

Kuantum Mekanikinin Yeni Yorumları

Roland Omnès

Güney - Paris Üniversitesi Yüksek Enerji ve Teorik Fizik Laboratuvarı

Bu yazı; Profesör Roland Omnès tarafından 1994 Eylül ayında Viyana'da, Viyana Çevresi ve Gödel Kurumu'nun ortak düzenlediği bir toplantıda sunulmuştur.

ÇAĞDAŞ fizikteki son gelişmeler şimdiye dek kuantum mekaniğini kuvvetle kanıtlamıştır ve felsefecilere yeteri kadar kapsamlı bir bilgi teorisine sahip olamayışlarının sıkıntısını ortadan almıştır. Benim görüşüme göre bu, bilimin günümüzde aldığı soyut biçiminin yarattığı genel sıkıntının bir parçası olmalıdır. Bilim, bugün hem fizikte hem matematikte sezgisel niteliklerinden çoğunu yitirmiş bulunuyor. Bu konular, başlangıçtaki görsel temsillerinden soyutlanarak formel hale gelmişlerdir. Brouwer gibi bazı matematikçiler bu gidişe tepki gösterdiler. Fizikçiler ise bu konuya daha da duyarlılar. Feynman'ın herkesin içinden düşündüğünü yüksek sesle dile getirdiği gibi, "kuantum mekaniğini kimse anlayamıyor".

Fizik ve matematiğin bu aşırı soyutlaşma sonucu karşılaştığı güçlükler birbirinden bağımsız olamazlar. Bir fizikçi, örneğin tek bir kalem gibi, basit bir makroskopik cisimden bahsederken bile tereddütüdür. Çünkü bu cisim iki cephesi ile görülmektedir: Klasik fizik açısından oldukça basit bir nesne olan bu cisim eğer atomlardan yapılmış olduğu gözününe alınırsa korkunç karmaşık bir nesne görünümüne girmektedir. Aslında bu kalemin, kuantum mekaniği ilkeleri kapsamında nasıl bir cisim olduğu daha yeni anlaşılmağa başlanmıştır. Aynı şekilde, klasik dilde kalemlerin oluşturduğu bir kümeden bahsetmek kolay gözüktür. Fakat fizik ilkeleri açısından bu çok karmaşık bir iştir. Matematikçiler modellerini inşa ederken çok kez hemen daha başlangıçta basit sonlu kümeler fikrini getirirler. Ancak buradaki gibi bir felsefi sentez söz konusu olduğunda, bu kavram üzerine matematik inşa etmenin her zaman kolay olduğunu söylemek doğru olmayacaktır. Bu anlamda temel parçacıklar bile küme oluşturan klasik nesnelere kullanılamazlar; çünkü özdeşler ve sonlu sayıda bir parçacık topluluğu için bile bir seçme aksiyomu (axiom of choice) bulunamaz.

Burada kuantum mekaniğinin tutarlı geçmişler yorumu adı verilen yeni bir yorumu ele alınmaktadır. Bu yorum, Gell-Mann, Griffiths, Hart-

le, Zurek ve yazar (Omnès) tarafından geliştirilmiştir. Pratik pek çok durumda bu yeni yorum Bohr'un (yani Kopenhag yorumunun) öngörülebilirliğiyle uyumlu sonuç vermekte ancak epistemik sonuçları bakımından Bohr'dan önemli noktalarda ayrılmaktadır. Bu farkları iki adımda göstermekteyiz. Yeni bir bilgi teorisinin getirilmesinden ibaret olan birinci adım artık emin görünüyor. İkinci adım daha tartışmalı; başansı "nesnelleştirme" problemi denen soruya verilecek yanıtı bağlı görünüyor. Bu yaklaşımla Husserl'in "kartezyen" programına sınır getirilmiş ve gerçekliğin yeni biçimleri öne çıkarılmış olmaktadır.

Tutarlı Geçmişler Yorumu

Kuantum mekaniğinin yorumu, fiziğin bu özel alanı için bir bilgi teorisi diye tanımlanabilir. Bu alanda yakın zamanda bir çığır açılmış görünüyor. Ancak bu atılım, birçok insanın kuantum fiziği ile ilgili olarak taşıdığı temel ya da felsefi kaygılardan değil; hali hazırda bilinen ve en azından başlangıçta sorgulanamaz olan temel ilkelerin yol verdiği, bütünüyle teknik ilerlemelerden kaynaklandı. Esas olarak bu tür iki ilke vardır: (i) bir fiziksel gözlemin Hilbert uzayında belli bir operatörle bağlantılı olduğuna ilişkin görüş de dahil olmak üzere, teorisinin matematiksel çerçevesini ve dilini ifade eden ilke, (ii) dinamiği Schrödinger denkleminin belirlediğini ifade eden ilke. Sonradan bu birincil ilkelerin otomatik sonuçları olduğu anlaşılın kuantum ölçümleri, durumlar ve olasılıklar ile ilgili olarak hiçbir varsayım yapılmamıştır. Varılan nihai sonuç, belki de yeni yorum konusunda en iyi özeti sağlar: yorum (ve bir bilgi teorisi) yalnızca temel ilkelerin dolaysız ve zorunlu bir sonucudur.

Dekoherens

Kaydedilen ilk belirgin ilerleme, dekoherens etkisinin anlaşılması olmuştur. Bu etki, Feynman ve Vernon, Hepp ve Lieb; Zurek, Joos, Zeh, Caldeira ve Leggett tarafından ayrı ayrı keşfedilmiştir. Wojciech Zurek'in 1982'de getirdiği katkı, bu etkinin tanınmasında belirleyici bir rol oynadı. Etki, makroskopik sistemlerin klasik fiziğe değinmeksizin kuantum mekaniksel kavramlar içinde ele alınmasıyla ilgilidir. Sisteme ait gözlemler içinden sadece kolektif gözlemler denilen ve klasik fizikte kullanılan (örneğin, bir sarkacın konumu ve momentumu gibi) gözlemler dikkate alınmalıdır. Schrödinger dinamiğinin bir sonucu olan dekoherens etkisi, hiçbir kuantum girişim etkisinin bu gözlemlere bakmak yoluyla, en azından son derece küçük bir "dekoherens süre-

sinden" sonra, gözlenemeyeceğini belirtir. Bunu ifade etmenin basit bir yolu, Schrödinger'in kedisinin, olasılık hesabına göre ya ölü ya da canlı olması gerektiği; kediyi bir süperpoze durumunda gösteren, gözlenebilir hiçbir girişim etkisinin olmadığını söylemek olacaktır. Etkinin kökeni ile, sistemin sahip olduğu çok büyük sayıdaki serbestlik dereceleri arasında güçlü bir bağlantı vardır. Etkinin bir başka yönünün, sistemin evrimini klasik fizik kurallarına uyan bir harekete (örneğin sarkacın hareketine) yönlendirmesi olduğu gözlenmiştir.

Geçmişler

Yorumu bir başka önemli katkı da, 1984'te Robert Griffiths'in getirdiği tutarlı kuantum geçmişleri görüşüdür. Bunu daha açık bir şekilde betimlemeye çalışacağım, çünkü büyük ölçüde temel kavramlarla ilgili. Von Neumann, belli bir anda atomik dünyada gerçekleşen bir olgunun, temel önermelerle açıklanmaya çalışılabileceğini düşünmüştü; bunları özellikler olarak ifade edecegim. Bir özellik, belirli bir A gözleminin alacağı değerlerin bir Δ aralığı içinde bulunduğunu ifade eder. Bu kelimelerle ifade edilebildiği gibi, özellikler ve Hilbert uzayındaki izdüşüm operatörleri arasındaki bire bir ilişki nedeniyle, teorisinin biçimsel ilkelerine de uyar. Ancak yine de matematiksel ifadeler kullanılarak "konuşulur".

Bir geçmiş, peşpeşe gelen çeşitli zamanlarda ortaya çıkan ve birbirini izleyen özellikler dizisidir. Bir geçmiş hareketli filmle enstantane fotoğrafın karşılaştırılmasına benzer bir analogi yardımıyla, tek bir özellikte de karşılanabilir. Aslında, Bohr'un atomik dünyadan bu şekilde bahsedilmesi konusunda ifade ettiği çekinceye karşın pek çok fizikçi, bir fiziksel sistemi, bir tür geçmişle betimlemektedirler. Örneğin, belli bir anda nötronun reaktörden çıktığı (bu, konuma ilişkin bir özelliktir), bir süre sonra hız seçicisini geçince nötron momentumunun belirli bir aralıkta bulunduğu (bir momentum özelliği); sonra bir hidrojen hedefine vurduğu (konum özelliği), en sonra da $n+p \rightarrow d+g$ şeklinde bir tepkime oluştuğu söylenebilir (Bu da bir özelliktir; çünkü $d+g$ Hilbert alt uzayındaki bir izdüşüm operatörüne karşılık gelir). Sonuçta foton, gözlemlendiği dedektörün içindeki boşlukta bulunur. Bu tipik bir geçmiştir ve bir deneyi ya da diğerini betimleyen sonsuz sayıda geçmiş olabilir.

Oldukça basit görünmelerine rağmen geçmişlerin kullanımının önemsiz olduğu söylenemez (aksi halde geçmişleri sistematik olarak kullanmaya başlamadan önce 1984'e kadar beklemeydik). Bunun nedeni de kolaylıkla açıklanabilir: bir giri-

şim deneyi tartışıyor olsaydık, fotonun, girişimölçerin hangi kolundan gittiğini belirleyen özellikleri konuya niçin dahil etmeyeceğiz. şimdiye değin hiçkimse, buna bir anlam veremedi. Bu durumda bazı geçmişlerin anlamlı, bazılarınınnsa anlamsız olduğu ortaya çıkmaktadır. Griffiths'in hamlesi, bu iki kategoriye ayıran unsurun ne olduğunu bulmak oldu: İyi tanımlanmış ve doğru (yani artı, normalleştirilebilen ve toplanabilen) olasılıkları yüklenilebilen geçmişler vardır. Anlamlı geçmişler bunlardır. Ayrıca olasılık genliklerinin toplanabilen olasılıklarla uyduğu geçmişler de bunlardır. Diğerlerinde böylesi olasılıklar yoktur. Girişim deneyinde söz konusu durum budur: Fotonun girişimölçerin bir kolundan geçmesi ya da diğerinden geçmesi olasılıkların formel toplamı, iki koldan birden geçmesi olasılığına denk değildir. Böylelikle kesin matematiksel ölçütler kullanılarak, anlamsız olanlarla karşılaştırma yapmak yoluyla anlamlı geçmişler karakterize edilebilir: Griffiths tutarlılık şartları ve mikroskopik dünya bir biçimde "konuşulabilir" hale gelir.

Mantık

Tutarlı geçmişlere anlam yüklemek için daha derin bir neden olup olmadığı merak konusu olabilir. Bu noktada 1988'de ortaya atılmış (Omnès) bir başka görüş için içine girer. "İyi" bir geçmişin, alternatif geçmişler ailesi içinden birisi olduğu kolaylıkla anlaşılacaktır. Yukarıda bahsedilen nükleer reaksiyon sırasında nötron, hidrojen hedefini şaşabiliyordu ya da içine girer ancak nükleer reaksiyona yol açmayabilirdi, veya foton başka bir son noktaya erişirdi, vs. Bu olaylar kümesi bir atomik "olay durumları" ailesine oldukça benziyor; dolayısıyla bunların bir mantıksal yaklaşıma konu edilip edilemeyeceği sorulabilir. Çeşitli olasılık özellikleri, bir önermeler alanı oluşturur ve temel mantık işlemlerini "değildir, ve, veya" şeklinde tanımlamak kolaydır. İki önerme arasındaki "a ise b" şeklindeki mantıksal gerektirme, şartlı olasılık üzerinde basit bir matematik denklemi ile de gösterilebilir: $p(b|a)=1$. Bu kurullarla bilinen temel mantık aksiyomlarının sağlandığı görülür. Zaten tutarlı geçmişlerin anlamlı olduğunu; tutarsız geçmişlerin (yani Griffiths tutarlılık şartlarını sağlamayanların) anlamsız olduklarını söyleyebilmemizin nedeni budur.

Bu mantık silsilesinin biraz daha yakından incelenmesi kayda değer bazı diğer nitelikleri de açıklığa kavuşturur. Örneğin geçmişlerden beklenen olasılıklar üzerine basit mantıksal şartlar konabilir ve bunlardan umulmayan sonuçlar elde edilir: Örneğin, bir hazırlanma sürecinden nasıl türetileceği henüz bilinmese de, bir yoğunluk operatörü var olmalıdır (Bu sonuç Gleason'a kadar gider. Soyut bir varlık ispatını fizikte kullanmanın bir örnek inşa etmekten daha yararlı olabileceğine örnek göstermek için verdim). Böyle bir geçmişin olasılığının tek bir şekilde tanımlanacağı da gösterilebilir. Dolayısıyla, olasılıklar fiziğe, fiziksel düzensizlik kavramıyla belirgin bir bağlantı olmaksızın, bir "mantık kapısı"ndan girmiş olurlar. Olasılıklar, yalnızca mantıksal çıkarımların doğrulanmasını sağlarlar.

Bütünlük ilkesinin (Complementary) anlaşılması da, bir diğer sonuçtur. Bugüne değin oldukça gizemli görünen bu ilke, böylelikle basitleşmiş oluyor: Farklı tutarlı geçmiş aileleri, aynı fiziksel sistem için söz konusu olsalar da, birbirleriyle tutarlı değildir, yani her iki aileyi de içeren, daha geniş bir tutarlı aile yoktur. Örneğin bir parçacığın düz çizgiden ibaret bir yörüngesi olduğunu belirleyen konum özellikleri; parçacığın momentumunun bu çizgi boyunca sabit olduğunu öne süren benzer özellikler ile tutarsızdır. Dolayısıyla Wittgenstein felsefesinde olduğu gibi, atomik dünyayı tanımlayan bütünsel, benzersiz bir Denkbereich (söylem evreni) değil; birçok farklı birbirini bütünlükleyen söylem evreni söz konusudur. Kullanılabilecek en iyi analogi, Cantor'un süreklilik hipotezini ortaya koyar ya da reddederken farklı söylem evrenlerinin söz konusu olduğu matematikle karşılaştırma yapmaktır. Mantık çerçevelerinin böylesine birden fazla olması, ilk bakışta tehlikeli görünebilir: Bir çerçevede mantıksal çıkarım a ise b iken; bir başka çerçevede a'nın b'yi gerektirmemesi gibi zıt bir durumla, bir paradoksla karşılaşma riski var mıdır? Neyse ki bunun olumsuz olduğu, şu önemli sonuçla kanıtlanmıştır: Kuantum mekaniğinde paradokslar olanaksızdır.

Tüm bu söylenenler; bir fiziksel sistemin herhangi bir tarifinin, tutarlı geçmişler ailesi çerçevesinde ifade edilmesi gerektiğini varsayan yeni bir kuantum mekaniği (mantık) aksiyomu ile özetlenebilir. Bu tarif bazında akıl yürütürken, kullanılan mantıksal çıkarımların matematiksel olarak geçerli olduğundan emin olmalıyız. Böylelikle kuantum mekaniği için iyi tanımlanmış bir önermeler hesabına ulaşılmaktadır.

Örnek olarak yukarıda bahsi geçen nükleer fizik deneyi ile ilgili olarak şöyle bir akıl yürütme verilebilir: foton gözlenmiştir, dolayısıyla nükleer reaksiyon oluşmuştur, dolayısıyla... nötronun başlangıç hızı bilinmektedir. Bu akıl yürütme, Bohr'un atomik dünya hakkında konuşma çekincesini uzun süre gözardı eden deneyicilerin kullandıkları fenomenolojiyi ve kinematiği haklı kılar.

Klasik Fizik

Daha önce de belirtildiği gibi dekoherens, çoğu makroskopik sistemin klasik davranışına bir açıklama getirebilir. Belki de daha kapsamlı bir yaklaşım, kuantum mekaniği açısından görüldüğü gibi, makroskopik sistemlerin garip ilkeleriyle birlikte önceki mantık aksiyomlarını beraber kullanmaktan ibarettir. Dekoherens bu garipliklerden sadece biridir ve burada yalnızca belli başlı sonuçlardan bahsedeceğim. Tek bir cümleyle ifade edersek klasik fizik (ve onun sağduyuya dayalı mantığı) kuantum mekaniğinin (ve onun kendi mantık çerçevesinin) özel bir durumudur diyebiliriz. Bu bizlere, Bohr'un klasik fiziğin birincil karakteri konusundaki ısrarını bir kenara bırakıp, sadece tek tür fizik olduğunu kabul etme şansını nihayet vermektedir.

Klasik bir özellik, cismin makroskopik bir parçasının konumu ve momentumuna karşılık gelir. Örneğin bunlar, belirsizlik ilişkileri ile kar-

şılaştırıldığında oldukça büyük hata sınırları içerisinde verilirler. Hörmänder'e ait bir matematik teoremi, bu özelliğin, Hilbert uzayındaki bir eşdeğer izdüşüm operatörleri ailesi ile ilişkili olduğunu gösterir. Yani klasik fizik dilini kullansak bile, isteseydik kuantum mantık aksiyomları ve onun dili çerçevesinde kalabilirdik.

Bir başka kayda değer sonuç da klasik determinizm ile ilgilidir. Determinizm, kaotik sistemlerin de ortaya koyduğu gibi, evrensel değildir. Determinizm varsa, bu temelde iki farklı zamanda ortaya çıkan iki klasik özellik arasındaki mantıksal özdeşliktir. Önsezi ve bellek bu anlamda kavranabilir. Burada yine bir teorem (Egorov'un mikrolokal analizdeki teoreminin karşıtı) yardımıyla kuantum mekaniği temelinden yola çıkarak, bu mantıksal özdeşlik kanıtlanabilir. Dolayısıyla klasik determinizm, kuantum mekaniğinin bir sonucu ya da kuantum dünyasında geçerli olasılık mantığının bir sonucu gibi görünmektedir. Kuşkusuz her şeyin bir bedeli vardır; bu nedenle determinizmin ihlal edilmesi gibi çok küçük bir olasılık da her zaman söz konusudur. Bu, kuantum sahnemalarına atfedilebilir.

Daha ileri gidilerek, makroskopik cisimlerin klasik özellikleri ile ilgilenen adi mantığın bir türü olarak fiziksel sağduyu, özel bir durum gibi görülebilir ve mantık aksiyomları da dahil olmak üzere temel kuantum aksiyomlarından hareket edilerek kanıtlanabilir. Bu da, birazdan tartışacağımız bir yeni bilgi teorisinin temelini oluşturur.

Ölçüm Teorisi

Ölçüm teorisinin, ele aldığımız konu ile ilgili olduğu az olduğundan, bundan kısaca bahsetmek yeterlidir. Bu teori tüm dengeli hale döner ve Bohr'un öne sürdüğü aksiyomlar, bir dizi teoremler haline gelir. Bununla birlikte, bir dizi ölçüm olayının rastgeleliğinin, bu teorisinin bir gerek şartı olduğu da belirtilmelidir: yalnızca bu safhada, olasılıklar istatistiksel anlam kazanırlar; bu ana kadar yalnızca mantıksal vasıtalar olarak söz konusuydular. Dalga paketi indirgenmesi, A gözlenirinin bir başka B gözlenirinden önce ölçüldüğü çift ölçümlerden oluşan bir istatistiksel dizi söz konusu olduğunda, ölçüm aletlerindeki dekoherens varlığı gereği bir teorem olarak karşımıza çıkar. Son olarak, genel olmayan, bu farklı farklı kısmi buluşların sentezine, Gell-Mann ve Hartle ile Omnès tarafından birbirinden bağımsız olarak ulaşıldığını hatırlatmak istiyorum.

Yeni Bir Bilgi Teorisi

Yukarıda anlatılan sonuçlar, doğal olarak yeni bir tür bilgi teorisinin doğmasına neden olurlar. Bu yeni teori, Bohr'un desteklediği bilgi teorisine karşılık gelmez; çünkü Wittgenstein tarafından Tatschen (atomik olgular) ile açıklanan klasik olguların statüsü, bu iki yaklaşımda birbirinden oldukça farklıdır.

Dünyanın neden yapılmış olduğu kesin olarak söylenemez, çünkü fizik bu son noktada değildir. Dünyada parçacıklar vardır kuşkusuz; en azından parçacıklar ve kuantumlu alanlar arasında

ayrım yapılmadığı sürece, Niteliğini tam olarak anlamak bile uzay da vardır. Daha da önemlisi kuantum mekaniği, parçacık teorisi ve görelî gravitasyon teorisi ile ilgili olarak bazı genel fizik ilkelerini bildiğimiz gerçektir. Bu ilkeler, daha eski felsefi ilkelerin yerini alacaklardır. Bu yeni ilkeler, birçok kuşakın çabaları sonucunda, bilim yoluyla elde edilmiş ilkelere ve burada önerilen yaklaşım pek çok yönden Francis Bacon'un asırlar önce savunduğu yaklaşıma benzemektedir: "Şimdi düzenli olarak ve aşama aşama bir aksiyomdan diğerine varmayı planlıyorum. Böylelikle en sonuncuya varmadan en genel olanı elde edilemez. Ancak en sonuncusuna ulaştığımızda ulaşılanların boş sanılar değil; doğanın birincil ilkeleri olarak kabullenilebilecek kadar iyi tanımlanmış kavramlar olduklarını ve herşeyin kalbinde ve özünde yattıklarını göreceksiniz." Bilgimiz genişledikçe bu ilkelerin de değişebileceği; ancak mevcut ilkelerin, temel ilkelerin herhangi bir gelecek formundan türetililebilecek pratik kurallar yada kestiriler olarak tekrar karşımıza çıkacağı varsayıldığında, bu değişimlerin bilgi teorisinde temel bir farklılığa yol açmayacağı gerçeği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Klasik fizik, yani insanın gözünde canlandırabileceği niteliklere sahip makroskopik cisimlerin varlığı, kendi basit mantık kurallarına uyması bu sayılan temel ilkelerle uyum içindedir. Aslında makroskopik fizik, teorik anlamda bu ilkeler uyarınca ortaya çıkar. Böylece klasik fenomenler ya da sınırlı Tatsachen(şeyler), çevremizi oluştururlar. Görsel bir simgeyi ya da dili veya sağduyuyu, bu çevreyi gözlemlemek yoluyla oluşturduğumuz şeklindeki bakış açısı kabul edildiğinde, bu temelinde psikolojik özelliklerin, doğanın temel ilkelerinin uzak sonuçları olduğu anlaşılır. Bu bakış açısı, bildiği üzere aslında Hume ve Locke'ye aittir ve çağdaş bilişsel bilimimizin özünde vardır. Wittgenstein'in dil teorisi ile de uyudur. Kuşkusuz bu sayılanların yanısıra bu bakış açısı toplum yaşamının getirdiği sınırlamalar ve fırsatlar gibi sosyolojik olgular kadar; dış dünya ile bağlantılı olarak türlerin ve beyinin gelişimi gibi evrimsel kavramlarla da bütünlenmelidir ama bu tamamen ayrı bir konudur. Asıl önemli nokta: fiziğin temel ilkelerinden sağduyunun kurallarına giden oldukça dolaysız bir ilişkinin var olduğudur.

Bu durum, en azından epistemolojide ve belki de felsefede yaygın eğilimlerin tersine çevrilmesini ifade etmektedir. Artık hiç kimse felsefi ilkeleri soyut çıkarımlarla elde etmek üzere sağduyuya temel olarak güvenemez. Sonuçta bilimsel felsefi olarak eleştirmenin doğru ve yegane yolu, artık bazı felsefi ilkeleri dayanak noktası olarak bilimsel kavramların çözümlenmesi olamayacaktır. Kuantum mekaniği nedensellik, yerellik, ayrılabirlik, vb. kavramlar bağlamında birçok kez bu yolla eleştirildi. Aslında nedensellik, yerellik ve ayrılabirlik bir makroskopik sisteme ait, ancak hata payları ile birlikte kanıtlanabilecek özelliklerdir. Çok küçük cisimler söz konusu olduğunda savunulamazlar. Bunlar ilke değil; büyük miktaslı özellikler, cismin boyutlarının büyük olmasının getirdiği sanılardır. Şimdi tersine, sağduyuyu,

ikincil bir etki olarak kabul edeceğiz. Bu kapsamda sağduyunun geçerliliği de tanım alanının sınırları içinde kanıtlanabilir. Doğaldır ki klasik Tatsachenin yaklaşık niteliği göz önüne alındığında, felsefenin bütünüyle bunun üzerine yapılanamayacağı; bu durumda Wittgenstein'in postüle ettiği temel yiteceğini de kabul etmeliyiz. Başlangıçta değindiğimiz fizik kuralları daha üst düzey bir matematik gerektirdiğinden, başlangıç noktamız çok daha ayrıntılıdır. Bu matematiğin esası, az önce de bahsedildiği gibi, artık kümeler teorisinden kaynaklanamaz ve tek bir temel olmadığı bile düşünülebilir. Ancak hikaye henüz bitmedi.

Nesnelleştirme: Sorunlar ve İpuçları

Sorun

Değindiğimiz teori, sıradan kuantum mekaniğidir ve kuşkusuz tüm sorunları da çözülmüş değildir. Ortada en azından hala bir sorun var. Bu, "nesnelleştirme" ya da "gerçeklik" sorunudur; bir başka deyişle bir kuantum ölçüm sürecinin sonunda neden ve nasıl tek ve tam bir ölçüm sonucu ortaya çıkarıldığı sorunudur. Teorinin bütünüyle olasılıksal olan niteliği, teorisinde böyle bir teklilin görünmesine de, bu teklile neden olarak herhangi bir mekanizmanın varlığına da engeldir. Bu nedenle Gell-Mann ve Hartle, böyle bir sorunun bulunmadığını kabullenme eğilimine girmişlerdir. Gizli değişkenler ya da özel indirgenim etkileri tanımlamak yoluyla, kuantum mekaniğini değiştirmeyi ya da tamamlamayı isteyecek kadar ileri gidenler de vardır. Bu durum aslında dalga fonksiyonu indirgenimi sorunuyla ilgilidir; çünkü eski yorumda, dalga fonksiyonu indirgeniminin iki unsuru vardır: Bunlardan biri, belirli bir ilk ölçüm sonrası bulunan bir ölçüm sonucunun tanımladığı bir olaylar alt-örneği üzerinde yapılan ikinci ölçüme ilişkin istatistikle ilgilidir. Bu, yeni yorumun diğer ilkelerden türetililebileceği bir şeydir. Diğer unsur ise belirli, tek bir ölçümden sonra ortaya çıkan nesnelleştirme kibri.

Görülüyor ki yeni yorum, yalnızca birincil ilkeleri kullanarak, bir sonucun tekliline ilişkin özellik dışında gözlenir fiziğin tüm diğer özelliklerini açıklayabilmektedir. Teori, öncesine göre daha da derinleşmiş olan olasılıksal niteliği nedeniyle, bu özelliği açıklayamaz. Öte yandan Wittgenstein hakkında söylenenler hatırlanacak olursa gerçek, en temel niteliği ile teorisin karşısına dikilmiş görülmüyor: "Gerçek" tektir. Dolayısıyla teori ve gerçek arasındaki asıl zıtlık, her ikisinin tözleri arasında bulunan son derece önemli çelişkidir.

Everett'in Yanıtı

Bir bakıma teoricienlerin aşırıya kaçması diyebileceğimiz Everett'in önerisi hakkında herkes birşeyler duymuş olmalı. Kuantum fikri tüm olasılıkları eşdeğer görmemize yol açtığından, Everett gerçek teoriye uymalı ve tek olmamalıdır der. Kuantum ölçümüne eşdeğer küçük bir

fenomenin evrende her tekrarında, evrenin dalga fonksiyonu, farklı "gerçeklikler"i ifade eden birkaç dala bölünür. Böylesine radikal olmasına karşın, bu yorumun tutarsız olduğu da gösterilemez. Öte yandan dekoherens etkisini anlayışımız üstünde elde edilen son ilerlemeler, bir "gerçeklik dalı" içinde yapılan hiçbir deneyin, diğer dalların varlığını kanıtlamaya ya da reddetmeye yetmeyeceği sonucuna ulaşıyorlar. Bu da, dolayısıyla, nesnellik sorununa Everett yanıtının, Popper anlamında "yanlışlama" aralığı içinde olmadığı anlamına gelebilir. Hatta Everett'in önerisi, bilimin tanım alanına bile dahil olmayabilir, şu açık olarak anlaşılmalıdır ki, öneriler zorunlu değil; olasıdır. Gerek fizikte gerekse felsefede, tüm olasılıkların aynı ciddiyetle ele alınması gerektiğine inanıyorum. Yine de felsefi açıdan bundan daha fazlasını söylemeye çalışacağız.

Bohr'un Yeniden Gözden Geçirilmiş Yanıtı

Nesnelleştirme sorununun çözümüne giden bir başka yol, esas olarak Bohr tarafından ortaya konmuş; ne var ki dalga fonksiyonu indirgeniminin belirsizlikleriyle karıştırılmıştır. Şimdi daha açıklık kazanmış olan bu görüş, bizi, fiziğin başlangıcında bulunan temeller ile ilgili eski bir tartışmaya götürmüş oldu. Soru, bir fiziksel gerçeği, matematik teorisi kullanarak ve doğru olarak betimlemenin neden ve ne dereceye kadar olası olduğudur. Yanıtına Husserl "Kartezyen program" adını vermiştir. Bu programın her zaman gerçekliğin her vechesi için olası olduğu görüşü Heidegger tarafından şiddetle eleştirilmiş ve reddedilmiştir.

Burada söz konusu olan üretkar önerme; bilimin (en azından Kartezyen program kapsamında) bir sınıra ulaştığını öne sürecek kadar ileri gitmektedir. Nesnellüğün varlığı, en azından felsefi bir yaklaşımda, ne gerçekliğin tüm özelliklerinin açıklanmış olduğuna, ne de bir matematik teorisi ile açıklanabilir olduğunu göstermektedir. Ama bu büyük nesnellik sorunu birçok insanın söylediği gibi, kuantum mekaniğinin başarısızlığı değil; tersine eşsiz bir başarısını ifade etmektedir. Bu konunun lehine olmak üzere, aşırı bir Kartezyen gerçekliğin neyi ifade edeceğini göz önüne alarak, bir noktayı daha eklemek istiyorum: Schrödinger denkleminin ya da bir diğer denklemin evrenin geçişini tanımlayabileceğine inanmak bu anlatılanlara aykırı değil midir? Öyle olsaydı herşey başlangıç koşulları tarafından belirlenecek; zaman gereksiz ve yanıtıcı bir unsur olacak; sürekli değişen gerçeklik de zamani olmayan, donuk bir matematiksel imgeye indirgenmiş olacaktı. Birçok bilim adamı, Kartezyen programı uygularken, bunun felsefi temeller arasında sadece bir varsayım olduğunu belirtmeye gerek duymayacak kadar beyinlerinin yikanmış olduğunun farkında bile değiller.

Çeviri: Miyase Göktepeli
Tekin Dereli

Kaynaklar
Ornäs, R., "Consistent interpretations of quantum mechanics" Rev. Mod. Phys., 1992
Ornäs, R., "The interpretation of quantum mechanics" Princeton University Press, 1994
Yazım asıl konusu olan felsefi gelişmeler, yazım "Philosophie de la science contemporaine" (Galimard, Paris, 1994) adlı kitabında ayrıntı olarak verilmektedir.