

Kuantum Mekaniğinde İnanılmaz Bir Deney

Foton Telepatisi



İsviçre'de yapılan bir deney sırasında, aralarında 10 km uzaklık olan iki foton, sonucu önceden bilinemeyecek olan bir durumda, tıpatıp aynı şekilde davrandılar! Adeta bir foton telepatisi söz konusuydu. Kuantum mekaniğinin şaşırtıcı deneyi, Einstein'ın özel görellik kuramı ile ilgili yeni soruları gündeme getirecek gibi görünüyor.

BİLİMSEL deneyler bazen büyük bir başarıyla sonuçlanır. İsviçre'de üç kenti kapsayan bir alanda yapılan son foton deneyi de böyle bir zaferle bitti! Deney Cenevre'de ve ondan sırasıyla 7,3 km ve 4,5 km uzaklıktaki Bernex ve Bellevue kentleri arasında yapıldı.

Nicolas Gisin yönetimindeki Cenevre Üniversitesi fizikçilerinin başarısının yalnız teknikle ilgili olduğu sanılmamalıdır. İsviçreli bilim adamları geçen Temmuz'da, kuantum fiziğinin yasalarıyla belirlenen, atomdan küçük parçacıkların garip davranışlarının, makroskopik (atomdan daha büyük) sistemlerde de görülebileceğini başarılı bir biçimde kanıtladılar. Böylece günlük yaşamımıza -mikro dünyaya ait olan ve önsesizel olmayan- bir diğer gerçek giriverdi.

Söz konusu deney, birbirlerinden uzak olan iki fotonun, bir "iletişim halinde" olduklarını göstermek amacıyla yapılmıştı. Deneyde aynı kaynaktan, lazerle uyarılmış bir KNbO_3 kristalinden çıkıp iki farklı yöne giden iki foton gözlemlendi. Fotonların her biri bir optik lif içine alınarak yarıyansıtıcı bir aynaya ulaştırıldı. Bu ayna, adından da anlaşılacağı üzere bir fotonu bazen geçirir (bu durumda bir detektör, foton geçtiğini haber verir), bazen de yansıtır (bu durumda foton, hareket yönünü değiştirir).

Yarıyansıtıcı bir aynaya gelen bir fotonun aynadan geçmesi ya da yansıtması tümüyle rastlantıya bağlıdır. Çok sayıda deney yapılarak bunların istatistikleri dikkate alınırsa şu görülür: Aynadan geçen ve yansıyan fotonların sayısı eşittir; bir başka deyişle ayna kaç foton geçirmişse o kadar fotonu da yansıtmıştır. Sağduyu bize şunu söyler: Davranışları

tümüyle rastlantıya bağlı olması gereken iki fotonun her birinin, diğeri gibi davranması için hiç bir "mantıksal" neden yoktur. İşte bu deneyi inanılmaz yapan şey de budur. İsviçreli fizikçiler kesin olarak şu gözlemi yapmışlardır: Aralarında 10 km uzaklık olan iki foton, ayna karşısında her seferinde birbirleriyle aynı davranışı göstermiştir; fotonlardan biri yarıyansıtıcı bir aynadan geçmişse, ondan 10 km uzaktaki öteki foton da aynı anda yarıyansıtıcı bir aynadan geçmiştir. Biri yansıtırsa, aynı anda öteki de yansımıştır. Sanki her biri, diğeriyle o anda ne yaptığını bilmektedir. Sanki fotonlar arasında telepati vardır...

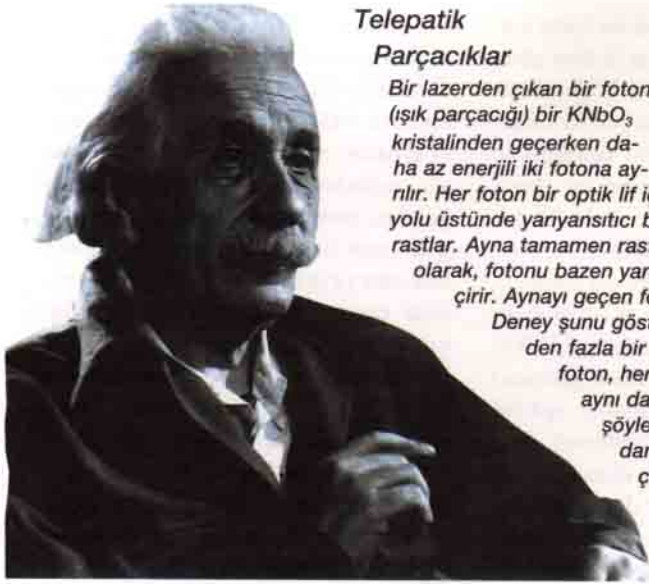
Daha da garip olan şey şudur: Özel görellik kuramına göre, hiçbir sinyal ışıktan daha hızlı ($> 300\,000$ km/saniye) gidemez; oysa aralarında 10 km olan iki foton aynı anda (arada zaman geçmeden) aynı davranışı göstermektedir!

Ne kadar açıklanamaz olursa olsun, benzer bir olay bilim adamlarınca daha önce de görülmüştür. 1981'de Fransız fizikçisi Alain Aspect, Orsay Optik Enstitüsü'nde daha küçük ölçekte yaptığı laboratuvar deneylerinde, dünyada ilk defa iki parçacığın her an özdeş davranışlar gösterebileceğini bulmuştur. Ancak bu son deney farklıdır; burada iki foton arasındaki uzaklık 10 km'dir. İki foton üç kentin üstünden nasıl elele verebilmektedir? Bu kadar uzak bir mesafeyi aşarak iki fotonun tıpatıp aynı davranışları yapmasını ne sağlamaktadır? İki fotonun özel görelliğe isyan ederse, aynı anda aynı davranışı yapması nasıl açıklanabilir?

Bu gibi sorular yeni değildir. Fizikçiler teknolojik yetersizlik nedeniyle kuantum deneyleri yapamadıkları zamanlarda bile bu konu üzerinde düşünüyorlardı; kuantum fiziğinin doğuşunu

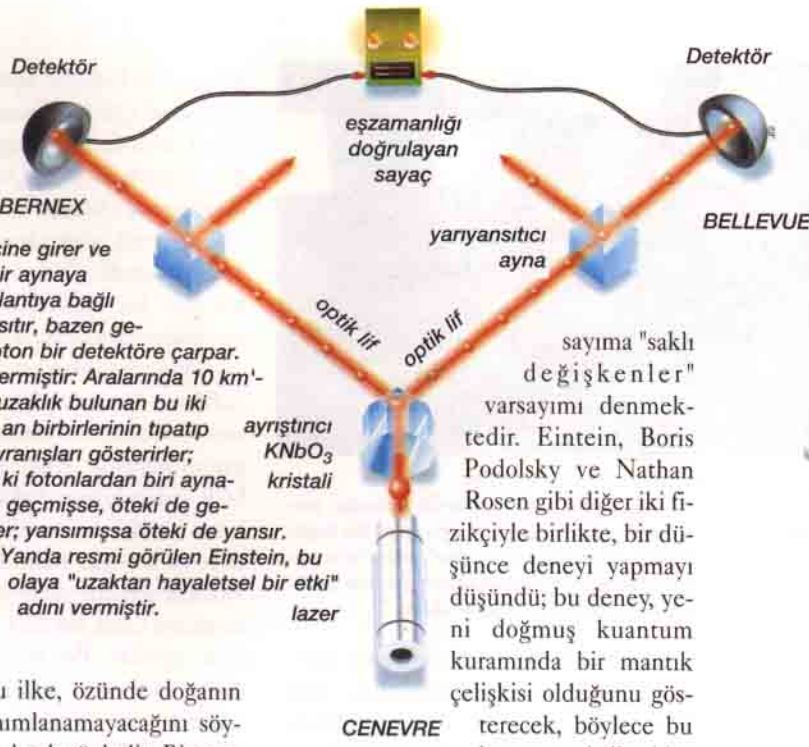


Aralarındaki uzaklık 10 km olan iki zar aynı anda atılıyor ve ikisinde de aynı sayı geliyor... Sanki birbirleriyle konuşup anlaşmışlar gibi. İsviçre'deki Cenevre, Bellevue ve Bernex kentleri arasında iki fotonla yapılan bir deney, şematik olarak buna benzeyen şaşırtıcı sonuçlar verdi.



Telepatik Parçacıklar

Bir lazerden çıkan bir foton (ışık parçacığı) bir KNbO_3 kristalinden geçerken daha az enerjili iki fotona ayrılır. Her foton bir optik lif içine girer ve yolu üstünde yanyansıtıcı bir aynaya rastlar. Ayna tamamen rastlantıya bağlı olarak, fotonu bazen yansıtır, bazen geçirir. Aynayı geçen foton bir detektöre çarpar. Deneş şunu göstermiştir: Aralarında 10 km'den fazla bir uzaklık bulunan bu iki foton, her an birbirlerinin tıpatıp aynı davranışları gösterirler; şöyle ki fotonlardan biri aynadan geçmişse, öteki de geçer; yansıdıysa öteki de yansır. Yanda resmi görülen Einstein, bu olaya "uzaktan hayaletsel bir etki" adını vermiştir.



izleyen yıllarda (1900-1920'ler arası) en azından kuramsal olarak, atomdan küçük madde parçacıklarının inanılmaz davranışlarına tanık oldular. Evren'deki bütün cisimlerin dalga-parçacık ikilisinden oluştuğunu anladılar.

Bu ikilik (düalite) kuralından büyüleyici özellikler ortaya çıktı. Bunlardan biri de şuydu: İki dalga-parçacık "birleşebilir": Her birinin değişkenleri (enerji, hız, konum vb), aynı denklemin içinde tekleşir. İki dalga-parçacık tek dalga-parçacık halini alır. Bu durumda bu iki dalga parçacığın "kuantum uyumu" halinde oldukları söylenir.

Kuantum fiziğinin bir başka temel kuralı da yüzölçümünün başında yaşamış fizikçileri şaşırttı: Heisenberg'in "belir-

sizlik ilkesi". Bu ilke, özünde doğanın kesin olarak tanımlanamayacağını söyler; daha somut olarak şöyledir: Bir parçacığı belirleyen değişkenlerin hepsini aynı anda bilemeyiz; şöyle ki parçacığın yerini bildiğimiz ölçüde, hızını ölçmede hata yaparız; ya da bir parçacığın enerjisi ne kadar çok belirliyse, o parçacığın kaynaktan çıkışı anı o kadar az belirlidir.

Bu buluşa karşı çıkanlar oldu. Yeni fiziğin kurucularından Einstein bile, maddedeki bu belirsizliğin bilgimizin azlığından ve kuantum kuramının eksikliğinden kaynaklandığına inanıyordu. Einstein'a göre tümüyle gerekirci (determinist) bir gerçeklik vardı; fakat bu, kuantum fiziğinin tanımlayabileceğinden çok daha derinlerdeydi. Bu var-

sayıma "saklı değişkenler" varsayımı denmektedir. Einstein, Boris Podolsky ve Nathan Rosen gibi diğer iki fizikçiyle birlikte, bir düşünce deneyi yapmayı düşündü; bu deney, yeni doğmuş kuantum kuramında bir mantık çelişkisi olduğunu gösterecek, böylece bu kuramın eksik olduğunu ortaya çıkaracaktı.

Bu üç fizikçinin yapmayı tasarladıkları deney, İsviçreli araştırmacıların bu yazıda sunduğumuz deneyiydi. 1930'larda bu deneyi gerçekleştirmek teknik bakımdan olanaksızdı. Bu nedenle kuantum fiziğinin eksikliği o tarihlerde kanıtlanamadı. Tam tersi oldu! "EPR (Einstein-Podolsky-Rosen) paradoksu" fizik araştırmalarına on yıllarca damgasını vurdu. Aksine, bu araştırmalar kuantum fiziğinin tamamlığını ortaya koydu: Eksiklik kuantum fiziğinde değildi; parçacıklar dünyasının gerçekleri tam belirlenemez cinstendi; bu gerçeklerin ancak bir bölümüne erişilebilirdi! Peki, EPR paradoksuna ne anlam vereceğiz? Gördüğümüz gibi, değişkenleri bağlantılı iki foton oluşturulup her biri farklı bir yöne gönderilebiliyor. Birinci fotonun enerjisi tam olarak ölçülürse, Heisenberg'in belirsizlik kuralına göre bu fotonun, kaynağını ne zaman terkettiği bilinmeyecek. Buna karşı, bu iki foton bağlantılı olduğundan, değişkenleri arasındaki bağıntı (korrelasyon) tam olarak bilinmektedir. Bu nedenle ikinci fotonun kaynağını ne zaman terkettiği (emisyon anı) ölçülebildiğinden, birinci fotonun kaynağından ayrılma anını da bulabiliriz. Sonuç olarak birinci fotonun hem enerjisini, hem kaynağından ayrılış anını kesin olarak bilebiliriz.

Ne var ki bu, belirsizlik kuralına göre olanaksızdır. Bu temel çelişkiyi nasıl çözmeli? Fizik kuramları buna şöyle bir





Kuantum Şifreleme

Birbirlerinden uzak bağlantılı fotonlar, yeni teknolojilerin kapısını açmıştır. Bu bağlamda, "kuantum şifreleme", askerlere şifreli mesajları ele geçmeden anında göndermek olanağı sağlayacaktır.

açıklama getirdiler: Birinci fotonu, enerjisini ölçerken, etkilediğimizden, "aynı anda" ikinci fotonu de etkilemiş oluruz. O halde ikinci fotonun kaynağından çıkış anını kesin bilemeyiz; çünkü ikinci foton, birinciye uygulanan ölçmenin etkisinde kaldığından, değişkenlerini değiştirmiştir; bu nedenle ikinci fotonun kaynağından çıkış anı doğru olarak ifade edilemez. Bu açıklama belirsizlik kuralını kurtarmıştır, ama çok büyük yeni bir çelişki doğurmuştur: Fizikçiler, bu açıklamayla birinci foton üzerinde yapılan ölçmenin onun çok uzağında bulunan ikinci fotonu etkileyeceğini kabul etmişlerdir. İyi ama bu etkileme hangi yolla oluşmaktadır? Birbirinden uzak iki parçacık arasında nasıl olup da anında bir "iletişim" sağlanmaktadır? İkinci parçacık, birinci parçacık üzerinde ölçme deneyleri yapıldığını nasıl haber almaktadır? Kuşkuçu Einstein, kuantum fiziği için şu sözleri boşuna söylememiştir: "Uzaktan hayaletsel bir etki".

Bu temel çelişki nasıl çözülebilir? Acaba fizikçiler bağıntılı iki fotonun, aralarındaki uzaklığa rağmen, aynı anda et-

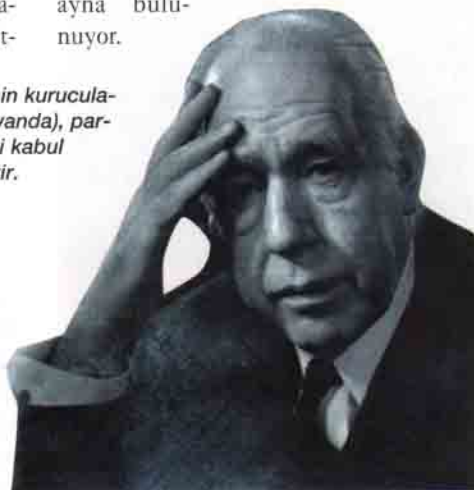
Albert Einstein'ın aksine, kuantum fiziğinin kurucularından biri olan Danimarkalı Niels Bohr (yanda), parçacıklar arasında "bağlantı" olabileceğini kabul ediyordu. İsviçre deneyi ona hak vermiştir.



kileşmesini kabulde neden bu kadar zorlanıyorlar? Çünkü Einstein'ın özel görelilik kuramına göre, hiçbir bilgi ışıktan daha hızlı iletilemez. Örneğin, bir elektromıknatısa elektrik akımı verildiğinde bir manyetik alan oluşur ve bu alanın dalgaları etrafa ışık hızıyla yayılır. Demir bir çivi, bu manyetik alan kendisine ulaşmadan mıknatısa doğru çekilemez.

Özel görelilik kuramı (ki doğruluğu defalarca denenmiştir) nedensellik ilkesini (nedenin sonuçtan önce gelmesi) garantilemiştir. Eğer bilginin ışıktan hızlı gidebildiğini kabul edersek, bazı kesin yasalar nedensellik ilkesini altüst eder ve örneğin elektrik düğmesini çevirmeden ışığın yanması gibi saçmalıklar ortaya çıkar. Bu defa yeni yasalar bulmak gerekir. Bu deneyde görüldüğü üzere aynı anda birbirinden uzak iki noktada aynı davranış, modern fizik yasalarını tehlikeye sokar mı? Buna yanıt verebilmek için basit bir bilgi iletim deneyi hayal edelim. Varsayalım ki bir astronot, Dünya'dan 1 ışık yılı uzakta bir göktaşı üzerinde bulunuyor. Dünya'ya geri dönüşü başlatmak için Dünya'daki üsden haber bekliyor. Dünya "dön" emrini radyo dalgalarıyla yollarsa bunlar ışık hızıyla yayılacak ve astronot bu haberi 1 yıl sonra alacaktır. Peki, Dünyalılar astronota bu haberi anında ulaştırabilmek için, yukarıdaki deneyde gördüğümüz, fotonlar arası bağıntıyı kullanamazlar mı?

Varsayalım ki astronot, bağıntılı bir foton çiftinden tek bir foton olarak beraberinde göktaşına götürdü. İkiz fotonlardan diğeri dünyadaki bilim adamlarının elinde kaldı. Hem göktaşında, hem de dünyada birer optik lif (fiber optik) çemberi var ve bu çemberde fotonların dışarı çıkabilmesi için yarıyansıtıcı bir ayna bulunuyor.



Bilim adamları astronotu geri çağırarak istemedikçe, fotonu çemberde döndürüp dururlar. Astronotu geri çağırarak istediklerinde fotonun yarıyansıtıcı aynadan geçerek çemberi terketmesini sağlarlar. İki foton bağıntılı olduğundan, astronotun fotonu da göktaşındaki optik lif aynadan geçerek çemberi terkeder ve örneğin ışığa duyarlı bir ekrana çarpar. Böylece astronot Dünya'dan gönderilen haberi anında alır.

Ne yazık ki bu usa vurumda zayıf bir nokta vardır. Bilim adamları fotonu emir veremez, fotonu şöyle veya böyle davranmaya zorlayamaz. Fotonun çember içinde dönmeyi sürdürmesi veya aynadan geçip dışarı çıkması tamamen rastlantıya bağlıdır. Evet, bu ikiz fotonlar, aralarındaki uzaklık ne olursa olsun, her an birbirleriyle özdeş davranışlar gösterirler; ancak hangi davranışı göstereceklerini önceden bilmek olanaksızdır; bu, tamamen rastlantıya bağlıdır. Eğer Dünya'daki bilim adamları fotonu içerde kalmaya ya da dışarı çıkmaya zorlarsa, fotonu etkilemiş olurlar. Bu yüzden de iki foton arasındaki kuantum uyumunu bozarlar; başka bir deyişle böyle bir şey yaparlarsa, artık iki foton her an aynı davranışı göstermez olur.

Özetle, kuantum fiziğinin büyük kurallarından biri -ki bir cisim üzerinde herhangi bir ölçme veya deney yapılması ile bozulur- özel görelilik tapınağının bekçiliğini yapmaktadır. Fizikçiler derin bir soluk almıştır; özel görelilik hâlâ kuantum fiziğine yardıma koşmaktadır.

Bu kuramsal düşünceler dışında, İsviçre deneyinin yararı nedir? Uzun süre, kuantum fiziği deneylerinin ancak laboratuvarlarda yapılabileceğine inanıldı. Aralarında 10 km olan iki fotonun her an tıpatıp aynı davranışları göstermesi, bu gerçeğe dayanan yeni bir teknoloji geliştirilmesi umutlarını doğurmuştur.

Olası uygulamaların başında "kuantum şifreleme" gelmektedir. Sayısal ağlar üzerinden nakledilecek gizli metinlerin şifre anahtarı, uzaktan etki sayesinde anında istenen yere nakledilebilecektir. Telefon firmaları, bugünkü şifre yöntemlerinden daha güvenilir olan bu yeni yöntemi incelemektedir. Kim bilir, belki de yakında bütün elektronik haberleşmeler, uzaklara atlayabilen garip bir hayaletsel bağla yapılacak.

*Ikonicoff, R., Science & Vie, Ocak 1998
Çeviri: Selçuk Alsan*

Monitörde Nokia kalitesi bilgisayarınızın performansını yükseltiyor.



Nokia 300 XA:
Nokia 300 XA Düz Panel
Monitöründe 16 milyon rengin
yüksek oranlı parlaklığını 140 derece
yatay ve dikeyden görebilir. Super TFT
teknolojisiyle ve titreşimsiz özelliğiyle
gözlerinize ziyafet çekebilirsiniz.



446Xpro:

- FST 0.22 yatay Mask Pitch 1600 x 1280, 80 Hz
- Dinamik odaklama
- Plug'N Play seviye 2B+
- 0.26 dot pitch On screen menü TCO 95, TÜV-GS,
TÜV-ERGOI VESA DPMS ve Nutec Power Saver

Sıradan monitörler, yaydıkları yüksek radyasyonla, insan sağlığını ve çevreyi olumsuz etkiler, iş verimini büyük ölçüde azaltır. 15, 17, 19 ve 21 inçlik Nokia Monitörleri, insan sağlığını etkilemeyecek kadar az radyasyon seviyesiyle sıradan monitörlerden ayrılır. Nokia monitörlerin tümü tam karedir. Tüpleri Anti-statik ve Anti-glare özelliğindedir. Tüm Nokia Monitörler 1024x768 çözünürlüğe minimum 80 Hz'de ulaşır. Hepsinde renk sıcaklığı ayarlanabilir. Nokia monitörlerin enerji gereksinimi çok düşük seviyededir. Programlamaya ihtiyaç göstermeden kullanılan "PnP" özelliğiyle, multimedya uygun ve çok yüksek çözünürlüğe sahip Nokia Monitörler, Başarı Elektronik'in yurt çapında yaygın satış sonrası servis garantisiyle satışa sunuluyor. Kullandığınız bilgisayarın markası ne olursa olsun üzerindeki monitör Nokia olmalı.



MEDIASTATION 447 Xave

- 17" (43.2 cm) Trinitron monitör
- Maksimum çözünürlük: 1280x1024, 85 Hz
- Yatay frekans: 31-92 kHz
- Subwoofer sound system 80 Hz-18 kHz
- Yerleşik video kamera
- Yerleşik mikrofon
- TCO 95, MPR-90, TÜV Ergonomi onaylı
- VESA DPMS™ Power Saver™
- On - screen menü

NOKIA

 **BAŞARI ELEKTRONİK®**

Ankara Bölge Müdürlüğü: (0312) 384 20 00 Yetkili Dağıtıcı: İstanbul Park Makina (0212) 221 17 91
Türkiye tek yetkili distribütörü Başarı Elektronik'tir. <http://www.basari.com.tr/> www.nokia.com e-mail: monitor@basari.com.tr