

Karanlıkta Görme

Kuantum optiği alanındaki gelişmeler, cisimlerin ışıkla herhangi bir şekilde etkileşime girmeden algılanmasına olanak tanıyor. Akıllıca tasarlanmış deneylerle gerçekleştirilebilen etkileşimsiz ölçümler, günlük hayatta da bir çok uygulama alanı bulacakmış gibi görünüyor.

YUNAN mitolojisinde, kahraman Perseus, Medusa'yı öldürmekle görevlendirilir. Yılan saçlı Medusa, o kadar iğrenç bir görünüşe sahiptir ki, ona bakan biri anında taşa dönüşür. Hikayeye göre, Perseus akıllıca davranarak, kalkanını Medusa'ya doğru çevirir; kalkandan yansıyan görüntüsünü gören yaratık anında taşa dönüşür. Peki ya Perseus'un kalkanı yeterince parlak olmasaydı? Perseus muhtemelen başarısız olurdu. Gözlerini kapasaydı, hedefini bulamazdı; ve eğer Medusa'dan yansıyan ışığın çok azının gözlerine ulaşmasına izin verseydi, işi bitirdi!

Fizik dünyasında, bu hedef bulma işinin, gözlemciye zarar vermeye-

cek bir şekilde gerçekleştirilebileceği, hologramı icat eden Nobel Ödülü sahibi Dennis Gabor tarafından, neredeyse aşikar bir iddiayla 1962 yılında ortaya kondu. Gabor'a göre, ışığın temel parçacığı olan bir fotondan daha azıyla gözlem yapmak mümkün değildi. Buna karşın, geçtiğimiz yıllarda, fizikçiler, giderek daha da karmaşık hale gelen kuantum optiği alanında, bu yargının gerçek olmayabileceğini ortaya çıkardılar. Şu anda, biz bir cismin varlığını, onu hiçbir fotonla etkileşime sokmadan tespit edebiliyoruz.

Bu etkileşimsiz ölçüm, bir çelişki gibi görülebilir. Eğer bir etkileşim yoksa, nasıl ölçüm yapılabilir? Bu, topları, gezegenleri ve çok küçük olmayan diğer cisimleri inceleyen kla-

sik mekaniğe göre mantıklı bir sorudur. Ancak, elektronları, fotonları ve atomlar aleminde yer alan diğer parçacıkları inceleyen kuantum mekaniği bunun aksini söylüyor. Etkileşimsiz ölçümler, gerçekten kuantum mekaniğinde akıllıca tasarlanmış deneylerde gerçekleştirilebilmektedir. Eğer, Perseus kuantum fiziği bilgisine sahip olsaydı, Medusa'yı hiçbir foton ile etkileşime sokmadan "görmek" için bir yol bulabilecekti. Yani bakmadan onu görebilecekti.

Kuantum hokkabazlığı, bunun gibi gerçek hayatta kullanılacak bir takım detektörler için pek çok fikir sunuyor. Belki de çok daha ilginç olan, kuantum felsefesinin akıllara durgunluk veren sonuçlarıdır. Bu uygulamalar ve ifadeler, en iyi şekilde,

uygulamadaki karmaşadan uzak, sadece gerekli özellikleri anlatan birtakım düşünce deneyleri yardımıyla anlaşılabilir.

Şimdi, düşünce deneyi olarak, bir "kabuk oyunu"na bakalım. Bu oyunda bize gerekenler, iki ceviz kabuğu ve bunlardan bir tanesinin altına gizlenmiş bir çakıl taşıdır. Ancak, bu çakıl taşı özel bir maddeden yapılmıştır; eğer herhangi bir şekilde ışığa maruz kalırsa toz haline gelir. Oyuncunun bu çakıl taşına zarar vermeden, yani kabuğun içerisine ışık girmesine izin vermeden, taşın yerini bulması gerekir. Aksi halde oyunu kaybeder.

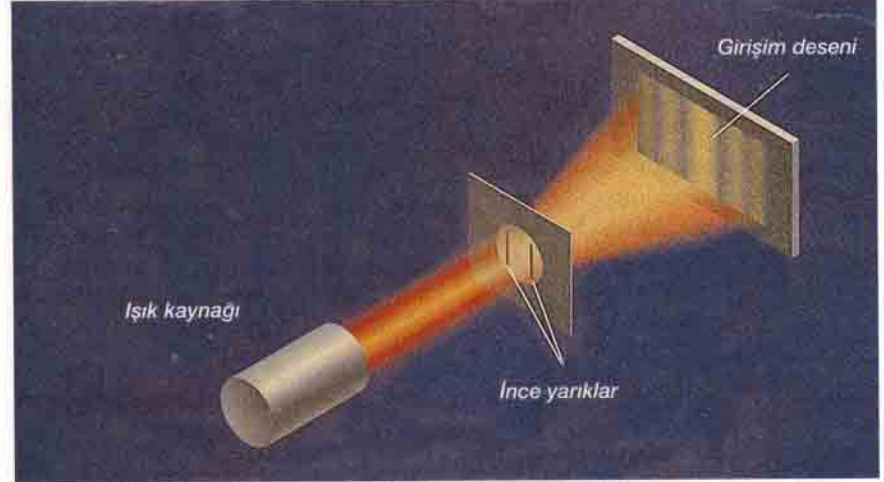
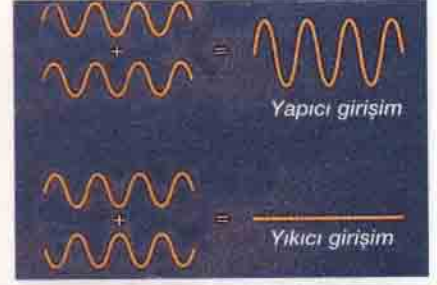
İlk bakışta imkansız gibi görünen bu olay karşısında birazcık düşünelim, oyuncunun yüzde elli gibi bir kazanma şansı olduğunu anlayabiliriz. Eğer oyuncu, içerisinde çakıl taşı olmayan kabuğu seçerse, görmediği halde taşın diğer kabuk içerisinde olduğunu bilecektir. Ancak, oyunun bu şekilde kazanılması, şanslı bir tahminden başka birşeye bağlı değildir.

Şimdi, oyunumuzu bir adım ileri götürerek, görünüşte basitleştirerek, ancak gerçekte klasik mekaniğin sınırlı dünyasında kazanılması imkansız bir hale getirelim. Bu sefer sadece bir kabuğumuz olsun ve çakıl taşının kabuğun altında olma şansı rasgele olsun. Oyuncunun amacı ise, yine çakıl taşına zarar vermeden, yani içeriye ışık girmesine neden olmadan taşı bulmak olsun.

Kabuklardan birinin altında taş olduğunu farzedin. Oyuncu kabuğun altına bakmazsa, herhangi bir bilgi edinemez. Eğer bakarsa, taşın orada olup olmadığını anlayabilir ama göreceği tek şey bir tutam tozdur. Oyuncu, ışığın miktarını azaltarak, fotonla-



Fizikçilerin kabuk oyunu, etkileşimsiz ölçümleri canlandıran bir düşünce deneyidir. Kabuğun altına yerleştirilen özel bir çakıl taşı eğer ışığa maruz kalırsa anında toza dönüşür. Oyuncunun amacı, taşa zarar vermeden, onun hangi kabuğun altında olduğunu bulmaktır.



Çift yarıktan geçirilen bir lazer ışını, dalgalar halinde ilerler ve girişim oluşturur. Dalgalar, yapıcı yada yıkıcı bir şekilde üst üste toplanarak aydınlık ve karanlık saçaklardan oluşan bir girişim deseni oluştururlar.

rın taşla etkileşme olasılığını azaltabilir; ancak, taşı görebilmesi için en azından bir fotonun ona isabet etmesi gerekir ki bu da oyunu kaybetmesi demektir.

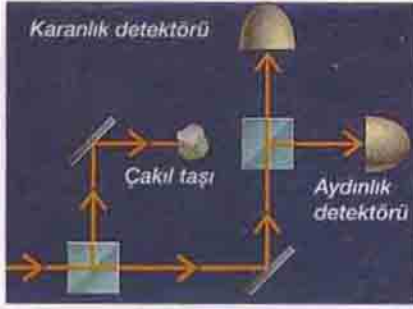
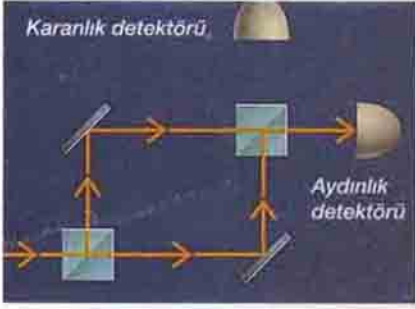
Elitzur, Vaidman ve Bomba

Oyunu daha da dramatik bir hale getirmek için Tel Aviv Üniversitesi'nden iki fizikçi Ashalom C. Elitzur ve Lev Vaidman, kabuğun altında tek bir foton bile isabet etse patlayan bir "süperbomba" olduğunu varsaydılar. Elitzur ve Vaidman, probleme çözüm getirmek için uğraşan ilk araştırmacılar oldular. Çözümleri, en iyi ihtimalle yarı yarıya işe yarıyordu ancak oyunun kazanılabilmesi yolunda bir umut olmuştu.

Geliştirdikleri yöntem, ışığın temel yapısından yararlanıyordu. Daha önce de belirtildiği gibi, ışık parçacık özelliği gösteren fotonlardan oluşur. Ama aynı zamanda bu özellikten farklı olarak, dalga özelliğini de taşır (girişim olayı bunu kanıtıyor). Girişim, iki ayrı ışık dalgasının üst üste toplanmış şekli olarak tanımlanabilir.

Örneğin, ünlü çift yarık deneyinde ışığın, üzerinde iki ince yarık bulunan bir plakaya yöneltilmesi sonucu, arkadaki bir ekranda karanlık ve aydınlık saçaklardan oluşan bir girişim deseni oluşur. Ekrandaki aydınlık saçaklar, iki ayrı yarıktan gelen dalgaların birbirleriyle yapıcı bir şekilde girişimleriyle; karanlık saçaklar ise, birbirlerini yok edecek şekilde girişimleriyle oluşur. Bir diğer anlatımla, ekrandaki aydınlık saçaklar, fotonların isabet etme olasılığının yüksek, karanlık saçaklar ise, düşük olduğu bölgelerdir.

Kuantum mekaniğinin kurallarına göre, eğer bir olayın gerçekleşebilmesi için birden fazla olası yol varsa, ve bu yollardan birisi herhangi bir diğerine tercih edilemiyorsa, girişim gerçekleşir. (Bu, ders kitaplarında verilere göre, girişimin çok daha genel bir tanımıdır). Çift yarık deneyinde, ışık ekrana iki farklı yoldan ulaşabilir (aşağıdaki yarıktan ya da yukarıdaki yarıktan) ve hangi yarıktan hangi fotonun geçtiğini saptamak için herhangi bir çaba harcanmaz. Eğer bir şekilde böyle bir saptamayı yapmaya kalksaydık, girişim olayı gerçekleşmezdi ve foton bir parçacık



Elitzur-Vaidman deneyi, fotona iki seçenek sunar. Düzenek optik olarak öyle tasarlanmıştır ki, foton her zaman aydınlık detektörüne ulaşabilir. Yoldaki bir engelin varlığı, fotonun karanlık detektörüne de ulaşabilmesine olanak tanır. Karanlık algılayıcısına ulaşan foton, etkileşimsiz ölçümün yapıldığını kanıtlar.

gibi. ekran üzerinde herhangi bir noktaya giderdi. Sonuçta, ekranda girişim deseni oluşmazdı. Kısaca, girişimin gerçekleşebilmesi için, fotonun izleyebileceği en az iki farklı yol olmalı ve hangisinden geçtiğine bakılmamalıdır.

Elitzur ve Vaidman'ın deney düzenekleri iki ayna ve iki demet ayırıcıyı içeren ve interferometre (girişimölçer) olarak adlandırılan bir alettir. Interferometreye giren ışık demeti, önce demet ayırıcıya girer ve buradan ikiye ayrılmış olarak çıkar. Bu iki demetin yolu, aynalar yardımıyla ikinci demet ayırıcıda birleşir. İkinci demet ayırıcı, ışığı iki detektörden birisine gönderir. Yani, interferometre, her fotonu ışık kaynağından detektöre ulaşabilmesi için iki ayrı seçenek sunar.

Eğer, iki yolun uzaklığı tamı tamına eşitse, düzenek aynı çift yankı deneyinde olduğu gibi çalışır. Buradaki farklılık, ekran yerine foton de-

tektörlerinin yer almasıdır. Detektörlerden birisi sadece aydınlık saçakları algılayacak şekilde (aydınlık detektörü) diğeri ise sadece karanlık saçakları algılayacak şekilde (karanlık detektörü) yerleştirilir.

Yoldaki Çakıl Taşı

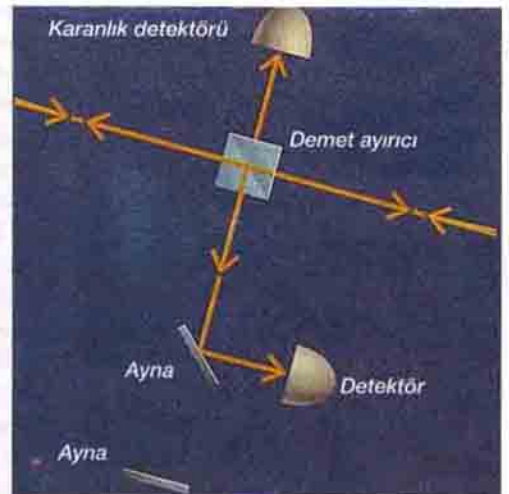
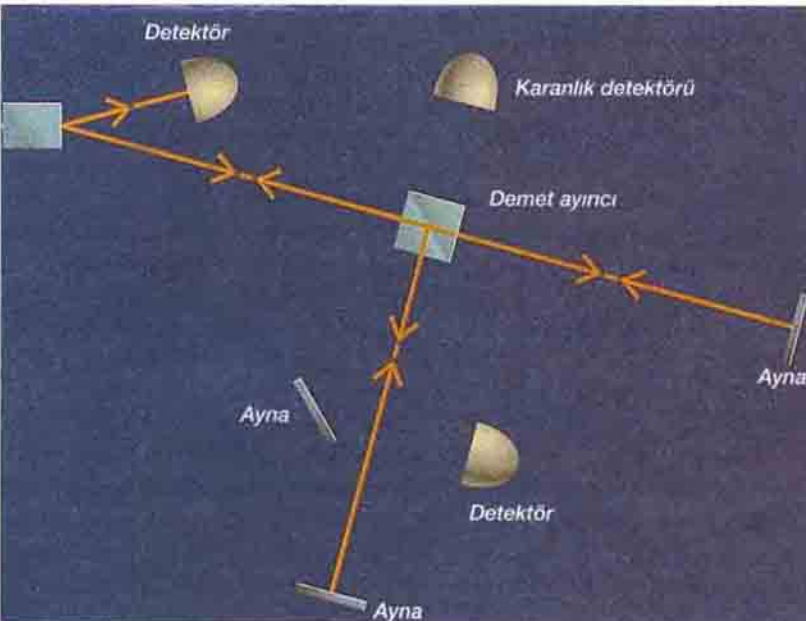
Eğer, ışığın izlediği yollardan birisine, örneğin yukarıdaki bir çakıl taşı yerleştirirsek ne olur? Birinci demet ayırıcının fotonları eşit olasılıkla aşağı ya da yukarı doğru olarak rastgele yönlendirdiğini varsayalım. Bu durumda, yukarıdaki yolu seçen foton çakıl taşına çarpacaktır (bir diğer deyişle süperbombayı patlatacaktır) ve ikinci demet ayırıcıya asla ulaşamayacaktır.

Eğer foton alttaki yolu seçerse, çakıl taşıyla etkileşmeyecektir. Üstelik, ikinci demet ayırıcıda girişim oluşmayacaktır; çünkü foton için sadece bir yol vardır. Sonuç olarak, fo-

ton ikinci demet ayırıcıda rasgele bir seçim daha yaparak iki detektörden birisine ulaşacaktır. Eğer, aydınlık detektörüne ulaşırsa, bu sonuç bize herhangi bir bilgi vermeyecektir. Çünkü, foton, çakıl taşının olmaması durumunda da bu detektöre ulaşacaktı. Ancak, fotonun karanlık detektörüne ulaşma şansı da vardır. Eğer olay bu şekilde gerçekleşirse, ışığın izlediği yollardan birisinde bir cisim olduğunu anlayabiliriz. Biz sadece bir foton gönderdiğimiz ve onu karanlık detektörüyle tespit edebildiğimiz için, onun çakıl taşıyla etkileşmiş olması mümkün değildir. Bu şekilde, çakıl taşının varlığını onunla etkileşim yapmadan tespit etmiş oluruz.

Düzenek belli oranda başarılı oluyor; ancak, biz burada tamamen başarılı olmasını istiyoruz. Bu hayret verici kuantum mekaniksel olayın ardındaki gerçek, ışığın ikili (hem parçacık hem dalga) yapıda olmasıdır. Interferometre boşken (çakıl taşı yokken), ışık bir dalga gibi davranarak, iki yolu birden izler ve girişime neden olur. Eğer yollardan birisinde bir engel varsa, ışık bölünmez bir parçacık gibi davranır ve yollardan sadece birini seçer. Yollardan birisindeki çakıl taşının varlığı, foton onunla etkileşmek zorunda olmasa da, girişim olasılığını tamamen ortadan kaldırır.

Elitzur ve Vaidman'ın fikirlerini kanıtlamak için Cenevre Üniversitesi'nden Thomas Herzog ve Innsb-



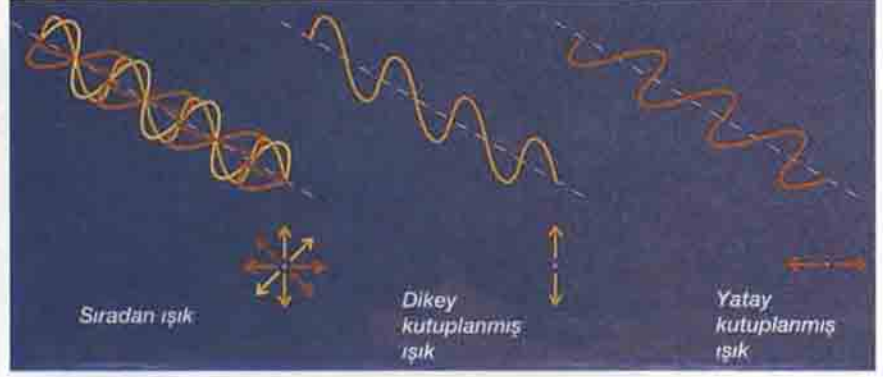
Çakıl taşı yerine ayna kullanılan Elitzur-Vaidman deneyinin bir canlandırması. Yollardan birisine yerleştirilen ayna, girişimi engeller ve fotonun karanlık detektörüne de ulaşmasına olanak tanır.

ruck Üniversitesi'nde çalışmalarını sürdüren yazarlar, iki yıl önce, onların düşünce deneylerini gerçekleştirdiler ve etkileşimsiz cihazların yapılabileceğini gösterdiler. Tek bir foton elde edebilmek için doğrusal olmayan bir optik kristal kullanıldı. Kristal üzerine doğrultulan morötesi lazer fotonları, bazen daha düşük enerjili iki fotona dönüşerek birbirlerine 30 derece açı yapacak şekilde yol alırlar. Bu fotonlardan birisini gözleyebilirsek, onun diğer eşinin de varlığına kesin olarak emin olabilir ve deneye yöneltebiliriz.

Kullanılan interferometre, Elitzur ve Vaidman'ın bahsettiğinden biraz daha farklıydı. Aynalar ve demet ayırıcılar, öyle bir yerleştirilmişlerdi ki giden fotonlar aynı yolu izleyerek geri dönüyorlardı. Çakıl taşının yokluğunda fotonların aydınlık detektörüne ulaşma şansları, yıkıcı girişim nedeniyle (aynı çift yarı deneyinde olduğu gibi) hemen hemen imkansızdı.

Deneyde, çakıl taşı yerine ayna kullanıldı (Eğer ayna üzerine bir foton düşerse, onu detektöre gönderecek ve böylece ayna ile foton arasında bir etkileşim olup olmadığı algılanabilecekti). Ölçümleri sonunda, yarı oranla, ayna ile fotonun etkileşime girdiği; dörtte bir oranla da karanlık detektörüne fotonların ulaştığı tespit edildi. Karanlık detektörüne ulaşan fotonlar, cismin etkileşimsiz algılandığı anlamına gelir.

Deneyin biraz daha genişletilmesiyle, demet ayırıcısının yansıtıcılığını azaltılarak, fotonların cismin üzerine düşme olasılığı da azaltıldı. Bu sayede fotonların karanlık detektörüne ve cismin üzerine gitme olasılıkları hemen hemen eşitlendi. Böylece,



Polarizasyon, ışığın hangi doğrultuda salındığını tanımlar.

Elitzur ve Vaidman'ın önerdiği etkileşimsiz algılama ancak yarı yarıya olasılıkla gerçekleşmiş oldu.

Kuantum Zeno Etkisi

Peki, bu durumda yapabileceğimizin en iyisi yüzde elli mi? Ocak 1994'te Stanford Üniversitesi'nden Mark A. Kasevich, ziyaret için bir aylığına gittiği Innsbruck'ta neredeyse her denemede gerçekleşebilecek bir etkileşimsiz algılama yöntemi ortaya çıkarılmasına katkıda bulundu.

Bu yeni teknik, diğer bir garip kuantum olgusunun ilginç uygulamasını içeriyor. Temelde, bir kuantum sistemi, her ne kadar bir durumdan kendiliğinden diğer durumlara geçebilse de, başlangıç durumunda kalmaya zorlanabilir. Bunun nedeni, ölçümlerin kuantum sistemleri üzerindeki alışılmadık etkilerindedir. Bu olay, kuantum Zeno etkisi olarak da adlandırılır; çünkü, Yunan filozof Zeno'nun ünlü paradoksuyla benzerlik gösterir. Zeno, havada uçan bir okun hareketinde bir çelişki bulmuştur; çünkü, uçuşunun her anında, ok

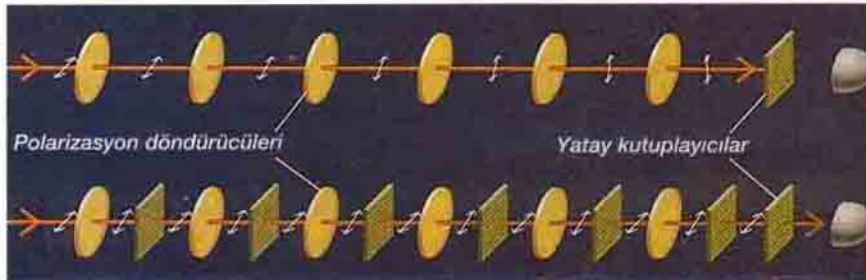
havada donmuş gibi durmaktadır. Bu olay, şuna benzer: Ateş üzerindeki çaydanlığa ne kadar bakarsak bakalım, bu onun içerisindeki suyun kaynama süresini etkilemez. Halbuki, kuantum mekaniğinde, böyle bir etki vardır; yani ölçümler sonuçları etkiler.

Kasevich, 1980 yılında Asher Peres tarafından, bu etkiyi kanıtlamak amacıyla tasarlanan örneği yeniden ele aldı. Bu çok basit örnek, ışığın bir diğer özelliğini içeriyor: polarizasyon (kutuplanma). Polarizasyon, ışık dalgalarının hangi doğrultuda salındığını tanımlar. Düşey kutuplanmış bir ışık dalgası aşağı ve yukarı; yatay kutuplanmış bir ışık dalgası sağa ve sola doğru salınım yapar. Bu salınımlar, ışığın yayılım yönüne dik açı yaparlar. Güneş'ten ya da diğer pek çok ışık kaynağından kaynaklanan ışık, genellikle her doğrultuda salınım yapar. Ancak, biz burada daha çok düşey ve yatay polarizasyonlarla ilgileniyoruz.

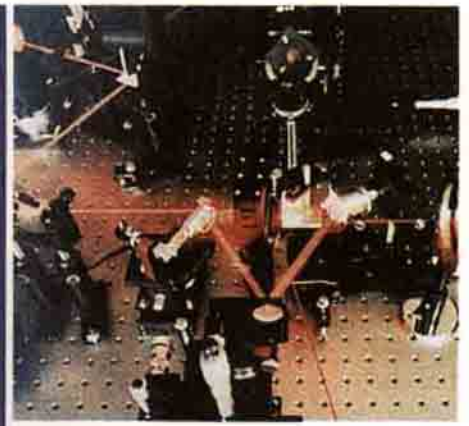
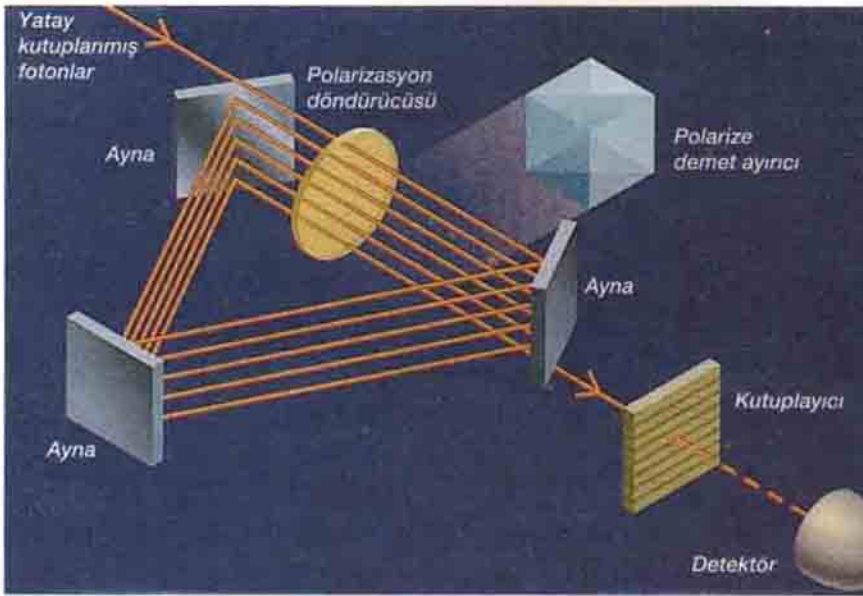
Şimdi yatay kutuplanmış bir fotonu, herbiri polarizasyonunu biraz döndürecek şekilde, toplam 90 derece döndüren peş peşe altı filtreden geçirdiğimizi varsayalım. Yolculuğunun sonunda da, fotonu düşey kutuplanmış ışığı soğuran (yani düşey kutuplanmış ışınları geçirmeyen bir polarize filtreden geçirelim.

Bu durumda, herbir filtre, ışığın polarizasyonunu 15 derece çevirecek ve sonuçta düşey kutuplanmış hale gelen ışık, filtreye geldiğinde tamamen soğurulacak, detektöre ulaşamayacaktır.

Herbir polarizasyon döndürücüsünün arasına bir yatay polarize filtre yerleştirmek isteneni sağlar. İlk döndürücüden sonra, ışık yatay durum-



Kuantum Zeno etkisi, yukarıdaki gibi bir düzencele canlandırılabilir. Yatay kutuplanmış bir fotonu, herbiri polarizasyonu 15 derece döndürecek şekilde, toplam 90 derece döndüren peş peşe altı filtreden geçirecek olursak ve yolun sonuna da düşey kutuplanmış ışığı soğuran bir filtre yerleştirirsek, foton tamamen soğurulacaktır. Döndürücülerin arasına yerleştirilen yatay kutuplayıcılar ise polarizasyonun yatay kalmasını sağlar.



Kuantum Zeno etkisini gerçekleştirmek için, altışar polarizasyon döndürücü ve kutuplayıcı kullanmak yerine, ikisinden de birer tane kullanılarak, fotonun üç ayna yardımıyla herbirinden altışar kez geçmesi sağlandı.

dan fazla sapmış olmayacaktır. Fotonun ilk yatay polarize filtre tarafından soğurulma olasılığı azdır (sadece % 6,7). Bu oran, matematiksel olarak, dönüş açısının sinüsünün karesi olarak hesaplanıyor.

Eğer, foton birinci filtrede soğurulmadıysa, hâlâ yatay polarizasyonda demektir. Öyle olmak zorundadır çünkü yatay polarize filtreden geçebilen, yatay kutuplanmış fotonlardır. İkinci döndürücüye ulaştığında, işlem tekrarlanır ve polarizasyon bir 15 derece daha döndürülür. İkinci polarize filtreye ulaştığında ise, soğurulma ihtimali yine birincisinde olduğu kadardır. Bu olay, foton soğurulmadığı sürece, en sondaki polarize filtreye kadar sürer.

Altı döndürücünün varlığında, fotonun soğurulmadan sistemin içinden geçme olasılığı yaklaşık üçte ikidir. Bu evreleri artırdığımız taktirde, fotonun soğurulma ihtimali daha da azalmaktadır. Evreler arttıkça, polarizasyon döndürücülerinin açısı da azalacak (90 derecenin evre sayısına bölümü kadar) ve bu sayede fotonun geçme olasılığı da artacaktır. Örneğin 20 evre için fotonun detektöre ulaşma olasılığı % 90 olacaktır. Eğer, 2500 evreden oluşan bir düzenek kurabilseydik, fotonun herbir polarize filtrede soğurulma olasılığı yalnızca binde bir olacaktı. Ve eğer mümkün olabilseydi, foton sonsuz evreden oluşan bir düzenekten kesin geçebilecekti.

Kuantum Zeno etkisini gerçekleştirmek amacıyla, yine daha önce

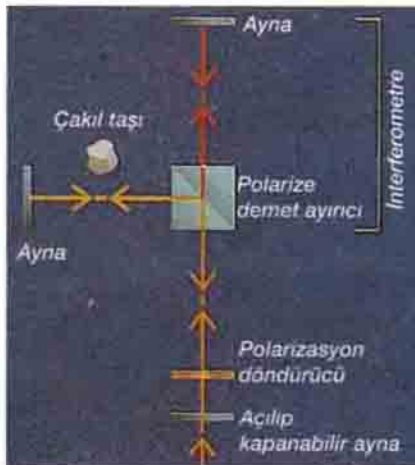
kullanılan doğrusal olmayan kristal, tek bir foton elde edebilmek için kullanıldı. Altışar polarizasyon döndürücü ve polarize filtre kullanmak yerine, ikisinden de yalnızca birer tane kullanılarak, fotonun, üç ayna yardımıyla, herbirinden altışar kez geçmesi sağlandı. Polarize filtrenin yokluğunda, sistemi terkeden foton her zaman düşey kutuplanmış çıkmaktaydı. Polarize filtrenin varlığında ise (foton onun tarafından soğurulmadığı taktirde) foton her zaman yatay polarize oluyordu. Daha önce de tahmin ettiğimiz gibi, foton üçte iki olasılıkla soğurulmadan geçebiliyordu.

Daha sonra, asıl amaç olan etkileşimsiz ölçümleri daha verimli bir şekilde gerçekleştirebilmek için uğraşılmaya başlandı. Bunun için Zeno örneği ve orijinal Elitzur-Vaidman me-

todunun birleşiminden doğan bir sistem geliştirildi. Sisteme gönderilen ve yatay polarize edilmiş bir foton yine birkaç evreden geçiyor. (Bunun için çok hızlı açılıp kapanabilen aynalar gerekiyor; bu tip aynalar, atmalı lazerler için daha önce geliştirilmişti). Sistemin bir ucunda yer alan polarizasyon döndürücüsü, her seferinde fotonun polarizasyonunu bir miktar döndürür (örneğin 15 derece). Diğer uca ise bir polarizasyon interferometresi vardır. Bu interferometre, bir polarize demet ayırıcısı ve herbirinin sonunda birer ayna olan iki yoldan oluşur.

Polarize demet ayırıcısından gelen tüm yatay kutuplanmış ışık geçebilir ve düşey kutuplanmış ışık yansıtılır. Gerçekte yansıma ve geçme olasılıkları çift yarı deneyindekilere benzerdir. Eğer, polarizasyon interferometresinde bir cisim yoksa, demet ayırıcıdan, polarizasyonuna göre ayrılan ışık, aynalardan yansdıktan sonra tekrar demet ayırıcısında buluşur. Sonuçta, foton, interferometreye girdiği şekilde geri çıkar. Her seferine 15 derece döndürülen polarizasyon altı turdan sonra dik hale gelir.

Interferometrenin, dik polarizasyonlu ışığın yol aldığı bölümüne bir cisim yerleştirildiğinde durum tamamen farklı bir hal alır. Bu durum, kuantum Zeno etkisi deneyinin altı polarize filtre eklenmiş haliyle benzerlik gösterir. İlk turda, fotonun 15 derece döndürüldükten sonra düşey polarize yolunu seçme olasılığı oldukça düşüktür (yüzde 6.7). Eğer bu



Kuantum Zeno etkisi ve Elitzur-Vaidman düzeneklerinin birleştirilmesiyle oluşturulan bu düzenekle, etkileşimsiz ölçümler daha verimli bir şekilde yapılabilir.

olasılık gerçekleşmezse, yani foton soğrulmazsa, yatay yolu seçecek ve polarizasyonu yeniden tamamen yatay olarak düzeltilecektir.

Aynı Zeno örneğindeki gibi süreç tüm turlarda devam eder ve altı turdan sonra foton sistemi terk eder. Fotonun polarizasyonunu ölçerek, onun hâlâ yatay polarizasyonlu olduğunu buluruz ve böylece yollardan birini kapayan cismin varlığını anlarız.

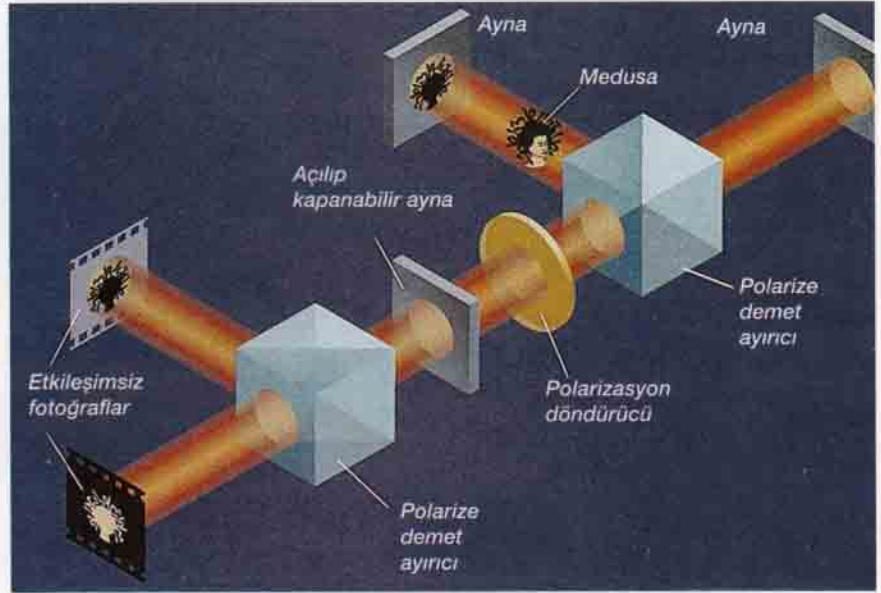
Aksi takdirde, fotonun düşey kutuplanmış bir şekilde dışarı çıkması beklenirdi. Fotonun içeride daha çok tur atmasını sağlayarak soğrulma ihtimalini istediğimiz kadar azaltabiliriz. Bugün, Los Alamos Ulusal Laboratuvarı'nda yapılan deneylerde % 70 olasılıkla etkileşimsiz ölçümler yapılabilir. Bir sonraki hedef ise bunu % 85'e çıkarmak.

Kuantum Büyüsünün Uygulanması

Peki bütün bu kuantum hokkabazlığı ne işe yarıyor? Olay, lazerin keşfedilmek üzere olduğu yıllarda, bilim adamlarının pekçok çözüm yolu aradıkları dönemi andırıyor. Etkileşimsiz ölçümler, örneğin bir cismin fotoğrafını onu ışığa maruz bırakmadan çekmek için kullanılabilir.

Fotoğraf, şu şekilde çekilebilir: Sisteme sadece bir foton göndermek yerine, fotoğrafı oluşturacak her nokta için birer foton göndererek ve her biri için etkileşimsiz ölçümler yaparak, cismin yolu kestiği bölgeleri saptayabiliriz. Cismin yolu kestiği bölgelerde polarizasyon yatay; kesmediği yerlerde ise düşey olacaktır. Son olarak, bu fotonları polarize bir filtreden geçirebiliriz. Eğer filtreyi düşey yerleştirecek olursak görüntümüz negatif, yatay yerleştirecek olursak pozitif olacaktır. Her iki durumda da cismin görüntüsü, ona hiçbir şekilde "dokunulmadan" oluşturulmuş bulunacaktır.

Bu görüntüleme yönteminin uygulamalarından birisi, bir gün tıp alanında, canlı hücrelerin görüntülenmesinde kullanılabilir. Örneğin bir hastanın x-ışını fotoğrafı onu x-ışını-



Etkileşimsiz teknikler kullanılarak, Medusa gibi, ışıkla etkileşime girmemesi gereken cisimlerin fotoğrafı çekilebilir.

na maruz bırakmadan çekilebilir. Bu görüntüleme yöntemi, hastayı x-ışını gibi zararlı ışıklardan koruyacaktır.

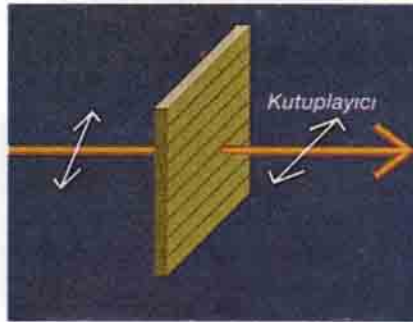
Hemen uygulama bulabilecek bir diğer olay ise ultrasoğutulmuş atom bulutlarının görüntülenmesi olabilir. Bunlardan en soğukları, yeni bir tür kuantum durumu oluşturan bulutu oluşturan atomlar, Bose-Einstein yoğunlaşması gösterirler. Bu tür atom bulutları o kadar soğuktur ki, çok yavaş hareket ederler ve bulutun içerisindeki atomlar dağılmadan bir arada durabilirler. Bulut üzerine gönderilen bir foton, atomlardan birisini bulutun dışına fırlatabilir. Bu durumda, bulutu dağıtmadan görüntülemek imkansızdır. Halbuki, etkileşimsiz yöntemle böyle bir bulutun görüntülenmesini mümkün olur.

Kuantum cisimlerinin yanı sıra, etkileşimsiz yöntem, diğer cisimler üzerinde de kullanılabilir. Örneğin, bu teknik, bir Schrödinger kedisinin (bu kuantum mekaniğinde oldukça

sevilen bir örnektir) yaratılmasına olanak sağlayabilir. Bu kuantum kedisini, öyle bir özelliğe sahiptir ki aynı anda iki durumda (ölü ve canlı) bulunabilir. Geçtiğimiz aylarda, Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nde bir berilyum iyonundan "kedicik" yaratımı başarılı. Lazerler ve elektromanyetik alanlar bir arada kullanılarak, iyonun aynı anda birbirine 83 nanometre uzaklıkta bulunması sağlandı ki, kuantum ölçeğinde bu muazzam bir mesafedir.

Günlük yaşamdaki gözlemlerimizin kapsamı dışında kalan etkileşimsiz ölçüm kavramı, saçma değilse bile bir tuhaf görünüyor. Ancak, kuantum mekaniğinin hep olasılıklar alanında kullanıldığını hatırlarsanız, bu size o kadar da garip gelmeyecektir. Yapılan, gerçekleşme olasılığı bulunan bir etkileşime engel olunmasıdır.

Eğer bu sizi tatmin etmiyorsa, yıllardır, fizikçilerin bile kuantum dünyasındaki gariplikleri kavramakta zorlandıklarını bilmeniz yararlı olabilir. Kuantumun başarısını oluşturan temeller, (ışığın dalga ve parçacık özellikleri taşıdığı ve kuantum ölçümlerinin doğası) 1930'lardan beri biliniyor. Fizikçiler ancak şimdilerde karanlıkta görme ya da bilgi işlem gibi fikirleri, yeni olguları keşfetmek amacıyla uygulamaya başladılar.



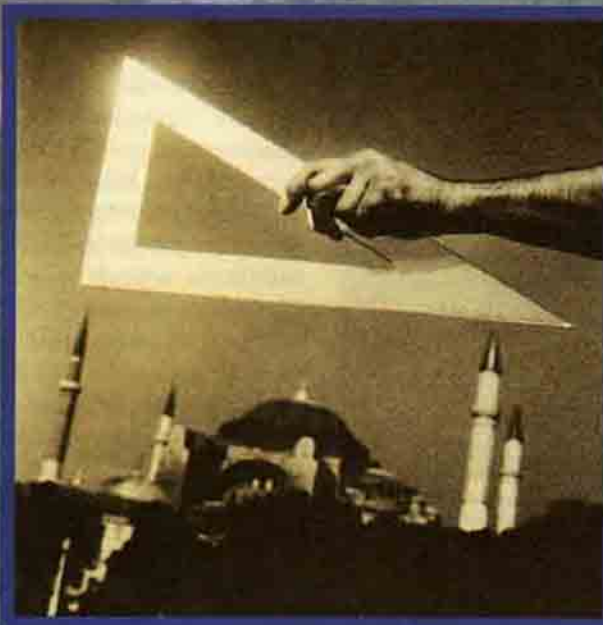
Yatay kutuplayıcıdan geçen bir ışık demetinin düşey bileşeni, tamamen soğurularak, demet yatay kutuplu hale gelir.

Kwiat P., Weinfurter, H., Zehinger A., Scientific American, Kasım 1996
Çeviri: Alp Akoğlu

Onlar “çevre koruma tarihine” imzalarını attılar...

1995/96

*Avrupa
birincisi.*



1995/96

*Türkiye
birincisi.*

Şimdi sıra sizde!

1996/97 Henry Ford Avrupa Çevre Koruma Ödülleri projelerinizi bekliyor.

Dünya otomotiv teknolojisinin lideri Ford, tam 14 yıldır, "çevre koruma" konusundaki projeleri sadece sözle değil, ödüllerle kutluyor. Henry Ford Avrupa Çevre Koruma Ödülleri; Ford'un, uluslararası kimliği ve "çevre" konusundaki sorumluluğunun bilinciyle gerçekleştirdiği, Avrupa'nın en büyük "çevre koruma" programlarından biri... Bu yıl 25 ülkenin katıldığı organizasyonda toplam 500.000\$'lık ödül verilecek.

Yarışmanın amacı, doğayla teknolojinin, çevreyle kalkınmanın uyum içinde bir arada sürdürülebilmesi ilkesine hizmet eden çalışmalarını destekleyip özendirmek. Avrupa'da yaygın bir üne sahip olan, her yıl büyük ilgi gören Ödül Programı, UNESCO World Heritage Central ve Council of Europe desteğinde düzenleniyor.

Geçen yıl, Türkiye'de ilk kez gerçekleştirilen bu programda ulusal jüri, Prof. Dr. Mustafa Erdik ve Prof. Dr. Ahmet Çakmak'ın "Ayasofya'nın Depremden Korunması" adlı projesine Türkiye Birincilik Ödülü'nü vermiş ve bu proje, Avrupa'da Türkiye'yi temsil etmişti. İtalyanların "Adriyatik Yunusları Projesi" ise, Avrupa Birincilik Ödülü'nü almıştı.

Kimler katılabilir?

"Henry Ford Avrupa Çevre Koruma Ödülleri"ne, planlama aşamasını tamamlayıp uygulama aşamasına geçmiş, aşağıdaki kategorilerden birine giren kişisel ya da kurumsal her çeşit projeyle 28.2.1997 tarihine kadar katılınabilir.

- 1) Doğal Çevre
- 2) Kültür Mirası
- 3) Çevre Koruma Mühendisliği
- 4) Gençlik Projeleri (16 yaş ve altı)

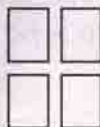
Değerlendirme ve ödüller..

Yarışmaya katılan projeler, önce, her ülkenin kendi jürisi tarafından değerlendirilecek... Birinci 6000 \$, ikinci 2500 \$, üçüncü ise 1500 \$ ile ödüllendirilecek. Daha sonra, ulusal jüri tarafından uygun görülen proje Avrupa genelindeki Grand Prix (Büyük Ödül) için ülkelerin katılımıyla oluşan Avrupa Jürisi'nin önüne çıkacak.

Ülkemizde bu konularda çalışan tüm kişi ve kuruluşları, bu yarışmaya katılarak projelerini Avrupa'da da tanıtmaya çağırıyoruz.



Daha ayrıntılı bilgi ve Katılım Formu edinmek için, aşağıdaki kuponu doldurarak **Otosan Pazarlama / Aslı Bor** Ankara Asfaltı, 4. km, Uzunçayır Mevkii PK- 99 Acıbadem, 81020 İstanbul adresine "Ödül" numuzu ile başvurabilirsiniz. Faks: (0216) 326 52 02



Henry Ford European Conservation Awards

Adı, Soyadı:

Adresi:

Tel: