

henüz pratik amaçlar için kullanılabilecek, klasik bilgisayarlardan daha hızlı çalışan kuantum bilgisayarları geliştirilebilmiş değil.

Bilgi; klasik bilgisayarlarda "0" ve "1" değerlerini alabilen bitlerde, kuantum bilgisayarlarında ise kubitlerde (kuantum bitlerde) kodlanır. Kuantum bilgisayarlarının kapasitesinin klasik bilgisayarlarınkinin üzerine çıkabilmesi için aşılması gereken en büyük sorunlardan biri, çok sayıda kubitin nasıl bir araya getirilip uyumlu bir biçimde çalıştırılabileceğidir. Bir kuantum bilgisayarının belirli bir görevi klasik bilgisayarlardan daha hızlı yapabilmesi için en azından milyonlarca kübite sahip olması gerektiği tahmin ediliyor. Günümüzün en gelişmiş kuantum bilgisayarlarının sahip olduğu kubitlerin sayısı ise onlarla ifade ediliyor.

Bir sistemin uzun süre klasik fizik yasalarıyla açıklanamayacak davranışlar sergilemesi ancak çevresiyle etkileşmesinin engellenmesiyle mümkündür. Çok sayıda kubit içeren bir kuantum bilgisayarının da çevresinden yalıtılması gerekir. Bugüne kadar geliştirilmiş kuantum bilgisayarlarında bilginin kodlandığı ve hesaplamaların yapıldığı kubitleri çevreden yalıtım için oda büyüklüğünde devasa sistemler kullanılıyordu. Dr. Ivan Pogorelov ve arkadaşları ise yakın zamanlarda standart büyüklükte, iki rafın içine sığabilen bir kuantum bilgisayarı geliştirmeyi başardı.

Yeni geliştirilen bilgisayarda kubit görevi gören 50 kalsiyum iyonu elektrik alanlar yardımıyla bir hacmin içine hapsediliyor. Kübitlere bilginin kodlanması ve kubitlerden sonuçların okunması lazerlerle yapılıyor. Bilgisayarın çalışması ve uzaktan kontrol edilmesi için gerekli tüm donanım ise alüminyum kutuların içerisindeki modüllerde bulunuyor. *Physical*

Review X'te yayımlanan makalede kuantum bilgisayarının 24 kubitin aynı anda kullanıldığı bir hesaplama ile test edildiği ve performansının kendisinden çok daha büyük, en gelişmiş kuantum bilgisayarlarıyla benzer olduğu belirtiliyor.

Geliştirilen bilgisayarın dayanıklı olduğu, kolayca değiştirilebilecek parçalardan oluştuğu ve az bakım gerektirdiği söyleniyor. Ayrıca bilgisayarın bulut tabanlı sistemler aracılığıyla tüm dünya genelinde insanlar tarafından kullanılabilmesi belirtiliyor. ■

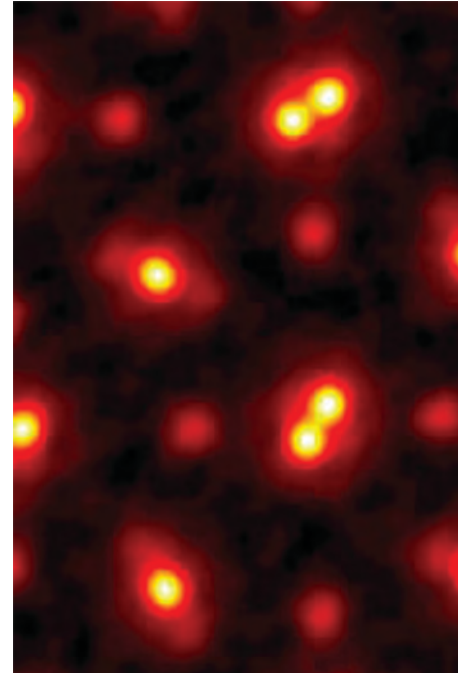
Atomların En Yüksek Çözünürlüklü Görüntüsü

Mahir E. Ocak

Cornell Üniversitesinden bir grup araştırmacı kristalli bir katının üç boyutlu atom yapısını 100 milyon kat büyütürük görüntülemeyi başardı. Elde edilen görüntü, bugüne kadarki en yüksek çözünürlüklü atom

yapısı görüntüsü olarak kayıtlara geçti. Daha önceki rekor da yine aynı araştırma grubuna aitti.

Işık mikroskoplarının çözünürlüğü, kullanılan ışığın dalga boyu tarafından belirlenir. Dalga boyu ne kadar küçülürse (ışığın frekansı ve enerjisi ne kadar artarsa) çözünürlük de o kadar artar. Elektron mikroskoplarında ise ışık yerine elektronlar kullanılır. Kuantum mekaniği, atom ölçeğindeki parçacıkların davranışlarının klasik fizikteki "madde" ya da "dalga" kavramlarının kullanılmasyla tam olarak açıklanamayacağını söyler (dalga-parçacık ikiliği). Her bir parçacığa "eşlik



eden” bir dalga vardır ve bu dalganın dalga boyu (de Broglie dalga boyu), h Planck sabiti ve p momentum olmak üzere $\lambda=h/p$ eşitliğiyle hesaplanır. Elektron mikroskoplarının sıradan ışık mikroskoplarına kıyasla çok daha yüksek çözünürlüklü görüntüler sağlamasının nedeni, bir elektrona eşlik eden dalganın boyunun görünür ışığından çok daha kısa olabilmesidir.

Elektron mikroskopuyla elde edilen görüntülerin çözünürlüğünü artırmanın yolu, elektronlara eşlik eden dalganın boyunu kısaltmaktan geçer. Ancak bunun da bir sınırı

vardır. Çünkü de Broglie dalga boyu kısaldıkça enerjisi artan elektronlar, eninde sonunda yapısı görüntülenmeye çalışılan malzemeye zarar vermeye başlar.

Görüntülenmek istenen malzemenin yapısına zarar verilmeden yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilebilen bir mikroskopi tekniği ise *ptychography* olarak adlandırılıyor. Bu yöntemde sıradan mikroskopi yöntemlerinin aksine çözünürlüğü artırmak için de Broglie dalga boyu kısaltılmaya çalışılmaz, ışık ya da elektron mikroskopları kullanılarak elde edilen

verilerden malzemenin yapısı hesaplanır. *Ptychography* tekniği elektron mikroskopisi ile birlikte kullanılırken önce elektron kaynağı yavaş yavaş hareket ettirilerek, elektronların malzemenin üzerine farklı yönlerden ve açılardan çarpması sağlanır. Daha sonra saçılan elektronlar dedektörler tarafından yakalanarak hareket yönleri ve enerjileri gibi özellikleri tespit edilir. En sonunda da elde edilen bilgiler kullanılarak kuramsal hesaplarla malzemenin atom yapısı hesaplanır.

Ptychography üzerine ilk çalışmalar 1960’larda başlamışsa da bu yöntemle sıradan elektron mikroskopisiyle elde edilebilenlerden daha yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmek yakın zamanlara kadar mümkün olmamıştı. Bu durumun ana nedeniyse dedektörlerin ve bilgisayarların kapasitesinin arzu edilen çözünürlük seviyesine ulaşmak için yeterli olmamasıydı.

Cornell Üniversitesinden Prof. Dr. David Muller ve öğrencilerinin 2018 yılında kendi

geliştirdikleri bir dedektörü kullanarak *ptychography* yöntemiyle elde ettiği görüntüler, o zamana kadarki en yüksek çözünürlüklü atom görüntüsü olarak kayıtlara geçmişti. Aynı araştırma grubu yakın zamanlarda kendi rekorunu geliştirdi. Araştırmacılar PrScO_3 (paraseodim skandiyum oksit) kristallerinin atom yapısını 100 milyon kat büyüterek görüntülemeyi başardı.

Araştırma ekibi 2018 yılında yayımladıkları çalışmalarında sadece birkaç atom kalınlığındaki kristallerin yapısını görüntüleyebiliyorlardı. Daha kalın malzemelerin yapısını görüntülemek ise hesaplamalardaki zorluklar nedeniyle mümkün olmuyordu. Ancak araştırmacılar aradan geçen zamanda bu soruna da bir çözüm bulmuşlar. Dr. Zhen Chen ve arkadaşlarının *Science*’ta yayımladıkları makaleye göre *ptychography* yöntemiyle artık yüzlerce atom kalınlığındaki malzemelerin atom yapısı görüntülenebiliyor.



PrScO_3 kristalinin üç boyutlu atom yapısının 100 milyon kat büyütülmüş görüntüsü. Malzemenin fotoğrafta görülen kısmının genişliği yaklaşık 1 nanometre (metrenin milyarda biri) kadar.

