

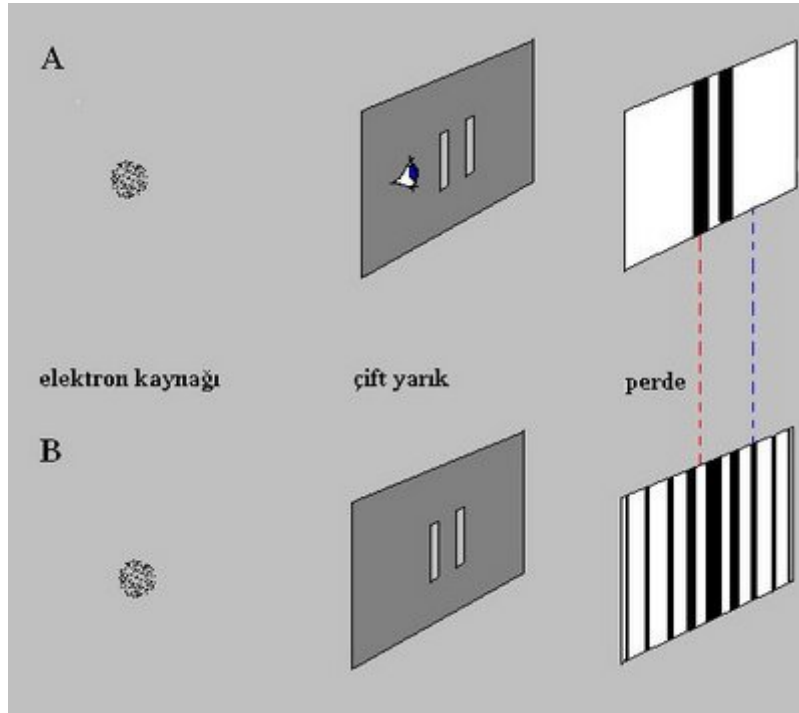
3) Fizik – Felsefe: Varlık Nedir?

Zihinsel hijyen adına [Kaos Oyunu](#) adlı yazıda gelişigüzellik kavramı, olasılık kavramı üzerine yapılandırılmıştı. Yazının sonunda tamamen belirlenebilir (/deterministik) bir süreçle elde edilen karmaşık bir sonucun, oldukça gelişigüzel bir süreçle de elde edilebileceği gösterilmişti. Fizik-Bilim yazı serisinin (bkz: [I - Yařam Nedir?](#) ve [II- Bilinç Nedir?](#)) devamı olan bu yazıda ise öncelikle olasılık kavramının kendisi modern fiziğin bulgularıyla yeniden yapılandırılacak ve buradan elde edilecek dūřünsel araçlarla felsefenin an'lam uzayına bir türlü sığamamış olan varlık kavramının doğası tartişılacaktır.

Madde

Kuantum Kuramı'ndan önce madde, fiziksel gerçekliğin iki farklı biçeminden birisiydi ve parçacıklardan oluştuğu dūřünülyordu. Fiziksel gerçekliğin diğer biçemi olan "alan"ı ise dalgalar oluşturuyordu. Einstein 1905 yılında fotoelektrik olay ile işık dalgasının parçacık gibi davranabildiğini gösterdi. Ondan yirmi yıl kadar sonra da doğanın simetrik olması gerektiğini dūřünen de Broglie "Dalgalar parçacık gibi davranabiliyorsa, parçacıklar da dalga gibi davranamaz mı?" diye sordu. Sorunun cevabı olumluydu ve bu cevap ile Klasik Fizik yasalarınca açıklanamayan atomların kararlı yapılarının gizemi çözüldü. Cevabın içerdiği gizem ortadan kaldırdığı gizemden daha çok olsa da.. Bu gizem biraz daha açık bir şekilde an'lanmalı sanırım.

Bugün Kuantum Kuramı'na göre parçacık ve dalga kavramları birbirinden ayrık dūřünülemez. Çünkü doęa, parçacık veya dalga tanımlarının ancak kısmen yapılabilmesine olanak verecek bir kurgudaymış gibi görünüyor. Mekanda Çift Yarık Deneyi (MÇYD) gibi mevcut deneyler, bunu güzel bir şekilde örnekliyor.

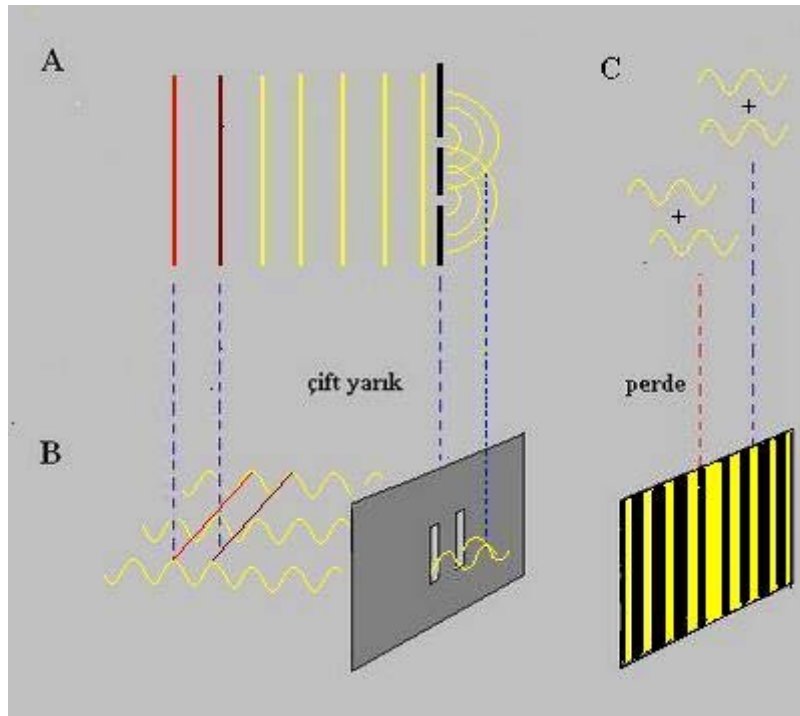


Resim-1: Mekanda Çift Yarık Deneyi

MÇYD'de elektron gibi bir parçacık, üzerinde iki tane yarık olan bir duvara gönderilir ve duvarın arkasında bulunan perde üzerinde elektronların çarptığı yerler görünür hale getirilir.

Yarıklarda varlama/yoklama niteliğinde bir gözlem yapılıp, yapılmaması elektronun davranışını belirler ^[1]. Elektronun hangi yarıktan geçtiği öğrenilmek istenirse, elektron parçacık davranışı (Resim-1 A); aksi taktirde ise dalga davranışı (Resim-1 B) gösterir.

Gözlem yapıldığı durumda, elektronlar gündelik algılarımızla, yani klasik mekanikle uyumlu olarak yarıkların arkasına karşılık gelen bölgelerde kümelenir (Resim-1, siyah noktalar). Bu bölgelerde bulunan bazı noktalarda gözlem yapılmadığı durumda hiç elektron ulaşmaz! (bkz: Resim-1, kırmızı eşleştirme doğrusu) Tam tersi, gözlem yapılmadığı durumda perde üzerinde elektronların çarptığı bazı noktalar da bu bölgelerin dışındadır (bkz: Resim-1, mavi eşleştirme doğrusu): Yarıklarda gözlem yapılmayınca, perde üzerinde dalgalara özgü olan girişim deseni oluşur!



Resim-2: Dalga Mekaniği ve Girişim Deseni

Çift yarıklı üzerine gönderilen bir dalga (Resim-2) yarıklardan geçerken farklı doğrultularda kırılır. Bir anlamda, iki yarıklı da yeni birer dalga kaynağı gibi davranır (Resim-2 A) ve bunlardan gelen dalgalar bazı noktalarda birbirleriyle kesişir (Resim-2 A--B). Kesişen, daha doğrusu girişen iki dalganın tepe noktaları üst üste biniyorsa (Resim-2 A--C, kırmızı eşleştirme doğrusu) girişim yapıcı olur ve o noktada dalganın genliği artar. Bir dalganın tepesi diğerinin çukuru ile üst üste biniyorsa (Resim-2 A--C, mavi eşleştirme doğrusu) da girişim yıkıcı olur ve o noktada dalganın genliği sıfır olur. Kullanılan dalga bir ışık dalgasıysa, yapıcı girişim noktaları aydınlık (Resim-2, sarı noktalar), yıkıcı girişim noktaları karanlık (Resim-2, siyah noktalar) kalır.

Resim-2 B'deki gibi bir girişim deseni elde edilebilmesi için dalganın dalga boyu ile yarıklar arası uzaklık benzer mertebede olmalıdır. MÇYD'de parçacığın dalga davranışı gösterebilmesi için de yarıklar arası uzaklığın tersi, parçacığın kütlesi ile aynı mertebede olmak zorunda. Buna göre, parçacıkların da birer dalga boyu olduğu varsayılırsa, parçacıkların dalga boyu kütleleri ile ters orantılı olur. Bu bağlamda, görünebilir parçacıkların dalga boyunun parçacıkların boyutundan çok daha küçük olması, gündelik hayatta bu tür

girişim olaylarıyla neden karşılaşılmadığını ve makro parçacıkların neden dalga mekaniği yerine klasik mekanik yasalarınca davrandığını açıklayabilir.

Olasılık Genliği

Gözlemlenilmeyen elektron parçacığının uygun şartlarda dalga gibi davranmasını Kuantum Kuramı olasılık genliği kavramı üzerinden açıklıyor. Yapılan deneyler olasılık p ile karmaşık bir sayı ($a=x+iy$) olan olasılık genliğinin mutlak değer karesinin ($|a|^2=x^2-y^2$) eşit olduğunu gösteriyor. Örnek olarak, bir parçacığın bir konumdaki olasılık genliğinin mutlak değer karesi $|a(x)|^2$, parçacığın o konumda bulunma olasılığı $p(x)$ oluyor. Varlayıcı/yoklayıcı bir etkileşim söz konusu olana kadar toplama ve çarpma gibi bildik olasılık işlemleri bilindik şekilde ama olasılık yerine olasılık genlikleri kullanılarak yapılmalıymış gibi görünüyor. Varlayıcı/yoklayıcı bir etkileşimin ardından ise olasılık genliği olasılık ile yer değiştiriyor.

Herhangi bir konumdaki değeri bir parçacığın o konumda bulunma olasılık genliğine eşit olan fonksiyona konum dalga fonksiyonu, kısaca $\psi(x)$ deniliyor. MÇYD dalga fonksiyonu formülleştirmesi (/formalizmi) ile an'laşılımaya çalışılırsa, elektronun konum dalga fonksiyonu yarıklarda kırınıp, daha sonra kendisiyle girişmeli. Elektron perdeye ulaşınca varlayıcı/yoklayıcı bir etkileşime girmiş olmalı ve karmaşık bir fonksiyon olan dalga fonksiyonu, yıkıcı girişim noktalarında 0, yapıcı girişim noktalarında ise 1 gerçel değerinde olan olasılık fonksiyonuna ($P(x)=|\psi(x)|^2$) çökmeli. Perde üzerinde bir girişim deseni böylece oluşabilir.

Elektronun oradan geçip, geçmediğini anlamak için yarıklarda gözlem yapılıyorsa, gözlem dalga gibi davranma eğiliminde olan elektronu parçacık gibi davranmaya zorlamalı: Gözlem için kullanılan ışık dalgası parçacık gibi davranıp, elektronla etkileşmeli ve bu varlayıcı/yoklayıcı etkileşim dalga fonksiyonunun daha perdeye ulaşmadan, yarıklarda gerçel uzaya çökmesine sebep olmalı. Dalga fonksiyonunun yarıklarda olasılık fonksiyonuna çökmesi yüzünden bundan sonraki olasılık işlemlerine genlikler üzerinden değil de, olasılıklar üzerinden devam edilmeli. Yarıklarda gözlem yapıldığı durumda girişim deseni yerini yarıkların arkasına karşılık gelen bölgelerde kümelenmeye böylece bırakabilir.

Dalga fonksiyonu ile MÇYD için makul bir tablo çizilebilse de kuantum doğası olan bütün nicelikleri inceleyebilmek için dalga fonksiyonu kavramı yeterli olmuyor ve çoğu zaman onun yerine durum vektörü kavramını kullanmak gerekiyor ^[2]. MÇYD'yi daha iyi kavrayabilmek için de durum vektörü daha iyi bir zihinsel araç. Birbirine dik (alması) tüm durumlar temel durum olarak adlandırılırsa; durum vektörü, bileşenleri temel durumların olasılık genliklerine karşılık gelen vektördür. Bir anlamda, bir ölçümden önce durum vektörü, temel durumların doğrusal bir kombinasyonudur. Ölçüm işlemi ise durum vektörünü bir temel durum üzerine iz-düşürmek, yani bileşik durumu temel durumlardan bir tanesine çökertmek anlamına gelir.

MÇYD'de elektronun birinci yarıktan geçmesi $|1\rangle$, ikinci yarıktan geçmesi ise $|2\rangle$ durumu olsun. Elektronun birinci yarıktan geçme olasılık genliği a , ikinci yarıktan geçme olasılık genliği b olarak işaretlenirse, varlayıcı/yoklayıcı bir gözlem yapmadan önce elektronun durum vektörü $|\psi\rangle$, $a|1\rangle+b|2\rangle = (a\ b)^T$ oluyor. Yarıklarda ölçüm yapmak ise durum vektörü $|\psi\rangle$ 'yi $|a|^2$ olasılıkla $|1\rangle$ 'e, yani $(1\ 0)^T$ vektörüne; $|b|^2$ olasılıkla da $|2\rangle$ 'ye, yani $(0\ 1)^T$ vektörüne çökertiyor. Buna göre, 100 tane elektron yarıklara doğru gönderilirse ve yarıklarda varlayıcı/yoklayıcı bir gözlem yapılırsa, $100 \times |a|^2$ tane elektron birinci yarıktan, $100 \times |b|^2$ tane elektron da ikinci yarıktan geçmeli ^[3] ki deneysel sonuçlar bunu doğruluyor.

Peki yarıklarda gözlem yapılmadığında ne oluyor? Girişim deseni göz önünde bulundurulursa, $|\psi\rangle = a|1\rangle + b|2\rangle$ durumunun fiziksel karşılığı nedir? Bir parçacık $|a|^2$ olasılıkla birinci yarıktan, $|b|^2$ olasılıkla ise ikinci yarıktan mı geçmiş oluyor? Yani, parçacık her iki yarıktan da aynı anda ama farklı varlık değerlerinde mi geçiyor? ^[4] Diyelim ki öyle, peki ölçümden hemen önce bir şekilde aynı anda iki yarıқта birden bulunan elektron ölçüm yapıldığında neden yarıklardan sadece bir tanesinde beliriyor? Gözlem (/ölçüm) denilen şey olasılık genliğinden olasılığa ya da bulanık mantıktan klasik mantığa ^[4] geçişleri nasıl sağlıyor? Daha da gizemlisi, tek bir parçacığın hareketi göz önünde bulundurulduğunda, ölçüm sonrası parçacığın hangi yarıқта belireceğine, yani durum vektörünün ölçüm sonrası temel durumlardan hangisine çökeceğine karar veren işlerge ne?

Akılın Üstünlüğü – Kopenhag Yorumu

Bohr ve Heisenberg gibi Kuantum Kuramı'nın kurucularının bazılarının düşüncelerine göre, ki bu düşünme şekli Kopenhag Okulu olarak adlandırılır, “Ölçüm yapılmadığında ne olur?” sorusunun yerine “Ölçüm yapıldığında ne olur?” sorusunu sormak daha anlamlı olur.

Bir fiziksel değişkenin iki ardışık ölçümü arasındaki değerini tahmin etmek için ölçüm değerleri arasında bir süreklilik olduğu varsayımında bulunmak, ne kadar makul olsa da, keyfi bir tercihtir. Bu bağlamda, Kopenhag Okulu tercihini aksi yolda kullanıyor ve ölçüm yapılmadığı zamanlarda kuantum mekaniksel bir değişkenin, dolayısıyla da ait olduğu sistemin durumunun, fiziksel gerçekliğinden bahsetmenin anlamlı olmayacağını söylüyor. Bu okula göre ölçüm edilgen değil, etken bir süreç. Öyle ki, fiziksel gerçekliği yaratan şey ölçümün ta kendisi!

Kuantum Kuramı'nın Kopenhag Yorumu, üzerinde ölçüm yapılacak bir kuantum sisteminin bileşik durumunu fiziksel gerçekliği olmayan bir dünyada, kuantum dünyasında resmediyor. Aynı resimde, ölçüm aletleriyle beraber gözlemci ise fiziksel gerçekliği olan dünyada, klasik dünyada yaşıyor. Gözlemci kuantum sistemi üzerinde ölçüm yaptığında, bileşik durumun tamamen gelişigüzel ^[5] bir şekilde olası temel durumlardan birine çökmesine sebep oluyor. Bir anlamda, gözlemcinin yaptığı ölçüm, klasik dünyada sistemin üzerine çöktüğü temel durumun fiziksel gerçekliğini yaratıyor. Fakat hangi durumun fiziksel gerçekliğini yaratacağını seçemiyor.

Çizilen bu resimde, gözlemlenmediği sürece bir şeyin varlığıyla yokluğu kuantum dünyasında birbirine karışırken, evrenin fiziksel gerçekliği olmayan bu dünyaya dahil edilemeyecek tek bileşeni bilinçli gözlemci, yani akıl gibi görünüyor. Böylece diğer şeylere fiziksel gerçekliğini veren akıl, yani zihinsel etkinlik, ontolojik (varlık-bilimsel) olarak maddesel her şeyin üstünde kabul ediliyor. Edimsel olarak ise sınırlandırılmış durumda, çünkü tam olarak neye fiziksel gerçeklik vereceğini seçemiyor!

Paralel Evrenler – Everett'in Yorumu

Everett, doktora tezinde “Ölçüm yapıldığında ne olur?” sorusuna “Durum vektörü bir ölçüm ile gelişigüzel olarak çöker ve fiziksel gerçeklik yaratılmış olur” cevabından başka bir cevap aradı.

İlk olarak Bohr'un ortaya attığı “gelişigüzel çökme” kavramı aslında Kuantum Kuramı'nın matematiğine aykırıydı ^[6] ve ancak bir belit (/aksiyom) olarak kabul edilebilirdi. von Neumann, “ölçüm ile gelişigüzel çökme” işleminin iz-düşüm işlemleri ^[7] ile sağlanabileceğini

göstermişti. Böylece ölçüm yapılmadığı zamanlarda belirlenebilir bir şekilde evrilen dalga fonksiyonunun (ya da durum vektörünün), ölçüm yapıldığında gelişigüzel bir şekilde evrildiği kabul edilebilirdi. Fakat Everett gibi bazı fizik-bilimcilerine göre bu biraz zorlama olmuştur.

Everett'e göre maddesel şeylere hükmeden Kuantum Kuramı'nın yasaları, zihinsel etkinliğe de hükmetmeliydi. Yani, bilinçli gözlemci ve ölçüm aletleri de kuantum dünyasında yaşamalıydı. Zira, onlar da maddeseldi ve MÇYD'de dalga davranışı gösterecek birçok parçacığın bir araya gelmesiyle oluşuyordu.

Bu bağlamda evren, birbiriyle etkileşim içinde olan birçok kuantum sisteminden oluştuğu için, büyük bir kuantum sistemi olarak düşünülebilirdi. Böylece onun da bileşik kuantum durumlarında bulunabilen bir durum vektörü (ya da dalga fonksiyonu) olmalıydı. Evrenin dışarıya olamayacağı için, evren dışarıdan değil de içeriden gözlemlenmeliydi. Bu noktada Everett'in varsayımı şuydu: Bileşik bir durumda bulunan evren üzerinde içeriden bir gözlem yapıldığında, evren olası sonuç sayısınca çoğalıyor olabilirdi. Böylece oluşan her paralel evrende, olası sonuçlardan birisi gerçekleşiyorsa, Kuantum Kuramı tamamen belirlenebilir bir kuram olurdu ^{[8], [9]}.

Bu yoruma göre yarıklarda gözlem yapılırsa, MÇYD sonrası evren sayısı iki katına çıkar. Oluşan paralel evrenlerden birinde gözlemci parçacığın birinci yarıktan geçtiğini görürken, diğerinde gözlemciye göre parçacık ikinci yarıktan geçer. Fakat gözlemcilerin birbirinden haberi olmaz. Zira içinde buldukları evrenlerin durum vektörleri birbirine diktir.

Notlar:

1) Bir gözlemin gözlenenini etkileyişini Stern-Gerlach Deneyi daha açık bir şekilde gösteriyor. Ayrıntılı bilgi için [Zaman 3](#) adlı yazıya bakılabilir.

2) Durum vektörü $|\psi\rangle$ ise, konum dalga fonksiyonu $\psi(x) = \langle x | \psi \rangle$ olarak tanımlanır.

3) $|a|^2 + |b|^2 = 1$. Yani tüm olasılıkların toplamı bire eşit. Bu olgu olasılıkların korunumu olarak bilinir.

4) Bir parçacığın yarıklardan birinden geçip, geçmediği bir düzenek sayesinde kesin olarak biliniyorsa, o yarıktan geçme olasılığı 0 ya da 1 değerini alıyor demektir. Dolayısıyla, bu durumda parçacık için varlık/yokluk 0 ve 1 dışındaki önerme değerlerine izin vermeyen klasik mantık kurallarına göre değerlendirilmeli. Yarıklarda ölçüm yapılmadığı durumda ise parçacık için varlık/yokluk 0 ve 1 arasındaki önerme değerlerine de izin veren bulanık mantık kurallarına göre değerlendirilmeli.

5) Einstein, ortaya çıkışında büyük katkıları bulunduğu, yerel olmayan Kuantum Kuramı'nı özellikle bu yorum ve içerdiği gelişigüzellik yüzünden yıllarca kabullenememiştir. Onun öncelik ettiği bir akım Kuantum Kuramı'nca bilinmeyen bir çeşit saklı değişkenler olabileceğini iddia eder. Bu akım hem Kuantum Kuramı'nı, hem de bu saklı değişkenleri kapsayan daha tam ve yerel bir kuramın, varlığın doğasına dair ortaya çıkan gizem ve gariplikleri ortadan kaldırdığını varsayar. Ne yazık ki fizik-bilimci Bell bu varsayımların öngördüğü bazı eşitsizliklerin doğada çiğnendiğini bulmuştur. Einstein'ın öğrencisi Bohr, Bell eşitsizlikleriyle uyumlu bir Saklı Değişkenler Kuramı geliştirmeyi başarsa da, onun kuramı da Kuantum Kuram'ı gibi yerel değildir.

6) Schrödinger'in geliştirdiği dalga mekaniği formülleştirmesine göre, dalga fonksiyonu belirlenebilir (/deterministik) Schrödinger Denklemi'ne tabi olarak evrilir.

7) Heisenberg'in dalga mekaniği formülleştirmesine almasıık olarak geliştirdiği matris mekaniği formülleştirmesine göre, durum vektörü kendisine doğrusal işlerlerin vurulmasıyla evrilir ve bu işlerler matrislerle temsil edilebilir.

8) Tanrı'nın zar atmadığına inan Einstein bu yorumu görse, belki kurama karşı daha farklı yaklaşabilirdi. Fakat Bohr, durum vektörünü gelişigüzel bir şekilde çökerten ölçüm yerine evren sayısını çoğaltan ölçüm yorumunu pek sevmedi. Her iki yorum da aynı ölçüde tuhaf ve gizemli olsa da..

9) Zamanla paralel evren sayısı çok fazla artar ve mevcut evrenler birbirinden oldukça farklı hale gelir. Fakat farklı değişimler geçiren bu evrenler, gelecekte aynı olası sonuçları içeren eř zamanlı bir gözlem ile kesişebilir. Kesişen bu noktada girişim gerçekteşir ve bazı evrenlerin olasılık genliği artarken, bazılarının olasılık genliği azalır. Böylece paralel evren sayısı sonsuza gitmez.