

# KUANTUM BİLGİ İŞLEME ALANINDA ULUSLARARASI ÜNDE BİLİMADAMIMIZ

# ATAÇ İMAMOĞLU

"Kuantum bilgi işleme" geçtiğimiz yüzyılın sonlarında temelleri atılan ve önümüzdeki yıllarda büyük atılımlarını beklediğimiz bir alan. Özelliği, atomaltı ölçeklere özgü kuralları günlük "makro" dünyaya taşımaya aday olması. Bu alandaki kuramsal ilerlemeler, pratik uygulamalara konu olmaya başladı bile. Gizli haberleşmeyi, casus kulaqları ele vermeden dinlenemez hale getiren kuantum şifreleme, bunlardan biri. Daha büyük bir hedefse, süperbilgisayarların yüzyıllarını alacak karmaşıklıkta hesaplamaları, "aynı anda hem 0, hem de 1 olan mantık kapıları" aracılığıyla birkaç saniye içinde çözmeye gücündeki kuantum bilgisayarlar. Bu hedefin gerçekleşmesi için yol daha uzun, ama atılan adımlar, çok da fazla beklemeyeceğimizi gösteriyor. Çok farklı bir geleceğe ve yepyeni bir fiziğe kapıyı aralayanlar arasında bir Türk bilimadamı da var. Uluslararası alandaki üstün nitelikli çalışmaları nedeniyle 2001 yılı TÜBİTAK Bilim Ödülü'nü kazanan Prof. Dr. Ataç İmamoğlu'nun dikkat çeken bir kuramsal katkısı, ışığın atomlarca soğurulmasını önleyen, ve ışığı yavaşlatıp hatta durdurarak bilgi depolanması ve iletilmesi için kullanılmasına "yeşil ışık yakan" "elektromanyetik olarak indüklenmiş şeffaflık". Başka bir önemli katkısı da kuantum noktalar üzerindeki çalışmalara uygulama alanı açan tek foton salımlı kuantum kutuları gerçekleştirilmesi.

Prof. Dr. Ataç İmamoğlu, 1964 yılında Minneapolis'te (ABD) dünyaya geldi. 1985'te Orta Doğu Teknik Üni-

versitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden mezun olan İmamoğlu, 1991'de Stanford Üniversitesi'nden doktora derecesini aldı. İmamoğlu, 1993'te California Üniversitesi Santa Barbara Kampüsü'nde (UCSB) öğretim üyeliği görevine başladı. 1997'de aynı üniversitede Doçent ve 1999'da da elektrik mühendisliği ve fizik bölümlerinde profesör oldu. Akademik çalışmalarını 2000 yılından bu yana Sabancı Üniversitesi'nde sürdüren İmamoğlu, aynı zamanda Santa Barbara Teorik Fizik Enstitüsü'nde (ITP) "kuantum bilgi teorisi" programının koordinatörlüğünü yürütüyor ve Journal of Quantum Information & Computation dergisinin de editörler grubunda yer alıyor.

Kuantum optiğinden, yarı-iletken fiziğine kadar uzanan alanlarda önemli etkiler yaratan buluşların sahibi Prof. İmamoğlu, 1992'de Tokyo NTT Temel Araştırma Laboratuvarı'nda (BRL), 1992-1993 yılları arasında Harvard Üniversitesi'nde ve 1997-1998 yılları arasında da Zürih Teknik Araştırma Enstitüsü'nde çalışmalarda bulunmuş.

İmamoğlu'nun aldığı ödüller

arasında, 1995 NSF Career ve 1996 Packard Foundation ödülleri bulunuyor. Ocak 2001 itibarıyla Uluslararası Science Citation Index tarafından taranan dergilerde yayımlanmış 60 yayını bulunan Ataç İmamoğlu'nun yayınlarına yapılan 1666 atıf bulunuyor.



# Küçük Parçalarla Büyük İşler

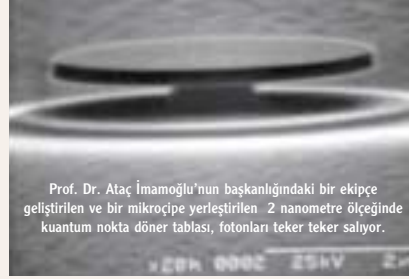
**BTD-** Görebildiğimiz kadarıyla sizin kuramsal fiziğe iki tane katkınız var. Yani alkışlanan iki başarınız var. Bir tanesi maddeyi "saydam" hale getirmek ve bir de bu kuantum noktacıklar. Okuyabildiğimiz kadarıyla gene de kuantum hesaplamada işe yarayacak potansiyel bir araç, dinamik bir araç. Kuantum kriptografinin de temelini oluşturuyor. Tek foton çip üreten düzenek. Bunları bizim okuyucumuza aktarırsınız? Çalışmanın önemi nedir? Bundan sonraki planlarınız?

**İmamoğlu-** Şimdi öncelikle bu elektromanyetik olarak sağlanan saydamlık, doktora çalışmam sırasında bulduğum, gösterdiğim bir kavram. Tabii ki bu, bir tahtanın ya da demir bir plakanın arkasında ne olduğunu görmek anlamında değil. Kabaca şöyle anlatmaya başlayabiliriz. Fotonların atomlarla (maddeyle) etkileşimi, foton frekansının değeri atomların doğal frekanslarına yaklaştıkça etkileşmesi artıyor. Yani rezonans olayı dediğimiz bir olay var. Eğer fotonların enerjisi atomların geçiş (transition) enerjileriyle aynıysa o zaman atomlar ve fotonlar arasındaki etkileşme çok kuvvetli hale geliyor. Bu normalde istenen bir şey; çünkü normalde fotonları manipüle etmek (kullanmak, yönlendirmek) istiyorsak; bu optik haberleşmede de olur, kuantum bilgileşmede de olabilir, fotonları manipüle edecek bir yola gereksinimimiz var.

Fotonlar birbirleriyle etkileşmiyorlar. O yüzden bunu yaratmanın tek yolu, fotonları atomlarla etkileştirmek ya da atomlar yoluyla iki foton atımı (pulsu) arasında etkileşme yaratmak. Bunun için de rezonans koşullarını sağlamak lazım. Fakat rezonansa yaklaştıkça, başka bir sorun ortaya çıkıyor: Soğurma. Atomlar çok şiddetli bir şekilde ışığı soğurmaya başlıyorlar. Sonuçta, etkileşme bir nevi negatif etkileşmeye dönüşüyor. Fotonları kaybediyoruz.

Elektromanyetik olarak sağlanan saydamlığın temel uygulaması ya da temel ilgi çekme nedeni bir rezonans halinde soğurmayı engelleyebilmek. Soğurmayı ortadan tamamen kaldırdığı için de, fotonların fotonlarla olan etkileşmesini  $10^6-10^7$  kat kadar artırma söz konusu. Bunun da ötesinde başka etkileri daha var. Uygulama açısından da önemli olabilecek. Bu da ışığın yavaşlaması. Işık pulsları bu elektromanyetik olarak tetiklenen saydamlık ortamında, atomlarla rezonans halindeyken soğurulmuyorlar fakat çok kuvvetli dağılıma uğruyorlar. Bu dağılımın etkisi ışık pulsunun, yani genelde pulsun ya da enerjinin yayılma hızını düşürmesi. Bu düşürme böyle 2-3 kat değil,  $10^7$  kat- $10^8$  kat. Deneysel olarak da gösterildi ki aslında ışık hızı, bir ışık pulsunun hızı demek daha doğru, bizim yürüdürebileceğimizden daha yavaş hale getirilebilir. Bunun uygulamaları da yapıldı. Deneyleri yapıldı. Ama benim bu deneylerle bağlantım yok. Ben daha ilk aşamalarda, daha çok foton-foton etkileşmelerinde çalıştım.

Daha da öteye gidip ışığı bir nevi durdurmak, ışıktaki bilgiyi bir atomik maddede depolamak söz konusu. Bunların da olası uygulamaları bir ışığa hafıza depolamak şeklinde düşünebiliriz. Normalde ışık uzayda çok hızlı yayıldığı için, ışığı depolamak ya da hafızaya almak çok zor bir şey. Bunu yapmanın standart yolu, kilometrelerce uzunluğundaki bir fibere ışığı sokmak ve orada boşa dolaşmasını sağlamak. Ama bunun yerine alternatif bir metot ortaya çıkarıyor, rezonant bir atomik ortama gönderiyoruz. Bu rezonant atomik ortam kilometrelerce değil sadece birkaç santimetre



Prof. Dr. Ataç İmamoğlu'nun başkanlığındaki bir ekipçe geliştirilen ve bir mikroçipe yerleştirilen 2 nanometre ölçüğünde kuantum nokta döner tablası, fotonları teker teker salıyor.

Tek fotonlar, güvenli haberleşmede giderek artan bir uygulama bulan kuantum kriptografinin temelini oluşturuyor. Mesaj gönderen, haberi alacak kimselere şifre anahtarını, tek fotonlardan oluşan bir dizge halinde gönderiyor. Gizli şifreyi ele geçirmek isteyen biri, tek fotonu "gözlediği" zaman, onun kuantum durumunun (ör. Polarizasyon) değişmesine yol açıyor ve dolayısıyla da şifrenin zaptedilmeye çalışıldığı anlaşılıyor.

uzunluğunda ve ona karşın ışığı aynı derecede uzun süreler yavaşlatabiliyor.

Bunun da ayrıca kuantum bilgileşmede birtakım uygulamaları var. Özellikle ışık kullanarak kuantum bilgileşme yapmak istiyorsak, gene bu kuantum hafızası önemli bir eleman. Nasıl kullandığımız bilgisayarlarda hafıza önemli bir elemansa, burada da, en önemli olmasa da önemli bir elemandır. Bunu da aynı biçimde düşünebiliriz.

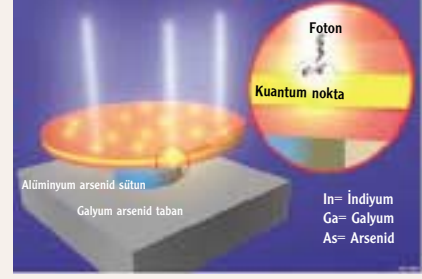
Daha yakınlarda yaptığımız bir diğer çalışma da kuantum kutularının optik özellikleri üzerine. Kuantum kutuları tamamen yarı iletken maddeler. Ve burada yarı iletken maddelerin güzel bir özelliği kullanılıyor. Bir enerji bant aralığı. Bant aralığı daha küçük olan bir yarıiletkeni, bant aralığı daha yüksek olan bir yarıiletken içine sıkıştırabilirsek, o zaman burada yaratabileceğimiz elektronlar veya boşluklar, bu sıkıştırdığımız alana gelmek isteyecekler. Çünkü bu sıkıştırdığımız alan onlara sahip olabilecekleri en düşük enerjiyi sağlayacak.

**BTD-** Manyetik alanı manipüle ederek mi bu boşlukları yaratıyorsunuz?

**İmamoğlu-** Manyetik alan da uyguluyoruz aslında. Bunların hepsi olasılıklar tabii...atomlara kıyasla bir sürü manipülasyon olanağı sağlıyor kuantum kutuları. Tıpkı bir atom gibi davranıyorlar, ancak bir özellikleri, atoma göre çok büyük olmaları. Atomların tipik olarak büyüklükleri bir angstrom, yani  $10^{-10}$  metre civarındayken, kuantum kutularında 100 angstrom, hatta daha da büyük oluyor. Yani en azından 100 kat daha büyük. Bunun da bir takım avantajları da var. Ama bu konuda, yani benim ilgilendiğim konudaki en büyük avantajı, bir kuantum kutusunu yaptığımızda onu aynı zamanda lokalize etmiş oluyoruz. Bir atomuysa lokalize etmek çok zor. Bu nedenle, eğer amacımız tek foton kaynağı oluşturmaksa, kuantum kutuları büyük bir avantaj. Çünkü bir tek foton kaynağı oluşturmak için lokalize ettiğimiz bir atom veya atoma benzer bir ışık kaynağına ihtiyacımız var. Ve bir tane olması önemli. Yani  $10^6$  atomu bir yerde depolayabiliyoruz ama bunun aslında bir faydası yok tek foton kaynağı açısından.

**BTD-** Tek foton kriptografide işe yarıyor, kuantum hesaplamada da gerekli mi?

**İmamoğlu-** Kuantum bilgileşme yapabilmek için değişik yöntemler var. Bunlardan biri de tek foton kaynakları. Bu yeni bir önerme. Öne sürülen bir önerme. Bunun avantajı tek foton kaynağı dışında gerektirdiği elemanlar sadece bizim lineer optik elemanlar dediğimiz aynalar, lensler, kutuplanma döndürücüler her laboratuvarında bulunan aletler. Halbuki normalde kuantum bilgileşme için gerekli diğer sistemlerde bu



qubit (quantum bit) etkileşmesini sağlayabilmek için özel koşullar, etkileşme koşulları gerekiyor. Bunu bir nevi bedavaya sağlıyor tek foton kaynaklarına dayanan bilgi işleme. Ama bunun da kendine göre zorlukları var.

**BTD-** Tek foton kaynaklarıyla "coherence" daha mı uzun süreli oluyor?

**İmamoğlu-** Potansiyel olarak bu doğru. Fakat, bunun da getirdiği başka sorunlar var. Örneğin, eğer atomlara ya da lokalize olmuş iyonlara dayalı bir kuantum bilgisayarı düşünüyorsanız, o zaman kuantum hafızası hiç sorun değil. İyonlar da orada duruyorlar ve de buradaki bilgiyi depolamak, hafızaya almak bir sorun değil. Oysaki ışık kaynaklarıyla, tek foton kaynaklarıyla bilgi işlemeye kalktığınızda hafıza önemli bir sorun oluyor. Çünkü fotonları lokalize etmek var. Ama bu aşamada da ışık için kuantum hafızası kavramını ortaya atabiliriz. Ortada teknolojik ve de bilimsel bir sürü açık soru var ve zorluklar var. Ama konu çok ilginç. En azından bu konuda çalıştığımız süreçte yeni fizik öğreneceğiz ve belki de işe yarar bir aleti de yapmış olacağız.

Gülgün Akbaba

## Akın Çakmakçı'yı Kaybettik



Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı Genel Sekreteri, TÜBİTAK ve YÖK Bilim Kurulu Üyesi Akın Çakmakçı'yı 27 Kasım 2001'de kaybettik. Bilim ve teknoloji alanında gelişmelere katkıda bulunmak için yaşamının sonuna kadar çabalayan ve yaşantıyla hepimize örnek olan bilim emekçisine sevgi ve özlemle güle güle diyoruz.

Bilim ve Teknik Dergisi