

# 2023 Nobel Kimya Ödülü Sahiplerini Buldu!



# 2023 Nobel Kimya Ödülü Sahiplerini Buldu!

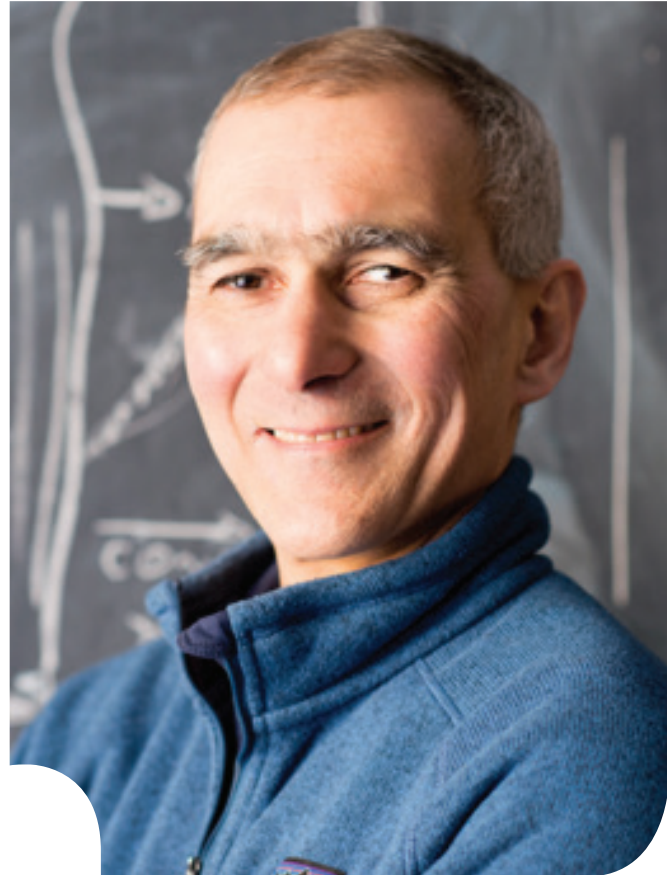
Özge Altıntaş ve Dr. Adil Denizli

Hacettepe Üniversitesi, Kimya Bölümü, Beytepe, Ankara

**Nobel Kimya Ödülü'nün 2023 yılı sahipleri Mounqi G. Bawendi, Louis E. Brus ve Alexei I. Ekimov oldu. İsveç Kraliyet Bilimler Akademisi, araştırmacıların "Kuantum Noktalarının Keşfi ve Üretimi" üzerine yaptıkları çalışmalar nedeniyle ödüle layık görüldüklerini açıkladı.**

## *Mounqi G. Bawendi*

Mounqi G. Bawendi 1961 yılında Paris, Fransa'da doğdu. Doktora derecesini 1988 yılında Chicago Üniversitesi'nde kimya alanında aldı. Doktorasının ardından Louis E. Brus yönetimindeki Bell Laboratories'de iki yıllık doktora sonrası stajını tamamladı ve burada nanomalzemelerle ilgilenmeye başladı. 1990 yılında Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'ne (MIT) yardımcı doçent olarak katıldı. Orada nanomalzemeler ve özellikle kuantum noktaları üzerine araştırmalar yapmaya devam etti. 1995 yılında MIT'de doçent, 1996 yılında ise aynı kurumda üniversite profesörü olarak atandı.





### *Louis E. Brus*

Louis E. Brus 1943 yılında Cleveland, Ohio, ABD'de doğdu. Doktora derecesini 1969 yılında Columbia Üniversitesi'nde kimya alanında aldı. 1973 yılında AT&T Bell Laboratuvarları'na katıldı. Burada kuantum noktalarının keşfine yol açan çalışmayı yaptı. 1996 yılında Brus, Bell Laboratuvarları'ndan ayrıldı ve Columbia Üniversitesi kimya bölümü öğretim kadrosuna katıldı. 1998 yılında Amerikan Sanat ve Bilim Akademisi üyeliğine, 2004 yılında Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Bilimler Akademisi üyeliğine seçilmiştir ve Norveç Bilim ve Edebiyat Akademisi üyesidir.

### *Alexei I. Ekimov*

Alexei I. Ekimov 1945 yılında Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nde doğdu. Doktora derecesini 1974 yılında Ioffe Fiziksel-Teknik Enstitüsü'nde fizik alanında aldı. Uzun yıllar Rusya Vavilov Devlet Optik Enstitüsü'nde çalıştı. Orada yarı iletken nanokristallerle araştırma yaptı ve bu araştırmalar sonunda kuantum noktalarının keşfine yol açtı. Bu çalışmasıyla Louis E. Brus ve Alexander L. Efros ile birlikte 2006 Alexander von Humboldt Ödülü'nü ve 2006 RW Wood Ödülü'nü aldı. 1999 yılından bu yana Amerika Birleşik Devletleri'nde New York Eyaleti merkezli bir şirket olan Nanocrystals Technology Inc. firmasında bilim insanı olarak çalışmalarını sürdürmektedir.





Şekil 1.

Kuantum noktaları bize renkli ışık yaratma konusunda yeni fırsatlar sundu.

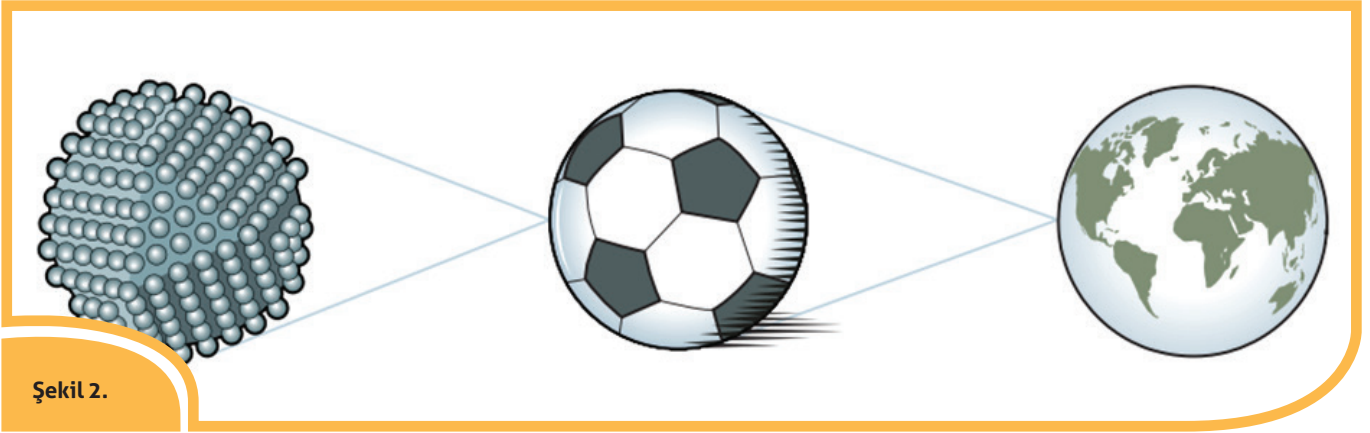
Klasik fizik yasalarının geçerli olduğu makroskobik dünyada bir cismin büyüklüğünün değişmesi, cismin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde önemli bir değişime neden olmaz. Bir parçacığın boyutları nanometrelerle ölçülmeye başladığında ise kuantum etkileri ortaya çıkar ve parçacığın fiziksel ve kimyasal özellikleri büyüklükle birlikte değişmeye başlar. Örneğin makroskobik bir altın parçası sarı renklidir. Altın kuantum noktalarının rengi ise büyüklüklerine bağlı olarak mavi veya kırmızı olabilir (Şekil 1).

Kuantum noktalarının sıra dışı özelliklere sahip olabileceği 1930'lerden beri biliniyordu. Fizikçi Herbert Fröhlich, 1937 yılında, kuantum mekaniğini kullanarak kuantum noktalar üzerine kuramsal çalışmalar yaptı. Elde ettiği sonuçlar malzemenin boyutları küçüldükçe elektronlara daha az yer kalacağını, hem dalga hem de parçacık özelliği gösteren bu temel parçacıkların bir araya sıkışmasının da malzemenin

özelliklerinde önemli değişimlere sebep olacağını gösterdi. Takip eden dönemde başka araştırmacılar da büyüklüğe bağlı kuantum etkileriyle ilgili kuramsal tahminler yaptılar. Ancak o yıllarda bu kuramsal çalışmaları deneylerle doğrulamak zordu. 1970'lerde araştırmacılar nanoyapılar üretmeye başladılar. Bir grup araştırmacı, nanometre kalınlığında kaplama malzemeleri üretti. Deneyler, kuramsal tahminlerle uyumlu bir biçimde, kaplamanın renginin kalınlığına bağlı olarak değiştiğini gösterdi. Ancak kaplamayı üretmek için yararlanılan yöntemlerin pratik amaçlar için büyük ölçekte kullanılması kolay değildi. Bunun için araştırmacıların hem ultra yüksek vakuma hem de mutlak sifıra yakın sıcaklıklara ihtiyacı vardı, bu nedenle çok az kişi kuantum mekaniği olgusunun pratik kullanıma sunulacağını bekliyordu. Ancak bilim ara sıra beklenmeyeni ortaya koyuyor ve bu kez de dönüm noktası eski bir buluşla ilgili çalışmalar oldu: renkli cam. Renkli cama ilişkin en eski arkeolojik buluntular birkaç

bin yıl öncesine aittir. Cam üreticileri, camın gökkuşağının tüm renklerinde nasıl üretilebileceğini anlamak için kendi yollarını denediler. Gümüş, altın ve kadmiyum gibi maddeler eklediler ve ardından farklı sıcaklıklarla oynayarak güzel cam tonları elde ettiler.

1980'lerin başında Louis Brus ve Alexei Ekimov, birbirlerinden bağımsız olarak, kuantum etkilerinin özelliklerini belirleyeceği kadar küçük nanopartiküller olan kuantum noktaları yaratmayı başardılar. 1993 yılında Mounji Bawendi, kuantum noktalarının üretim yöntemlerinde devrim yaparak bunların kalitesini son derece yüksek hale getirdi; bu, günümüz nanoteknolojisinde kullanımları için hayati bir ön koşul haline geldi. Kuantum noktaları artık ticari ürünlerde bulunmakta ve fizikten kimyaya, tıba kadar pek çok bilimsel disiplinde kullanılmaktadır.



**Şekil 2.**

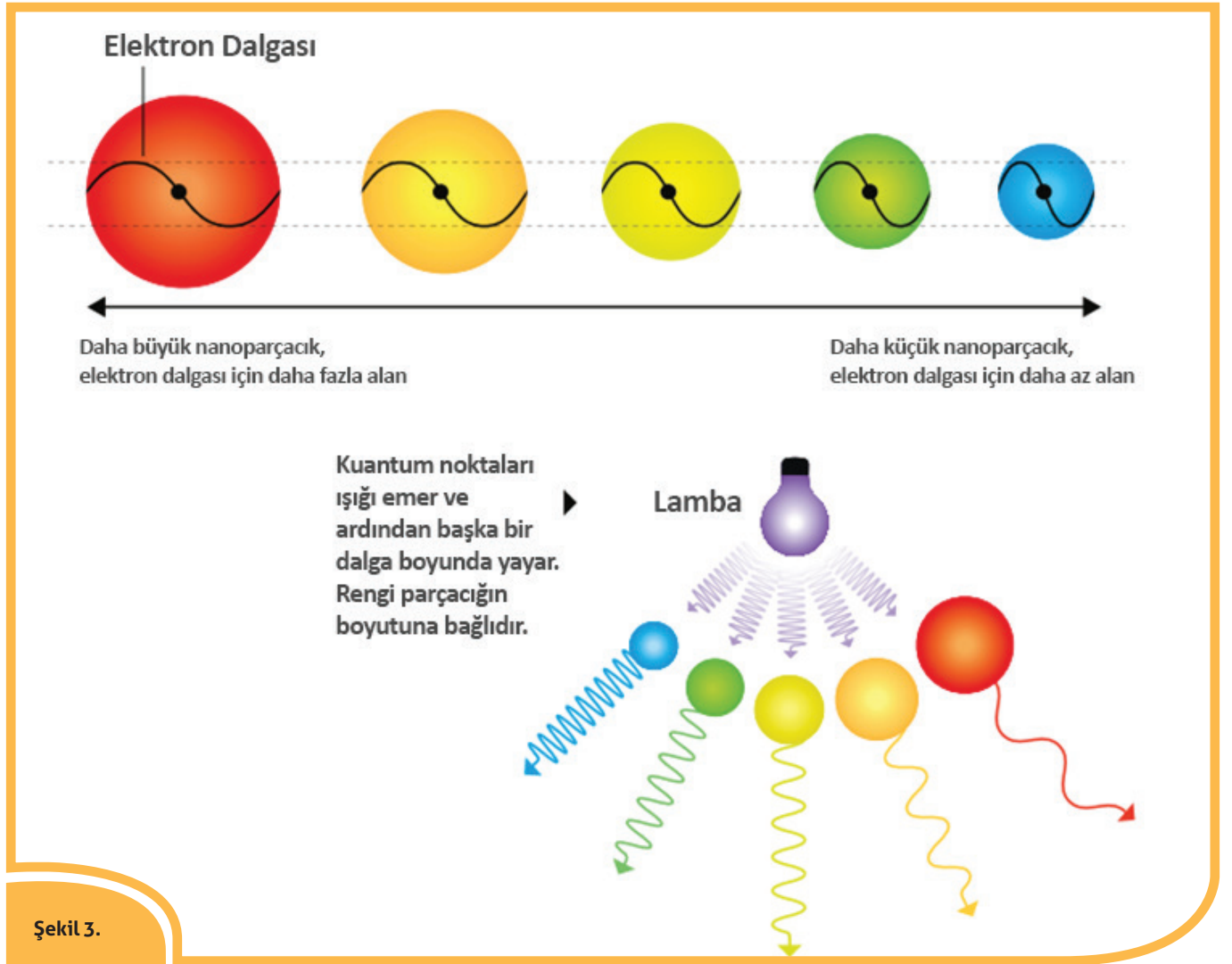
Kuantum noktası genellikle yalnızca birkaç bin atomdan oluşan bir kristaldir. Büyüklük açısından; futbol topunun Dünya'nın büyüklüğüyle arasındaki ilişki, kuantum noktasının futbol topuyla arasındaki ilişki ile aynıdır.

Alexei Ekimov doktora eğitimi sırasında yarı iletkenler üzerine çalışmalar yaptı. Mikroelektronik endüstrisinde yarı iletken malzemelerin kalitesini ölçmek için optik yöntemler kullanılır. Ekimov, aşına olduğu bu yöntemleri kullanarak 1980'lerin başlarında S. I. Vavilov Eyalet Optik Enstitüsünde renkli camları incelemeye başladı. Sistematik bir biçimde bakır klorür katkılı camlar üretti. Cam eriyiklerini 1 saat ile 96 saat arasında değişen sürelerle 500°C ile 700°C arasında değişen sıcaklıklara ısıttı. Cam soğuyup katılaştıktan sonra X ışını ile camların yapısını inceledi. Elde ettiği sonuçlar, camların içinde ufak bakır klorür kristalleri olduğunu ve kristallerin büyüklüğünün üretim sürecinin detaylarına bağlı olarak değiştiğini gösterdi. Bazı örneklerdeki kristaller sadece 2 nanometre büyüklüğündeyken bazılarındaki kristallerin boyutları 30 nanometreye kadar çıkıyordu. Ayrıca kristallerin boyutları küçüldükçe

soğurdukları ışığın rengi giderek maviye kayıyordu (Şekil 3). Büyüklüğe bağlı bir kuantum etkisini gözlemlediğini fark eden Ekimov, 1981 yılında yaptığı çalışmaları özetleyen bir makale yayımladı. Ekimov'un çalışmaları, kuantum noktalarının "ilk kez kasten üretilmesi" olarak kayıtlara geçti.

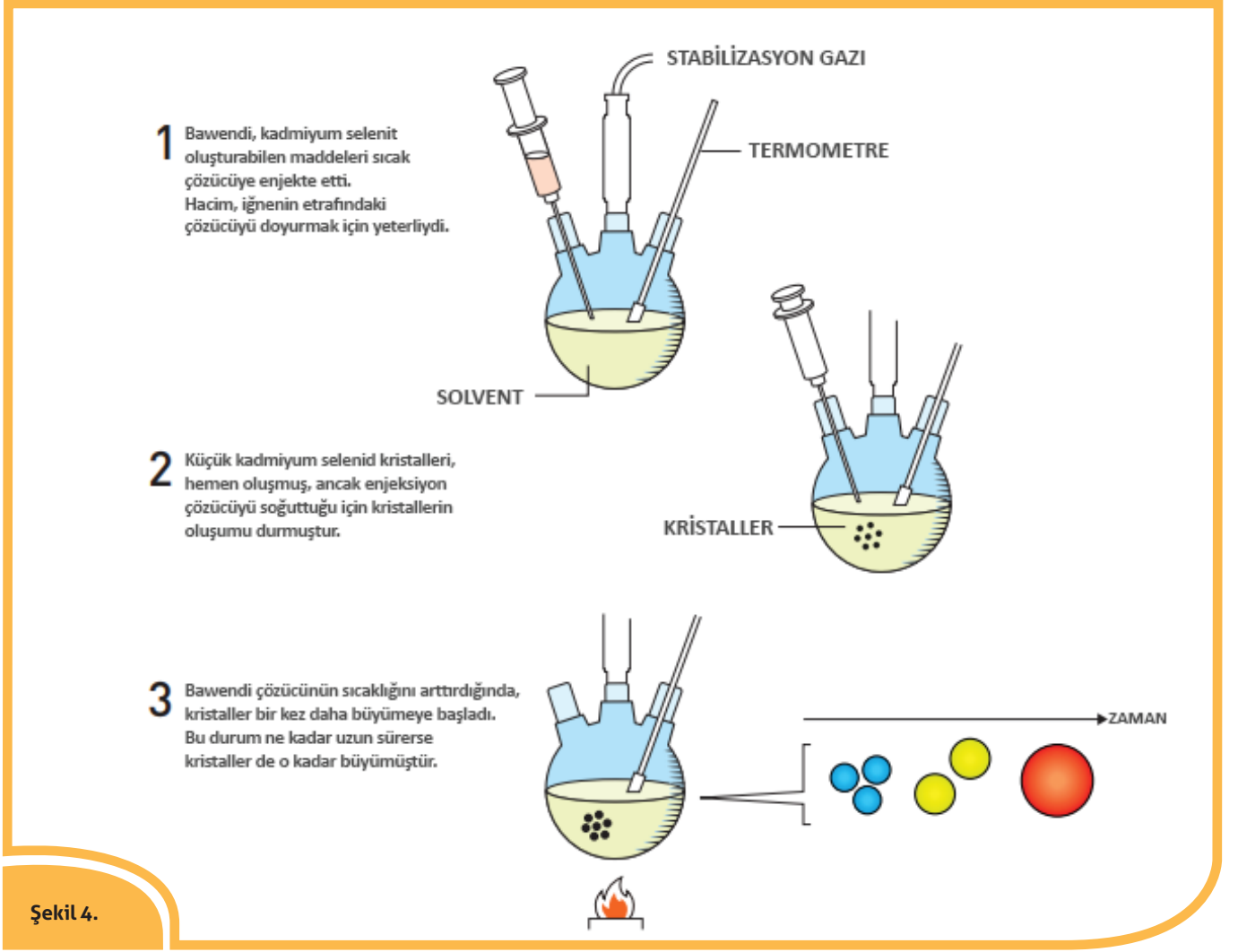
Louis Brus, 1980'lerin başlarında Bell Laboratuvarları'nda kimyasal tepkimeleri güneş enerjisi kullanarak gerçekleştirmek üzerine çalışmalar yaptı, bu amaca ulaşmak için kadmiyum sülfürden yararlandı. Kadmiyum sülfürün temel işlevi, topladığı güneş enerjisini kimyasal tepkimelere aktarmaktı. Bir malzeme ne kadar küçük parçalara ayrılırsa içerdiği parçacıkların toplam yüzey alanı artar. Brus da daha fazla güneş enerjisi toplayabilmek için çözelti içerisindeki kadmiyum sülfür parçacıkları küçültme yoluna gitti. Elde ettiği sonuçlar şaşırtıcıydı. Parçacıkların boyutları küçüldükçe optik özel-

liklerinin değiştiğini fark etti. Farklı büyüklüklerdeki parçacıkların optik özelliklerini karşılaştırmaya başladı. Brus, ilk çalışmalarını 1983 yılında yayımladıktan sonra başka malzemelerde de büyüklüğe bağlı optik değişimleri inceledi. Malzeme türünden bağımsız olarak parçacıkların boyutları küçüldükçe renklerinin maviye kaydığını tespit etti (Şekil 3). Brus'un kuantum noktaları üretmek için kullandığı yöntemler ile ilgili önemli sorunlardan biri, ortaya çıkan ürünlerin kalitesinin kontrol edilememesiydi. Kuantum noktaları çok küçük kristallerdir (Şekil 2) ve o dönemde üretilenler sıklıkla kusurlar içeriyordu. Ayrıca parçacıkların ortalama büyüklüğü kontrol edilebilse de tek tek büyüklükleri arasında önemli farklar oluyordu. Eğer tüm kuantum noktaların benzer büyüklükte olması istenirse üretimden sonra farklı büyüklükteki noktaların karmaşık yöntemlerle birbirinden ayrıştırılması gerekiyordu.



Şekil 3.

Parçacıkların çapı sadece birkaç nanometre olduğunda, elektronların kullanabileceği alan daralır. Bu parçacığın optik özelliklerini etkiler.



Mounghi Bawendi kuantum noktalarını nasıl üretti?

Mounghi Bawendi, 1988 yılında Brus'un laboratuvarında doktora sonrası araştırmacı olarak bulunuyordu, kuantum noktaların üretiminde yeni yöntemler geliştirmek için çalışıyordu. Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde öğretim üyesi olduktan sonra da aynı konu üzerine çalışmaya devam etti. Bawendi, 1993 yılında aynı büyüklükte kuantum noktalar üretmenin bir yolunu buldu (Şekil 4). Bawendi'nin geliştirdiği yöntemde, bir çözeltinin içine, çözeltinin doymuş hale gelmesini sağlayacak kadar malzeme eklenip, çözeltinin içinde ufak kristaller ortaya çıkması sağlandı. Daha sonra çözeltinin sıcaklığı kontrollü bir biçimde değiştirilerek belirli bir büyüklükte nanokristaller oluşması sağlandı. Bu süreç sırasında çözelti, ortaya çıkan kristallerin pürüzsüz bir yüzeye sahip olmasına yardımcı oldu. Bawendi'nin geliştirdiği yöntem hem basitti hem de neredeyse mükemmel kuantum noktalar üretmeye imkân verdi. Yeni yöntem sayesinde kuantum noktalar üzerine yapılan bilimsel çalışmaların sayısı hızla arttı.

Kuantum noktalar günümüzde pek çok nanoteknolojik cihazın bileşenleri arasında yer almaktadır. Örneğin QLED teknolojisi kullanılan televizyon ekranlarında kuantum noktalardan yararlanılmaktadır. Bu ekranlarda, 2014 Nobel Fizik Ödülü'ne layık görülen enerji tasarruflu diyotlar kullanılarak mavi ışık üretilmektedir. Kuantum noktalar, diyotlardan yayılan mavi ışığı soğurup kırmızı ya da yeşil renkli ışık yayar. Böylece ekrandaki renkleri elde etmek için gerekli tüm ana renkler üretilmiş olur. Biyokimyada ve tıpta da kuantum noktalardan yararlanılmaktadır. Biyomoleküllere ilişti-rilen kuantum noktalar, hücrelerin ve organların haritasını çıkarmak için kullanılmaktadır. Hekimler tümörleri takip etmek için kuantum noktalardan yararlanılması üzerine çalışmalar yapmaktadır. Kimyacılar ise tepkimelerde katalizör olarak kuantum noktalar kullanmaktadır. Kuantum noktaların keşfinden sonra periyodik tabloya bir boyut daha eklendiği söylenir. Kuantum noktalardan önce bir elementin özelliklerini kabaca tahmin etmek için elementin atomlarının elektron yapısını bilmek yeterliydi. Kuantum noktalardan sonra ise büyüklük de önem kazandı.