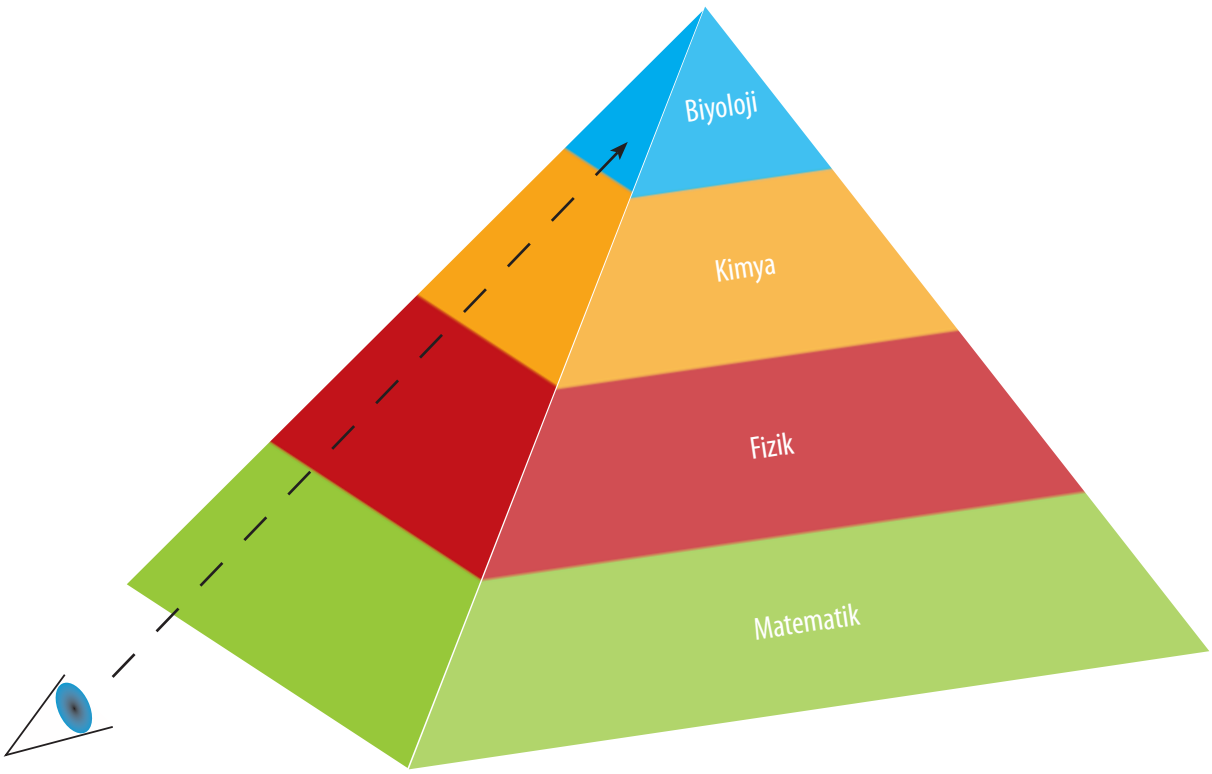
Zeynep Ünalan

Dr, Bilimsel Programlar Uzmanı,
TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Kuantum Penceresinden Biyoloji

Temel bilimler hiyerarşisi, tabanında matematiğin, tepesinde biyolojinin yer aldığı bir piramitle temsil edilebilir. Matematiğin hemen üstünde fiziğin ve onun üstünde kimyanın yer aldığı bu dört katmanlı piramitte her katman, altındaki diğer katmanlara dayanır. Haliyle canlıları konu alan biyoloji, diğer disiplinlerin hepsini içermesi yönüyle aslında "en karmaşık bilim dalı" olma özelliğini taşır. Canlılar kimya yasaları ile açıklanırken, kimya kurallarının, etrafında elektronların döndüğü atom fiziğine, atom fiziğinin de matematiğin çokça kullanıldığı kuantum alan teorilerine indirgendiği bir devirde bilim insanlarının, "Kuantum fiziğinin biyolojide rolü nedir?" sorusunu sormaları gayet makul.

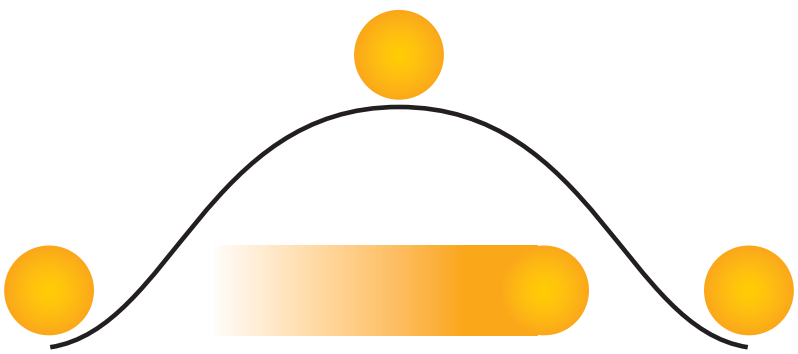


Temelleri fizik yasalarına dayanan X-ışın kristelografisi, nükleer manyetik rezonans gibi buluşların biyoloji ve tıpta yıllardır kullanılıyor olması fiziğe "Fizik, biyoloji için alet yapımıdır" tanımını getirse de, fizikçilerin çoğu moleküler etkileşmelerden nasıl olup da biyolojik hayatın doğduğu gibi daha temel soruların cevaplanmasında kritik rollerinin olduğunu düşünüyor. Sonuçta moleküller arası Vander Waals kuvvetlerini, proteinleri, DNA'nın dinamiğini tarif eden kurallar fizik yasalarına ve kuantum mekaniğine dayanıyor.

Bohr, Delbrück ve Schrödinger biyoloji biliminin gelişimini etkileyen 20. yüzyıl fizikçilerinden. O dönemin fizikçileri kuantumun, maddenin yapısına ilişkin başarılı açıklamalarının büyüsüyle biyolojik hayata da açıklama getireceğini düşünmüşler. Ünlü kuantum fizikçisi Erwin Schrödinger'in bu düşünceden hareketle kaleme aldığı *Yaşam Nedir?* adlı kitap DNA sarmalının yapısının keşfine ışık tutan teorik tanımlamalarla dolu. Schrödinger'in bu çalışması James D. Watson ve Francis Crick ikilisinin genetik çalışmalarının teorik dayanağı olarak gösteriliyor. O zamanlardan bu yana moleküler biyolojide çok mesafe kat edilmiş. 20. yüzyılın başlarında fizik altın çağını yaşarken, 21. yüzyıl biyolojinin altın çağı olarak nitelendiriliyor. Bunda fen bilimleri piramidinin tepesine, tabanından bakabilen bilim insanlarının hatırı sayılır bir katkısı var. Bu bakış açısının biyolojik sistemlere getirdiği açıklamalardan popüler olan birkaç tanesine değinelim.

Kuantum Tünelleme

Düz bir yol boyunca ilerleyen bir top düşünelim. Bu top, kendi hareket enerjisinden yüksek bir potansiyel engeli, örneğin bir tepeyle karşılaşınca engeli aşamaz. Benzer şekilde çukur bir kâse içine koyduğumuz bir bilyenin kâsenin kenarlarını aşıp dışarı çıkabilmesi bunun için yeterli miktarda enerjiyi gerektirir. Ancak bilyenin hapsolma durumu sadece klasik fizikte geçerli. Bilye yerine iki proton ve iki nötrondan oluşan bir alfa parçacığı, çukur kâse yerine de atom çekirdeğini koyarsak sonuç değişir. İki proton ve iki nötrondan oluşan alfa parçacığı çekirdekten bir çeşit tünel açarak dışarı çıkabilir. Nükleer fisyon denen bu olayı tüm kuantum parçacıklarına genişletebiliriz. Kuantum parçacıklarının engelin diğer tarafında da görünme olasılığına "kuantum tünelleme etkisi" denir. Engel tanımayışın temelinde her kuantum parçacığına bir olasılık dalga fonksiyonunun eşlik etmesi yatmaktadır. Parçacığın belli bir zamanda belli noktada bulunma olasılığını gösteren bu matematiksel dalga fonksiyonu, parçacık bir kutu içine hapsedilse bile kutunun hemen dışında sıfır değerini almaz; daha yalın bir ifadeyle, parçacığın kutunun dışında bulunma olasılığı vardır.

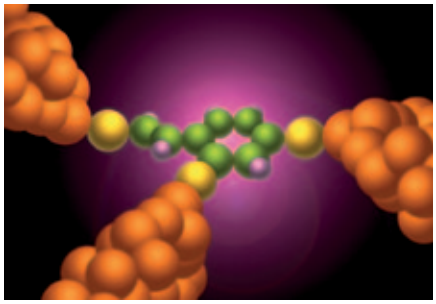


Enzimler

Canlı organizmalarda sürekli olarak milyarlarca kimyasal bağ kuruluyor ve bozuluyor. Bu kimyasal tepkimelerde katalizör vazifesi görerek tepkimeyi milyonlarca kez hızlandıran enzimlerin işleyiş mekanizmasını açıklayan teoriler var. Bunlardan en eski ve geçerli olanı anahtar-kilit modeli. Enzimler özelleşmiş ve karmaşık proteinler. Belli enzimler belli tepkimelere katılıp belli moleküllere (substratlara) etki ediyorlar. Anahtar-kilit varsayımına göre, enzim substrat ikilisi arasında, anahtar-kilit gibi geometrik bir uyum olmalı ki enzim üzerine düşen görevi yapabilsin.

Ancak tepkimenin gerçekleşmesini engelleyen bir etken var: Tepkimeye giren ve çıkan moleküller arasındaki potansiyel engeli. (Yukarıdaki çukur kâse içindeki bilye örneğini hatırlayınız). Bu potansiyel engeli kimyada aktivasyon enerjisi olarak da adlandırılıyor. Enzimlerin aktivasyon enerjisini düşürerek (kâsenin duvarlarını alçaltarak) tepkimeyi hızlandırdığı söyleniyor. Ancak bu mekanizmanın nasıl olup da tepkime hızını olağanüstü düzeyde arttırabileceği anlaşılamıyor. Bir diğer olasılık da engelin aniden kuantum tünellemesiyle aşılması. Bu konudaki ilk deneysel veri 1989'da Y. Cha ve meslektaşlarından geliyor. Alkol dehidrogenaz enzimi kullanılan tepkimede proton tünellenmesini gözlemliyorlar. Çok daha yakın tarihte, Bristol ve Manchester üniversitelerinden bir ekip aromatik amin dehidrogenaz enzimi kullandıkları deneylerini kuantum mekanik modelleri işleyen bilgisayar simulasyonuna aktarıyorlar. Ve enzimin substrat ile birleştiği aktif bölgelerde substrat molekülünden kaçan protonlar gözlüyorlar.

Kuantum tünellemesinin gerçekleşme olasılığı, potansiyel engelinin genişlik ve yüksekliğine bağlı olduğu kadar kaçan parçacığın kütle ve enerjisine de bağlı. Parçacık ne kadar ağırsa kaçma olasılığı o kadar az. Bu gerçekten hareketle yukarıda bahsi geçen her iki deneyde de bir protondan oluşan hidrojen yerine bir proton ve bir nötrondan oluşan döteryum kullanılıyor. Sonuçta, atom kütlesi hidrojenin iki katı olan döteryumun, beklenildiği gibi daha az tünelleme gerçekleştirdiği ve tepkime hızında da azalma görülüyor. Aynı nedenden ötürü kuantum tünelleme etkisi elektron proton seviyesinde incelenebilirken, aminoasit protein seviyesinde gözlemlenemiyor.



Mutasyonlar

Kuantum tünelleme etkisinin aktif bir rolünün olup olmadığı merak edilen bir başka biyolojik olgu mutasyonlar. DNA'nın iplikçikleri üzerinde bulunan dört nükleoit bazı Adenin(A), Timin (T), Guanin (G) ve Sitozin(C); ancak A ile T ve C ile G karşılıklı gelecek şekilde düzenleniyor ve bu eşlemenin farklı olması durumu mutasyonla sonuçlanıyor. A-T baz çifti iki, C-G baz çifti ise üç hidrojen bağı ile bir arada tutuluyor. Hidrojen çekirdeğindeki protonun, kuantum tünelleme sonucu potansiyel engelini aşarak üçlü hidrojen bağının ikili bağa dönüştüğü, bununsa baz çiftlerinin yanlış eşlemesine neden olduğu düşünülüyor. Mutasyonlardaki rastgelelik ve kuantum fiziğinin ayrılmaz parçacı olan olasılık hesapları bu iki konuyu birbirine yakınlaştıran temel bir etken.

Moleküler biyoloji çalışmalarında belirlenen diğer kuantum tünelleme örnekleri protondan çok daha küçük elektrona ait. Elektron tünellemesi fotosentezde, hücre solunumunda ve DNA boyunca elektron taşınımında da rol oynuyor.

Spin

Temel bir kuantum kavramı olan ve klasik fizikte karşılığı olmayan spin, bir parçacığın bulunabileceği kuantum durumunu ifade eden niceliklerden biri. Genelde bir cismin kendi ekseni etrafında dönme özelliğine benzetiliyor. Bu benzetmenin temelinde cismin dönme hareketinden kaynaklanan ataletsizlik olarak tanımlayabileceğimiz açısal momentum hesapları yer alıyor. Bir kuantum parçacığının, örneğin elektronun, toplam açısal momentumu, yörüngesindeki hareketinden doğan açısal momentum ile spininin toplamı olarak hesaplanıyor. Bu toplama işlemi büyük cisimlerin, örneğin bir gezegenin yörüngesel açısal momentum ile kendi ekseni etrafındaki dönüş hareketine de uygulanıyor. Matematik hesaplardaki paralellikten yola çıkılarak spini, kutup ekseni etrafında dönen gezegenle birebir eşlemek pek de doğru değil. Her şeyden önce bir gezegen bu dönüşü, üye olduğu gezegen sisteminin oluşumu sırasında kazanıyor. Ayrıca büyük bir göktaşı çarpması, Güneş ve Ay'ın etkisi gibi nedenlerle dönüş hızı değişebiliyor. Öte yandan atomaltı bir parçacığın spini, parçacığın ortaya çıkışı ile eş zamanlı olarak var olan bir nicelik ve hep sabit. Üstelik elektron gibi içyapısı olmayan noktasal kuantum parçacıkları var. Bu parçacıklara bir eksen atfedilemediğinden kendi etrafında döndüğü de varsayılamıyor. Ancak benzetmenin haklı nedenlerinden biri, gezegenin manyetik alanının oluşmasında kutup ekseni etrafındaki dönüşünün etkili olması gibi spin de bir kuantum parçacığına manyetik kimliğini kazandırıyor.

Hayalimizde canlandıramadığımız bu niceliği yine de cismin kendi ekseni etrafında dönmesi olarak resmetmek işe yarıyor. Bu şekilde, vektörel (yönlü) bir nicelik olan spinin yönünü, parçacığın ekseninden geçen bir ok ile gösterebiliyor, değişik spin durumlarını okun yönünü aşağı yukarı değiştirerek resmedebiliyoruz.

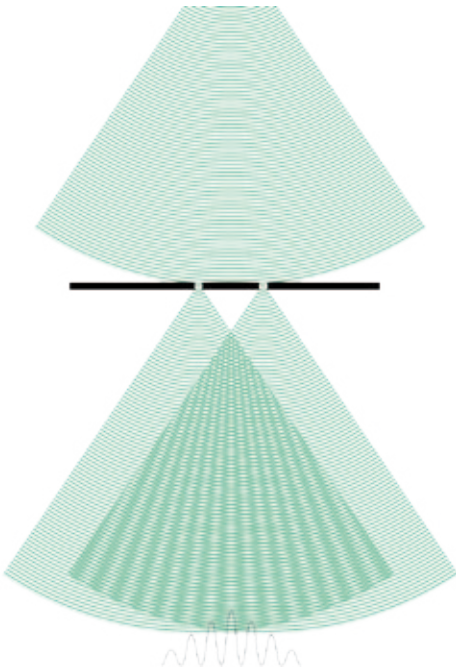
MRI

Bizlerin daha çok manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ile tıptaki uygulamasından bildiğimiz nükleer manyetik rezonans (NMR) spin kavramına dayanıyor. Zarar veren radyasyon içerdiği izlenimi verdiğinden MRI isminin başında nükleer kelimesi kullanılmıyor. Aslında X ışını testleri, PET/CT taramalarının aksine radyo dalga frekansında çalıştığı için radyasyon riski taşımıyor. Nükleer ifadesinin tek nedeni çalışma ilkesinin atom çekirdeğiyle ile ilgili kavramlara dayanması. MRI'da atom çekirdeğindeki protonların spin özelliği kullanılıyor.

Başta hidrojen ve oksijen olmak üzere değişik bir sürü atomdan oluşan vücudumuzda en büyük proton kaynağımız hidrojen atomlarımız. Pusula ibresinin dünyanın manyetik alanı içinde kuzey güney doğrultusunu alması gibi proton spini de kuvvetli bir manyetik alan içine yerleştirildiğinde alan doğrultusunu alıyor. Normalde vücudumuzda rastgele yönlenmiş mini pusulalar olarak düşünebileceğimiz proton spinleri, MRI makinesinin içinde manyetik alan uygulanınca, alan doğrultusu etrafında, bir topacın yalpalanma hareketine benzer şekilde dönmeye başlıyorlar. Kullanılan atoma göre bu dönme hareketinin frekansı farklı. Hidrojen atomu için bu frekans 42,58 MHz/Tesla. MRI makinesi tam bu frekansta elektromanyetik dalga gönderdiğinde hidrojen atomlarındaki protonların spinleri bu enerjiyi soğurarak takla atıyor. Yani daha yüksek enerjili kuantum seviyesine geçerek bu sefer alana zıt doğrultuda dönmeye başlıyor. Dönme frekansına eşit frekansta enerji soğurarak kuantum sıçraması yapmaya rezonans deniyor. Yayılan radyo dalgası kesildiğinde protonlar gerisin geriye düşük enerjili durumlarına dönerken ışıma yapıyor ve bu ışıma enerjisi bir bilgisayar sistemine gönderilerek görüntüye dönüştürülüyor. Sağlıklı ve hastalıklı kısımlardan gelen sinyaller farklı olduğu için hastalıklı kısmın görüntüsü ayrıştırılabiliyor.

Göçmen Kuşlar

Manyetik alanın biyolojik bir sistem tarafından algılanması söz konusu olduğunda bir kısmımızın aklına MRI'dan önce göçmen kuşlar gelir. Bilim insanları uzun yıllardır, göçmen kuşların dünyanın manyetik alanını hisseden pusulalar olduğunu düşünüyorlar ve değişik modeller sunuyorlar. Bu ilginç modellerden birine göre ışık fotonu, kuşun retinasındaki ışığa duyarlı fotoreseptöre çarpınca, fotoreseptör molekülü zıt elektrik yüklü iki iyona ayrılıyor. Spinleri zıt yönlü iyon elektronları, manyetik alan içinde aynı spin durumunu alıyor ve tekrar birleşi-



yorlar. Bu birleşme ile kuşun manyetik alanı algılamasına olanak sağlayan bir dizi kimyasal tepkime tetikleniyor. Teorinin kabulüne en büyük engel, iyonların birleşme işleminin, elektron spinlerinin dünyanın manyetik alanından etkilenme süresinden çok daha çabuk gerçekleşmesi. Bu ikilemi kuantum zeno etkisiyle açıklayanlar var. Kuantum dünyasının garipliklerinden biri olan zeno etkisi, bir kuantum sistemi üzerinde art arda gözlemler yapıldığında sistemin, gözlendiğini hissedermiş gibi davranıp gözlem süresince kuantum durumunu değiştirmemesi olarak tanımlanıyor. Gözlemci, kuantum ölçeğinde gerçekleşen olaylarda sisteminin gelişme sürecini etkileyebiliyor. Bu tür modeller kuşların manyetik alan algısına açıklama getirse de kuşların bu algıyı nasıl yön bilgisine çevirdikleri bilinmiyor.

Madde Dalgaları-Eşevreli Girişim

Tünelleme etkisi ve spin dışında kuantum biyoloji konularında sıkça gündeme gelen bir diğer kavram eşevrelilik (eşfazlılık). Bu kavram üzerinden anlatılan fotosenteze geçmeden önce, parçacık-dalga ikilemini ortaya koyduğu kadar eşevreli girişimin önemini de vurgulayan ünlü Young deneyine göz atalım.

Bir ışık demeti, önünde birbirine çok yakın iki küçük deliğin olduğu bir engel ve bu engelin arkasına yerleştirilmiş bir ekrandan oluşan bir deney düzeneği düşünelim. Işık demeti deliklerden geçecek şekilde gönderildiğinde, arkadaki ekranda karanlık ve aydınlık çizgilerden oluşan bir girişim deseni görülür. Bu desen elektromanyetik dalgaların üst üste gelmesiyle (süperpozisyon) açıklanır. Garip olan, düzenekte ufak değişiklikler yaparak deneyi ışık yerine elektron, proton gibi kuantum parçacıkları kullanarak tekrar ettiğimizde yine aynı deseni görüyor olmamız. Maddenin dalga özelliğini ortaya koyan bu deneyde girişim deseninin ortaya çıkması için dalgalar arasında eşevreliliğin sağlanması gerekmektedir. Bunun için deliklerden çıkan iki dalganın dalga tepelerinin birbiriyle ve çukurların birbiriyle üst üste gelmesi gerekir. Her bir dalg anın aynı zaman diliminde çıkış noktasından eşit mesafede uzaklaşması sağlanarak eşevreli girişim gerçekleştirilebilir. Girişim deseninin iki dalganın üst üste gelmesiyle oluşması gibi, bir kuantum sistemi de birden çok kuantum durumunun üst üste binmesinden meydana gelir. Gözlem yapıldığında sistem üst üste gelmelerin içerdiği herhangi bir kuantum durumunu seçer. Bir diğer deyişle üst üste gelme özelliği gösteren her bir durumun gerçekleşme olasılığı vardır. Sistemin seçebileceği kuantum du-

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

Fotosentez

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 molekülden moleküle atlayan elektron uyarımı kimyasal enerjiye dönüşümün gerçekleşeceği tepkime merkezine ulaşır. Bu mekanizma nasıl 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 eşevreli girişimi ile gerçekleştiğini gözlemiş.

Berkeley ekibi, fotosentez yapan bakteri hücrelerinde uyarılan her pigment molekülünden ayrı ayrı merkeze taşınan bir enerji taşınımı olmadığını, bunun yerine yaylarla birbirine bağlı bir grup sarkaçtan 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 eşevreli şekilde üst üste binerek hep birlikte bir kuantum durumunda bulunuyorlar. Sistem bu konumunu birkaç yüz femtosaniye (saniyenin milyar çarpı on binde biri) koruyabildiği için araştırmacılar enerjinin moleküler yapı içindeki hareketini femtosaniye lazeri kullanarak 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 eşevreli girişimi gözlemlemek oldukça zor. Bunun en büyük nedenlerinden biri sıcaklık. Sıcaklık arttıkça moleküllerin ortaklaşa hareketi, yani eşevreli girişimi daha hızlı bozuluyor. Bundan dolayı ekip deneyi 77 Kelvin sıcaklıkta gerçekleştirmiş. Elisabette Collini ve arkadaşlarının, benzer bir deneyi bu sefer çok daha yüksek sıcaklıklarda foton-yankı spektroskopi kullanarak gözlemeyi başardıkları çalışma bu yılın şubat ayında çıkan *Nature* makalesinde ele alınıyor. Araştırmacıların belirttiği bir başka nokta pigment moleküllerin dizilişinin eşevreli kuantum girişimine olanak verecek şekilde olduğu. Moleküller ne birbirinden çok uzak ne de yörüngeleri çakışacak şekilde çok yakın.

Beynimizin Bir Parçası: Göz

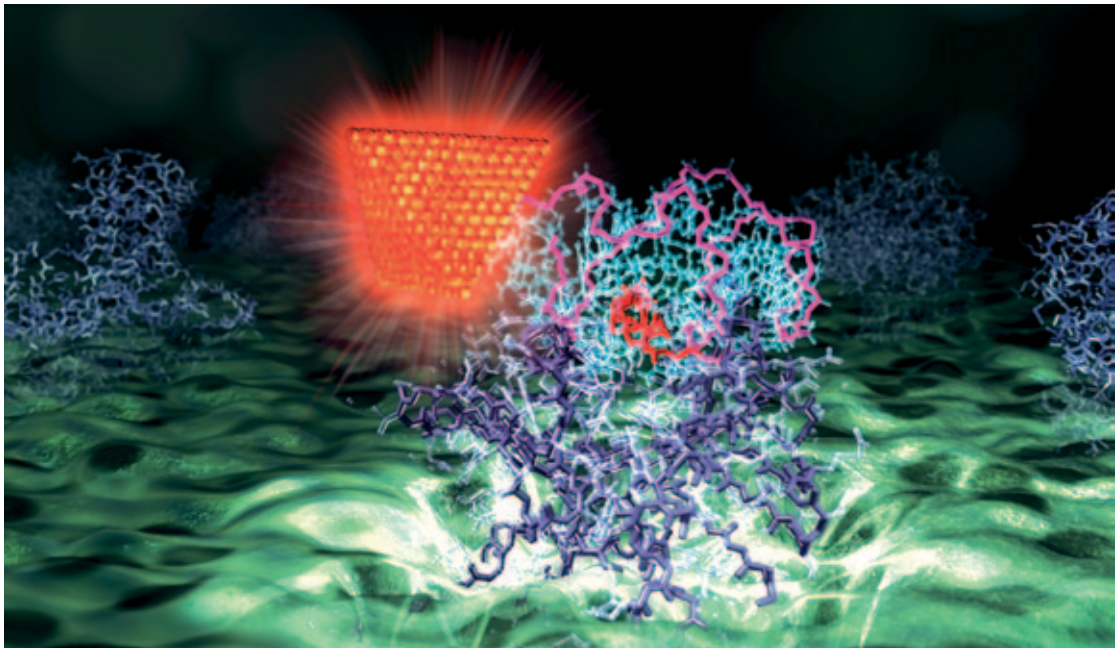
İlginç bir başka deneyle, beynimizin bir parçası sayılan göz retinasında kuantum eşevreliliğin gerçekleştiği saptanıyor. Bundan sekiz sene önce P. Ht. Hilaire ve D. Bierman tarafından hazırlanan deneyde gönüllü insanlar kullanılıyor. Göz retinasında yer alan rod ve koni fotoreseptör hücreleri üzerine 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 eşevreli olarak üst üste biniyorlar. Eşevrelilik 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-

antum durumlarının eşevreli şekilde üst üste binmesinden meydana geliyor ve bu durumu uzun süre koruyabilmesi halinde bilinç kazanabiliyor. Yani her şey bilinçli olmaya aday. Ancak bunun gerçekleşmesi için bir eşik zaman değeri var. Varsayıma göre, elektron bile çevreden yalıtılarak on milyon yıl beklerse bilinçli hale gelebiliyor. Çevreden yalıtılmış olmanın önemi büyük, çünkü fotosentez konusunda bahsettiğimiz sıcaklık gibi çevreyle etkileşim de eşevreliliği bozan büyük bir etken. Sistem büyüdükçe çevreden yalıtım zorlaştığı için eşik zaman değeri artıyor. Sistem, büyüdükçe eşevreli girişime dahil olan kuantum durumlarından birini seçmeye zorlanıyor. Penrose'a göre bunda kütle çekiminin rolü de var. Pek rağbet edilmeyen bu görüşe göre beynimizdeki nanogram ağırlığındaki proteinler ve sinir hücreleri arasındaki mikrotüpçükler çok özel bir yapıya sahip ve bu yapılar için bahsi geçen eşik zaman değeri 25 milisaniye. Yani 25 milisaniye kuantum eşevreliliklerini koruyabiliyorlar. Ve bu, bilincin kazanılması için yeterli bir zaman.

Kuantum Etkilerini Biyolojik Sistemlerde Saptamanın Zorluğu

Kuantum dünyası ile bildiğimiz dünya arasındaki geçişin merkezinde yer alan kuantum eşevrelilik, birçok biyolojik mekanizmada rol aldığı düşünülen ama gözlemi zor bir kuantum kavramı. Eşevreliliğe dayanan girişim değişen çevre koşulları ve sıcaklıktaki dalgalanmalarla hemen bozuluyor. Bu etkenler kuantum gerçekliğine körlüğümüzün en büyük sebebi olarak gösteriliyor. Çok sisli bir havada önümüzü görememememiz gibi kimyasal ve fiziksel çevre ile etkileşim ve sıcaklık kuantum garipliklerini görmemize engel oluyor. Asla kurtulamayacağımız bu sis, gözlemek istediğimiz sistem büyüdükçe (dalga boyu küçüldükçe) daha da yoğunlaşıyor. Bunun temel nedeniyse Plank sabitinin değerinin çok küçük olması.

Madde dalgasının dalga boyu ile enerji arasındaki bağıntıdan yörüngesini değiştiren elektronun yaptığı ışımanın denklemine kadar tüm kuantum denklemlerinde yer alan Plank sabiti $6{,}6 \times 10^{-34}$ Joule saniye. Bu durumda örneğin saniyede 1 metre hızla hareket eden bir insana eşlik eden madde dalgasının dalga boyu 10^{-35} metre. Bu kadar küçük bir niceliği ne gözümüz ne de aletlerimiz algılayabiliyor. Neyse ki kuantum biyoloji koca bir insanı, kurbağayı ya da bitkiyi değil, bunların çok daha küçük alt birimlerini ele alıyor. Ancak gözlem biyolojik mekanizmayı elden kaçırmamak için atom altı seviyeye indirilmiyor.

Kısaca biyolojik ölçekte gerçekleşen kuantum etkilerini gözlemlemek için çok özel bir ölçüm seviyesi ve özel koşullar gerekiyor. Düşük sıcaklık, mükemmel yalıtım gibi koşulların sağlanması gerekliliği "kuantum biyoloji"ye gerçek dışı bir çalışma alanı olarak bakılmasına neden olsa da gittikçe daha çok bilim insanı temel bilimler piramidine tabandan bakmaya çalışıyor. Özellikle kuantum biyoloji alanında çıkan ve sayısı gittikçe artan akademik makaleler bunun başarılabildiğinin bir kanıtı.