



rumlarını, rulet çarkında üzerlerinde rakamların yazılı olduğu ceplere, çark döndürme işlemi ise gözlem yapmaya benzetebiliriz. Topun, ceplerin her birinde durma olasılığı vardır. Fakat çark durduğunda top bir tane cepte konumlanır.

### Fotosentez **Makele İçin Tıklayın**

Oldukça karmaşık bir mekanizması olan fotosentez, yeşil bitkiler ve birçok bakterinin güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürdükleri bir süreç. Kromofor adı verilen pigment molekülleri güneş enerjisini tepkime merkezlerine öyle hızlı taşıyor ki arada hiç ısı kaybı olmadığından güneş enerjisinin hemen hemen hepsi kimyasal enerjiye dönüşüyor. En etkin güneş panellerinin veriminin bile %50 olduğunu hatırlarsak, fotosentezdeki enerji taşıma mekanizmasının anlaşılmasıyla teknolojik uygulamalarının da geleceğinden hiç kuşkumuz olmamalı.

Bu mekanizma birkaç sene öncesine kadar elektronların yarı klasik bir sıçrama hareketiyle anlatılırdı. Gelen ışık, enerjisini bir pigment molekülündeki elektrona aktararak onu yörüngeden koparır. Kopan elektron yakın molekülleri uyarır ve molekülünden moleküle atlayan elektron uyarımı kimyasal enerjiye dönüşümün gerçekleşeceği tepkime merkezine ulaşır. Bu mekanizma na-

sıl oluyor da moleküller arası mesafede ısıya dönüşen enerji kaybı olmadan gerçekleşiyor? Bunun tatminkâr bir cevabı bulunamadığı için yetmiş yılı aşkın bir süredir fotosentezdeki enerji iletiminde kuantum salınımlarının etkili olduğu düşünülmüş. Bu konudaki ilk deneysel kanıt, 2007'de Kaliforniya, Berkeley Üniversitesi'nden Graham Fleming başkanlığındaki araştırma ekibinden geliyor. Ekip, enerji iletiminin, pigment moleküllerinin kuantum dalgalarının eşvreli girişimi ile gerçekleştiğini gözlemiş.

Berkeley ekibi, fotosentez yapan bakterilerde hücrelerinde uyarılan her pigment molekülünden ayrı ayrı merkeze taşınan bir enerji taşınımı olmadığını, bunun yerine yaylarla birbirine bağlı bir grup sarıktan oluşan sistemin yaptığı titreşim hareketi gibi, pigment moleküllerinin de ortaklaşa hareket ettiklerini belirtiyor. Kuantum ölçeğinde bu durumu şöyle ifade etmek daha doğru: Uyarılan pigment moleküllerinin kuantum durumları eşvreli şekilde üst üste binerek hep birlikte bir kuantum durumunda bulunuyorlar. Sistem bu konumunu birkaç yüz femtosaniye (saniyenin milyar çarpy on binde biri) koruyabildiği için araştırmacılar enerjinin moleküler yapı içindeki hareketini femtosaniye lazeri kullanılarak takip edebilmişler. Sistem enerji iletimi için tüm olası yolları değerlendiriyor ve en verimli yola karşılık gelen

kuantum durumunu seçiyor. Mekanizma, ayıklanmamış bir sürü bilginin bulunduğu veritabanından istenilen bilgiye en hızlı şekilde ulaşımı öngören Grover algoritmasına benzetiliyor. Biyolojik sistemlerde eşvreli girişimi gözlemlemek oldukça zor. Bunun en büyük nedenlerinden biri sıcaklık. Sıcaklık arttıkça moleküllerin ortaklaşa hareketi, yani eşvreli girişimi daha hızlı bozuluyor. Bundan dolayı ekip deneyi 77 Kelvin sıcaklıkta gerçekleştirmiş. Elisabeth Collini ve arkadaşlarının, benzer bir deneyi bu sefer çok daha yüksek sıcaklıklarda foton-yankı spektroskopisi kullanarak gözlemeyi başardıkları çalışma bu yılın şubat ayında çıkan *Nature* makalesinde ele alınıyor. Araştırmacıların belirttiği bir başka nokta pigment moleküllerinin dizilişinin eşvreli kuantum girişimine olanak verecek şekilde olduğu. Moleküller ne birbirinden çok uzak ne de yörüngeleri çakışacak şekilde çok yakın.

### Beynimizin Bir Parçası: Göz

İlginç bir başka deneyle, beynimizin bir parçası sayılan göz retinasında kuantum eşvreliliğin gerçekleştiği saptanıyor. Bundan sekiz sene önce P. Ht. Hilaire ve D. Bierman tarafından hazırlanan deneyde gönüllü insanlar kullanılıyor. Göz retinasında yer alan rod ve koni fotoreseptör hücreleri üzerine lazer atışı yapılıyor. Zarar vermemesi için düşük enerjili lazerin kullanıldığı deneyde kişiler sadece bir ışık çakması algılıyorlar. Lazer ışını rod ve koni hücrelerindeki rodopsin moleküllerini uyarıyor ve moleküllere eşlik eden dalgalar eşvreli olarak üst üste biniyorlar. Eşvrelilik bozulmadan aynı noktaya ikinci bir lazer atışı yapıldığında bazı atomlar eski kuantum seviyelerine inerek fazla enerjiyi foton olarak salıyorlar. Foton-yankı spektroskopisi denen bu yöntemle gerçekleştirilen deneyde bahsi geçen foton salınımı kuantum optik aletlerle saptanmış.

Roger Penrose ve Stuart Hameroff bu deneyi "kuantum bilinci" varsayımlarına kanıt olarak gösteriyor. Penrose ve Hameroff'a göre canlı cansız her şey ku-