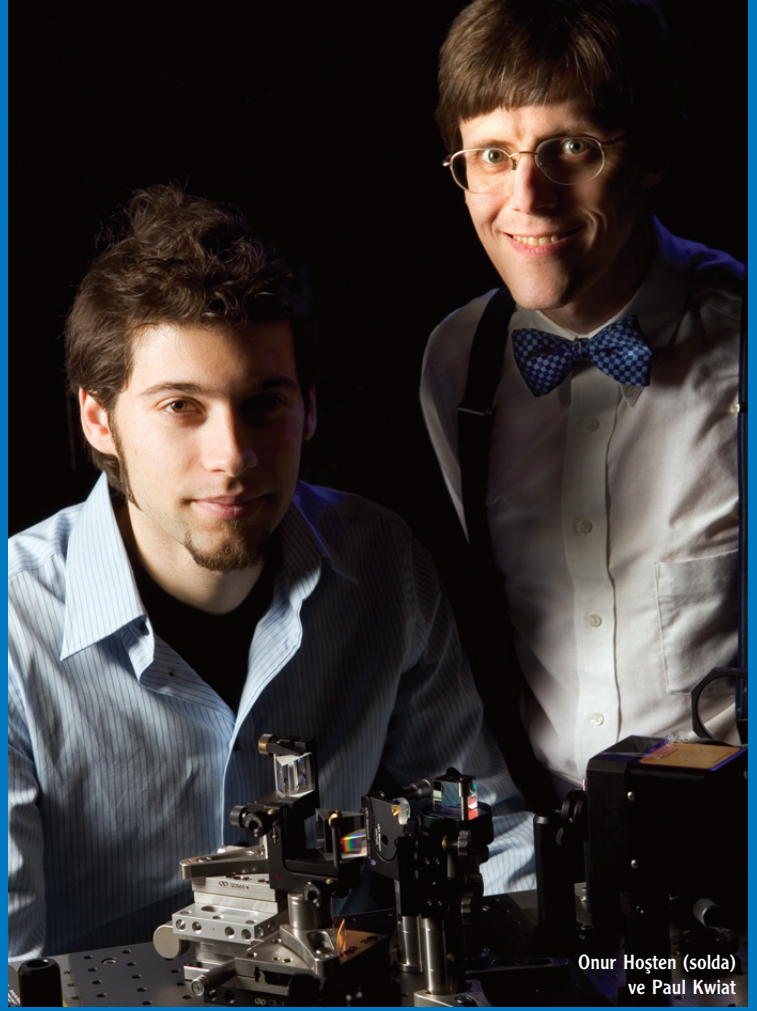


# KUANTUM BİLGİSAYARI SORMADAN CEVAPLATAN TÜRK

Kuantum bilgisayarlar, daha şimdiden geleceğin güçlü bilgisayarları olmaya aday. Bu bilgisayarlar, bazı problemleri geleneksel bilgisayarlara oranla çok daha hızlı çözme potansiyeline sahip. Çünkü atomaltı dünyası, sezilebilen davranışlara ters düşen davranışlar sergileyebiliyor. Bir parçacık aynı anda iki farklı yerde birden olabiliyor. Bu olguyu fizikçiler süperpozisyon olarak adlandırıyorlar. Süperpozisyon ilkesi sayesinde, kuantum bilgisayarlar bilgiyi (kubitler) hem 1 hem 0 olarak aynı anda işleyebiliyorlar. Oysa geleneksel bilgisayarlar bilgiyi (bitleri) 1 ya da 0 olarak işliyorlar. Kuantum bilgi işlemenin arkasında yatan bu alışık olmadığımız mantık, çoğu zaman sezgilerimize ters düşen sonuçlar elde edilmesine neden oluyor. Dolayısıyla, araştırmacılar kuantum mekaniği özelliklerinden kaynaklanan şaşırtıcı sonuçlar elde edebiliyorlar. Araştırmalarını ABD'nin Urbana-Champaign'deki Illinois Üniversitesi'nde kuantum mekaniği alanında sürdüren Onur Hoşten, yaptığı ilginç bir deney sonucunda, basit bir kuantum bilgisayara yüklü bir programı çalıştırmadan doğru yanıt elde edebileceğini gösterdi. Büyük ilgi gören bu çalışması geçtiğimiz aylarda ünlü bilim dergisi Nature'da yayımlandı. Bilim ve Teknik dergisi olarak, yaptığı başarılı çalışmalarını sizlerle paylaşmak istedik.



Onur Hoşten (solda)  
ve Paul Kwiat

## Bize kendini anlatır mısın biraz?

Şu anda 24 yaşındayım. Lise 1'e kadar Ayşe Abla Koleji'nde, sonra da ODTÜ Koleji'nde okudum. Yani Ankaralıyım. Babam ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü'nde profesör. Zaten o yüzden ODTÜ Koleji'ne transfer olmuşum. ODTÜ Koleji'ne geçmem benim için çok yararlı olmuştu. Uluslararası bir internet yarışmasına katılmıştım. Yarışma fizikle ilgiliydi. İnternette, fizikle ilgili eğitim amaçlı bir websitesi yaratılması isteniyordu. Kendi okulumdan bir arkadaşım ve Amerika'daki bir Türk arkadaşım, lise

hocalarımızın ve ODTÜ eğitim fakültesindeki hocalarımızın yardımları ile, bir internet sitesi hazırlamıştık. Yaklaşık 2000 takım arasından yarıfinalde kaldık ve güzel bir fizik eğitim sitesi hazırladık. Bu herhalde lisede yaptığım en başarılı çalışmalardan biri oldu. Yarışma Amerika'daki Thinkquest adlı bir organizasyon tarafından düzenlenmişti. Ben ve arkadaşlarım da okul aracılığıyla katılmıştık bu yarışmaya. Yani hocalarımız bize böyle bir yarışmanın düzenleneceğini söylemişlerdi. Liseden mezun olduktan sonra Hacettepe Üniversitesi'nin Fizik Bölü-

mü'ne girdim. Zaten hep fizik okumak istiyordum. Üniversiteye başlar başlamaz, tesadüfen mi oldu bilemiyorum, gerçi her zaman çok ilgiliydim, bir hocayla tanıştım: Engin Özdaş. Sonraki üç yıl boyunca onunla birlikte araştırma yaptım.

## Hangi konular ilgini çekiyordu?

Temel olarak, alçak sıcaklıklarda xışını kırınımı yapmakla ilgiliydi araştırma konum. Bir deney düzeneği kurmuşum bu amaçla. Yaklaşık üç sene boyunca deneysel fizik ile ilgili epeyce bilgi topladım. Bu daha çok kendimi geliştirme amaçlı oldu. Ondan sonra, üçüncü se-

nemde alan değiştirdim. Daha ilgili olduğum başka konular çıktı zamanla. Hacettepe Üniversitesi'nde Tarık Çelik ile Bilkent Üniversitesi'nde Bilal Tanatar danışmanlarım oldular.

#### Hangi alana geçtin?

Daha çok bilgisayar simülasyonları, daha doğrusu, Bose-Einstein yoğunlaşmasıyla ilgili bazı bilgisayar simülasyonları yaptım yaklaşık bir sene boyunca. Hacettepe'de okumaya devam ederken Bilkent'te de araştırma yapıyordum. Bilkent'teki çalışmalarım sonucunda bir makale yayımladık. Makale, mezun olmamdan hemen önce yayımlanmıştı ve doğal olarak yurtdışına yaptığım başvurulara çok yardımcı oldu.

Yurtdışında doktora yapmayı planlıyordum zaten. Fizikte genelde master okunmuyor. Doğrudan doktora başlıyorsunuz. Belli bir aşamaya ulaştıktan sonra master derecesi veriliyor. Birçok Amerikan üniversitesine başvurduğum. Bazı yerlerden kabul aldım bazı yerlerden alamadım. Kabul aldıklarımın en iyisine, yani halen devam ettiğim Urbana Champaign'deki Illinois Üniversitesi'ne geldim. Tabii seçtiğim okullara başvurmanın nedeni ilgimi çeken hocaların ve konularının olmasıydı.

#### Şu anki araştırma konundan bahsedermisin?

Şu anda çalıştığım alan deneysel kuantum optik ve kuantum enformasyon. Kuantum optik, kuantum fiziği yasalarını ve limitlerini anlamamız yönünde çok yardımcı bir alan. Örneğin, ışık parçacıkları fotonları ele alalım. Bu ışık parçacıkları kuantum mekaniğinin yasalarını çok açık bir şekilde gösteriyorlar. Tek bir fotonla deney yapabiliyor ve onu gözlemleyebiliyoruz, hatta üzerinde oynamalar yapabiliyoruz. Özet olarak, deneysel kuantum optik oldukça gelişmiş bir alan ve kuantum mekaniğini test etmek, kuantum mekaniğinin getirdiklerini uygulamalarda kullanabilmek ve uygulamalar yaratmak açısından en önemli alanlardan bir tanesi. Fotonlar da kuantum mekaniğinin özelliklerini gösteren çeşitli deneyleri çok rahatlıkla yapabilmemizi sağlıyor. Daha geniş bilgi vermek gerekirse, kuantum optik sadece fotonlarla ilgilenmiyor. Elektromanyetik alanların kuantum mekaniksel davranışları, bu alanların tek bir atom veya atom grupları ile etkileşmeleri, veya çeşitli ortamlarda bu alanların birbirleriyle etkileşmeleri gibi konuları da bünyesinde bulunduruyor.



Onur Hoşten (soldan dördüncü) ve takım arkadaşları

Kuantum enformasyonla kuantum mekaniğinin yasalarından ortaya çıkmış bir bilgi işleme yöntemi. Örneğin, kuantum enformasyonunun pek çok alt dalı var, kuantum iletişim, kuantum hesaplama gibi. Bunlar klasik iletişim ve klasik bilgisayarlara kıyasla çok daha üstün özellikler gösterebiliyorlar. Kuantum bilgisayarları ele alalım. Kuantum bilgisayarların özelliği şu: Kuantum mekaniği yasalarını kullanarak, klasik yöntemle yapılanlardan çok daha hızlı hesaplamalar yapabiliyorlar. Örneğin, veritabanı araştırmasında çok daha hızlı sonuç veriyorlar. Şöyle açıklayayım: Bir telefon rehberini düşünelim. Alfabetik sırada isimler ve yanlarında da telefon numaraları olsun. Benim de elimde kime ait olduğunu bilmediğim bir numara olsun. Veritabanı, yani telefon rehberi, numaralara göre sıralanmadığı için, elimdeki numarayı, rehberin başından itibaren, tek tek rehberdeki numaralarla karşılaştırmam ve elimdeki numaraya karşılık gelen adı bulmam gerek. Bunu yapmak doğal olarak oldukça uzun zaman alıyor. Şanlıysam rehberin yarısına gelene kadar elimdeki numaraya karşılık gelen adı rastlarım. İşte bu gibi durumlarda kuantum mekaniği olağanüstü kolaylık sağlayabilir. Kuantum mekaniğinde yararlanılan bir algoritma var, adı 'Grover'ın kuantum arama algoritması.' Bu algoritma, bütün verilere tek tek bakmak yerine, kuantum mekaniğinin yasalarını kullanarak hepsine aynı anda bakabiliyor ve çok daha hızlı bir şekilde sonuca ulaşabiliyor. Örneğin, başka bir algoritma daha var: "Shor'un çarpanlarına ayırma algoritması". O da sayıları çarpanlarına ayırmak için kullanılıyor. Özellikle kriptolojide çok önemli. Şu anda

bütün güvenlik önlemleri bunun üzerine dayalı. Çok büyük sayıları çarpanlarına ayırmak kolay değil, tek tek denenmesi gerekiyor. Burada yine kuantum bilgisayarlarının ve kuantum mekaniğinin özelliğinden yararlanarak kodlar çok daha hızlı bir şekilde kırılabilir. Fakat tabii kodların kırılabilmesi bütün güvenlik önlemlerinin pek de güvenli olmadığı anlamına geliyor. Burada kuantum kriptografi diye bir protokolden yararlanılıyor. Bu protokol, fizik yasalarına dayalı kırılmayacak güvenli mesajlar yollanmasına yarıyor. Fakat bu bahsettiğim uygulamaların hepsi henüz prototip aşamasında, yani henüz bir kuantum bilgisayar yapılmış değil.

#### Peki sence kuantum bilgisayarların piyasaya çıkması ne kadar zaman alır?

Çıkıp çıkmayacaklarını bile bilmiyorum, çünkü şu anda her şey deney aşamasında. Gerçi kuantum kriptografi sistemleri şu anda piyasaya çıkmak üzere sanıyorum. Örneğin, bir deneme yapıldı bu sistemlerle ilgili, yanlış hatırlamıyorsam. Bir bankadan bir başka bankaya veri transferinde kuantum kriptografi yöntemi kullanıldı. Kısacası bazı gelişmeler var. Günün birinde gerçekten işe yarar bir kuantum bilgisayarı piyasada görür müyüz ondan pek emin değilim. Eğer görürsek bunun 10-20 seneden önce olacağını sanmıyorum, çünkü kuantum sistemleri oldukça kırılabilir ve kontrolü zor sistemler. Küçük ve hassas fiziksel öğelerle uğraşıyoruz, tek bir foton ya da atom gibi. Bunların çevreleriyle etkileşmelerini kesmemiz gerekiyor, çünkü bu, yapılan bütün hesaplamaları yok ediyor. Kuantum mekaniğinde kuantum kontrol diye bir alan var. Bu alan, kuantum sistemlerinin kontrol edilmesiyle ilgileniyor.

### **Kuantum bilgisayarlarını günümüzde kullandığımız bilgisayarlardan ayıran özel özelliklerini biraz daha ayrıntılı açıklar mısınız?**

Süperpozisyon ilkesi, bir kuantum sisteminin aynı anda birçok durumda bulunabileceğini gösteriyor. Örneğin, bir foton aynı anda burada ya da orada olabilir. Bunun temelinde parçacık-dalga ikilemi yatıyor diyebiliriz. Bizim yaptığımız deneyde yarı-yansıtıcı bir ayna üzerine yolladığımız bir fotonun 'olasılık dalgası' ikiye ayrılıyor. Yani, foton aynı anda iki farklı yoldan birden ilerliyor. Kuantum dolaşıklık ilkesi (entanglement), ise çok-parçacıklı bir kuantum sisteminin aynı anda birçok çok-parçacıklı durumda bulunabileceğini gösteriyor. Örneğin, iki foton düşünelim. Fotonlar aynı noktadan başlayıp iki farklı yöne doğru gitsinler. Her bir fotonun iki farklı polarizasyonu olabilir (yani iki farklı titreştiği doğrultu diyelim); aşağı-yukarı ya da sağa-sola. Şimdi dolaşıklıkla gelelim. Mesela, aynı anda "birinci fotonun polarizasyonu aşağı-yukarı ikinci fotonun polarizasyonu da aşağı-yukarı" yada "birinci fotonun polarizasyonu sağa-sola ikinci fotonun polarizasyonu da sağa-sola" olabilir. Yani iki parçacıklı kuantum sistemi bu iki farklı durumun süperpozisyonunda olabilir. Bu, kuantum dolaşıklıkla getirir: Fotonlardan biri üzerinde bir polarizasyon ölçümü yapınca, aralarındaki mesafe ne olursa olsun, öteki foton yapılmış olan ölçümün sonucuna göre kendi polarizasyonunu değiştiriyor. Bunun gibi sonuçlar elde edilebilir. Bunu laboratuvarında gerçekleştiriyoruz.

### **Peki laboratuvarında oluşturduğunuz kuantum bilgisayarını biraz tarif eder misin? Günümüzdeki bilgisayarlara benzeyen yanı var mı?**

Kuantum bilgisayarları günümüz bilgisayarlarına hiç benzemiyor. Elektronikte bit diye bir kavram vardır. Bilgiler 0 ya da 1 şeklinde yansıtılır. Kuantum bilgisayarlardaysa kübit diye bir kavram var. Yine bilgi 0 ya da 1 biçiminde olabilir, fakat kuantum mekaniğinin yasalarına uyduğu için ikisinde birden aynı anda olabilir, arasında da olabilir. Şu anda yapılan kuantum bilgisayarlarla ilgili araştırmalar sadece kübitlerin üzerinde oynamalar yapmaktan, iki kübiti birbirleriyle etkileştirmeye çalışmaktan ve birkaç kübit kullanarak bazı protokolleri gerçekleştirmeye çalışmaktan öteye geçmiyor. Kendimiz için bunu şöyle açıklayabilirim: Laboratuvarında büyük bir optik ma-

samız var. Üzerinde pek çok ayna, çeşitli kristaller, optik ve elektronik aygıtlar ve laserler yer alıyor. Kısaca, oluşturduğumuz kuantum bilgisayar düzeneği, günümüz bilgisayarlara benzemiyor. Başka araştırmacılar da örneğin tek bir atomu veya iyonu belli bir noktada hapsedip onlarla oynuyorlar. Bu atomlar veya iyonlar, belirli bir enerji düzeyinde olabilir ya da enerji düzeyinin süperpozisyonlarında da olabilirler. Herhangi bir sistemin iki düzeyi kullanılarak bir kübit elde edilebilir. Yani kısaca, yapılan çalışmalar henüz daha temel aşamada.

### **Kendi deneyinizi daha detaylı anlatır mısınız?**

Kuantum mekaniği her zaman şaşırtıcı, günlük yaşantımıza ters, alışkın olmadığımız sonuçlar veriyor. Kendi deneyimizde yanıtı bulmak istediğimiz soru şuydu: Bir bilgisayarı çalıştırmadan bir sorunun yanıtını alabilir miyiz? Doğal olarak, bu soru insana biraz saçma gelebilir. Bilgisayarı çalıştırmıyoruzla söylemek istediğim, bilgisayar açık fakat ona yüklediğimiz programı çalıştırmıyoruz. Ancak buna rağmen yanıtın ne olduğunu biliyoruz. Kısaca, programın çalışma olasılığı var. Her şey çalışacak gibi ayarlanıyor, fakat sonunda ortaya çıkıyor ki program çalışmadı ama biz yine de yanıtı biliyoruz.

Yaptığımız deney çok basit aslında. Dediğim gibi, kuantum sistemleri üzerinde bir ölçüm yapmadığımız sürece aynı anda farklı durumların süperpozisyonlarında olabilirler. Bir foton iki yoldan birden aynı anda gidiyor olabilir. Fakat fotonun hangi yolda olduğunu ölçtüğümüz an, foton yollardan sadece birisinde belirecektir. Deneyde fotonu bir yarı-yansıtıcı aynaya yolluyoruz. Fotonun iki yoldan gitme olasılığı var. Yollardan biri üzerinde çeşitli aynalar ve kristaller olan bir kara kutu biçimindeki bilgisayar var, diğeri boş. Kara kutunun bir girişi, dört çıkışı var. Foton hangi yoldan çıkarsa, yanıt ona göre belirleniyor. Aslında yanıt belli, fakat biz bilmiyoruz. Merak ettiğimiz konu, fotonu kutunun içine yollamadan yanıtı bilebilir miyiz? Bir ölçüm yapana kadar fotonun hangi yoldan gittiğini bilmiyoruz. Bu aşamada, bilgisayardan çıkan yollardan sadece bir tanesi, tekrar bir yarı-yansıtıcı ayna üzerinde boş olan yolla birleştiriliyor ve bu iki yoldan gitmiş olan foton olasılık dalgaları yarı-yansıtıcı aynanın çıkışlarından birinde birbirlerini yok ediyorlar. Bunun anla-

mı şu: Fotonu o çıkışta bulma olasılığı yok. Bu aşama, eğer yanıt 1'se, fotonun hangi yoldan gittiği bilgisini tamamen siliyor ve ölçülemez hale getiriyor. Yani fotonun kaderi iki yolu birden aynı anda takip etmiş olmak oluyor. Fakat yanıt 1 değilse fotonun hangi yoldan gittiği ölçülebilir durumda kalıyor. Son olarak, yaptığımız ölçümün sonucu bazen fotonun bilgisayarın olmadığı yolu takip etmiş olduğunu ve yanıtın 1 olmadığını söylüyor. Kısaca yaptığımız şey şu: Bilgisayarı "çalışıyor" ve "çalışmıyor" süperpozisyonuna getiriyoruz. Burada "çalışıyor" demek fotonun bilgisayardan geçtiği, "çalışmıyor" demek ise fotonun bilgisayardan geçmediği anlamına geliyor. En sonunda ölçüm yaptığımızda, bazen bilgisayarın çalışmamış olduğunu ve ayrıca yanıtın "ne olmadığını" öğrenebiliyoruz.

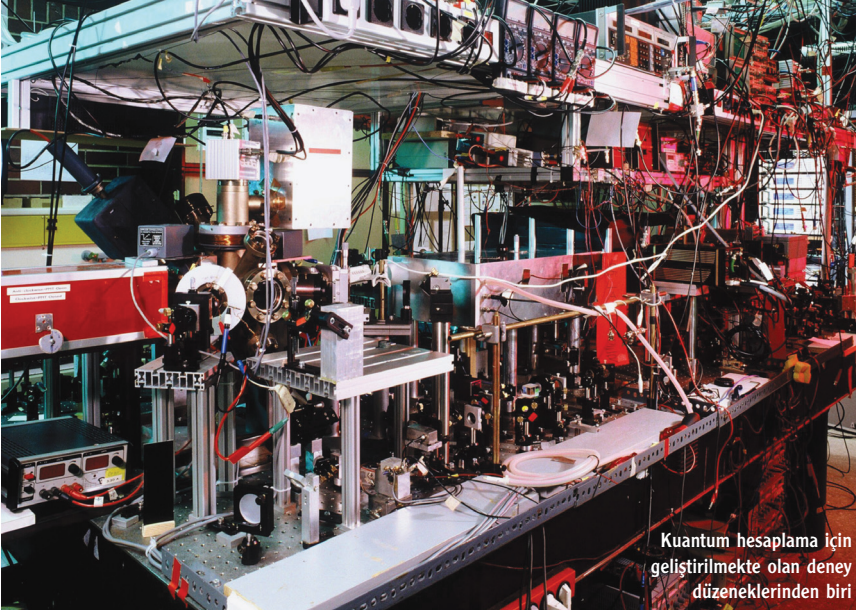
Bu deney yaklaşık bir yıl sürdü. Makaleyi yazmam da bir yılını aldı. Oldukça karışık bir konuydu, anlatması zordu. Her şeyi iyi bir şekilde açıklamak doğal olarak epeyce zaman aldı. Tabii sadece bu işle uğraşmadım, başka işlerim de olduğu için bu kadar zaman aldı.

### **Deneyinizin önemini açıklar mısınız?**

Çalışmamızın adı "counterfactual quantum computation", Türkçesi "gerçeğe aykırı kuantum hesaplama". Bunun teorisi vardı daha önceden. Biz bu teoriyi ilk kez deneysel olarak gerçekleştirdik. İkincisi, daha önceki bir sava göre, gerçeğe aykırı kuantum hesaplama, teorik olarak olasıydı. Örneğin, dört olası yanıt varsa, gerçeğe aykırı kuantum hesaplama en çok yüzde yirmibeş olasılıkla çalışacaktı, çünkü bir denemede sadece tek bir cevap için sorgulama yapılabilirdi. Bizim gerçekleştirdiğimiz deneyde bu sayı yüzde yirmibeşten küçük. Fakat bu çok önemli değil. Neticede biz makalemizde bu savın doğru olmadığını gösterdik. Teorik olarak yeni bir protokol geliştirdik. Buna göre, yanıt ne olursa olsun her zaman gerçeğe aykırı hesaplama yapılabilir. Yani bilgisayarın asla çalıştırılmadan yanıtın alınabileceğini gösterdik.

Üçüncüsü yine teorik bir konu. Dediğim gibi, kuantum bilgisayarlar çok hassas, çevreyle istenmeyen etkileşimler oluyor ve bunları engellemek çok zor. Bu deneylerde pek çok hataya yol açabiliyor. Bu konuyla uğraşan bir alanın adı "kuantum hata düzeltme". Bilinen birçok yöntem var. Biz makalemizde teorik olarak gösterdik ki, eğer doğru bir şekil-





Kuantum hesaplama için geliştirilmekte olan deney düzeneklerinden biri

de yapılırsa, çalışmayan bir bilgisayar daha az hata üretiyor. Fakat bunun ne kadar ileri götürülebileceği belli değil.

Bu araştırmanın başlangıcı entresan bir fikir: Foton bilgisayardan geçmiyor, ancak biz yine de yanıtı alabiliyoruz! Şu anda bu daha ne kadar öteye götürülebilir bir fikrim yok. Bu konu üzerinde aktif olarak çalışmıyoruz artık. Bu teoremin doğru olduğunu gösterdik ve alana birkaç katkımız oldu. Şu anda başka araştırmacılarla çalışmamızla ilgili geribildirimler alıyoruz.

#### **Çalışmanıza tepkiler nasıl oldu genel olarak?**

Birkaç konferansta kendi deneyimizle ilgili sunum yaptım. Tepkiler genelde olumlu. Deney insanların oldukça ilgisini çekiyor. Çalışmalarımız bazı teorik tartışmalar yarattı ve bu güzel bir şey, çünkü insanların ilgisini çektiğinin göstergesi. Deney oldukça açık ve temiz yapılmış bir deneydi zaten. O açıdan çok fazla eleştirilecek nokta yok.

#### **Bundan sonra neler yapmayı planlıyorsunuz?**

Muhtemelen üç yıl daha buradayım. Doktora ortalama altı yıl sürüyor. Ben 2003'te başlamıştım. *Nature* dergisinde yayımlanan makalem benim başlangıç projemdi esasında. Bu kadar büyük olması beklenmiyordu. Şu anda üzerinde çalıştığım başka büyük bir konu var. Amaç, fotonları yok etmeden ölçebilmek (quantum non-demolition measurement of photons). Şu anda fotonları nasıl ölçtüğümüzü soracak olursanız şöyle açıklayabilirim: Bir fotonu yarı-iletken bir ortama gönderiyoruz ve foton orada emilerek çok küçük bir elektrik sinyaline dö-

nüşüyor. Bu elektrik sinyali yükseltilecek fotonun varlığı ölçülüyor. Doğal olarak, bu süreçte foton ister istemez yok ediliyor. "Non-demolition", yani fotonu yok etmemeye ilgili olan kısım da şu: Foton ışık hızıyla ilerliyor, ancak biz fotonun varlığını ölçmek istiyoruz. Bunu yaptıktan sonra da fotonun yoluna devam etmesini istiyoruz. Bunun çeşitli uygulamaları var. Bir kere temel açıdan çok önemli. Kuantum mekaniğinin kuantum ölçüm yasalarını test etmek açısından. Kuantum mekaniğinde ölçüm bir çok tartışmaya yol açan büyük bir sorun. Benim çalışmam bu ölçüm sorunu ile ilgili çok güzel bir uygulama örneği olacaktır.

#### **Çalışman onun dışında hangi alanlardaki gelişmeleri etkileyecek?**

Çalışmamın, bilimsel açıdan ilginç olmasının yanında, çeşitli uygulama alanları var. Örneğin bir tanesi, fotonlarla yapılan kuantum bilgisayarlarda herhangi bir protokolün bir olumlu bir olumsuz yanı var. Olumlu yanı, fotonlar çevreleriyle pek etkileşmiyorlar. Bilgiyi kaybetmeden korumak çok rahat. Ancak bu başka bir soruna yol açıyor: Fotonlar birbirleriyle etkileşmedikleri için, bu bir kubitin diğerini kontrol etmesini gerektiren işlemleri yapabilmemizi çok zorlaştırıyor. Fotonları yok etmeden ölçebilen teorik yöntemlerden biri, aynı zamanda fotonların birbirini kontrol edebileceği bir durum yaratıyor. Bu, kuantum bilgisayarların teknolojik olarak gelişmesi açısından büyük yarar getirecek.

**Bu teknolojinin gündelik hayatımıza yansması nasıl olur gelecekte? Örnek verebilir misin?**

Yaptığımız çalışmalar özellikle telekomünikasyon alanını etkileyebilir. Günümüzde telekomünikasyon tamamen optiğe dayalı. Biz çok düşük ışık şiddetlerinde çalışıyoruz. Dolayısıyla geliştirdiğimiz herhangi bir teknoloji çok düşük enerji seviyelerinde çalışacak. Bu ise telekomünikasyonda gereksinim duyulan enerjileri azaltacak. Bir de şu aralar uğraştığım bir başka projem daha var. O da çok hassas ölçüme dayanıyor. Normalde ışık herhangi bir ortamdan başka bir ortama, örneğin havadan cama geçtiğinde kırılır, yönünü değiştirir. Bu çok temel bir olay ve uzun zamandan beri biliniyor. Ancak bu olayla ilgili yeni bir gelişme var. Bu da yasalarla gerçek arasında fark olduğunu ortaya koyuyor. Daha detaylı hesaplamalar yapıldığında, ışığın, kırılmanın ötesinde, çok az da olsa yönü, fotonun dairesel polarizasyonuna bağlı olacak şekilde kırılma düzleminde dışarı doğru kaydığını gösteriyor. Bu olayın adı "Işığın spin hall etkisi" ve beklenen kaymalar en çok ışığın dalgaboyunun onda biri kadar. Şu anda bu olguyu da gözlemlemeye çalışıyorum. Bunun için çok hassas pozisyon ölçümleri yapmam gerekiyor. Bu da metroloji açısından önemli. Bunu ölçebilen bir sistem geliştirdiğimizde başka küçük etkileri de ölçebilme olanağımız olacak.

#### **Okuyucularımıza iletmek istediğiniz bir mesajın var mı?**

Üniversiteye başlamadan önce pek çok yakınım beni fizikten caydırmaya çalışmıştı, iş bulmam zor olur diye. Bence, bir insanın gerçekten belli bir alana ilgisi varsa, onu bu şekilde caydırmak pek de iyi bir fikir değil. Bana kalırsa insanın kendisine şunu sorması lazım: Ben önümdeki zamanı neyle geçirmek istiyorum? İnsan neyle mutlu oluyorsa zamanını o şekilde geçirmeli. Bir şeyin gerçekleşmesini beklemek, yani şu gün gelecek şunu yapacağım demek yerine insanın yaptığı işten zevk alması önemli. Ben burada eğitim alıyorum, ama bunu ileride bir basamak olarak kullanırım şeklinde görmüyorum. Sürekli zevk alarak yaptığım bir uğraş bu. Aklıma gelen sorulara yanıt bulmaya çalışıyorum. Her gün daha çok öğrenmek bana zevk veriyor. İnsanın yaptığı işi zevkle yapması bu açıdan önemli.

Bilim ve Teknik adına  
Ayşe Gül Yılmaz  
Ayseg2004@yahoo.co.uk