

Kuantum Teorisinin Yorumu ve Doğanın Rolü

The Interpretation of Quantum Theory and Role of Nature

Kubilay KAPTAN^{1*}

¹Yrd. Doç. Dr. Beykent Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Geliş Tarihi/Received: 17.06.2017

Kabul Tarihi/Accepted: 03.08.2017

Araştırma Makalesi/Research Article

ABSTRACT

The connection involving classical and quantum theory is of main value to the philosophy of physics, and any kind of decryption of quantum mechanics needs to explain it.

Aside from gravity, quantum mechanics clarifies practically all identified pattern, from the framework of atoms, the principles of chemistry and qualities of condensed matter to nuclear composition and the physics of primary contaminants. And it really does all this to an unparalleled degree of precision. However, nearly 90 years since its breakthrough, there is a common agreement that we still lack a profound comprehending of quantum mechanics.

Mixture of thoughts and methods does not really solve the measurement issue, but it does create the position that classicality outcomes from the removal of specific states and observables from quantum theory. Therefore the classical world is not developed by observation but instead by the absence of it.

Quantum concept is a probabilistic calculus which permits the calculations of the possibilities of the feasible results of a measurement conducted on a physical process. But what significance does it possess for the mechanical conceiving of Nature that underlies traditional physics? Astonishingly, some eighty years following the development of quantum theory, we nevertheless lack obvious responses to these concerns. In this paper, we go over the nature of the boundaries that stay in our strategy, and explain current work to get over them by seeking to restore the math concepts of quantum theory through a minor number of basic physical concepts.

Keywords

Quantum theory, Foundations of quantum theory, Nature, Classical physics, Quantum formalism

ÖZET

Klasik ve kuantum teorisi arasındaki ilişki, fizik felsefesi için merkezi bir öneme sahiptir ve kuantum mekaniğinin herhangi bir yorumu bu ilişkiyi açıklığa kavuşturmalıdır.

Yerçekimi dışında kuantum mekaniği, atomların yapısı, kimyanın kuralları ve yoğunlaştırılmış maddenin nükleer yapıya ve temel parçacıkların fizikine kadar hemen hemen tüm bilinen olayları açıklar. Tüm bunları eşi benzeri görülmemiş derecede hassasiyetle yapar. Ancak keşfinden bu yana yaklaşık 90 yıl geçmesine rağmen, hala kuantum mekaniği konusunda, ölçüm probleminde olduğu gibi, derin bir anlayışa sahip olmadığımıza dair genel bir fikir birliği var.

Fikirlerin ve tekniklerin birleşimi, ölçüm problemini tamamen çözmez, ancak klasik durumun, bazı durumların ve gözlemlenebilir kuantum teorisinin ortadan kaldırılmasından kaynaklandığına işaret eder. Dolayısıyla klasik dünya gözlemler değil, bunun eksikliği ile yaratılmıştır.

Kuantum teorisi olağanüstü derecede başarılı bir fizik teorisidir. Ama klasik fiziğin altında yatan Meکانik Doğa Kavramı bu teoriyi nasıl etkilemektedir? Dikkat çekici bir şekilde, kuantum teorisinin oluşturulmasından yaklaşık 90 yıl sonra hala bu sorulara açık cevaplar bulunamıyor. Bu makalede, bilim insanlarının yoluna çıkan engellerin doğası ve bunları aşmak için kuantum teorisinin matematiği birkaç basit fiziksel fikirden yeniden yapılandırmaya çalışması anlatılmaktadır.

Anahtar kelimeler

Kuantum teorisi, Kuantum teorisinin temelleri, Doğa, Klasik fizik, Kuantum formalizmi

* Sorumlu yazar/Corresponding author
E-mail/e-ileti: arkanismael83@yahoo.com

GİRİŞ

Kuantum teorisi, fizik tarihinde belki de deneysel açıdan en başarılı teoridir. Formüle edilmesinden bu yana geçen doksan yıl içinde, bize kimyasal bağlanma ilkelerinden, yıldızları besleyen nükleer reaksiyonlardan, süperiletkenlik ve aşırı akışkanlık gibi egzotik olgulara kadar uzanan geniş bir fiziksel fenomen aralığını açıklayan kesin matematiksel modeller sağlamıştır. Kısacası, kuantum teorisi doksan yıldır fizikçilerin sadık dostluğunu ve sürekli yeni fiziksel olguların matematiksel modellerini sağlama sorumluluğunu üstlendi (Bohr, 1937; Bub, 2004).

Kuantum teorisi aynı zamanda hayatımızı besleyen modern teknolojinin temelini oluşturmaktadır. Modern bilgi işlem teknolojisinin temelini oluşturan transistörün, tasarımının yapılması ve modellenmesi için kuantum teorisi gerekmektedir (Gell-Mann, 1979). Aynı şey, optik iletişim ağlarının (telekomünikasyon endüstrisinin omurgası) ve optik veri saklama alanının (örneğin CD'ler ve DVD'ler gibi) ortaklaşa temelini oluşturan lazer ve ışık yayan diyot için de geçerlidir. İleri düzey kuantum bilgisayarlar ve kuantum şifreleme gibi teknolojiler de hızla yaşamamıza daha fazla girmektedir.

Kuantum teorisinin deneysel başarıları nedeniyle, kuantum teorisinin matematiksel kurallarının fizik dünyasının işleyişinin temel özelliklerini doğru bir şekilde yansıttığından pek şüphe edilmez. Doksan yıl önceki formülasyonundan bu yana, bu kuralların, klasik fizik temelini oluşturan gerçeklik görüşü dâhilinde kapsanmayacak bir fiziksel gerçekliği tanımladığına dair çok güçlü göstergeler oluşmuştur (Howard, 2004). Bununla birlikte, maddi dünyanın anlaşılması söz konusu olduğunda kuantum biçimliliğin kesin doğası belirsizliğini korumaktadır (Heisenberg, 1971; Pauli, 1994).

1. KLASİK FİZİK VE FİZİKSEL TEORİNİN DOĞASI

Sorunun doğasının ve öneminin daha iyi anlaşılabilmesi için, klasik fiziğin göz önüne alınarak başlanması yararlı olacaktır. Temel fizik olarak klasik fizik, onyedinci yüzyılda Descartes, Galileo ve Newton gibi figürlerin öncü eserlerinde belirtilen gerçekliğin doğasının kesin bir anlayışıdır. Temel fikir, olağanüstü dünyada (yani dünyanın mikroskoplar ya da teleskoplar gibi algılayıcı ya da enstrümantal uzantıları tarafından kaydedilen yönü) var olan her şeyin maddenin sabit aşamasında evrensel bir adımla hareket ettiği konusudur. Matematiksel zaman, deterministik hareket yasalarıyla tam bir uyum içindedir. İlke olarak, bu konu, doğasını veya hareketini bozmadan istediği gibi sorgulanabilir ve bu tür sorgulamalarla, temelde hareketin temel kanunları ayırt edilebilir ve böylece fiziksel gerçekliğin teorik bir modeli bulunabilir. Bu teori fiziksel sistemlerin davranışlarının tahmin edilmesini sağlar (Goyal vd., 2009).

Oldukça doğrudan bir şekilde matematiksel olarak ele alındığında, bu kavram, sadece Newton mekaniğini değil, klasik fizik teorilerini - esas olarak elektromanyetizma (elektrik ve manyetizmanın olgusunu tanımlayan)- termodinamik için matematiksel temel oluşturan klasik matematiksel çerçeveyi ve iki yüzyıl boyunca Newton'dan sonra inşa edilen klasik istatistiksel mekanik sistemini (ikisi de ısı ve sıcaklık olgusunu) açıklar.

Dolayısıyla, klasik fizik iki taraflı bir yapıya sahiptir: (i) matematiğin yardımı olmadan kolayca kavrayabildiğimiz, kesin olarak anlaşılabilir bir gerçeklik anlayışı (maddi gerçekliğin mekanik görünümü) ve (ii) matematiksel bir çerçeve.

Klasik fizikte bu iki taraflı yapının önemli sonuçları vardır. Birincisi, klasik fiziğin gelişiminde bu iki taraflı yapı esneklik

kazanmıştır. İkincisi, olağanüstü dünyanın bu “zaman dünyası” görüşü, matematik konusunda hiçbir bilgisi olmayan kişiler tarafından kolayca kavranabilmiştir (Lear, 1988; Bohr, 1935).

Sonuç olarak, bu görüş fizik topluluğuyla sınırlı kalmayarak, fizikçiler tarafından geliştirilen matematiksel teknikleri başarıyla uyarlayan diğer alanlara da (kimya, biyoloji, psikoloji, ekonomi ve sosyoloji) yayıldı. Daha geniş anlamıyla, bu görüş bilimlerin ötesinde, felsefe ve teoloji gibi alanlara da yayıldı ve Newton’un mekaniğini ilan etmesinden bu yana geçen 300 yılda meydana gelen radikal dönüşümde hayati bir rol oynadı.

2. KUANTUM FİZİĞİ

Klasik fizikten farklı olarak, kuantum fiziği, fiziksel sistemleri modellemek için kullanılabilecek bir matematiksel çerçeveye sahipken, açık bir fiziksel gerçeklik anlayışına sahip değildir. Bu durumun nasıl oluştuğunu anlamak için, bazı tarihi yaklaşımlara bakılması yararlı olacaktır (de Laplace, 1886; Leucippus, 1999).

2.1. Kuantum Teorisinin Tarihsel Gelişimi

1890'lara geldiğinde klasik fizik çok gelişmiş bir durumda idi. Newton mekaniği, hem Dünya üzerindeki cisimlerin hareketini hem de gezegenlerin, aylardaki ve kuyruklu yıldızların yörüngelerinin ayrıntılı astronomik gözlemlerini açıklıyordu; Maxwell'in elektromanyetizması elektriksel ve manyetik olguların (ışık olgusunun niceliksel bir açıklaması da dâhil) kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağladı ve termodinamik, ısı olgusu ve ısının mekanik faydalı harekete dönüşme süreci hakkında ayrıntılı bilgi verdi. Bununla birlikte, bazı soru işaretleri de vardı: bu teorilere karşı inatla direnen deneysel gerçekler bulunmaktaydı. Bu gerçeklerden birisi, ısıtılmış

cisimlerin verdiği ışık frekanslarıyla ilgiliydi (klasik teoriler deney verileri niteliksel olarak bile hesaba katamadılar). Bu gerçeklere verilen (Max Planck tarafından başlatılan) geçici açıklamalar, klasik fiziğin matematiksel çerçevesinin yerini alacak fizik teorileri için tamamen yeni bir teorik temel olan kuantum teorisinin geliştirilmesini sağlayacaktı (Halliwell, 2004; Halvorson, 2004; Gustafson & Sigal, 2003).

Kuantum teorisi, açık ve ilkel bir şekilde varolmadı. Tam tersine, oluşum yolu zorluydu ve özetlenmesi zordu. Özünde, kuantum formülasyonunun oluşturulması, buluşsal fikirlerle (her bir parçacığın ilişkili bir “yönlendirici dalga” olduğu düşüncesi gibi) ve klasik fizikteki mevcut matematiksel yapıların hangi yönlerinin gerekli olduğu konusunda ustaca matematiksel varsayımlarla yönlendirildi (Janotta ve Hinrichsen, 2014; Bell, 1964). Dikkat çekici bir şekilde, kavramsal temel tam değildi ve bu temel gerçekliğin tutarlı bir resmini oluşturmasa da, deneysel olarak geçerli bir matematiksel çerçeveyi ortaya çıkarmak için bir şekilde yeterliydi (Heisenberg ve Schroedinger'in sayesinde).

Kuantum biçimciliğinin çarpıcı özelliklerinden birisi, klasik fizikteki durumun aksine, bir kuantum sistemi üzerinde bir ölçüm gerçekleştirildiğinde, ölçüm sonucunun tamamen sistemin durumu tarafından belirlenmediği iddiasıdır.

Bunun yerine, sonuç olasılığı, sistemin durumu tarafından belirlenir, ancak aslında hangi sonucun elde edileceği esasen belirsizdir. Yani, elde edilen ölçüm sonucu ölçümden hemen önce sistemin durumunu açıklamaz. Bu özelliğin önemi göz önüne alındığında, kuantum biçimciliğinin oluşumunda, gerçek bir belirsizliğin bulunmadığı dikkat çekicidir. Aslında, teorisinin kurucularından biri olan Schrödinger, elektron için ünlü kuantum mekanik denklemini yazdığına, bunun tam deterministik yeni

bir tür klasik alan denklemi olarak yorumlanabileceğine inanıyordu. Daha sonra, böyle bir yorumun mümkün olmadığı ve Schrödinger'in denkleminin olasılıksal bir biçimde yorumlanması gerektiği anlaşıldı. O halde, kuantum teorisinin ortaya çıkma sürecinde, 1925-6 yıllarında, iyi tanımlanmış ve deneysel olarak yeterli bir matematiksel çerçeve oluşturulmuş olmasına rağmen, fiziksel köken ve anlam belirsizdi.

2.2. Kuantum Biçimciliği

Kuantum biçimciliği oluşturulduktan sonra, kuantum olgusunun açıkladığı gerçekliğin klasik mekanik anlayışının temel ilkelerini ihlal ettiğini ileri süren birçok sonuç ortaya çıktı. Örneğin, daha önce de belirtildiği gibi, bu klasik ilkelerden biri, prensip olarak, sistem üzerinde herhangi bir değişikliğe neden olmaksızın fiziksel durumu hakkında bir ölçüm yapmanın mümkün olmasıdır. Buna karşın, kuantum biçimciliği, durumun böyle olmadığını ima eder; bir ölçüm, prensipte, yalnızca bir sistemin durumu hakkında kısmi bilgi verebilir ve mutlaka sistemin bozulmasına neden olur (Spinoza, 1985; Leibniz, 1956; Russell, 1956). Dahası, yukarıda da belirtildiği gibi, mekanik anlayış, tüm ölçüm sonuçlarının sistemin durumu tarafından belirlendiğini ima ederken, kuantum olgusu, ölçüm sonuçlarının sistemin durumu tarafından tamamen belirlenemediğini ima eder ve doğal olarak bir belirsizliğe sahiptir. Bu etkiler, klasik fiziğin mekanik görüşünün temel ilkelerine aykırı gibi görünüyordu (Sewell, 2002; Streater, 2000).

Bohr, Heisenberg ve Pauli gibi kuantum teorisinin kurucularının birçoğu, yukarıda belirtilen etkilerinin ciddiye alınması gerektiğini ve klasik mekanik görüşün yerine kökten yeni bir şey yapılması gerektiğine inanıyordu. Kuantum teorisindeki bu klasik olmayan özellikleri aydınlatmak için, fizikçilerin bazıları mevcut kavramları

yorumlamaya ya da bu özelliklerin belirli örneklemeler olarak algılanabileceği yeni kavramlar geliştirmeye ve böylece klasik olmayan özellikleri yerleştirmeye çalıştılar. Örneğin, Bohr tamamlayıcılık kavramını geliştirdi. Bu kavrama göre;

i. Herhangi bir deneyde, deney araçlarının ve gözlemin rol aldığı süreç, geleneksel kavramlarla açıklanamaz.

ii. Deney süreci boyunca gözlem ile gözlenen arasında kesin bir çizgi çekilemez; çünkü gözlem süreci gözleneni etkilemektedir.

iii. Dalga ve parçacık gibi kavramların atom dünyasının tanımlanmasında kullanılması kaçınılmazdır, ama farklı deney durumları için farklı modeller kullanılmalıdır. Bu farklı modeller ve durumlar 'çelişkili' olarak değil, 'tamamlayıcı' olarak görülmalıdır, çünkü bunlar aynı deneysel koşullarda ortaya çıkmazlar. (Örneğin, elektron bir deneysel koşulda parçacıktır, diğerinde ise dalgadır.)

Bohr'un bakış açısından, bir fizik sistemi hakkında tam bilgi sağlayan bir ölçümü gerçekleştirmek için kuantum teorisinin imkânsızlığı, tamamlayıcılık genel ilkesinin bir özelliğidir. Benzer şekilde, Heisenberg ve Pauli, Aristoteles'in potansiyel ve gerçeklik kavramlarının, bir sistemin durumu ile sistem üzerinde yapılan ölçümlerin sonuçları arasındaki ilişkiyi anlamada ve klasik düşünce tarzının neden tutarsızlıklara sahip olduğunu anlamada faydalı olabileceğini öne sürdü.

2.3. Yeni Doğa Kavramı

Bohr, Heisenberg, Pauli ve diğerleri tarafından keşfedilen ve geliştirilen fikirler, kuantum teorisini destekleyen ve gerçek olmayan mekanik bir anlayış geliştirmede önemli ilk adımlardı. Bununla birlikte, öncülük ettikleri çabalardan sonra, öngördükleri çizgide mekanik olmayan bir

anlayışın geliştirilmesi, fizik topluluğunun çoğunluğu tarafından sürdürülmedi.

Sonuç olarak, günümüzde, kuantum teorisinin oluşturulmasından doksan yıl sonra, fizikçiler çok sayıda fiziksel sisteme başarılı bir şekilde başvurduktan sonra çok büyük bir güven duydukları ancak açık bir temel oluşturmadıkları, iyi tanımlanmış bir matematiksel çerçeveye sahiptirler.

Böyle bir temel anlayışın olmaması fiziğin gelişimini çeşitli şekillerde etkilemektedir. Birincisi, yeni kuantum olgusunu keşfetmek ya da yeni teknolojiler için kuantum fiziği kullanılmak isteniyorsa, öngörülerin sezgisel doğası göz önüne alındığında, kuantum teorisinden ne kadar ilginç ve yararlı kuantum olgularının takip edebileceği konusunda bazı yönlendirmelere ihtiyaç duyulmaktadır. Altta yatan bir gerçeklik bu tür bir rehberlik yapma potansiyeline sahiptir; bunun tersine, böyle bir anlayış eksikliği, yeni olguların keşfedilme hızını ve kuantum fiziğinin kullanılma oranını engellemektedir (Earman, 1986; de Finetti, 1974; Accardi, 1981).

İkincisi, kuantum teorisi yeni fiziksel alanlara uygulanmaya çalışılırken, gerçekliğin kavranması için, kişinin sezgisinin yönlendirilmesi özellikle önem kazanmaktadır. Örneğin teorik fizikte göze çarpan bir problem, kuantum çekim teorisinin oluşturulması, modern fizikteki iki büyük temel olan kuantum teorisinin ve genel görelilik anlayışlarını bir şekilde birleştiren teoridir. Böyle bir projeyi gerçekleştirirken, fiziksel dünyayla ilgili varsayımların kuantum biçimciliğinde örtülü olduğunun bilinmesi önemlidir. Örneğin, biçimcilik örtük olarak uzay zamanının yapısına bağlı mı? Eğer öyleyse, bu bağımlılığın doğası nedir? Daha geniş anlamda, kuantum teorisi, madde, enerji, momentum ve yerellik gibi klasik fizikteki temel kavramlara nasıl bağımlıdır? Günümüzde, kuantum biçimciliği destekleyen gerçeklik anlayışımız ol-

madığından, kuantum teorisinin dayandığı fiziksel dünyanın özellikleri bilinmemektedir.

Daha geniş anlamda, disiplinlerarası bir bakış açısıyla, kuantum biçimciliğini destekleyen gerçeklik anlayışının eksikliği, kuantum teorisinin özünün düzgün bir şekilde diğer bilim alanlarına ve daha geniş anlamıyla diğer alanlara yayılmaması anlamına gelmektedir.

2.4. Kuantum Teorisini Çözmek

Tarihsel olarak, kuantum teorisinin fiziksel içeriğini deşifre etmek için çeşitli girişimlerde bulunulmuştur. Bu girişimler sonucunda birincil yöntemler meyvesini vermiştir (çoğunlukla kuantum biçimciliği bir şekilde yeniden formüle ederek).

İkinci bulguların bir örneği olarak, kuantum teorisinin, yerellik dışı ve klasik olmayan özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir; bunların her biri, kuantum fiziğinin mekanik görünümle çelişkili olduğunu kuvvetle önermektedir (Wiseman, 2006). Örneğin, yerellik konusunda, bir çift kuantum sisteminin etkileşime girmesine izin verilir ve daha sonra bunların keyfi olarak büyük bir mesafeyle ayrılması durumunda, her biri için ayrı ayrı gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarının, sözde gerçeğin “yerel gizli değişken modeli”ne göre hesaplanamaz olduğu bulunur (Spekkens, 2007; Hardy, 2003; Davies & Lewis, 1970).

Kısacası, geçmişte etkileşime giren ve mesafelerine bakılmaksızın süren fiziksel sistemler arasında aslında bir çeşit bağlantı olduğu ve aralarındaki ufak fakat gerçek bağıntıları zorlayan bir fikir bulunduğu ortadadır. Eğer öyleyse, bu bağlantı klasik fizikte hiç görülemeyen bir türdür: yerçikimi, elektrik veya manyetizma kuvvetlerinin aksine, bağlantı uzaktan etkilenmez ve daha önce etkileşime giren sistemlere özgüdür (Büttner & Schemmel, 2003). Bu tespit, mekânın durumunu ve mekanik gö-

rüşün temel bir unsurunu temelde değiştiri: mekân, artık maddi organlar arasındaki tüm etkileşime aracılık eden varlık değildir; bunun yerine, doğal olmayan mekânsal olan sistemler arasında daima değişen bir bağlantı ağı olarak vardır.

Bu yöntemler önemli bilgiler vermiş olsalar da, başlıca kısıtlamaları, kuantum teorisini belirli bir şekilde kullandıkları gerçeğidir. Klasik fizik, doğal bir şekilde matematikselleştirildiğinde, açık bir gerçek anlayışına sahip olunur (Adler, 2003). Bununla birlikte, kuantum biçimciliği, klasik fizik altında yatan matematiksel çerçevede bulunmayan çok sayıda matematiksel yapıya sahiptir (Ballentine, 2002). Örneğin, sistemlerin durumları karmaşık bir vektör uzayında bulunan karmaşık vektörlerle temsil edilir ve durumların zamansal evrimi bu vektörlerin üniter dönüşümleri ile temsil edilir. Muhtemelen, bunun neden böyle olduğu konusunda fiziksel nedenler vardır, ancak bu nedenler nelerdir? Yukarıda bahsedilen kuantum teorisini çözme çabaları bu soruya cevap verememektedir (Einstein, 1951; Vaidman, 2014; Blair, 2004).

2.5. Kuantum Teorisinin Yeniden Yapılandırılması

Son kırk yılda, kuantum biçimciliğinde fiziksel fikirlerin örtüşüğünü keşfetmeye çalışmak zorunda olduğunun farkına varıldı. Yani teorisinin belirli bir şekilde alınmasından ziyade, kuantum biçimciliğin türetilebileceği basit fizik ilkelerin formüle edilmesi üzerinde çalışılmalıdır. Kuantum biçimciliğini böyle bir şekilde yeniden yapılandırmak, kuantum biçimciliğinin fiziksel içeriğini, doğal (günlük) dilde ifade edilen açık ifadeler kümesine aktarır; böylece, kuantum biçimciliğin tüm içeriği, gerekli olan kavramsal analiz için kullanılabilir hale getirilir (Bell & Gao, 2016; Camilleri, 2005; Tumulka, 2006).

Sonuç olarak, çok çeşitli başlangıç noktalarına dayanan kuantum teorisinin ayrıntılı olarak yeniden yapılandırılması devam etmektedir. Bununla birlikte şu ana kadar, mevcut çalışmalardan hiçbiri, soyut matematiksel varsayımlar ön plana çıkarılmadan, standart formdaki kuantum teorisini elde edememiştir.

3. TAMAMLAYICILIKTAN KUANTUM TEORİSİNE

Belirli bir deneyde elde edilen her bir ölçüm sonucu dizisi, bir çift gerçek sayı ile temsil edilir ve bu dizinin her iki bileşeninin fonksiyonunun olasılığı sürekli değildir. Temel simetri ve tutarlılık koşullarından yararlanarak ve bu gerçek sayı çiftlerinin başka bir cebirsel yapıya sahip olmadığını varsaymadan, bu çiftlerin karmaşık aritmetik kurallarına göre manipüle edilmesi gerektiği bulunmuştur. Bunun da ötesinde, bu karmaşık sayıların Feynman'ın toplamına ve kurallarına uyduğunu, sonuçlar dizisinin olasılığını veren modül kare ile birleştiği bulunmuştur.

Yaklaşımın özü olan çifte varsayım, bir fiziksel sistem üzerinde yapılan bir ölçümün yalnızca sistemin serbestlik derecelerinin yarısı hakkında bilgi verebileceği fikrini ifade eder. Bu, Bohr'un yarattığı tamamlayıcılık ilkesinin basitçe biçimlendirilmesidir.

Klasik mekanikte, konum ve hızın kesin değerlerinin aynı anda bir parçacığa atanabileceği varsayılır. Bununla birlikte, kuantum teorisinin varsayımı, birinin pozisyonun tam değerini veya hızın özelliklerini aynı anda gösterebilir, ancak ikisini birden eşzamanlayamaz. Temel bir klasik kavram üzerinde bu kuantum kısıtlamasını anlamak için Bohr, "Tamamlayıcılık İlkesi"ni geliştirmiştir. Bu ilkeye göre, bir fiziksel olgunun herhangi bir tanımı, belirli bir deneysel düzenleme ile dağılmaz biçimde bağlıdır ve böyle bir düzenleme, olgunun

özelliklerini, klasik düşüncede olgunun tam bir tarifi için eşit derecede gerekli olan diğer yönlerini dışlamak için kullanılır. Kierkegaard'ın felsefi düşüncesinin diyalektik yönünden kısmen ilham alan bu ilke, genel bir felsefi ilkenin özel bir durumudur (Bohr, 1963; Wheeler, 1990; Dickson, 2002; Durr vd., 2012).

İlke genelliğini keşfederek, Bohr ve diğerleri zihinsel ve organik alandaki benzer olgulara dikkat çekti. Örneğin, Pauli fiziksel tamamlayıcılık ile zihinsel tecrübenin şuursuz ve bilinçli yönleri arasındaki ilişki arasında bir analogi geliştirdi (de Bievre, 2001).

Diğer yandan, modern psikoloji bilinçsiz ruhun büyük ölçüde nesnel bir gerçeğini ortaya koyar; her biri bilinç getiren, yani gözlem, ilke olarak kontrol edilemeyen bilinçsiz içerikle bir etkileşim oluşturur; bu durum bilinçdışı gerçekliğin nesnel karakterini sınırlar ve gerçekliği belirli bir öznelikle ayırır.

4. DOĞA ANLAYIŞI KAVRAMI

Makale kapsamında iki temel varsayım yapılmaktadır. Birincisi, belirsizliğin operasyonel varsayımı, yani ölçümlerin doğasında olasılık vardır. İkincisi, tamamlayıcılık gerçeği kapsar, yani belirli bir deneyde, bir sistemi teorik olarak tanımlamak için gereken serbestlik derecelerinin yalnızca bir yarısına erişilebilir. Bu varsayımların her ikisi de, klasik fiziğin mekanik görünüşündeki belirsizlik (ölçüm sonucu sistemin durumu tarafından belirlenir) ve temel prensipler ile (yani prensip olarak, tümüne erişilebilen bir ölçüt vardır) bir sistemin özgürlüğünün dereceleridir (Bacciagaluppi & Valentini, 2009; Bricmont, 2016).

Belirsizlik ve tamamlayıcılık verili olarak kabul edilirse, hangi doğa anlayışı önerilmektedir? Yukarıda tasvir edildiği gibi, kuantum teorisinin yeniden yapılandırılması, dikkatimizi sadece az sayıda klasik

olmayan özelliklere odakladığı için yeni bir "Doğa Anlayışı" için önemli bir çalışmadır ama yine de sadece bir basamaktır (Schwinger, 1951; Stapp, 2001; Tomonaga, 1946).

Bir anlayışın önemli parçalarından biri, yeniden yapılandırma altında yatan ayrı varsayımların birleşik bir anlayışını sağlamaktır. Yukarıda anlatılan yeniden yapılandırmada, belirsizlik ve tamamlayıcılık temelde farklı nedenlerden dolayı öne sürülmüştür. Dolayısıyla, bu durumda, Doğa'nın neden hem belirsizlik hem de tamamlayıcılık özelliklerine sahip olduğunun ve yalnızca birinin ya da ötekini olmadığının açıklanması gerekmektedir.

SONUÇLAR

Böyle bir fikir, felsefi olarak nasıl ele alınır? Tamamlayıcılık durumunda, neden bir ölçüm, örneğin bir sistemin durum özgürlüğü derecelerinin yarısına erişebilir ve diğerlerine erişemez?

Günümüzde bu soruların tümü cevapsız kalmaya devam etmektedir ve bazıları devam eden araştırmaların odak noktasıdır. Daha geniş anlamda, belirsizliğin ve tamamlayıcılığın anlaşılması için gerçekte yeni bir doğa anlayışına ihtiyaç duyulup duyulmadığı veya bunların gerçekliğin klasik bir mekanik anlayışı tarafından desteklenip desteklenmediği hala açık bir sorundur.

Makale kapsamında belirtile görüş, Bohr ve Pauli'nin uzun zaman önce savunduğu en verimli yolun, yani tamamlayıcılığı ve belirsizliği gerçekliğin temel özellikleri olarak kabul etmenin ve anlayışımızı geliştirerek doğalarını kavramanın en doğru yol olduğudur. Fizikçiler arasında bu tür fikirlere karşı derin bir psikolojik direnç olduğunu açıkça belirtmek gerekir. Bununla birlikte, Bohm ve Wheeler gibi çeşitli fizikçiler kuantum teorisinin klasik olmayan özelliklerinden bazıları temel alarak, yeni gerçeklik anlayışlarını geliştirmeye çalışmışlardır.

Birinin gösterebileceği gerçeğin görünümü, temelde katılımcı olan gerçektir: Bilim insanlarının ölçümlerinden Doğa'nın istediği soruları seçmek için bazı indirgenemez özgürlükleri vardır (bu seçimin akılcı olmayışı tamamlayıcılık tarafından güvence altına alınmıştır) ve cevap kısmen deneysel kontrol altında değişkenler tarafından belirlenir. Bu yanıt, bir başka duruma dönüştürülmüş bir başka özellik pahasına gerçeğin bir kısmını kesin olarak tanımlama durumuna getirir. Dolayısıyla, gerçeğin zamansal yörüngesi, yapılan seçimlerle ayrılmaz bir şekilde bağlıdır. Bu anlayışta, var olan durum, tam bir tanım hali değil, fakat tam bir tanım ve eksiksizlik arasında bir yelpazenin bulunduğu bir yerdir.

Yukarıdaki yeniden yapılanmanın şaşırtıcı bir özelliği, mekândan veya özelliklerinden bahsetmemesidir. Bu, Kuroedinger ve Heisenberg'in, kuantum biçimliliğin nasıl elde edildiği biçimine keskin bir eleştiri gibi duruyor ve klasik mekân düşüncesinin başında olduğu düşünülüyor. Yani, yukarıdaki yeniden yapılanma, kuantum biçimliliğin uzaydan ve özelliklerinden bağımsız olduğu görüşünü kuvvetle desteklemektedir; yani uzay mekânsal olarak uzamsal değildir. Bu temelde var olanın uzaydaki madde olduğu klasik mekanik görüşün yanlış olduğunu ve mevcut olanın mutlaka uzaya bağlı olmadığını ileri sürmektedir. Bu bakış açısı, Bell tarafından zaten öne sürülmüştür; yukarıdaki yeniden yapılandırma bu görüşün daha net bir şekilde desteklenmesini sağlar. Bu görüş, kuantum çekim programı ile özel olarak ilgilidir ve başlangıçta konumlandırılmaktan ziyade uzay zamanının ortaya çıktığı bir teorinin aranması gerektiğini önermektedir.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- Accardi, L. (1981). Topics in Quantum Probability, Phys. Rep. 77, 169.
- Adler, S.L. (2003). Why decoherence has not solved the measurement problem: A response to P.W. Anderson. Studies in History and Philosophy of Modern Physics 34B, 135-142.
- Bacciagaluppi, G. & Valentini, A. (2009). Quantum Mechanics at the Crossroads. Reconsidering the 1927 Solvay Conference, Cambridge University Press, Cambridge.
- Ballentine, L.E. (2002). Dynamics of quantum-classical differences for chaotic systems. Physical Review A65, 062110-1-6.
- Bell, J.S. (1964). On the Einstein-Podolsky-Rosen Paradox, Physics 1, 195.
- Bell, M. & Gao, S. (eds.) (2016). Quantum Non-locality and Reality. 50 Years of Bell's Theorem, Cambridge University Press, Cambridge.
- Blair B.E. (2004). Einstein Defiant: Genius versus Genius in the Quantum Revolution. Washington: Joseph Henry Press.
- Bohr, N. (1935). "Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?" Phys. Rev. 48, 696.
- Bohr, N. (1937). Philosophy of Science 4.
- Bohr, N. (1963). Essays 1958-1962 on Atomic Physics and Human Knowledge (Interscience Publishers, ch. 1.
- Bricmont, J. (2016). Making Sense of Quantum Mechanics, Springer, Berlin.
- Bub, J. (2004). Why the quantum? Studies in History and Philosophy of Modern Physics 35B, 241-266.
- Büttner, L., Renn, J., & Schemmel, M. (2003). Exploring the limits of classical physics: Planck, Einstein, and the structure of a scientific revolution. Studies in History and Philosophy of Modern Physics 34B, 37-60.
- Camilleri, K. (2005). Heisenberg and Quantum Mechanics: The Evolution of a Philosophy of Nature. Ph.D. Thesis, University of Melbourne.

- Davies E.B. & Lewis, J.T. (1970). An operational approach to quantum probability, *Commun. Math. Phys.* 17, 239.
- de Finetti, B. (1974). *Theory of Probability*, Vol. 1. New York: John Wiley and Sons.
- de Laplace P.S. (1886). *Essai Philosophique sur les Probabilites*, in *Academy des Sciences, Oeuvres Completes de Laplace*, Vol. 7, Gauthier-Villars, Paris.
- de Bievre, S. (2001). Quantum chaos: a brief first visit. *Contemporary Mathematics* 289, 161–218.
- Dickson, M. (2002). Bohr on Bell: a proposed reading of Bohr and its implications for Bell's theorem. *Non-locality and Modality*, pp. 19–36. Placek, T. & Butterfield, J. (Eds.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Durr, D., Goldstein, S. & Zanghi, N. (2012). *Quantum Physics Without Quantum Philosophy*, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Earman, J. (1986). A primer on determinism, *Western Ontario Series in Philosophy of Science*, Vol. 32, D. Reidel.
- Einstein, A. (1951). in *Albert Einstein: Philosopher-Physicist*, P. A. Schilpp, ed., Tudor, New York, p. 669.
- Gell-Mann, M. (1979). In *The Nature of the Physical Universe: the 1976 Nobel Conference* (Wiley, New York, 1979), p. 29.
- Goyal, P., Knuth K.H. & Skilling, J. (2009). The origin of complex quantum amplitudes, in *Bayesian Inference and Maximum Entropy Methods*, ed. P. Goggans, A.I.P.
- Gustafson, S.J. & Sigal, I.M. (2003). *Mathematical concepts of quantum mechanics*. Berlin: Springer.
- Halliwel, J.J. (2004). Some recent developments in the decoherent histories approach to quantum theory. *Lecture Notes in Physics* 633, 63–83.
- Halvorson, H. (2004). Complementarity of representations in quantum mechanics. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* B35, 45–56.
- Hardy, L. (2003). Probability theories in general and quantum theory in particular, *Stud. Hist. Phil. Mod. Phys.* 34B, 381.
- Heisenberg, W. (1971). *Physics and Beyond*. Translated from the German original.
- Howard, D. (2004). "Who Invented the Copenhagen Interpretation? A Study in Mythology." *PSA* 2002.
- Janotta, P. & Hinrichsen, H. (2014). Generalized probability theories: What determines the structure of quantum physics? *arXiv:1402.6562*.
- Lear, T. (1988). *Aristotle: The Desire to Understand*, Cambridge University Press.
- Leibniz, G. (1956). in H. G. Alexander, ed., *The Leibniz-Clarke correspondence*, New York: Barnes and Noble.
- Leucippus, (1999). Fragment 569 - from *Fr. 2 Actius I*, 25, 4, in *The Atomists: Leucippus and Democritus. Fragments, A Text and Translation with Commentary*, C.C.W. Taylor, Toronto: University of Toronto Press.
- Pauli, W. (1994). *Writings on Physics and Philosophy*, Springer.
- Russell, B. (1956). *Our knowledge of the external world*, New York: Menton Books.
- Schwinger, J. (1951). Theory of quantized fields I. *Physical Review* 82, 914–27.
- Sewell, G. L. (2002). *Quantum Mechanics and its Emergent Macrophysics*. Princeton: Princeton University Press.
- Streater, R.F. (2000). Classical and quantum probability. *Journal of Mathematical Physics* 41, 3556–3603.
- Spekkens, R.W. (2007). Evidence for the epistemic view of quantum states: A toy theory, *Phys. Rev. A* 75, 032110.
- Spinoza, B. (1985). *Ethics*, Proposition 29, Part 1, in *The Collected Writings of Spinoza*, E. Curley, trans., Princeton University Press, Vol. 1, Princeton.
- Stapp, H. (2001). Quantum theory and the role of mind in nature. *Found. Phys.* 31, 1465–1499.

Tomonaga, S. (1946). On a relativistically invariant formulation of the quantum theory of wave fields. *Progress of Theoretical Physics* 1: 27-42.

Tumulka, R. A. (2006). Relativistic Version of the Ghirardi-Rimini-Weber Model, *J. Statist. Phys.* 125 821-840.

Vaidman, L. (2014). Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics, *Stan. Enc. Phil.*, E. N. Zalta (ed.), <http://plato.stanford.edu/entries/qm-manyworlds/>.

Wheeler, J.A. (1990). Information, physics, quantum: The search for links, in *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*, ed. W. H. Zurek, Addison-Wesley.

Wiseman, H.M. (2006). From Einstein's theorem to Bell's theorem: A history of quantum nonlocality, *Contemporary Physics* 47, 79-88..