

HEM İNSAN HEM DE IŞIK HIZINDA

DALGA OLABİLİR MİYİZ?



Bu, sadece çizimcinin hâyalî değil. Kesin olan, vücudumuzu oluşturan atom ve atom parçacıklarının aynı zamanda dalga özelliği taşıdıklarıdır. Bu parçacık-dalga ikiliğinin mümkün sonuçlarını, bazı araştırmacılar "çok kaygı verici" bulmaktadır.

• Burada anlatacağımız gerçekler; kara delikler, zaman uzaması ve diğer garip fizik olayları hakkında okuduklarınızdan bile daha inanılmaz gelecektir. Yine de, bugün artık hiç kimse yaratılan her şeyin "ikili" bir özellik gösterdiğinden kuşku duyamaz: Her madde aynı zamanda bir dalgadır ve bundan dolayı ışık hızıyla uzayı aşabilir. Bilim bu parçacık-dalga ikiliğini nasıl buldu? Bununla ne demek isteniliyor? Bunun hangi sonuçlarını somut olarak kanıtlayabiliyoruz? Yazımızda bunları göreceksiniz.

Prof. Paul DAVIES

Aynı zamanda dalga olan bir cismin hikayesi, akrep ve yelkovanı karanlıkta sanımsı yeşil panıldayan, eski ışıklı saatlerle başlar. Bu saatlerin göstergeleri radyum kaplıydı. Hafif panıltıları, radyoaktiviteden ileri gelmekteydi. Bu radyoaktivite, fizikçilerin "alfa bozunumu" dedikleri bir olaya bağlı olarak ortaya çıkıyordu. Alfa bozunumu olayı, yüzyılımızın başında keşfedilmişti. Bundan bir süre sonra araştırmacılar, bu olayın çok garip özellikleri bulunduğunu anladılar.

Olaydaki garipliği anlayanlardan biri, İngiltere'de araştırma yapan bir Yeni Zelandalı çekirdek fizikçisi Ernest Rutherford idi. O zamanki adıyla alfa ışınları üzerinde ilk deneyleri yapanlar arasında o da vardı. Bu ışınları doğuran neden, o zaman da bilinmemekteydi. Durağan olmayan ağır bir atom çekirdeği, örneğin, bir uranyum ya da radyum çekirdeği; kendiliğinden dışarıya yüksek enerjili elektrik yüklü bir parçacık fırlatır. Rutherford burada hiç beklenmeyen bir şey buldu. Eğer böyle parçacıklarla başka uranyum atomlarının çekir-

dekleri bombardıman edilirse, parçacıklar çekirdekten geriye yansıtılıyordu. Anlaşıldığına göre çekirdeğin elektrik yükü, onları geri itiyordu. Bilmence de buydu. Rutherford şu soruyu cevaplandırmaya çalışıyordu: "Madem alfa parçacığı uranyum çekirdeğinden çıktı, o halde neden tekrar çekirdekten içeri giremiyor?"

Elbette ki araştırmacılar, her atom çekirdeğinin görünmez bir engelle çevrili olduğunu biliyorlardı. Bu, çekirdeğin elektrik alanının doğurduğu bir kuvvettir. Şimdilik anlaşılantı şuydu: Alfa parçacığı engeli içerden dışarıya doğru aşabili-ği halde, neden dışardan içeriye doğru aşamıyordu? Yapılan yaklaşık hesaplar, bilmeciyi daha da içinden çıkılmaz hale getirmekteydi; çünkü, kuvvet engelini gücünün, dışarıya fırlatılan parçacıkların enerjisinden çok daha üstün olduğunu ortaya koymakta idiler. Bu hesaplara göre, aslında zaten alfa parçacıklarının hiç dışarıya çıkamamış olmaları gerekiyordu. Öyleyse bu parçacıklar çekirdekten kaçabilmek için engelin altından bir tünel mi açmışlardı? Her halde burda pek tekin olmayan işler dönüyordu!

Rutherford'un bilmecesi, ancak bambaşka problemlerle uğraşan iki araştırmacının dahice buluşları sayesinde çözülebildi. Bu dahice buluşlardan biri, atomun yapısı ile ilgiliydi. Rutherford, atom için bir "gezegen modeli" geliştirmişti. Bu modelde negatif yüklü elektronlar, pozitif yüklü çekirdek kütleli etrafında dolanıyordu. Rutherford'un modelinin zayıf tarafı şuydu: Dolanan elektrik yükü taşıyıcıları, mekanik kanunlarına göre, sürekli olarak elektromanyetik ışınım biçiminde hareket enerjisi kaybetmek zorunda idiler ve sonlarının çabucak gelmesi gerekiyordu. Enerjilerini kaybedip,

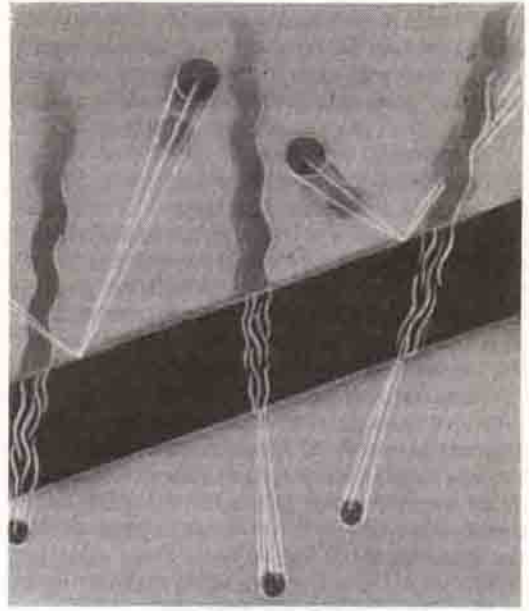
helezonlar çizerek atom çekirdeğinin üzerine düşmeleri kaçınılmazdı.

O halde, Rutherford'un modelini doğru kabul edersek, atom yapısının çabucak çöküntüye uğraması ve elektronların yörüngede kalamaması gerekiyordu. Oysa gerçekte elektronların düşüşü diye bir şey gözlenmemiştir. Aslında elektronlar dolanırken enerji düzeylerini korurlar; yani ışınım biçiminde enerji kaybetmezler. Sadece, dışarıdan gelen bir uyarım ile elektronlar çeşitli enerji düzeylerinin birinden diğerine atlarlar; kalan fazla enerji, ışınım şeklinde açığa çıkar.

Heisenberg'in belirsizlik ilkesi, elektronların neden çekirdek üzerine düşmediğine iyi bir açıklama getirmiştir. Ancak soruyu ilk kez Danimarkalı fizikçi Niels Bohr doğru olarak cevaplandırabilmişti. Bohr 1912'de Rutherford'u Manchester'de ziyaret ettikten sonra, atomların en basiti olan hidrojen atomunun olası değişik enerji düzeylerinin doğru olarak hesaplanmasına olanak veren bir formül düzenlemiştir. Bu formülde, her şeyin kendisine bağlı olduğu bir nicelik yer alıyordu. Bu da, Alman fizikçisi Max Planck'ın keşfetmiş bulunduğu Planck değişmezi (konstantı) idi. Bu değişmez, daha 1905'te ünlü Albert Einstein'ın fotoelektrik etkisini açıklayabilmesine yardımcı olmuştu. Ayrıca da, eskiden herkesin sadece elektromanyetik dalgalar saydığı ısı ve ışık ışınlarının, bir parçacık akımı özelliğini de gösterebildiklerini ortaya koymuştur. Einstein, bunlara foton adını verdi ve küçük enerji paketleri, ya da o zamanki deyimle, kuantlar biçiminde ortaya çıktıklarını belirtti.

Bundan yedi yıl sonra, Niels Bohr atom bilmecesini çözdü. Bohr, ışık kuantları ve atomdaki enerji düzeyleri arasında bir ilişki olduğunu bulmuştu. Buluşuna göre, enerji düzeyleri öyle rastgele değerler alamıyordu. Bir enerji düzeyi ile onu hemen izleyen enerji düzeyi arasındaki fark, hep tam sayılar, örneğin, Planck değişmezinin bir katı, iki katı, üç katı, yedi katı vs. biçiminde olabiliyordu. Buna karşılık, diyelim sekizde yedi gibi kesirli bir değer alamıyordu.

Fizikçiler bir şeyin nasıl olduğunu anladıkları zaman ne yaparlar? Cevap: Bunu doğuran nedeni de araştırırlar. Bura-



Burada parçacık ve madde dalgalarının bulunmasına yol açan olay canlandırılmaktadır: Alfa bozunumu sırasında bir parçacık kendisinden çok daha güçlü bir engel aşabilir. Nasıl mı? Alfa parçacığı dalga olur ve "tünel" açıp engelin altından aşar. Böyle bir olay için milyonlarca yılın geçmesi gerekebilir.

da şu problem vardı: Atomdaki elektronların enerjisi neden kuantlaşmış biçimde idi?

Bohr'un buluşundan oniki yıl sonra genç bir Fransız, cevabı bulmak amacıyla cesur ve spekülatif bir fikir ortaya attı: Louis de Broglie'ün düşüncesine göre, Einstein'ın "Işık, bazen bir parçacık akımı gibi davranır" sözünü tersine çevirmek gerekiyordu. herkes elektronların küçük küreciklere benzeyen maddesel parçacıklar olduğundan emindi ama, belki de elektronlar, bazen dalgalar gibi davranabiliyorlardı.

İş, sadece fikir safhasında kalmadı. De Broglie basit bir formül tasarladı. Bu formül, böyle bir madde dalgasının dalga uzunluğunun nasıl hesaplanabileceğini gösteriyordu. Bunun sonucuna göre; bir elektronun impulsu ne kadar yüksek olursa, dalgaları da o ölçüde kısalmaktaydı. İmpuls, kütle çarpı hızı eşittir. Elektronun kütlesi çok küçük olduğu için, bu kuralı daha basit olarak da ifade edebiliriz: Bir elektron ne kadar hızlı hareket ederse, dalgası da o ölçüde kısılır. Hangi ölçüde mi? Burada Planck değişmesi gene önümüze çıkıyor.

Belki burada anlattıklarımız sadece teorik düşünceler olarak görünebilir. Ancak bu görünüş yanıltıcıdır. Aslında de Broglie'ün fikri, atom araştırmalarında çok önemli sonuçlara varılmasını sağlamıştır. Nitekim, Avusturyalı Erwin Schrödinger "dalga mekaniği"ni geliştirirken şunları belirlemiştir: Elektronlar ve diğer atomiçi parçacıklar söz konusu olunca, İngiliz bilgini Isaac Newton'a dayanan klasik hareket kanunları geçerliklerini kaybeder. Bunun yerini madde dalgaları konusundaki yeni bir denklemin alması gerekir.

Böylece atom araştırmacıları birdenbire atomla ilgili bir-



Bir sis odacığında alfa ışınlarını izleri. Kalın izler, uranyum çekirdeğinden kaçabilmiş ve sonra tekrar parçacık özelliğini kazanmış ağır alfa parçacıklarına aittir. Zaten, Profesör Paul Davies'in belirttiği gibi, araştırmacılara madde dalgalarının izini bulduran da bu alfa ışınımı olmuştur.

çok bilmeceyi çözebilir duruma gelmişlerdi. Örneğin neden sadece belirli enerji düzeyleri vardı? Cevap: Çünkü ancak belirli dalga motifleri, enerji kaybı olmaksızın yanyana bulunmaya olanak verir. Atom çekirdeğinin etrafındaki durumu, gitar teli titretiltiği zaman ortaya çıkan tonlara ve üst tonlar benzer.

Schrödinger'in dalga denklemi, üstelik Niels Bohr'un 1912'den kalma formülü ile de iyi uyuyordu. Sadece, Schrödinger'in denklemi çok daha kapsamlı idi ve Bohr'un formülüne onun sadece bir bölümü gözüyle bakılabildi. Daha sonraki yıllarda kuantum mekaniği adıyla tanınan bu yeni teori, elektronlar ve diğer parçacıklara ilişkin yeni problemlere de uygulandı. Bugün Schrödinger'in dalga denklemi bütün atom, molekül ve katılar fizikinin, ayrıca fizikokimyanın büyük bölümünün temelini oluşturmaktadır.

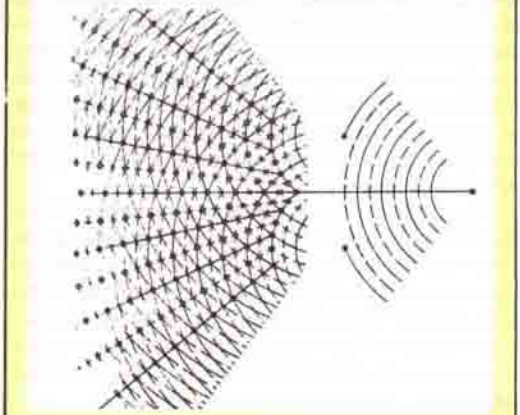
Acaba maddenin dalga yapısı, sadece en küçük parçacıklar alanında mı geçerlidir? İnsan da bazı durumlarda bir dalga gibi davranabilir mi? Dünyadaki bütün araştırmacılar birden bu soruyla karşılaşmış bulunuyorlardı. Atomiçi alanda bile olanaksız sanılan şeylerin mümkün olduğu ortaya çıkmıştı. Örnek olarak bir kuvvet alanıyla karşılaşan bir elektron akımını ele alalım: Eğer bu itici bir alansa elektronları iteceğini ve buna karşılık çekici bir alansa elektronları kendine çekeceğini varsaymak akla uygun olur.

Bu varsayım akla uygun görünüyor ama; anlattığımız olayı dalga mekaniği denklemleriyle incelersek varsayımlarımız yanlış çıkmaktadır. Bu denklemlere göre; çekici bir alan bile bazı dalgaları itebilmekte, elektronlar bazen çekilecekleri yerde geriye fırlatabilmektedir. Bu olay seyredilebilse; deliğe kadar yuvarlanan, fakat deliğin kenarına gelince içeriye düşeceğine birden geri dönen bir golf topu görmüş gibi olacaktık.

İkinci ve hemen hemen inanılmaz gibi gelen bir olay da şudur: Madde dalgaları örneğin atom çekirdeğinin etrafındaki kuvvet alanı gibi bir engelle karşılaştıkları zaman, bütünüyle durdurulamazlar. Bazı dalgalar engelden sızar ve öbür tarafında tekrar görünürler. Bunun anlamı; elektronların, aşmak için enerjileri yetmese bile bir engelden "tünel" açıp geçebilecekleridir. Tünel etkisi diye adlandırılan bu olaydan şimdi elektronikte yararlanıyoruz. Buna bir örnek, bir devre elemanı olarak kullanılan tünel diyotudur.

Yazımızın başında, parıldayan radyum saatinden ve bu parıltıyı doğuran alfa bozunumundan söz etmiştik. Artık bu olayı açıklayabiliyoruz. Alfa bozunumunun arkasında da dalgalar yatmaktadır. Nasıl elektron dalgaları varsa, alfa parçacıkları da dalgalı olabilirler. Alfa parçacıkları ve bunlarla ilişkili dalgalar atomun kuvvet alanı gibi bir engelle çevreledikleri zaman bunun arasından sızabilirler. Böylelikle alfa parçacıklarının engelden "tünel" açarak sınırlı malını mümkün olur. Bunun tersine bir olayı neden seyrek olarak gözleyebiliyoruz? Cevap, böyle dalgaların kaçış oranının fevkalâde küçük olmasıdır. Bir alfa parçacığının atom çekirdeğinden tünel açabilmesi için milyonlarca yıl geçmesi gerekir.

Tünel etkisinden daha bile şaşırtıcı diyebileceğimiz bir olay, üstün iletkenliktir. Elektronlardan oluşan elektrik akımı, normal olarak, örneğin bir bakır tel gibi iletkenlerden dümdüz akmaz. Aksine, elektronlar metalin kristal yapısının arasından, önceden hesaplanamayacak biçimde dolanırlar. Bu arada, çoğu kere engellere çarpır ve yollarından saptırılır. Bunun sonucunda bildiğimiz elektrik direnci olayı ortaya



ışık ışınları iki aralıktan geçiyor. Dalga doruk ve çukurları birbirinin üstüne geliyor ve girişim çizgileri oluşuyor. Şaşırtıcı olan şey bunlardan her defasında sadece tek bir ışık parçacığı geçirilse ve bu parçacık, başka parçacık ve dalgalardan etkilenmese bile, girişim çizgilerinin meydana gelmesidir. Acaba her bir parçacık nasıl olup da bu girişim motiflerini biliyor?

çıkır. İşte şimdi ışın şaşırtıcı tarafına geliyoruz: Bazı maddeler, onları mutlak sıfır derecesine kadar soğuttuğumuz zaman, birdenbire bütün dirençlerini kaybeder ve üstün iletken olurlar. Halka biçimindeki bir üstün iletkende, elektrik akımı fiilen enerjisini kaybetmeksizin sonsuza kadar akabilir.

Bu nasıl oluyor? Bu olayın ardında ne yatıyor? Yine dalga etkileşimi ile karşı karşıyayız. Her yüklü parçacık bir elektrik alanı ile çevrelenmiştir. Bu alan, parçacığın yer aldığı kristal yapının biçimini biraz değiştirir. Bu da, öteki parçacıkların hareketini etkiler.

Fizikçilerin deyişiyle, kristalin içindeki atomlar arasında zayıf bir karşılıklı etkileşim vardır. Çok düşük sıcaklık derecelerinde, bu etkileşim elektron çiftlerinin oluşmasına yol açar. Şimdi biz bu elektronları halka biçimindeki bir cisme elektron çifti olarak aktarabilirsek; bunların halkadan geçen ku-

vantum dalgaları, aynı düzeyde kalan bir enerji durumuna erişecektir. Artık normal direnç olayı ile bu durumun değişmesi söz konusu değildir. Böyle akım elektronları tıpkı bir atom çekirdeğinin etrafında dolanan ya da salınan elektronlar gibi davranırlar. Onun için, üstün iletkenleri dev boyutlu, makroskopik atomlar sayabiliriz.

Bunda 25 Yıl önce Cambridge Üniversitesi'nde Brian Josephson adlı bir öğrenci, tünel etkisi ile üstün iletkenliği birbirine ilişkilendiren bir şey buldu. Josephson şunu kanıtlamıştı: Bir üstün iletkendeki elektron çiftleri, ince bir yalıtkan madde tabakasından "tünel" açılırlar. Bugün andığımız tünel etkisinin sadece belirli bir akım şiddetine kadar ortaya çıktığını biliyoruz. Ancak, bir manyetik alan yardımıyla mümkün en yüksek akım şiddetini azaltabiliriz. Eğer manyetik alanı bir kuvvetlendirir, bir zayıflatırsak; o takdirde mümkün en şiddetli akım da belirgin ritmik bir biçimde yükselir ve alçalır.

Bu etki de, elektron çiftlerinin dalga özelliği gösterdiğini ortaya koyar. Akım değerlerindeki yükselip alçalmalar; dalgaların manyetik alanın değişik bölgelerinden geçmesi, fazdan çıkması ve birbirini girişim (enterferans) dolayısıyla dönüşümlü olarak kuvvetlendirmesi ve zayıflatmasından ileri gelmektedir.

Üstün iletkenlik de artık çoktan laboratuvarından çıkararak uygulama alanına geçmiştir. Artık üstün iletkenlerden, çok güçlü mıknatıslar yapmak, çok zayıf manyetik alanları ölçmek ve evrendeki şu esrarlı "tekkutup"ları araştırmakta yararlanılmaktadır. Bu tekkutuplar, mıknatısların aksine sadece bir kuzey ya da güney kutbu bulunduğu öngörülen parçacıklardır.

Brian Josephson'un buluşu, belki kısa süre sonra fevkalâde hızlı çalışan bilgisayar devre anahtarlarının yapımını sağlayacaktır. Elektronların dalga özelliğinden de teknikte yararlanılmaktadır. Bunun bir örneği, elektron mikroskopudur. Bu mikroskopta, ışık dalgaları yerine elektron dalgaları kullanılıyor. Bunun yararı şudur: Elektron dalgaları çok daha kısadır ve bu yüzden bir resmi çok daha ince ayrıntısıyla gösterebilirler. Elektron dalgalarının metal yapısındaki kusurları ortaya çıkarma yeteneği de dikkatten uzak tutulmamalıdır. Bunun için elektron ya da nötron dalgalarından oluşan bir akım, incelenen metale yöneltilir ve dalga uzunluğu, atom çekirdeğinin kendi salınımı ile rezonans sağlayınca kadar değiştirilir.

Bütün bunlar çok ilgi çekici değil mi? Ancak hepsinden önemli soru, insanın da bir madde dalgası olup olmadığıdır. Kesin olarak evrende her parçacığın bir de dalgası olduğunu söyleyebiliriz. Örneğin tam yapılmış atomlar arasında bile girişim olayları gözlemlenmiştir. Bu, ancak atomla ilişkili bir dalgaının olmasıyla açıklanabilir. O halde ilke olarak insanların ve hatta gezegenlerin bir kuantum dalgası vardır. Bu dalgayı algıyamadığımızın nedeni, bundan 60 yıl önce Fransız bilgini de Broglie'nün düzenlemiş olduğu formülden anlaşılabilir. Bu formüle göre, impuls arttıkça dalgaının boyu kısaldı. Impuls ise cismin hızı ve kütlesi ile orantılı olarak artar. Bir elektrikli ev aletinden akım olarak geçen bir elektronun dalga uzunluğu, aşağı yukarı milyonda bir santimetre kadardır. Tipik bir bakterinin dalga uzunluğu, bir atom çekirdeğinin çapından daha küçüktür. Bir futbolcunun havaya fırlattığı bir futbol topunun dalga uzunluğu ise 10³²

santimetredir. Bu sayıyı bir kere de rakkamla belirtelim 0 000 000 000 000 000 000 000 000 000 01 santimetre!

İnsanlar ve gezegenler için bu değerler çok daha küçüktür. O halde pratikte kendi beden dalgalarımızı fazla önemsemeden gözardı edebiliriz.

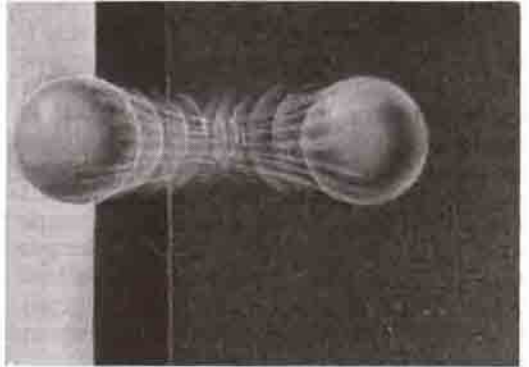
Eğer madde dalgaları ile ilişkili bazı çözülmemiş temel sorunlar olmasaydı yazımızı burada noktalayabilirdik. Bilim adamlarının özellikle son elli-altmış yıldır uğraştığı bu sorunların temelinde şu soru yatmaktadır: Kuantum dalgaları aslında nedir?

Eğer madde dalgaları ile ilişkili bazı çözülmemiş temel sorunlar olmasaydı yazımızı burada noktalayabilirdik. Bilim adamlarının özellikle son elli-altmış yıldır araştırdığı bu sorunların temelinde şu soru yatmaktadır: Kuantum dalgaları aslında nedir?

Normal hayatta her şey mantıkla açıklanabilir gibi görünmektedir. Buna göre ortada ya madde vardır, ya dalga. Bir cisim aynı zamanda bir dalga olamaz. Buna göre, cismi olan elektronların dalgası olamaz. Ne var ki, elektron dalgaları olduğu ortaya çıkarıldı ve fizikçiler önce ne diyeceklerini şaşırıldılar. Sonra, dalga-parçacık ikiliğinden söz ettiler. Açıklamalarına bakılırsa, elektronlar duruma göre dalga ya da parçacık özelliğini gösterebiliyorlardı. Danimarkalı Niels Bohr bu konuda bir adım daha ileri gitti ve "bütünleme ilkesi"ni ortaya koydu. Bu ilkeye göre, dalgalar ve parçacıklar birbirinin zıddı değildir, tam tersine, birbirini bütünlerler. Bundan dolayı bir elektron bazen bir dalga, bazen bir parçacık özelliği gösterebilir ama; her iki özelliği aynı anda gösteremez.

Bohr, elektronların aslında bir dalga mı, yoksa parçacık mı olduğu sorusunu mantıksız bulmaktaydı. Gereğesi şuydu: Bir elektron hakkında bir şey öğrenmek isteyen kimse, onu gözlemek zorundadır. Gözlem yapmak demek, ölçüm yapmak demektir. O halde elektronun dalga olup olmaması, yapılan deneye bağımlı kalmaktadır.

Bohr'un düşüncesi, ilk defa 19. yüzyılın başlangıcında Thomas Young adlı İngilizin yapmış olduğu bir deneyi yeniden gün ışığına çıkardı. Young bu deneyi ışık ışınları ile yapmıştı ama, bu deney kolayca elektronlarla da tekrarlanabilir.



Mutlak sıfır noktasına yakın sıcaklık derecelerinde, bir yalıtkan tabakasının altından tünel açıp geçebilen elektron çiftleri oluşur. Bunu madde dalgaları mümkün kılmaktadır. Üstün hızlı bilgisayar devre anahtarlarında anılan bu "Josephson etkisi"nden yararlanılacaktır.

"Schrödinger'in kedisi" ile yapılan bir "düşünce yürütme" deneyi: Sandığın içinde, ne zaman olacağı öngörülemeden bir radyoaktif impulsün ortaya çıktığı anda çekicinin hareket etmesini sağlayan bir alet vardır. Çekiç, içinde potasyum siyanür bulunan kabı kırar,



Siyanür kediyi öldürür. Ortadaki şekilden görüleceği gibi, sandık kapalı iken kimse kedinin henüz canlı mı yoksa ölü mü olduğunu söyleyemez. Bu, ancak son şekildeki gibi sandık açıldıktan sonra anlaşılabilir. Yazımızda Profesör Davies, kedi için "ölü" ve "canlı"nın dışında ürkütücü bir üçüncü durumun söz konusu olabileceğini açıklıyor.

Young, deneyinde ışığı iki dar aralıktan geçirmişti. Bunun üzerine arkalarındaki duvarda bugün girişim çizgileri dediğimiz bir sıra aydınlık ve karanlık çizginin belirmediğini gördü. Young'un deneyinde bu şekilde ortaya çıkan çizgiler, ışığın dalga özelliğini açıkça kanıtlamaktadır. İki dalga birbiriyle karşılaşır ve kesirse, her zaman girişim ortaya çıkar. Dalga doruğu ile dalga doruğu karşılaşır, dalga zayıflar ya da yok olur; yani karanlık meydana gelir. Daha önce Josephson etkisini anlattığımız zaman girişim olayından söz etmiştik. Nitekim Young deneyinde de sağ ve sol aralıktan geçen ışık dalgaları üst-üste gelmekte ve dönüşümlü olarak birbirini kuvvetlendirmekte ya da zayıflatmaktadır.

Şimdiye kadar anlattığımız her şey normaldir ve iyi bilinmektedir. Ancak şimdi ışığı bir parçacık (foton) akımı olarak ele alırsak, garip bir çelişki ile karşılaşırız. Işığı, aralıklardan her defasında sadece bir foton geçecek kadar karartmak mümkündür. Şimdi, uzun bir süre içinde elde olunan sonuçları, örneğin, fotonların bir fotoğraf plakını karartmasını sağlayarak kaydederseniz, tuhaf bir şey görürüz: Fotoğraf plakında girişim olayını gösteren noktacıklar meydana gelmiştir. Çelişki bunun neresinde? Cevap: Tek bir foton sadece tek bir aralıktan geçebilir, her ikisinden birden değil. Girişim motiflerini açıklamak içinse her iki aralığın varlığı gerekir. Bir foton davranışını, nasıl içinden geçmemiş olduğu aralığın durumunu "bilip" belirleyebiliyor?

Bohr, bu soruya da bir cevap buldu. Cevap, insanın gözlemci olarak rolü ile ilişkiliydi. Bohr'a göre, girişim motifini bozmadan belirli bir fotonun hangi aralıktan geçtiğini öğrenmemize olanak yoktu. Diyelim ki, biri fotonun yolunu izlemek istesin. O takdirde yaptığı gözlemlerle sistemi etkileyecek ve motifini bozacaktır. Sonuçta girişim çizgileri ortadan kay-

bolacak ve sadece birbiriyle üstüste gelen parlak noktacıklar kalacaktır. Başka türlü söylersek; örneğin, uzayda belirli bir yol izleyen fotonların parçacık özelliğini gözleyen bir kimse, onların dalga özelliğini farkedemeyecektir. Tersine, eğer fotonun izlediği yol ile uğraşmazsak, o takdirde girişim çizgileri ile ortaya çıkan dalga özelliğini gözleyebiliriz. Bohr'un düşüncesine göre; burada tek bir deney değil, birbirini bütünlükten iki deney söz konusudur. Deneyin biri parçacıkları, diğeri ise dalgaları ortaya çıkarmaktadır.

Kısa bir süre önce, Teksas'taki Austin Üniversitesi'nden fizikçi John Wheeler bu garip açıklamaya daha da şaşırtıcı bir nokta ekledi. Wheeler, dalganın mı yoksa parçacığın mı gözleneceği seçiminin, foton ya da elektron aralıklar düzeninden geçtikten sonra yapılması gerektiğini belirtmektedir. Wheeler'in gösterdiği gibi, ya projeksiyon ekranından aralığa doğru, yani tersine bakarak ışığın hangi aralıktan geçmiş olduğunu tesbit etmek, ya da buna bakmaksızın girişim motifinin oluşumunu sağlamak seçimimiz vardır. Bunun anlamı şudur: Araştırmacı verdiği kararla, aralıktan bir dalga mı yoksa ışın mı geçeceğini "sonradan" etkileyebilecektir!

Fizikçiler, bu deney düzenine "gecikmiş seçim deneyi" adını vermektedirler. Bu deney, dalga-parçacık ikiliğinin insana pek tekin görünmeyen bazı özelliklerini ortaya koyuyor: Burada deneyi yapan sanki geçmişi etkileyebiliyormuş gibi görünmektedir.

Kuantum teorisinde ortaya çıkan bu gibi etkiler, mistik eğilimleri olan kimseler tarafından bütün olağandışı olayları açıklamada kullanılmak istenmiştir. Durumu açıklığa kavuşturmak için hemen söyleyelim ki, bu gecikmiş seçim düzeni öyle geçmişe mesajlar göndermek üzere kullanılamaz. Deneyi yapan kimse geçmişini değiştirmemekte, sadece bir biçim almasında etken olmaktadır.

Doğrulanmış olan şey, gözlemcinin, kuantum düzeyinde gerçeğin ne olduğunun belirlenmesinde temel bir rol oynadığıdır. Bu durum fizikçilerle filozofların her zaman şaşırtmıştır. Şu soruyu sormamız gerekmektedir: Bir kimse bir elektron ya da fotonu gözlediği zaman ne olmaktadır? Daha önce gördüğümüz gibi, dalga özelliği, insan gibi büyük cisimlerde normal olarak tamamen önemsizdir. Yine de; kuantum düzeyinde yapılan bir ölçümde ne ölçüm aletinin, ne insanın dalga özelliklerinin gözardı edilemeyeceğini sanıyoruz.

Bilim burada çetin bir problemle karşı karşıyadır. Bilgisayarların gelişimine önemli bir katkısı olan Amerikalı matematikçi John von Neumann, bunu çözmek için bir model geliştirdi. Bu modelde kuantum parçacıkları, ölçüm aleti ve gözlemci, tek ve bölünmez bir kuantum sistemi olarak ele alınıyor. Anılan sistem bir bütün olarak Avusturyalı Schrödinger'in daha önce anlattığımız dalga denkleminde uymaktadır. Neumann bununla insan vücudu boyutlarındaki bir sistem de olsa ve dalgaboyunun küçüklüğü yüzünden gözlenemese bile, dalga girişiminin etkilerini araştırmak istiyordu.

Von Neumann'ın vardığı sonuçları bizi kaygılandırmıştır: Gözlemcinin dalga özellikleri; nicelik (miktar ve güç) açısından kuşkusuz çok küçük değerler taşımakla birlikte, temel bir rol oynamaktadır. Eğer gözlemin sonuçlarını doğrulukla belirleyeceksek, bunları görmezlikten gelemeziz.

Birçok fizikçiler büyük sistemlere dalga özellikleri tanınmasından rahatsız olmaktadır. Bunun nedeni şudur: Hayat-

taki çok değişik durumları karşılayan iki değişik dalga biçimi düşünülebilir. Bu dalga biçimleri birbirleriyle kesişip birbirlerini etkileyebilirler. Bu olanaklar konusunda ünlü bir örneği, bizzat dalga denklemlerinin kurucusu Schrödinger vermiştir. Bu, bir sandık ya da büyük kutu içinde bulunduğu varsayılan bir kediyi yapılan "düşünce yürütme" deneyidir. Kutuda kediyi birlikte bir potasyum siyanür şişesi ve vurmaya hazır bir çekiç bulunmaktadır. Kutuda ayrıca bir parça da radyoaktif madde yer almakta olup, hiç kimse bu maddenin ne zaman alfa parçacıkları yayınlayacağını kesinlikle bilmemektedir. Parçacıklar yayınlandığı zaman çekiç şişeye vuracak, şişe parçalanacak ve çıkan gaz kediyi öldürecek. Düşünmemizde yürüttüğümüz bu deneyi, çok insanlık dışı olmakla birlikte, buraya kadar hayatta da gerçekleştirebiliriz.

Şimdi işin içine dalgalar girerse, bir çelişki ile karşılaşırız: Belirli bir anda, alfa parçacığına ilişkin dalganın bir bölümünün "tünel" açarak atom çekirdeğinden ayrılmış olduğunu, bir bölümünün de hâlâ çekirdekte bulunduğu düşünülebilir. Eğer kediyi dalga olarak ele alırsak, o takdirde dalga motifi kısmen canlı bir kediyi, kısmen de ölü bir kediyi ait birer dalgadan oluşacaktır. Her iki dalga girişim yapacak ve hayali zorlayan bu geçiş safhasında kedi ne ölü, ne de canlı olacaktır.

Bilimsel tartışmalarda henüz böyle çelişkili durumların uzlaştırılması sağlanamamıştır. Bazı fizikçilere göre durum



Saatin akrep ve yelkovanı ile rakamları, radyum boyası ile kaplandıkları için parıldıyor. Saatin çift anlamı vardır: Parıldıkları madde dalgalarından ileri gelmektedir. Ama belki de bu dalgalar aynı zamanda bugünle geçmiş arasındaki ayrımlı kaldıran bir köprü oluşturmaktadırlar.

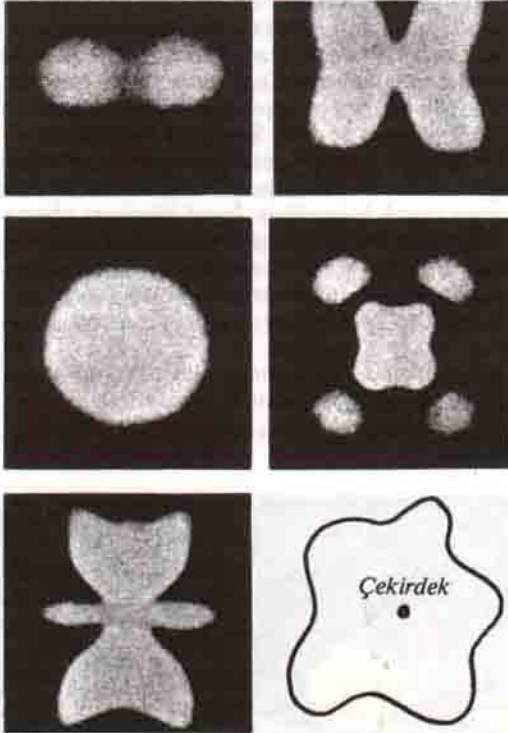
şu şekilde yorumlanmalıdır: Evren, birbiriyle yanyana var olan iki gerçekliğe bölünmektedir. Bunlardan birinde canlı kedi, ötekinde ise ölü kedi bulunuyor. Başka fizikçiler ise şöyle bir çıkış yolu teklif etmişlerdir: Kuantum dalgaları bir kedi ya da insanın vücuduna uygulanabilir ama, ruh konusunda geçersizdirler.

Üçüncü bir düşünceye göre dalgalar, tek başına alfa parçacıkları ve kediler hakkında değil, olsa olsa özdeş sistem dizileri hakkında bilgi verebilirler. Bu yüzden kedi bazı hallerde canlı, bazı hallerde ölü olabilir.

Sorunun doğru cevabı ne olursa olsun, açıkça görülen şudur: Maddenin dalga özelliği bir gerçektir ve büyük cisimlerin, özellikle akıl sahibi gözlemcilerin dalga özelliklerini dikkate alırsak; gerçeğin ne olduğu ve gözlemciyle dış dünya arasındaki bağlantı konusunda çetin problemlerle karşılaşırız. Elbette kediyi yaptığımız düşünce yürütme deneyi, madde dalgalarının çelişkili yönlerini göstermek üzere öncelikle böyle düzenlenmiştir. Ancak bir atom çekirdeğindeki bir alfa parçacığını açığa çıkardığı zaman, her defasında tam bunun gibi bir olay meydana gelmektedir.

Eğer radyum boyalı panıldayan bir saatiniz varsa; belki de rakkamları ile akrep ve yelkovanına hakarken, yazımızda anlattıklarımızı hatırlarsınız.

P.M.'den çev.: Dr.Ergin KORUR



Burada atom çekirdeğinin etrafında dolanan atomların oluşturduğu üç boyutlu "duragan dalgalar" görülmüyor. Bugün, parçacıkların dalga özelliği olmaksızın madde yapısının bir dakika bile ayakta kalamayacağını biliyoruz.

Hoşgörü, özgürlüğe benzer; şimdiye kadar hiç kimse onu, yalnız istemekle elde edememiştir. Hiç kimse, sonsuz bir özen ve dikkat göstermediği takdirde, hoşgörüyü koruyamaz.

H. Villiem VAN LOON