre yer değiştirmeleri mümkün olmadığından buz kristali sert ve yarı şeffaftır. Nedeni de şekilde sağda görüldüğü gibi, moleküller arası boşlukların oldukça büyük oluşundandır. Ayrıca aynı sayıda su molekülü donunca daha geniş bir hacim kaplayacağından, kışın su borularında donan su boruları patlatır. Suyun üç fazı olan buz su ve su buharı fazlarının bir arada buldukları kritik nokta ile burada sözü edilen kritik nokta farklı olup, karıştırılmamaları gerekir.



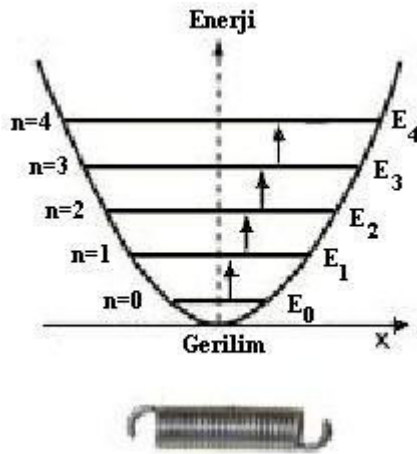
**SU**

**BUZ**

Bu örnekten anlıyoruz ki atomlar kritik noktaya ulaştıklarında belirli bir düzene girerler ve bu düzen değişken değildir. Her atom tipi kendi yapısı içinde ve kendi özellikleri doğrultusunda kristal yapı oluşturur. Altta tuz kristalini görüyoruz.



Bunun nedeni de her atomun belirli enerji seviyelerinde bulunabilmesi ve enerji seviyelerinin süreksiz oluşlarıdır. Atomlar bir bütün olarak aynen bir elektron gibi davranırlar. Nasıl ki bir elektron atom çekirdeği etrafında belirli bir yörüngede döner ve o yörüngeyi kendi enerji seviyesi varsa, atomlar da düzenli bir yapı oluşturduklarında belirli enerji seviyelerinde bulunurlar.



Bu durumu anlamak için Kuantum **Harmonik Osilatörü** (titreşeni) denen resimdeki sisteme bakalım. Kuantum harmonik osilatörü sabit ve belirli titreşim katları olan küçük bir yay olarak düşünülebilir. Her sabit titreşim katı ayrı bir enerji seviyesine karşılık gelir. Resimde görülen yayı bir kuantum yayı olarak düşünün. X-ekseni yaydaki gerilmeyi ve Y-ekseni de yayın enerjisini belirtsin. Yayın enerji seviyeleri süreksiz ve belirli olduğundan yayın taban enerjisi olan  $E_0$  durumunda yaydaki titreşimler minimum değerde olurlar. Minimum değer sıfırdan farklıdır. Dolayısıyla en düşük enerji seviyesinde dahi titreşimler vardır.

Su örneğinde donan su buza dönüştüğünde su molekülleri minimum enerji seviyesi olan taban seviyeye düşerler. Fakat  $E_0$  taban enerjisi dahi sıfır değildir. Mutlak sıfırın (-273 derece santigrat) üzerindeki her sıcaklıkta taban enerjisi tam olarak sıfıra düşmez. Mutlak sıfıra ulaşmak ise son derece zor olup doğada erişilemeyen bir soğukluk değeridir. Evrendeki en boş denen bölgelerde bile mutlak sıfırın üzerinde (yaklaşık 2,7 derece) bir sıcaklık bulunur.

## **Bose-Einstein yoğunlaşması**

1995 yılında Eric Cornell ve Carl Wieman adlı iki fizikçi Rubidium atomlarında Bose-Einstein yoğunlaşmasını göstermeyi başardılar. Bu yoğunlaşma Bose ile Einstein adıyla 1924 yılında yayınlanan bir çalışmanın sonucudur. **Satyendra Bose** (1894-1974) fotonların bir gaz olarak nasıl davranacaklarını inceleyen bir çalışmasını Avrupa'daki bir dergiye yolladı. Fakat o günün fizik anlayışına uymayan bazı fikirlerinden dolayı makalesi ret edildi. Bunun üzerine Bose makalesini Einstein'a gönderip yardım istedi. **Einstein** Bose'un yaklaşımını doğru bulup sadece fotonlara değil, atomlara da uygulayarak makalenin iki isimle yayınlanmasını sağladı.

Makalenin öngördüğü önemli bir sonuca göre, çok düşük sıcaklıklarda gazda bir yoğunlaşma olacağı idi. Yani gaz atomları aynen su molekülleri gibi çok düşük ısıda bir kristal yapıya dönüşerek yoğunlaşmaları gerekecekti. O günün teknolojisi bu deneyin yapılması için yeterli değildi. Makalenin yayınlanmasından tam 70 yıl sonra lazer kullanarak mutlak sıfıra bir derecenin bir milyarda birine kadar inilebildi. Bu deneyi başarıp Bose-Einstein yoğunlaşmasını kanıtlayan **Wieman, Cornell ve Ketterle** 2001 yılında Nobel Fizik ödülünü paylaştılar.