

## BİLİM KÜLTÜR VE EĞİTİM

# NOBEL KİMYA ÖDÜLÜ 2023: Kuantum noktalarının keşfi ve geliştirilmesi

**Prof.Dr. Nihal Sarier**

İstanbul Kültür Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Bir elementin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin, sahip olduğu toplam elektron sayısına ve en dış yörünge-deki değerlik elektron sayısına göre belirlendiğini lise kimya derslerinden biliriz. Ancak madde nanoboyutlara küçüldüğünde kuantum etkisi ortaya çıkar, elektron sayısı ile birlikte kristalin boyutları da özellikleri etkileyen bir faktör haline gelir. 2023 Nobel Kimya Ödülü verilen **Moungi G. Bawendi** (d. 1961-Fransa, MIT), **Louis E. Brus** (d. 1943 ABD, Kolombiya Üni) ve **Alexei I. Ekimov** (d. 1945, Rusya, Nanocrystals Şti., ABD), nanometre boyutunda kuantum etkisi gösteren yarı iletken kristallerin özelliklerini incelediler, bu nanokristalleri kimyasal yöntemlerle sentezlemeyi başardılar. Kuantum noktaları olarak adlandırılan bu nanoparçacıklar o kadar küçüktür ki, boyutları bu kristallerin makro ölçekte gözlenen kimyasal ve fiziksel özelliklerini tümü ile değiştirir.

## Kuantum noktaları nedir?

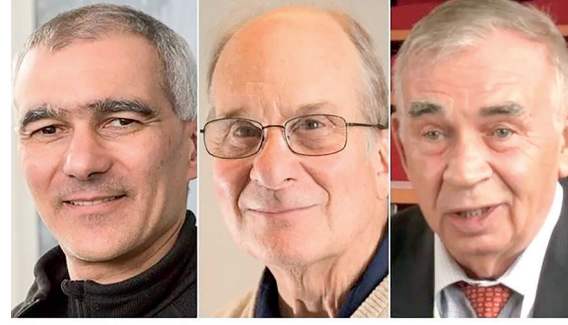
Kuantum noktaları, tipik olarak çapları 2 ila 10 nanometre (10-50 atom) arasında değişen, kuantum mekanik etkilerin bir sonucu olarak aynı maddenin daha büyük parçacıklarından farklı optik ve elektronik özelliklere sahip, yarı iletken nanokristal parçacıklardır. Bu nanokristal parçacıklara, 1986 yılında **Mark Reed** tarafından "Kuantum Noktaları" adı verildi. Bir kuantum noktası, genellikle sadece birkaç bin atomdan oluşur. Boyut olarak, bir futbol topunun Dünya'nın boyutuyla olan ilişkisiyle aynı ilişkiye sahiptir (bkz. Şekil 1).

Kuantum noktalarının keşfi ve bu tür malzemelerin yüksek hassasiyette ve saflıkta, ancak nispeten basit kimyasal yöntemlerle sentezlenebilmesi, nanobilim ve nanoteknolojinin gelişiminde önemli bir adım olmuştur. Kuantum noktalarının boyutları reaksiyon koşulları değiştirilerek ayarlanabilmektedir. Tanecikler küçüldüğünde kuantum etkisi ortaya çıkar. Taneciklerin çapı bir kaç nanometreye düştüğünde, atomlar oldukça küçük bir "kap" içine sıkışır, elektronların hareket edebileceği hacim küçülür. Böylece, düzgün dalgalar halinde hareket eden elektronların dalgaboyu kısılır, frekansı artar ve nanotaneceklerin etrafa yaydığı ışık görünür bölgede daha kısa dalgaboyuna yani kırmızıdan maviye kayar. Yaklaşık 10-7 nm boyutundaki kuantum noktaları kırmızı ışık yayarken, boyutlar küçüldükçe giderek sarı, yeşil ve 2-3 nm çapındaki en küçük kuantum noktaları da

mavi ışık yayar.

## Alexei Ekimov renkli camın gizemini çözüyor

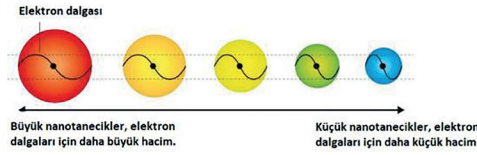
**Dr.Alexei Ekimov** Rusya'daki Vavilov Devlet Optik Enstitüsü'nde, yaklaşık 40 yıl önce yarı iletken katkılı camlar üzerinde çalışmaya ve bunların gözlemlenen özelliklerini açıklamak için teoriler geliştirmeye başladı. Aynı kimyasal bileşik katıldığı halde farklı renklerde cam elde edilebilmesi, Alexei Ekimov'un ilgisini çekti. Bakır klorürle ( $CuCl_2$ ) renklendirilmiş cam üretmeye karar verdi. Erimiş camı 500 °C ile 700 °C arasındaki bir sıcaklık aralığına ısıttı, ısıtma süresini 1 saatten 96 saate kadar değiştirdi. Camın içinde küçük bakır klorür kristallerinin oluştuğunu ve üretim sürecinin bu parçacıkların boyutunu etkilediğini gösterdi. Bazı cam numunelerinde bu boyutlar yalnızca iki nanometre kadardı, diğerlerinde ise 30 nanometreye kadar çıkabiliyordu. Parçacıklar ne kadar küçükse yaydıkları ışık da o kadar



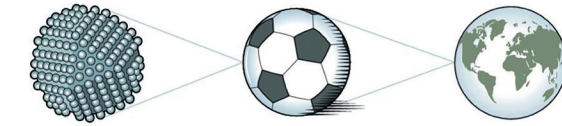
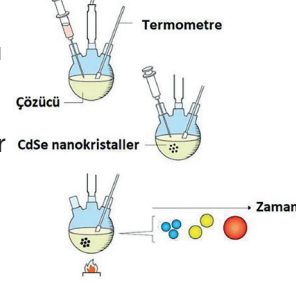
Moungi G. Bawendi

Louis E. Brus

Alexei Ekimov



Moungi Bawendi Kuantum Noktalarını Nasıl Üretti

(Kaynak: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2023/press-rel>)

Şekil 1. Kuantum noktası, genellikle sadece birkaç bin atomdan oluşan bir kristaldir. Boyut açısından, bir futbol topunun Dünya'nın boyutuyla olan ilişkisiyle aynı ilişkiye sahiptir.

maviydi. Bir fizikçi olarak Ekimov, kuantum mekaniğin yasalarını iyi biliyordu ve boyuta bağlı bir kuantum etkisi gözlemlendiğini hemen fark etti (Şekil 2).

## Louis Brus sıvı içinde yüzen nanotaneceklerin kuantum etkilerini kanıtıyor

Dr. Luis Brus, güneş enerjisi kullanarak kimyasal reaksiyonlar gerçekleştirme hedefiyle ABD'deki Bell Laboratuvarlarında çalışıyordu. Bunu başarmak için, ışığı yakalayabilen ve daha sonra reaksiyonları yönlendirmek için enerjisini kullanabilen kadmiyum sülfür (CdS) parçacıkları kullanıyordu. Farklı büyüklüklerde (4.5 nm ve 12.5 nm çapında) CdS parçacıklarının sıvı içindeki karışımlarının farklı renklerde görünür ışık yaydığını keşfetti.

Brus, boyuta bağlı bir kuantum etkisi gözlemlendiğini anladi. Keşfini 1983 yılında yayınladı ve daha sonra bir di-

zi başka maddeden yapılan parçacıkları araştırmaya başladı. Süreç tüm nanomalzemelerde aynıydı, parçacıklar ne kadar küçükse yaydıkları ışık da o kadar maviydi.

## Moungi Bawendi kuantum noktalarını kimyasal olarak sentezliyor

**Dr. Moungi Bawendi**, doktora sonrası çalışmalarına 1988 yılında Louis Brus'un laboratuvarında başladı. Burada kuantum noktaları üretmek için kullanılan yöntemleri geliştirmek üzere yoğun çalışmalar yürütüyordu. Bir dişi çözücü, sıcaklık ve teknik kullanarak, iyi düzenlenmiş nanokristaller oluş-

turmaya çalışmak için çeşitli maddelerle deneyler yaptılar. Kristaller daha iyi hale geliyordu ama yine de yeterince iyi değildi. Ancak Dr.Bawendi pes etmedi. MIT (Massachusetts Institute of Technology)'de araştırma lideri olarak çalışmaya başladığında, daha yüksek kalitede nanotanecek üretme çabalarını sürdürdü. Moungi Bawendi, CdSe nanokristalleri üretmek üzere araştırma grubuyla birlikte 1993'de yaptığı deneylerde, reaksiyonun yürütüleceği **çözeltinin sıcaklığını sabit tutarak, nanokristalleri oluşturacak maddeleri** ortama enjekte ettiğinde **küçük kristal embriyolarının** hemen oluşmaya başladığını gözlemledi.

Ardından, çözeltinin sıcaklığını dinamik olarak değiştirerek, belirli boyuttaki nanokristalleri sentezlemeyi başardı. Bawendi'nin ürettiği nanokristaller neredeyse mükemmeldi ve farklı kuantum etkilerine yol açıyordu. Devrim niteliğindeki bu buluş sayesinde, kuantum noktalarının kolay, ucuz ve tekrarlanabilir bir yöntemle üretimi mümkün olmaktadır.

## Nerelerde kullanılıyor?

Günümüzde, kuantum noktaları QLED teknolojisine dayalı bilgisayar monitörlerini ve televizyon ekranlarını aydınlatıyor, LED lambalarda kullanılıyor. Biyokimyacılar ve doktorlar biyolojik dokuları haritalamak için kuantum noktalarından yararlanıyor. Araştırmacılar, kuantum noktalarının gelecekte esnek elektroniklere, küçük sensörlere, daha ince güneş pillerine ve **şifreli** kuantum iletişimine katkıda bulunabileceğine inanıyor.

## Kaynaklar

- 1) <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2023/press-release/>
- 2) Brus, L. E. Nanocrystal Quantum Dots: From Discovery to Modern Development. ACS Nano 2021, 15 (4), 6192-6210.

T.C.  
İSTANBUL  
KÜLTÜR  
ÜNİVERSİTESİÜNİVERSİTE  
KÜLTÜR'DÜR