

# *Dropleton*

## Yeni Bir Parçacığımı

Az sayıda parçacık içeren bir sistemdeki parçacıkların hareketlerini hesaplamak görece daha kolaydır. Ancak sistemdeki parçacık sayısı arttıkça kuramsal hesaplar giderek zorlaşır. Katılar ve sıvılar da çok sayıda parçacık içeren karmaşık sistemlerdir. Yoğun madde fiziğinde, katılar ile ilgili çalışmalarda sıklıkla başvurulan bir yöntem, sistemin durumunun parçacığımılar kullanılarak tanımlanmasına dayanır.

Parçacığımılar gerçek anlamda parçacık değildir. Ancak kuramsal hesaplar, parçacıklar yerine parçacığımılar kullanılarak yapıldığı zaman hayli kolaylaşır.

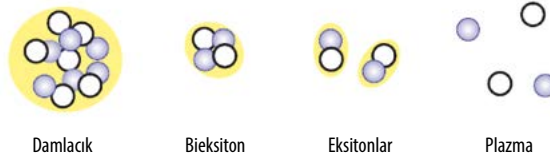
Bugüne kadar tanımlanmış çok sayıda parçacığimsıdan biri eksiton. Katıların bant kuramına göre çok sayıda atomun bir araya gelmesiyle her biri çok sayıda enerji seviyesi içeren bantlar oluşur. Mutlak sıfır sıcaklığında, elektronlar bu bantları en düşük enerji seviyelerinden başlayarak doldurur. Daha yüksek sıcaklıklarda ise bazı elektronlar uyarılarak daha yüksek enerjili seviyelere geçer. Bu sırada düşük enerjili seviyeleri içeren bantlar içinde boşluklar oluşur. Bu durumdaki bir katının içindeki elektronların hareketini hesaplamak hayli zordur. Çünkü elektronlar katının içindeki diğer tüm parçacıklarla etkileşir ve parçacıkların sayısı doğru, kesin kuramsal hesaplar yapmayı imkânsızlaştırır. Eksitonlar kullanarak hesap yapmak ise çok daha kolaydır. Eksitonlar, bir elektron ile bir “boşluktan” oluşan parçacığimsılardır. Eksitonların katılar içindeki hareketleri, noktasal parçacıkların boşluktaki hareketlerine benzer. İki eksiton bir araya gelerek bieksiton adı verilen molekülleri de oluşturabilir. Ayrıca çok sayıda eksitondan oluşan polieksitonların da var olabileceği ileri sürülüyor.

Colorado Üniversitesi (ABD) ve Philipps Üniversitesi’nde (Almanya) çalışan araştırmacılar, yeni bir parçacığimsı buldu. Dropleton adı verilen parçacığimsı çok sayıda eksitondan meydana geliyor ve diğer tüm parçacığimsılar gibi katıların içinde oluşuyor. Dropletonu diğer parçacığimsılardan ayıran en önemli şey ise özelliklerinin sıvılara benzemesi.

Dropletonun varlığı önceden kuramsal olarak öngörülmemiş. Keşif, galyum arsenik (GaAs) ile yapılan deneylere dayanıyor. Lazer atımları kullanılarak uyarılan sistemde eksitonlar oluşuyor ve eksitonların sayısı lazer atımının yoğunluğuna bağlı olarak monoton bir biçimde artıyor. Oluşan elektron-boşluk plazmasının yoğunluğu belirli bir değerine çıktığı zaman bir kuantum damlacığı (dropleton) oluşuyor. Damlacığın boyutları küçük olduğu için sistem ancak belirli enerji seviyelerinde bulunabiliyor.

Yeni parçacığimsının sıvı olarak sınıflandırılmasının nedeni sistemin çift-bağlılaşım fonksiyonunun sıvılarınkine benzemesi. Belirli bir parçacıktan olan uzaklığa bağlı olarak yoğunluğun değişimini veren bu fonksiyonun grafiği, katılarda düzenli bir biçimde tekrar eden tepelerden oluşur. Sıvıların çift-bağlılaşım grafiklerinde ise tepe noktalarının yüksekliği uzaklık arttıkça azalır. İki tepe arasındaki mesafe tanecikler arasındaki ortalama uzaklığa karşılık gelir. Dropletonun çift-bağlılaşım fonksiyonunun katılardan çok sıvılara benzediği görülüyor.

Dropletonun çift-bağlılaşım fonksiyonu polar koordinatlarda çizildiği zaman sıvılara benzer biçimde halka desenleri gösteriyor. Sıvılardan farkı ise parçacıklar arasındaki mesafe sıfıra yaklaşırken fonksiyonun değerinin sıfıra yakınsamaması. Sıvıların içindeki moleküller kısa mesafelerde birbirlerini ittikleri için, tanecikler arasındaki mesafe sıfıra yaklaşırken sıvıların çift-bağlılaşım fonksiyonu sıfıra yakınsar. Dropletonu oluşturan elektronlar ve boşluklar ise zıt yüklü oldukları için kısa mesafelerde birbirlerini çeker. Bu yüzden parçacıklar arası mesafe sıfıra yaklaşırken dropletonun çift bağlılaşım fonksiyonu sıfırdan farklı bir değer alıyor. Fonksiyonun grafiğinde sadece dört halka görülüyor ve parçacıklar arası mesafe belirli bir değer üzerine çıkınca fonksiyonun değeri tamamen sıfıra iniyor. Bu durum, dropletonun kendisini çevreleyen yüksek yoğunluklu ortamın oluşturduğu basınç nedeniyle bir baloncunun içine hapsediği anlamına geliyor. Dropletonun tüm bu özelliklerinin Thomson tarafından geliştirilen modeldeki atomlara benzediği söylenebilir. Bugün geçerliliğini yitirmiş olan Thomson atom modeline göre atomlar belirli bir hacmin içine dağılmış artı ve eksi yüklü parçacıklardan oluşur. Dropleton da Thomson modelindeki atomlara benzer biçimde belirli bir hacmin içine dağılmış eksi yüklü elektronlardan ve artı yüklü boşluklardan oluşuyor.



Oluşan parçacığimsı sadece 25 pikosaniye (saniyenin trilyonda biri) kadar kararlı kalıyor. Ancak bu süre karmaşık parçacığimsılar için uzun sayılır ve dropletonlar üzerinde deneyler yaparak veri toplamak mümkün. Bu kuantum damlacıklarını kullanarak yeni bir alet geliştirmek mümkün olmasa da, yapılacak deneyler ile pek çok konunun daha iyi anlaşılabilceği düşünülüyor. Boyutları iki yüz nanometre (nanometre = metrenin milyarda biri) kadar olan bir dropletonun büyüklüğü neredeyse en küçük bakteriler kadar ve eksitonların büyüklüğünün on katından daha fazla. Dolayısıyla dropletonlar ile yapılacak deneyler sayesinde çok sayıda parçacık içeren sistemlerin kuantum mekaniği hakkında önemli bilgiler edinilebilir.

#### Kaynak

- Almand-Hunter, A. E. ve ark., “Quantum droplets of electrons and holes”, *Nature*, Cilt 506, s. 471, 2014.