



# Schrödinger'in Kedisi Aramızda

Stony Brook'taki bir grup fizikçi Schrödinger'in kedisi deneyinin bir benzerini SQUID'ler üzerinde gerçekleştirdiler. Böylece bu ünlü düşünce deneyinin kuantum fiziği hakkında ortaya attığı sorulardan biri, makroskopik cisimlerin de üst üste gelmiş durumlara sokulup sokulamıyacağı sorusu, yanıtlanmış oldu. Deney, aynı zamanda SQUID'lerin ileride yapılması olası kuantum bilgisayarları için kuantum bit'i olarak kullanılabilmesini de gösteriyor. New York Devlet Üniversitesi, Stony Brook kampüsünde James Lukens önderliğinde bir grup fizikçi, milimetrenin altıda biri kadar büyüklükte bir halkanın üzerinden aynı anda birbirine zıt iki akım geçirmeyi başardılar. Kuantum fiziğinde sıkça rastlanılan bu tür durumların büyük cisimler için geçerli olmadığı düşünülüyordu.

**K**UANTUM FİZİĞİNİN anlaşılması en zor yönü üst üste gelme (süperpozisyon) ilkesidir. Genel anlamda bu ilke bize, bir sistemin içinde bulunabileceği durumları aritmetik işlem yapıyor muyşçasına toplayıp, çıkarabileceğimizi; sonuçta sistemin yeni durumlarını elde

edeceğimizi söyler. Örneğin sizden noktasal bir parçacığı hayalinizde canlandırmanız istenirse, siz bu parçacığın uzayın belli bir noktasında bulunduğunu, eğer hareket ediyorsa zamanla bu konumunu değiştirdiğini düşünürsünüz. Ne yazık ki, kuantum fiziğinde parçacıklar böyle bir durumda hiç bir zaman bulunamazlar. Elektronlar gibi

temel parçacıklar, genellikle, uzayın değişik noktalarında buldukları durumların üst üste gelmesiyle oluşan, bizim hayalimizde canlandırmakta zorlandığımız bir durumda bulunurlar. Bir başka deyişle, söylemesi kolay olsun diye, biz bunu "bir parçacık uzayın değişik noktalarında aynı anda bulunabilir" şeklinde ifade ediyoruz.

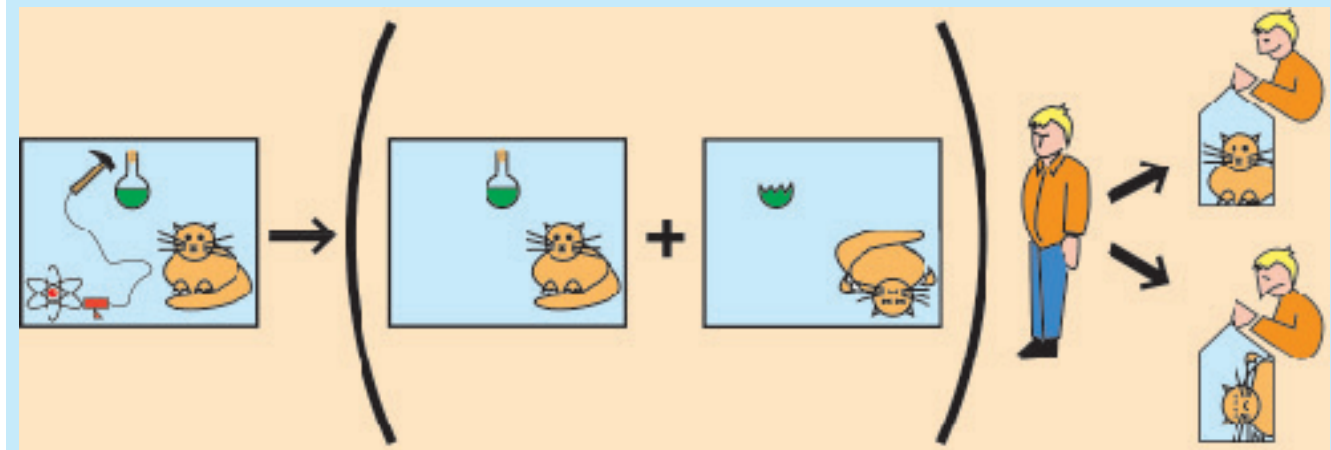
## Schrödinger'in Kedisi Deneyi

Kuantum fiziğine göre radyoaktif bir atomu yalnız başına bırakırsanız, atom bir süre sonra bozunmuş ve bozunmamış durumlarının üst üste gelmesiyle oluşan yeni bir duruma girer. Doğal olarak burada ilk aşamada çekirdeğin bozunmamış durumda bulunması olasılığı daha fazladır, ama bu olasılık zaman geçtikçe azalır. Çekirdeğin yarı ömrü kadar süre sonra, üst üste gelmiş durumda bozunmuş durumun olasılığıyla bozunmamış durumun olasılığı eşit olur. Yarı ömrün bir kaç katı kadar uzun bir süre bek-

lendiğindeyse çekirdek, büyük olasılıkla bozunmuş durumda, çok küçük bir olasılıkla da bozunmamış durumda bulunur. Burada önemli olan özellik, ilk an dışında, her zaman için çekirdeğin durumunun iki durumun üst üste gelmesiyle oluşması, yani aynı anda hem bozunmamış hem de bozunmuş bulunabilmesi.

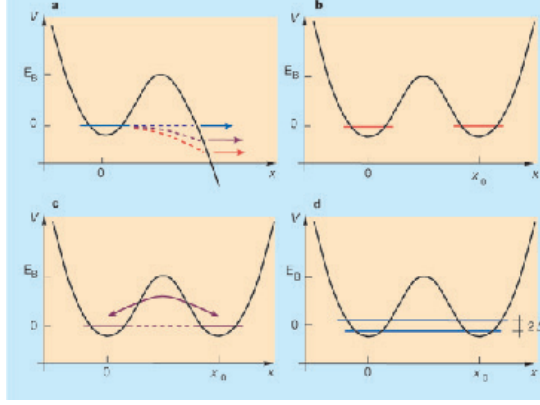
Schrödinger'in tasarladığı deneyde, bir kedi çevresinden mükemmel biçimde yalıtılmış bir kutunun içine yarı ömrü bir saat kadar olan bir atom ve diğer bir takım aletlerle beraber konur.

Schrödinger, radyoaktif çekirdeğin kendiliğinden üst üste gelmiş durumlara girdiği gerçeğini kullanarak bir kediyi de üst üste gelmiş durumlara sokabileceğini söylüyor. Kutu içinde bir dedektör, çekirdek bozunduğunda ortaya çıkan ışımayı algılar algılamaz bağlı bulunduğu bir çekici harekete geçirir. Çekiç, içi siyanür dolu bir şişeyi kırarak kedinin ölümüne neden olur. Fakat atom bozunmazsa, dedektör gerekli sinyali çekice göndermez ve kedi yaşamaya devam eder. Atomik olayların makroskopik cisim-



Kuantum fiziği hakkında hiç bir şey bilmeyenler yukarıdaki paragrafta muhakkak kaybolmuşlardır. Kuantum dünyasının bu özelliğini anlamakta zorlanmamızın asıl nedeni, yaşadığımız, tanıdık olduğumuz dünyada üst üste gelmiş durumlara hiç bir zaman tanık olmamamız. Bugüne kadar hiç kimse bir nesnenin iki ayrı yerde aynı anda bulunduğunu görmemiştir. Ya da siz bu dergiyi okurken, derginin bütün sayfalarının aynı anda açık olduğuna ve bütün sayfaları aynı anda okuyabildiğinize şahit olmamışsınızdır. Daha önce hiç görmediğimiz bir nesneyi, daha iyi bildiğimiz nesne ve kavramlarla açıklamaya çalıştığımız için, kuantum dünyasını anlamak için elimizden gelen iyi bir şey yok.

Öte yandan, kuantum mekaniği çok başarılı bir kuram. Bugüne kadar bu kuramın atomlara, atomaltı parçacıklara ve mikroskopik ölçekte diğer bir çok olaya uygulanması o kadar iyi sonuçlar vermiştir ki, artık hiç kimsenin kuantum mekaniğinin doğruluğundan şüphesi kalmamıştır demek yanlış olmaz. Görünen o ki, eğer elektronlar yaşıyor olsaydılar, kuantum fiziğini anlamakta hiç zorluk çekmeye-



*Tünelleme yoluyla bir sistemin durumunu değiştirmesi. (a) Çevreyle etkileşen sistem, tünelleme yaparken enerjisini kaybederek diğer vadiye tamamen geçer. (b) Vadiiler simetrikse ve çevreyle etkileşim güçlü ise, makroskopik cisimlerde gördüğümüz gibi, sistem vadilerden birinin en alt noktasında sonsuza dek kalır. (c) Çevreyle etkileşim zayıf ise, bir vadiden diğerine tünelleme gerçekleşebilir. Fakat bu şekilde durum değiştirmeler rastgeledir. (d) Çevreden tamamen yalıtılmış bir sistemde tünelleme uyumludur ve iki vadideki durumların üst üste gelmesi ile oluşan yeni durumlar arasında bir enerji farkı oluşur.*

ceklerdi! Peki bunu neden biz başaramıyoruz? Neden çevremizde kuantum fiziğine göre hareket eden cisimler göremiyoruz? Neden bu derginin bütün sayfalarını aynı anda açıp, aynı anda okuyamıyoruz? Bu sorunun yanıtının, bizim makroskopik dünyamızdaki bütün nesnelerin çok fazla sayıda (milyarlarca milyar) temel parçacıktan oluşmasında yattığı düşünülmüyor.

1935 yılında Avusturya'lı fizikçi Erwin Schrödinger, yukarıda sorduğumuz soruyu daha iyi kavrayabilmemizi sağlayan bir düşünce deneyi tasarladı. Bu deneyde, kuantum mekaniğine göre hareket eden parçacıklar kullanarak, makroskopik cisimlerin üst üste gelmiş durumlara sokulması mümkün oluyordu. Olaya biraz da dramatik yön vermek

için Schrödinger, makroskopik nesne olarak yaşayan bir varlık, bir kedi seçmişti. Deneyde mikroskopik olayların makroskopik cisimleri etkilemesi sağlanarak, canlı ve ölü durumların üst üste gelmesiyle kedi, bizim için çok egzotik bir duruma sokuluyordu. Aynı anda hem yaşayan, hem de ölü olan bir kedi! Bir çok kişi için bu deney, bazı nedenlerden dolayı kuantum kavramlarının makroskopik dünyaya kadar çıkamayacağı, bu nedenle makroskopik dünyayla mikroskopik dünya arasında bir sınır olduğu şeklinde yorumlanıyordu. Bir başka deyişle, bir sistemin içindeki parçacık sayısı, belli sınır değerleri aştığında artık kuantum yasalarına göre değil, bildiğimiz klasik yasalara göre hareket etmeye başlıyordu.

1980'li yıllarda Caldeiro ve Leggett çevreyle ilişkisi tamamen kesilmiş makroskopik bir sistemin, kuantum mekaniğine göre hareket edebileceği, hatta üst üste gelmiş durumlara konabileceği iddiasını ortaya attılar. Bundan sonra bir çok grup, Schrödinger'in kedisini düşünceden pratiğe döndürmeye çalıştı. Bu iddia ilk olarak büyük, ama hala mikroskopik sistemlerde denendi. Süperiletkenler, nanoölçekte miknatıslar, lazerle soğutulmuş iyonlar ve C60 molekülleriyle yapılan deneyler bu görüşü doğruluyordu. Ama gerçek anlamda makroskopik bir cismin kuantum davranışı, Stony Brook'tan James Lukens önderliğinde çalışan bir grupça geçenlerde gözlemlendi.

Nature dergisinde detayları yayımlanan bu deneyde, SQUID (Superconducting Quantum Interference Device – Süperiletken Kuantum Girişim Aygıtı) diye adlandırılan süperiletkenlerden yapılan aletlerin belli koşullar altında üst üste gelmiş durumlara girdiği gösteriliyor. Deneyde kullanılan

ler üzerinde böylesine büyük etkisinin olmasını garantiledikten sonra, tıpkı bozunan çekirdek gibi kedi de, canlı ve ölü olduğu durumların üst üste gelmesiyle oluşan yeni bir duruma girer. Örneğin bir saat kadar sonra, eşit olasılıklarla kedi hem ölü, hem de canlı olacaktır. Makroskopik cisimlerin, hatta canlıların böyle durumlara sokulup sokulamayacağı sorusu uzun yıllar insanları meşgul etti. Kuantum fiziğinin değişik yorumları, bu soruya değişik yanıtlar verdi. Genel düşünce, makroskopik cisimlerin bazı özelliklerinden dolayı kuantum olaylarının bu cisimlerde görülmeyeceği yolunda oluştu.

Kedinin ölü+diri olduğu nasıl anlaşılır?

Kedinin durumunu merak eden deneyci, kapağı açtığındaysa daha garip bir şey olur. Kapağı açma ve kediyi görme bir çeşit "ölçme" işlemidir. Kuantum fiziğinin standart yorumuna göre de ölçme sonunda her fiziksel sistemin durumu, ölçülen şeyin niteliğine göre bir "çökme" yaşar. Örneğin, bir çok noktada aynı anda bulunan bir elektronun yeri ölçüldüğünde, elektron bulunduğu bu yerlerden birinde ortaya çıkar. Ölçme işlemi, çoklu konumların üst üste gelmesiyle oluşan durumu, elektronun tek bir noktada bulunduğu duruma çöktürmüştür. Kutudaki kedide de aynı şey olur. Kedinin durumu, ya canlı olduğu ya da ölü olduğu duruma bir çökme yaşar. Dolayısıyla deneyci kediyi, alışık olduğu biçimde, ölü ya da diri olarak görür. Hiç bir şekilde, deneycinin üst üste gelmiş durumu birinci elden gözlem-

lemesi olanağı yoktur. Peki, deneyci kedinin kutu içinde üst üste gelmiş durumda olduğundan nasıl emin olabilir? Lukens ekibi bu problemin üstesinden gelmiş: özetle başka bir şey ölçerek.

Kutu çevresiyle etkileşiyorsa ne olur?

Peki deneyci kapağı açmadan kedinin durumu hakkında bilgi sahibi olabilir mi? Örneğin, kutu henüz kapalı iken kutu içinden cam kırılmasına benzer bir ses gelmişse, deneyci bundan kedinin kesinlikle ölü olduğu sonucunu rahatlıkla çıkarabilir. Bu durumda kutunun kapağını açtığında kediyi kesinlikle ölü olarak görecekler. Bir anlamda kutu içinden ses gelmesi, tıpkı kutunun kapağının açılması gibi bir ölçme işlemidir. Ha kediyi ölü gibi yerde yatarken görmüşsünüz, ha onu öldüreceği kesin zehir şişesinin kırıldığını duymuşsunuz. Her ikisinde de deneyci aynı sonucu çıkaracağı için, her ikisi de kedinin durumunun çökmesi anlamını taşır.

Benzer şekilde, eğer kutu ses geçiriyorsa ve deney süresince kutu içinden herhangi bir ses gelmemişse, deneyci kedinin hayatta olacağından emin olabilir. Kapağı açtığında kedi kesinlikle hayatta bulunacaktır. Dolayısıyla, Schrödinger'in kedisini deneyini yapmak isteyenler kutunun içiyle dışı arasındaki tüm etkileşimi kesmek zorundalar. Caldeiro ve Leggett, ancak bu durumda kutudaki kedinin durumunun, kuantum fiziğine göre gelişmesinin mümkün olduğunu söylüyorlar.

SQUID'ler 0.14 mm çapında, bize göre küçük, ama makroskopik cisimler. Birçok canlı türünün bu cihazdan daha küçük olduğu düşünülürse SQUID'lerin gerçekten makroskopik nesnelere olduğu daha rahat anlaşılabilir.



SQUID'ler genellikle manyetik alanların hassas ölçümlerinde kullanılan, süperiletken malzemelerin ince bir yalıtkanla birleştirilerek halka şekline getirilmesinden oluşan cihazlar. Bu halka üzerinde mikroamper seviyesinde akan akımın hiç bir dirençle karşılaşmadığı oldukça iyi biliniyor. Dışarıdan uygulanan manyetik alanın büyüklüğüne bağlı olarak, halka üzerinde akan akım belli değerler alıyor ve bu sayede manyetik alanın büyüklüğü ölçülebiliyor.

SQUID'in içinde bulunduğu her manyetik alan için akımın tek bir değeri ve tek bir yönü de yok. Üstelik halka üzerinde akan akım, "tünelleme" diye nitelendirdiğimiz fiziksel bir olay sonucu büyüklüğünü hatta yönünü değiştirebiliyor. Tünelleme sayesinde halkanın üzerinde akan akım kolaylıkla üst üste gelmiş durumlara girebilir. Grup, halka üzerindeki akımın ters yönde aktığı iki durumu üst üste getirmeyi hedefliyor. ve bu olayın bıraktığı izleri ölçerek bu olayın gerçekten olduğunu kanıtlıyor.

Bu olayın niteliğini tam olarak anlayabilmek için, şekilde gösterilen potansiyel diyagramlarını incelememiz gerekiyor. Bu şekillerde yatay eksen sistemin içinde bulunduğu durumu, düşey eksense bu durumda bulunan sistemin enerjisini gösteriyor. Ama biz burada bu şekillerin bazı dağların silüeti olduğunu ve bir topun bu dağlar ve vadiler arasında hareket ettiğini varsayacağız. Eğer bir top, sol vadiye bakan bir yamaç üzerinde bulunuyorsa, hemen aşağıya doğru yuvarlanacağını, en sonunda tüm hareket bittikten sonra topu vadinin en dip noktasında bulacağımızı biliyoruz. Sol vadiye bakan yamaçlardan birine bırakılan bir topun ortadaki dağın sağ tarafına geçmesinin kesinlikle söz konusu olmadığını da hatırlatalım.

Ama eğer topumuz makroskopik bir cisim değil de, mikroskopik, kuantum yasalarına uyan bir parçacıksa o zaman ilginç etkiler görülmeye başlanır. Örneğin, parçacığın kesinlikle vadinin en dip noktasında olmadığını, değişik noktalarda aynı anda bulunabildiğini kuantum fiziği bize söylüyordu. Parçacığın

en dip noktada bulunma olasılığının yüksek olmasına karşın, küçük te olsa yamaçlarda, hatta dağın içinde bulunma olasılığı da var. Hatta, daha da küçük olasılıkla dağın diğer yamacında, sağdakinde, görünme olasılığı da bulunuyor! Bunun anlamı şu: eğer dağın diğer yamacında bulunabiliyorsa, parçacık sağ taraftaki vadiye de geçebilir. Bir benzetme yapmak gerekirse, bu olayı parçacığın dağın içinde görünmez bir tünel açtığı ve diğer tarafa geçmeyi başardığı şeklinde yorumlayabiliriz. Sadece kuantum dünyasında gördüğümüz bu olaya tünelleme deniliyor. Radyoaktif bir atomun bozunması sonucu çekirdeğin içinden bir alfa parçacığının çıkması tünellemenin güzel bir örneği. Burada, çekirdek içinde dolaşan alfa parçacığı, çekirdek yüzeyinde parçacığı hapseden bir duvarı bu yolla aşılıyor. Doğal olarak bu olayın gerçekleşme olasılığı dağın yüksekliğine ve açılması gereken tünelin boyuna bağlı. Eğer tünel daha kısaysa ve dağ daha alçaksa, tünelleme olasılığı daha yüksek oluyor. Radyoaktif atomların bozunmasında bazı çekirdekleri çevreleyen duvar daha güçlü ve kalın, bazıları da daha zayıf ve ince olduğu için çekirdek

bozunma yarı ömürleri bazı çekirdeklerde saniyelerle, bazılarındaysa milyon yıllarla ölçülüyor.

Herhangi bir sistemi bu şekilde incelememiz mümkün. Örneğin, Schrödinger'in kedisi deneyinde sol vadi kedinin canlı olduğu durumları, sağ vadiyse ölü olduğu durumları gösteriyor diye düşünebiliriz. Ya da SQUID'lerde sol vadinin, akımın saat yönünde aktığı, sağ vadininse akımın saatin ters yönünde aktığı durumu gösterdiğini düşünebiliriz. Gerçek bundan farklı olmasına karşın, bu resim bütün olayı anlamamız için yeterli. Şekil (a) tünelleme sırasında çevreyle etkileşim olduğunda neler olabileceğini gösteriyor. Sol vadiye bulunan bir parçacık, sağ vadiye tünelleme yoluyla geçerken çevreye bir miktar enerji verip bu enerjiyi kaybeder. Bu kayıp enerjiden dolayı, ve sağ vadi daha derin olduğu için, parçacık aşağıya kadar iner ve orada kalır. Sağ vadiye bir defa geçen bir parçacık buradan tekrar sol vadiye geçemez.

SQUID deneyindeyse, belli koşullar sağlandığında sağ ve sol vadiler birbirlerine simetrik olabiliyor. Böyle bir durumda, sağ vadiye geçen bir parçacığın tekrar sol vadiye geçme olasılığı da var. Tabii parçacığın tam olarak nasıl davranacağı kendi çevresiyle etkileşmesine bağlı. Eğer sistem çevresiyle güçlü bir biçimde etkileşiyorsa, örneğin söz konusu olan bildiğimiz makroskopik bir topa, şekil (b)'de gösterilmeye çalışılan durum geçerli. Burada, eğer sistem sol vadiyeyse, orada kalmaya devam ediyor. Kesinlikle sağ vadiye geçme olasılığı bulunmuyor. Böylece sistemin iki farklı denge konumu oluşuyor. Sistem ya sol vadiye



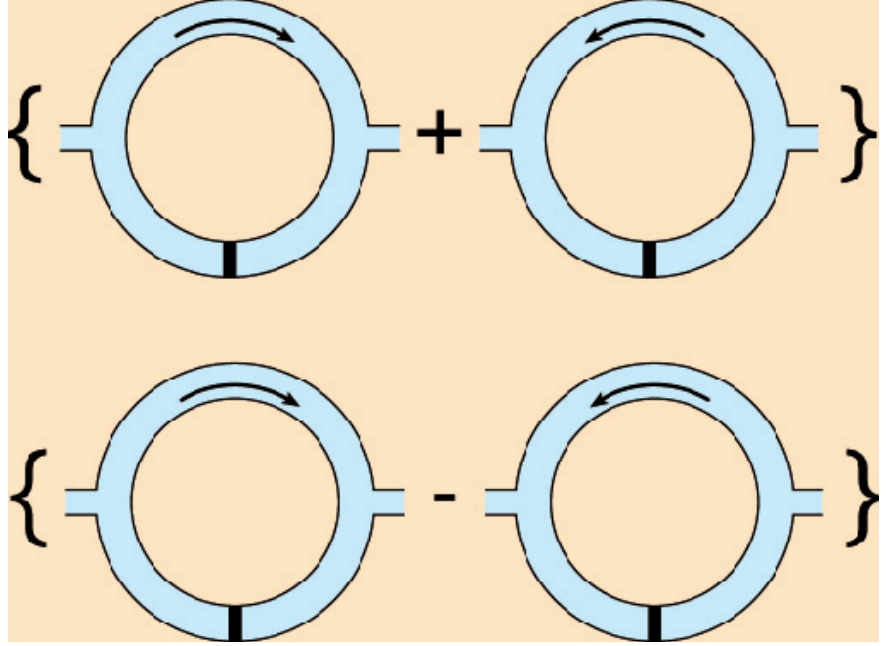
Schrödinger (solda) ve James Lukens (üstte).

dir ya da sağ vadiide. Her ikisinde birden aynı anda olması mümkün olmadığı gibi, bir vadiden diğerine geçmesi de mümkün değildir. Bu aslında makroskopik nesnelere davranışları için geçerli olan durum.

Sistemin çevresiyle etkileşimi var, ama çok zayıfsa, sistem vadiler arasında tünelleme yoluyla geçiş yapabiliyor [şekil (c)]. Örneğin sistem ilk olarak sol vadiide bulunuyorsa, sağ vadiye tünelleme yapabilir. Ama, sağ vadiye geçtiğinde, çevreyle etkileşmesinden dolayı biraz önce diğer vadiide bulunduğunu unutuyor. Fiziksel olarak bu sol ve sağ vadiler arasında rastgele gidip gelen bir sisteme karşılık geliyor. Burada tünelleme olayı kuantum fiziğinin bir sonucu olmasına karşın, sistem ya sağ ya da sol vadiide konumlandığı durumlara girebiliyor. Sistem hiç bir zaman üst üste gelmiş durumlara giremiyor.

Çevreyle etkileşim kesinlikle yoksa diğer vadiye tünelleme yoluyla giden sistem, az önceki konumunu hatırlayabiliyor [şekil(d)]. Böylece, bir sonraki tünellemede uygun fazla geri dönebiliyor. Böyle bir durumda, çevresi tarafından rahatsız edilmeyen sistem, sağ ve sol vadiideki durumların üst üste gelmesiyle sadece kuantum fiziğinde gördüğümüz egzotik durumlara girebiliyor. Bu olay aslında elektronların atom ve moleküllerde kuantum mekaniksel hareketi incelendiğinde sıklıkla karşılaşılan bir şey. Bu olayın elektronlarda görülen en ilginç etkisiyse, başta sağ ve soldaki durumların enerjilerinin eşit olmasına karşın, üst üste gelmeyle oluşan yeni durumların arasında bir enerji farkı oluşması. Örneğin, [(sağ)+(sol)] diye gösterebileceğimiz durumun enerjisi, normal enerjiden D kadar düşük, [(sağ)-(sol)] diye gösterebileceğimiz durumun enerjisiyse normal enerjiden D kadar fazla olabiliyor. Özet olarak, çevresiyle etkileşimi kesilen sistem sadece üst üste gelmiş durumlara girmekle kalmıyor, ayrıca bu durumlar arasında bir enerji farkı da oluşabiliyor.

Lukens ekibi, SQUID'in üst üste gelmiş durumları olduğunu göstermek için işte bu enerji farkını ölçüyorlar. Böyle bir enerji farkının var olması, sistemin üst üste gelmiş durumlara girdiğinin kesin bir göstergesi. Bu enerji farkını ölçebilmek için SQUID önce



*SQUID'in deneyde gerçekleştirilen durumları. Her iki durumda da halka üzerinden geçen akım ters yönde akıyor. Üstte enerjisi daha düşük olan durum, altta ise daha yüksek enerjili durum gösteriliyor.*

40 milikelvine kadar soğutuluyor. Bir başka deyişle mutlak sıfır sıcaklığı  $-273.15$  oC'tan  $0.04$  oC daha yüksek bir sıcaklık. Bu derece düşük sıcaklıklara kadar soğutmanın nedeniyse önce SQUID'in çevreyle etkileşimini yeteri kadar küçültmek, sonra da SQUID'in yapıldığı süperiletken malzeme içindeki elektronların termal uyarılmalarının ölçmek istenen 2D enerji farkını perdelemesini önlemek. Deneyde, alet üzerine gönderilen elektromanyetik mikrodalgalar soğurulduğunda, SQUID üzerinde dolaşan akım, değişik büyüklüklerde ve değişik yönlerde akmaya başlıyor. SQUID ilk önce, saat yönünde akan bir akım durumuna konuyor. Daha sonra mikrodalga ışık altında akımın ters yöne aktığı duruma geçip geçmediği kontrol ediliyor. Bu tekniği kullanan grup, bazı durumlar arasında, yukarıda bahsettiğimiz enerji farkını ölçmeyi başarmışlar.

Bu deney kuantum fiziğinin eski bir sorusunu yanıtlamış oluyor. Evet, makroskopik sistemler de üst üste gelmiş durumlara sokulabilir. Ama bu, derginizin bütün yazılarını aynı anda okumanıza olanak sağlayacak bir teknoloji geliştirilebileceği anlamına gelmiyor. Schrödinger'in kedisi deneyinin kendisinin yapılabileceği anlamına da gelmiyor. Deneyi gerçekleştirebilmek için oldukça düşük sıcaklıklara gereksinim olduğunu düşünürseniz, neden günlük yaşamımızda kuantum

etkileri görmediğimizi anlamak zor olmaz. Bu deney, kuantum kuramını daha iyi anlamamıza yardım edecek önemli bir adım attı, ama Schrödinger'in kedisinin yaşamı ve ölümü hala kafamızı karıştırmaya devam edecek gibi görünüyor.

Bu deney aynı zamanda SQUID'lerin uygun koşullar altında kuantum bilgisayarlarında devre elemanı olarak kullanılabilirliğini de gösteriyor. Kullandığımız bilgisayarlarda bütün bilgiler bit olarak adlandırdığımız birimlerde saklanır. Her bit 0 ve 1 olmak üzere ancak iki değişik değer alabilir. Kuantum fiziğine göre davranışları olan bir bit, "kubit", ise sadece 0 ve 1 değerlerini değil, her ikisinde de aynı anda olabildiği üst üste gelmiş değerleri de saklayabilir. Bu tip kubitler kullanılarak yapılması öngörülen kuantum bilgisayarları ilginç özelliklere sahip olacaklar. Kısa sürede çözülmesinin imkansız olduğu bilinen bazı problemlerin, bu yeni tür bilgisayarlarla kısa sürede çözülebileceği biliniyor. İlginç ve önemli bir çok problem için kuantum algoritmalar geliştirilmiş durumda. Şimdiye kadar kubit olarak kullanılması önerilen sistemler tek atom, tek foton ya da tek elektronlardan oluşuyordu. Bu deneyle birlikte, bu kubitler SQUID'ler gibi büyük ve güçlü bir rakip edinmiş bulunuyorlar.

Sadi Turgut

Blatter, G., "Schrödinger's cat is now fat", *Nature*, 6 Temmuz 2000