

## KUANTUM FİZİĞİNİN BOHM YORUMUNUN BACHELARDCI BİLİM FELSEFESİ BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Mesut Cihan SEREN\*  
Vural BAŞARAN\*\*

### ÖZ

20. yüzyılda kuantum fiziğinin ortaya çıkışı, yalnızca doğa bilimleri açısından değil, aynı zamanda felsefi düşünce açısından da köklü dönüşümlere yol açmıştır. Klasik fiziğin temelinde yer alan nedensellik, determinizm ve süreklilik gibi kavramların sorgulanmaya başlanması bu dönemin en dikkat çekici sonuçlarından biri olmuştur. Kuantum teorisinin deneysel başarıları, beraberinde kuramsal düzeyde çeşitli yorumları da gündeme getirmiştir. Bu bağlamda, standart yaklaşım olarak kabul edilen Kopenhag yorumu ile ona karşıt bir perspektif geliştiren Bohm yorumu, tartışmaların merkezinde yer almıştır. Kopenhag yorumu, indeterminist yapısı ve klasik nedensellik anlayışıyla çatışan yaklaşımıyla öne çıkarken; Bohm yorumu determinizmi yeniden savunarak bambaşka bir epistemolojik zemin önermiştir. Aynı teorinin iki farklı ve birbirine zıt yoruma açık olması, bilim felsefesinin temel sorunlarından birini görünür kılmaktadır: Bir teorinin farklı yorumlarının epistemolojik açıdan birbirinden tamamen kopuk olması mümkün müdür? Bu makalede söz konusu soru, Gaston Bachelard'ın bilim felsefesi bağlamında geliştirdiği kavramlar ışığında tartışılmakta; kuantum fiziğinin sunduğu bilimsel devrim, epistemolojik kopuş, rasyonalizm ve bilginin süreksiz ilerleyişi gibi kategoriler çerçevesinde yeniden değerlendirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** David Bohm, Kuantum Fiziği, Nedensellik, Gaston Bachelard

## EVALUATION OF BOHM'S INTERPRETATION OF QUANTUM PHYSICS IN THE CONTEXT OF BACHELARDIAN PHILOSOPHY OF SCIENCE

### ABSTRACT

The emergence of quantum physics in the 20th century brought about profound transformations not only in the natural sciences but also in philosophical thought. Fundamental concepts of classical physics, such as causality, determinism, and continuity, began to be questioned, marking one of the most significant outcomes of this period. While the experimental success of quantum theory was indisputable, it also gave rise to a variety of theoretical interpretations. In this context, the Copenhagen interpretation, regarded as the standard approach, and the Bohmian interpretation, which offered a counter-perspective, became central to the debates. The Copenhagen interpretation distinguished itself with its indeterministic character and its challenge to the classical notion of causality, whereas the Bohmian interpretation sought to reestablish determinism, thereby proposing an entirely different epistemological framework. The fact that a single theory could be open to two radically opposed interpretations reveals a central problem in the philosophy of science: Is it possible for different interpretations of the same theory to be epistemologically independent of one another? This article examines this question in the light of Gaston Bachelard's concepts in the philosophy of science, reassessing the scientific revolution of quantum physics through categories such as epistemological rupture, rationalism, and the discontinuous progress of knowledge.

**Keywords:** David Bohm, Quantum Physics, Causality, Gaston Bachelard

\* Yüksek Lisans Öğrencisi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Felsefe Anabilim Dalı Bilim Tarihi Bilim Dalı, E-Posta: mcihanseren@gmail.com , ORCID: 0009-0009-6287-2262, Ankara/Türkiye.

\*\* Doç. Dr., Ankara Üniversitesi Felsefe Bölümü Bilim Tarihi Anabilim Dalı, E-Posta: vbasaran@ankara.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2721-5234, Ankara/Türkiye.

Makalenin geliş tarihi: 18.08.2025  
Makalenin kabul tarihi: 12.11.2025

Submission Date: 18 August 2025  
Approval Date: 12 November 2025

## Giriş

20. yüzyıl içinde insanlık tarihinin en önemli başarılarından biri kuantum fiziğinin ortaya çıkışıdır. Kuantum fiziği doğaya yönelik yeni çıkarımları ile bakış açımızı değiştirmekle kalmamış günlük hayatımıza etki edecek kadar teknolojiyi geliştirmiş, günümüzde ekonomiye yön veren yüksek teknolojinin temelini oluşturmuştur. Bunun yanında kuantum fiziğinin yorumları ile ilgili tartışma da aktif olarak devam etmektedir.<sup>1</sup> Buna bağlı olarak kuantum fiziğinin çok sayıda birbirinden farklı yaklaşımlar sergileyen yorumları ortaya çıkmıştır. Bohr ve Heisenberg tarafından savunulan Kopenhag yorumu, Hugh Everett tarafından öne sürülen Çoklu Evrenler yorumu, Kuantum Bayesciliği (QBism), Carlo Rovelli'nin İlişkisel Kuantum Mekaniği, Pilot Dalga-Bohm yorumu, insan bilinci ile bağlantılı Wigner ve Stapp tarafından ortaya atılan yorumlar gibi sayısını istersek daha da fazla arttırabileceğimiz çok sayıda yorum vardır.

Bu çalışma David Joseph Bohm tarafından geliştirilen, ana akım fizik literatüründe kuantum fiziğinin Bohm yorumu olarak bilinen kuantum fiziği yorumunun, standart yorum olarak bilinen Kopenhag yorumu ile nasıl bir epistemolojik kopuş sergilediğini Gaston Bachelard'ın bilim felsefesi yaklaşımı ile incelemektedir. Bachelard'ın bilim felsefesindeki epistemolojik kopuş kavramı genelde Newtoncu Fizik-Einsteinci Fizik veya Klasik Fizik-Kuantum Fiziği gibi büyük kuramsal kopuşları inceler. Yaptığımız bu çalışma Bachelard'ın bilim felsefesi yaklaşımını tek bir kuramın kendi yorumları arasındaki epistemolojik farklılıkların incelenmesinde de önemli bir yaklaşım olduğunu ortaya koymaktadır. Günümüzde kuantum fiziğinin standart yorumu olarak bilinen ve Bohr'un çevresinde geliştirilen Kopenhag yorumu ana akım fizikte hâkim paradigmadır. Bunun sebeplerini araştırmak bilim tarihinin ve sosyolojisinin alanına da girmektedir. Çünkü bilim topluluğu tarafından bir yorum diğer yorumlar arasından baskın şekilde seçilmiştir. Günümüzde kuantum fiziğini anlatan ders kitaplarının çoğu Kopenhag yorumunu temel almaktadır. Diğer yorumlara ise ya hiç yer vermemektedir ya da yüzeysel olarak değinmektedir. Aynı şekilde akademide de fizikçiler arasında kuantum fiziğinin Kopenhag yorumunun dışında kalan yorumları kullanarak fizik yapan veya bu konuları çalışan kişi sayısı çok azdır.

<sup>1</sup> Tartışmanın güncelliği için bkz: Elizabeth Gibney, "Physicists Disagree Wildly on What Quantum Mechanics Says about Reality, Nature Survey Shows", *Nature* 643, no 8074 (2025): 1175-79, doi:10.1038/d41586-025-02342-y.

Yorum tartışmalarının temeli, Kopenhag yorumunda, klasik fiziğin kadim varsayımlarından olan nedenselliğin kısmen, determinizimin de tamamen terk edilerek yerine doğanın temelde indirgenemez olasılıkçı bir yapıda olduğunun varsayılması yatar.<sup>2</sup> Kopenhag yorumunun ortaya çıktığı dönemde ona en sert eleştirileri yönelten iki isim Albert Einstein ve Erwin Schrödinger'dir. Einstein hayatının son dönemine kadar olasılıkçı yoruma karşı olmayı sürdürmüştür. Schrödinger ise hayatının farklı dönemlerinde defalarca fikir değiştirmiş olsa da bazı çalışmaları ile Kopenhag yorumuna güçlü eleştiriler yöneltmiş kişilerdendir.<sup>3</sup> Kopenhag yorumuna yöneltilen en önemli iki itiraz dan biri Schrödinger'in Kedisini olarak bilinen düşünce deneyinin anlatıldığı 1935 tarihli, Schrödinger tarafından yazılan "*Kuantum Mekanikliğinin Şu Anki Durumu*" isimli makaledir.<sup>4</sup> Bu düşünce deneyinin önemi kuantum süreçleri ile makro bir sistem arasında bağlantı kurması ve bunun sonucunun Kopenhag yorumunun rasyonel olarak kabul edilemez olduğunu göstermek istemesidir.<sup>5</sup>

Kuantum fiziğinin Kopenhag yorumuna ikinci en önemli itiraz 15 Mayıs 1935 tarihinde Einstein ve arkadaşları tarafından yazılan "*Kuantum Mekaniksel Bir Fiziksel Gerçeklik Tanımı Tam Sayılabilir mi?*" başlıklı makaledir. Bu makale yazarlarının baş harflerinden dolayı EPR paradoksu olarak bilinir. 1927 Solvay Konferansı'nda en hararetli Bohr-Einstein tartışmaları yaşanmıştı ancak bu tartışmalarda Einstein, Heisenberg belirsizlik ilkesinin aşılabileceğini göstermeye çalışsa da, Bohr her seferinde bunun mümkün olmadığını göstermiştir. Bu sebeple Einstein, bu makalesinde belirsizliğe atıf yapmadan Kopenhag yorumuna itiraz etmenin başka bir yolunu gösterdi. Einstein bu çalışmada, dolanıklık olarak bilinen bir olguyu ele almaktadır. Bu bir düşünce deneyidir. Beraber oluştukları için süperpozisyon durumunda bulunan iki parçacıklı bir sistemde, parçacıklardan biri diğerinden lokasyon olarak uzaklaştırıldıktan sonra parçacıklardan diğeri üzerinde bir ölçüm yapılır, Kopenhag yorumuna göre ölçüm yapılmayan diğeri parçacığın da bu ölçümü anında hissetmesi gerekir ancak evrendeki en büyük hız ışık hızı olduğu için böyle bir iddianın Kopenhag yorumunun bir hatası olduğunu gösterdiğini iddia

<sup>2</sup> James T. Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar*, çeviren. Özgür Sarıoğlu, c. 2, İstanbul: Sabancı, 2006, 225.

<sup>3</sup> Paul Halpern, *Einstein'in Zarı ve Schrödinger'in Kedisini*, çeviren. Atay Serhat, İstanbul: Kırmızı Kedi, 2017, 18.

<sup>4</sup> Halpern, *Einstein'in Zarı ve Schrödinger'in Kedisini*, 198.

<sup>5</sup> John Gribbin, *Kuantum Ansiklopedik Sözlük*, çeviren. Ömür Akyüz, İstanbul: Alfa, 2021, 431.

eder. <sup>6</sup> Yukarıda bahsettiğimiz iki meşhur makaleye de Kopenhag yorumunu destekleyen fizikçiler kısa sürede cevap verdiler. Bu tarihlerdeki itirazlar başarılı bir alternatif yaklaşım sunmamış sadece eleştiri düzeyinde kalmıştır. Hem bir eleştiri hem de ilk defa başarılı bir alternatif yorum sunulması bir sonraki bölümde anlattığımız Bohm'un kuantum fiziği yorumudur.

### Kuantum Fiziğinin Bohm Yorumu

20 Aralık 1917 Pensilvanya doğumlu Bohm<sup>7</sup>, bu makalenin konusu olan Bohm yorumu dışında, fizik bilimine çok büyük başka katkıları da olan önemli bir fizikçidir. Bunların en başında plazma fiziği üzerine çalışmaları ve Aharonov-Bohm etkisi fikrini geliştirmesi örnek gösterilebilir. Felsefi düşünceleri hayatının farklı dönemlerinde değişiklik gösteren Bohm, bir dönemler Marksist-Materyalist bir bakış açısına sahipken, ömrünün son dönemlerinde mistik ve doğu felsefelerini andıran görüşlere sahip olmuştur.<sup>8</sup> Biz bu makalede onun kişisel felsefi tercihlerinden değil, üretken olarak fizik yaptığı bir dönemde geliştirdiği Bohm yorumuna odaklanmaktayız.

**402**

1927 yılında de Broglie tarafından ilk belirlenimci kuantum fiziği yorumu, pilot dalga yaklaşımı, Beşinci Solvay Konferansı'nda dile getirildi ancak gerekli ilgiyi bulamadı. de Broglie'nin bu çalışması tamamlanmış bir kuram veya yorumdan ziyade bir teşebbüs olarak kaldı. Üstelik bu yoruma sert eleştiriler getirilerek bir kenara itildi. Kopenhag yorumu ise bu tarihlerde başarısını arttırıyordu. Sonuç olarak de Broglie bile kendi fikrinden vazgeçti.<sup>9</sup>

1952'de Bohm, "pilot-dalga" yorumu olarak da bilinen günümüzde daha çok Bohm yorumu olarak adlandırılan, kuantum fiziğinin determinist (belirlenimci) bir yorumunu geliştirdi.<sup>10</sup> Bohm yorumu, kuantum fiziğinin determinist bir yorumu olması sebebiyle kuantum fiziği tarihinde çok önemli bir yer tuttu. Kopenhag yorumuna göre elektron gibi bir nesne, dalga-parçacık

<sup>6</sup> Halpern, *Einstein'in Zarı ve Schrödinger'in Kedisi*, 190-95.

<sup>7</sup> Hayat hikayesi için bkz: Christian Forstner, "Diyalektik Materyalizm ve Yeni Bir Kuantum Teorisinin İnşası: David Joseph Bohm (1917-1992)", çeviren. Vural Başaran, [https://gazetebilim.com.tr/diyalektik-materyalizm-ve-yeni-bir-kuantum-teorisinin-insasi-david-joseph-bohm-1917-1992/#\\_ftn1](https://gazetebilim.com.tr/diyalektik-materyalizm-ve-yeni-bir-kuantum-teorisinin-insasi-david-joseph-bohm-1917-1992/#_ftn1)

<sup>8</sup> Kojevnikov Alexei, "David Bohm: Quantum Physicist, Philosopher & Scientist, Britannica", 02 Ağustos 2025, <https://www.britannica.com/biography/David-Bohm>.

<sup>9</sup> Helge Kragh, *Kuantum Kuşakları 20. Yüzyıl Fiziği Tarihi*, çeviren. Murat Havzalı, İstanbul: Alfa, 2023, 289.

<sup>10</sup> David Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II.", *Physical Review* 85, no 2 (1952): 166-79, doi:10.1103/PhysRev.85.166.

dualitesine sahiptir. İki durumda da elektron aynı elektrondur ancak davranışı onu nasıl gözlediğimize bağlı olarak dalga veya tanecik olarak belirir.<sup>11</sup> Dalga-Parçacık dualitesi olarak bilinen bu olguyu Bohr, tamamlayıcılık ilkesi ile çözmeye çalıştı.<sup>12</sup>

Bohm yorumu ise aynı Dalga-Parçacık dualitesini, elektronu bir tanecik ve ona eşlik eden bir fiziksel dalga ikilisi sistemi olarak ele alır.<sup>13</sup> Bu dalga elektronun hareketini determinist bir şekilde belirler. Bu sebeple bu dalgaya pilot veya kılavuz dalga denmektedir. Bu sayede elektronun klasik fizikteki gibi deterministik olan bir yörüngesi olur. Kopenhag yorumu ise yörüngelerden bahsetmeyi anlamsız bulur. Bu bağlamda Bohm yorumu klasik fiziğe açık bir dönüş içerir. Bohm yorumundaki kılavuz dalga ontolojik olarak fiziksel bir dalgadır.<sup>14</sup> Bu dalga parçacığın çevresini saran fiziksel ortamın, parçacık üzerindeki etkisini tanımlar. Bohm yorumunda parçacık, elektromanyetik kuvvetlerle ve kütleçekim kuvvetiyle, klasik fizikteki gibi etkileşir. Yani ters kare yasasından etkilenir. Kuvvetlerin büyüklükleri taneciğe yakinken daha şiddetli iken, uzaklaştıkça kuvvetlerin şiddeti azalır. Bunlara ek olarak Bohm yorumu formalizminde, kuantum potansiyeli olarak tanımlanan yeni bir kavram ortaya çıkar. Söz konusu bu kuantum potansiyeli bütün uzaya yayılmış bir alandır ve onun dalga ile ilişkisi kuvvet etkisi yaratmadan parçacığın hareketini belirler.<sup>15</sup> Bu etki Newton mekaniğindeki anlamıyla bir kuvvet değildir. Bu sebeple enerji kaynağına da ihtiyaç duymaz.<sup>16</sup>

Sadece Bohm yorumuna has olan bu etki diğer kuvvet etkileri gibi mesafeye azalmadığı için bu etkiyi belirleyen dalgayı, bilgi taşıyan bir dalga olarak yorumlamak gerekir.<sup>17</sup> Bilgi taşıyan bir dalganın etkisinin mesafeye neden azalmadığını açıklamak için bir analogi vermek gerekirse: Bir gurup balerine öğretmenleri sesli komutlar vererek (ör: sağa dön, sola dön) bir koreografi öğretiyor olsun. Öğretmenleri, öğrencilerine çok yakın bir pozisyonda hemen yanlarında iken sağa dön desin ve bunu duyan öğrenciler sağa dönsünler. Başka bir zamanda da öğretmen öğrencilerinden uzaklaşıp salonun en uzak

<sup>11</sup> Gribbin, *Kuantum Ansiklopedik Sözlük*, 110.

<sup>12</sup> Gribbin, *Kuantum Ansiklopedik Sözlük*, 468.

<sup>13</sup> Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar*, 2:222.

<sup>14</sup> Philip Ball, *Tuhafi Aşma Zamanı Kuantum Fiziğine Farklı Bir Bakış*, çeviren. Nedim Çatlı, İstanbul: Kolektif Kitap, 2019, 256.

<sup>15</sup> Victor J. Stenger, *Bilinçsiz Kuantum*, çeviren. Murat Havzalı, İstanbul: Ginko Kitap, 2023, 126-27.

<sup>16</sup> Ball, *Tuhafi Aşma Zamanı Kuantum Fiziğine Farklı Bir Bakış*, 90-91.

<sup>17</sup> Stenger, *Bilinçsiz Kuantum*, 126-27.

köşesine giderek, sağa dön desin ve bunu duyan öğrenciler sağa dönsünler. Şimdi bu örnekte ne olduğunu analiz edelim. İlk durumda öğretmenin ağzından çıkan ses dalgası genliği (şiddeti) büyük bir ses dalgasıdır. İkinci durumda ise öğretmenin ağzından çıkan ses dalgası öğrencilerin kulağına ulaştığında genliği azalmış bir ses dalgasıdır. Ancak iki durumda da ses dalgasının taşıdığı bilgi olan 'sağa dön komutu' aynıdır. Ve iki durumda da öğrenciler bu dalgaya aynı tepkiyi verip sağa dönerler. Yani bu analogideki ses dalgasını, Bohm'un pilot dalgası gibi düşünersek, bu dalga parçacıklara nereye gidecekleri konusunda bilgi olarak bir yönlendirme yapmaktadır. Klasik anlamda bir kuvvet olarak değil. Bu yüzden artan mesafelerde etkisi azalmaz. Çevresinden bilgi toplayan yayılmış dalga, bu veriyi anında parçacığa ileterek hareketini düzenler.<sup>18</sup> Bohm yorumunun, Kopenhag yorumundan en önemli farkı, ölçüm problemini ortadan kaldırmasıdır. Bohm yorumunda dalga fonksiyonunun çökmesi gibi bir durum tanımlamaya da ihtiyaç yoktur.<sup>19</sup> Kopenhag yorumunun dalga fonksiyonunun neden çöktüğünü açıklamamasının (veya açıklayamaması) göz önünde bulundurulursa, Bohm yorumu bu varsayımı ortadan kaldırarak bir üstünlük sağlar.

## 404

Bohm yorumun bir diğer önemli varsayımı da gizli değişkenler kavramıdır. Bohm'un verdiği analogi ile klasik anlamda istatistiksel mekanik nasıl ki atomların varlığı kanıtlanmadan önce, atomların olduğu varsayımına dayanılarak geliştirildiyse, kuantum fiziğinin istatistiksel ve olasılıksal görünmesi de henüz bilmediğimiz gizli değişkenlerden kaynaklanmaktadır.<sup>20</sup> Klasik anlamda istatistiksel mekanik geliştirilirken atomlar o dönemin gizli değişkenleriydi. Kuantum fiziğindeki gizli değişkenlerin neler olduğunu bulup ölçebilirsek, kuantum fiziği de deterministik bir doğada betimlenebilir.<sup>21</sup> Örneğin; Bohm yorumuna göre çift yarık deneyini ele alırsak, dalga-parçacık çifti, çift yarığa geldiği zaman, tanecik olan elektron kesinlikle iki yarıktan yalnız birinden geçer. Kılavuz dalga ise iki yarıktan da geçerek girişim deseni oluşturur. Bu girişim deseni parçacığın yörüngesini belirler. Bu yorumda kılavuz dalga sayesinde elektron perdeye kadar iyi tanımlanmış bir yörüngede ulaşır. Buradaki gizli değişkenler, yarıklara gönderilmeden önce, elektron tabancasından ayrılan elektronların ilk konumu ve hızı gibi bilgilerdir. Ne kadar aynı elektron tabancasından aynı şekilde yollanırsa yollansınlar, atom altı ölçekte olduğu için

<sup>18</sup> Ball, *Tuhafı Aşma Zamanı Kuantum Fiziğine Farklı Bir Bakış*, 90-91.

<sup>19</sup> Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar*, 2:227.

<sup>20</sup> Stenger, *Bilinçsiz Kuantum*, 129.

<sup>21</sup> Stenger, *Bilinçsiz Kuantum*, 122.

hiçbir elektronun başlangıç konumu ve hızı aynı değildir.<sup>22</sup> Aralarında çok küçük de olsa farklar vardır. Başlangıç şartlarındaki bilgisizliğimiz bu deney için Bohm' un gizli değişkenlerine bir örnektir. Bu tarz bir bilgi eksikliği klasik kaos teorisine benzer. Üstelik bu yorumda kuantum potansiyeli olarak adlandırılan kavram çok hassas olduğu için parçacıkların başlangıç koşullarına fazlasıyla bağlıdır. Belirsizliğin anlamı neredeyse klasik fizikteki gibidir. Üstelik deney sonuçlarını aynı şekilde tahmin eder. Bu durumda Heisenberg belirsizlik ilkesinin formalizmi yine vardır ama yorumu artık çok farklıdır.<sup>23</sup> Bu belirsizlik artık kılavuz dalganın yarık gibi makro sistemlerle olan etkileşmesine bağlı bir sonuç olarak ortaya çıkar.

Bohm yorumunun hareket denklemleri zamana bağlı, görelî olmayan Schrödinger denklemi kullanılarak türetilir. Schrödinger denklemini sağlayan, iki gerçel fonksiyonun bileşiminden oluşan kutupsal formda bir dalga fonksiyonu tanımlanır. Denklemden yerine koyulan bu fonksiyon, gerçel ve sanal kısımlarına ayrılarak iki denklem elde edilir. Burada Bohm matematiksel bir operasyonla, Newton'un ikinci yasasına (Dinamiğin Temel Yasası) benzer bir ifade üretmeye çalışır. Bu denklemlerde hem klasik anlamda bir potansiyel enerji ifadesi hem de yeni bir kavram olan kuantum potansiyeli ifadesi vardır.<sup>24</sup>

**405**

Bohm yorumunun yerel olmayan etkilerinin sebebi bu kuantum potansiyelidir. Bohm'un yorumunu geliştirirken amacı, eski kuantum fiziği dönemindeki deney sonuçlarından türetilen yeni bir kuantum fiziği yapmak değildi. Bohm'un amacı, aynı kuramın hatta aynı denklemlerin, deterministik olarak da yorumlanabileceğini göstermekti. Bu bağlamda ona yeni bir kuram demekten ziyade yeni bir yorum demek daha mantıklıdır. Bohm'un çalışmasını ister kuram olarak görelim, istersek yorum olarak görelim, bilim tarihi açısından bir değerlendirme yapılırken göz önünde bulundurulması gereken temel şey: Bohm'un Kopenhag yorumunu ve onun başarılı olduğu her şeyi önceden biliyor olduğudur, örneğin Kopenhag yorumuna eleştiri olarak gelen EPR bile kuantum potansiyeli ile aydınlatılan bir konuya dönüştürülür. Bu yorumun, günümüzde doğru olup olmamasından bağımsız olarak böyle bir determinist çalışmanın döneminde yapılabilir olduğunu göstermesi açısından çok önemlidir.

Tüm bunlara ek olarak, aslında Kopenhag yorumuna yakın olmasına rağmen, Bohm'un çalışmalarının önemini fark eden John Bell ile başlayan teorik

<sup>22</sup> Art Hobson, *Kuantum Öyküleri*, çeviren. Mihriban Doğan, İstanbul: Say, 2023, 216-17.

<sup>23</sup> Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar*, 2:227.

<sup>24</sup> Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar*, 2:238-40.

ve deneysel dolanıklık çalışmaları etkilerini günümüze kadar sürdürmüş ve 2022 yılında çağımızın önemli fizikçilerinden Aspect, Clauser ve Zeilinger'e Nobel Ödülü kazandırmıştır.<sup>25</sup> Burada şunu belirtmek zorundayız. Bohm'un 1952 yılında yayınladığı çalışmaları zamanla hem kendisi hem de başka fizikçiler tarafından geliştirilmiştir. Günümüzde de farklı yaklaşımlar altında modifiye edilmiş versiyonları çalışılmaktadır. Özellikle, özel görelilikle ve yüksek enerji fiziği ile uyumlu hale getirilmesi gibi konularda çok sayıda birbirinden farklı yeni yaklaşım vardır.<sup>26</sup> Ayrıca Bohm zamanla mistik eğilimler kazanarak, artık kendi yorumunu fizik teorisi olmanın dışına çıkartacak şekilde etkisi altında kaldığı, bu yeni eğilimleri ile kendi yorumunu ilişkilendirmiştir.<sup>27</sup> Bachelard'ın bilim felsefesine göre yapacağımız inceleme için burada Bohm yorumunu belirli bir tarihi dönem ve standartta belirlemek zorundayız. Bohm'un 1952 tarihli makalelerinden sonra kendisi veya başkaları tarafından yapılan her türden eklenti bizim incelememiz dışındadır. Çalışmamızda sadece 1952 tarihli temel iki makalesini referans almaktayız.

## 406

Bohm'un 1952 makalelerinde anlattıklarını özetlersek elektron, hem klasik anlamdaki bilinen kuvvetlerden, hem de yeni bir varsayım olan kuantum potansiyelinden etkilenir. Bohm yorumunda elektron, kendisine kılavuzluk eden bu dalga ile bir sistem oluşturduğu için, dalga elektronu determinist bir yörüngede yönlendirir. Gizli değişkenlerle ilgili tüm bilgiler bu kuantum potansiyeli sayesinde bilgi olarak dalgayı etkiler. Dolayısıyla gizli değişkenlerdeki klasik anlamdaki bir istatistik dağılımı, deney sonuçlarında bir rastgelelik var gibi görünmesine sebep olur. Deney sonuçlarının Kopenhag yorumu ile aynı çıkmasının sebebi de budur. Sonuç olarak, Kopenhag yorumunun iddia ettiği gibi doğada indirgenemez bir belirsizlik ve belirlenemezlik değil, gizli değişkenlerin bilgisine sahip olmadığımız için klasik anlamda bir bilgi eksikliğinin sonucu olan istatistiksel ve olasılıksal gözlemler vardır. EPR ile ilgili fikirleri ise bu dolanık etkileri kuantum potansiyeli ile çözebileceğini iddia etmesidir. İşte kuantum potansiyelinin bu eylemi, özel göreliliğin hiçbir sinyal ışıktan hızlı gidemez yasasını ihlal ettiği şeklinde eleştirilmiştir. Yani Bohm yorumu da Kopenhag yorumu gibi yerel olmamakla itham edilir. Hatta Kopenhag yorumu kapalı bir yerel olmama içermesine rağmen, Bohm'un temel varsayımlarından birisi bu

<sup>25</sup> "Nobel Prize", t.y., <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2022/summary/>.

<sup>26</sup> Peter R. Holland, *The Quantum Theory of Motion: An Account of the de Broglie-Bohm Causal Interpretation of Quantum Mechanics*, Cambridge: Cambridge University Press, 1993, doi:10.1017/CBO9780511622687.

<sup>27</sup> David Bohm, *Wholeness and the Implicate Order*, London: Routledge, 2002.

yerel olmama durumudur. Buna karşılık olarak Bohm kendi yorumunda Einstein'ın özel görelilik teorisi ile çelişmediğini iddia eder. Bohm 1952 yılında yazdığı iki makalesinden sonra kendi yaklaşımını daha detaylı açıkladığı kitaplar ve makaleler yazmıştır. Bu yazdıklarında aktif /pasif bilgi ve gizli/açık gerçeklik gibi yeni kavramlar öne sürer. Ancak bu kavramlar bizim bu makale için koyduğumuz sınırın dışındadır.

### **Bachelard ve Epistemolojik Kopuş**

Gaston Louis Pierre Bachelard, Fransız bilim felsefesi geleneğinin en önemli filozoflarından biridir. Bilim felsefesi literatürü ağırlıklı olarak analitik felsefecilerle ilişkilendirilse de, kıta felsefesi geleneğinden gelen ve bilim felsefesine en önemli katkıları yapan kişilerden biri Bachelard'dır. Onun yaklaşımları hem Fransız felsefe geleneğinin içerisinde önemli filozoflar elinde büyümüş hem de Fransa dışındaki bilim felsefesi geleneklerini etkilemiştir. Fransız felsefe geleneğinde epistemoloji çalışmaları genelde bilim felsefesi ve bilimsel bilgi üzerinden yapılır.<sup>28</sup> Bachelard'ın çalışmaları bilim tarihine yönelerek yapılan bir epistemolojik çalışmadır.<sup>29</sup> Bachelard'ın bizim için önemi de buradan gelmektedir. Bachelard, eğitimini matematik bilimlerinde yaptığı için hem kendinden önceki hem de kendi döneminin bilimsel çalışmalarını takip edebilmiş ve bunları kendi epistemolojik araştırmasının konusu yapmıştır. Bachelard'ın aktif olarak felsefe yaptığı dönem kuantum fiziğinin geliştiği dönemdir. Bachelard, kuantum fiziğinin gelişimini yakından takip etmiş, kuantum fiziğini ortaya çıkaran en önemli fizikçilerle doğrudan görüşmüş ve kuantum fiziğinin felsefi sonuçlarıyla ilgili hararetli tartışmaların olduğu toplantılara katılmıştır.<sup>30</sup> Bu süreçlerin sonunda edindiği bilgileri kullanarak kuantum fiziğinin sonuçlarını kendi epistemolojik çalışmalarının nesnesi yapmış ve incelemiştir.<sup>31</sup>

Bachelard'ın bilim felsefesinin epistemolojik kopuş, epistemolojik engel, bilimsel pedagoji gibi kendine has kavramları vardır. Filozofun bu kavramları

<sup>28</sup> Jean-Louis Fabiani, *Fransız Filozofu Kimdir? Kavramların Toplumsal Yaşamı (1880-1980)*, çeviren. Alev Er, İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, 2013, 191-94.

<sup>29</sup> John Potts, *Fikirlerin Uzun Vadeli Tarihi Zamanda Düşünceler*, çev. Emrah Denizhan, Ankara: Fol Yayınları, 2024, 173-74.

<sup>30</sup> Gaston Bachelard, "Çağdaş Fizik Düşüncesi", Fransız Felsefe Cemiyeti Toplantıları, çeviren. Ali Kemal Çetinkaya, İstanbul: KETEBE, 2024, 149.

<sup>31</sup> Gaston Bachelard, *Yeni Bilimsel Tin*, çeviren. Alp Tümertekin, İstanbul: İthaki, 2008), 3,4 ve 5. Bölümler.

hangi anlamda kullandığını iyi tanımlamak gerekir. Bachelard'a göre bilim insanları sadece gözlemci değil aslında fenomen üreticisidir. Biz doğada fenomenleri açık bir şekilde hazır olarak bulmayız. Örneğin; Kuantum fiziğindeki fenomenler doğrudan insanın gözlemine açık değildir. Tanecik ve dalgalar deney düzeneğinde üretilir. Aslında elektron ne taneciktir ne de dalga, çift yarık deneyi sonucunda onu dalga olarak biz fenomenleştiririz. Yani bir fenomen üretilmiş olur.<sup>32</sup> Bu tarz yaklaşımlara G.Bachelard *fenomenoteknik* demektedir.<sup>33</sup>

*Epistemolojik kopuş* kavramı ise popüler ve fazla yanlış anlaşılan kavramdır.<sup>34</sup> *Epistemolojik kopuş* kavramı bir tamlama olarak, Bachelard'ın metinlerinde doğrudan çok nadir yer alır, ancak kopuş ve süreksizlik anlamına gelen kelimeler sürekli kullanılır.<sup>35</sup> Bachelard'ın kopuş kavramı bilimde eski düşünceleri tamamen terk ederek yerine yeni bir bakış açısının inşa edildiği, yeni inşa edilmiş fenomenlerle düşünüldüğü bir olaydır.<sup>36</sup> Bu bağlamda Kopenhag yorumunun olasılıkçı ve indeterminist doğası, klasik fizikten epistemolojik bir kopuş içindedir. Bilimsel ilerleme Bachelard'da sürekli ve doğrusal değil, bu kopuşlar sayesinde süreksiz ve doğrusal olmayan bir şekilde gelişir.<sup>37</sup> Üstelik bu şekilde bir gelişmeyi Kipling'in şiirine atıfla olumlar: "...Kipling'in vakur tavsiyesi, herkesten çok modern bilgine uygun düşer: "Ömrünü adadığın yapıtın yıkıldığını görüp yeniden işe koyulursan, ağzından tek bir mırıltı bile dökülmeden acı çeker, mücadele eder ve ölebilirsen, işte o zaman adam olmuşsun, oğlum." Sadece bilim alanında çalışırken yerle bir ettiğimiz şeyi sevebiliriz, yok sayarak sürdürebiliriz geçmişi, dediklerini çürüterek saygı gösterebiliriz öğretmenimize..."<sup>38</sup>

Bachelard, bilim tarihçiliğinde kendi dönemlendirmesini yapar. Antik Çağ'dan 18. yüzyıl sonuna kadar olan döneme Bilim Öncesi Dönem, 18. yüzyıl sonlarından 20. yüzyıl başına kadar olan döneme Bilimsel Dönem, 20. yüzyıl başından itibaren başlayan döneme Yeni Bilimsel Dönem demektedir.<sup>39</sup> Bilimsel zihnin üç tane temel hali olduğunu belirtir. Bunlar somut hâl, somut-soyut hâl, soyut hâldir. Somut hâl durumunda fenomenlerin ilk imgeleriyle uğraşılır, 18.

<sup>32</sup> Bachelard, *Yeni Bilimsel Tin*, 18.

<sup>33</sup> Gaston Bachelard, *Bilimsel Zihnin Oluşumu*, çeviren. Ahmet Öz ve Emine Sarıkartal, İstanbul: İthaki, 2013, 83.

<sup>34</sup> Etienne Balibar, *Althusser İçin Yazılar*, çeviren. Hülya Tufan, İstanbul: İletişim, 1991, 19.

<sup>35</sup> Gaston Bachelard, *Yok Felsefesi*, çeviren. Alp Tümertekin, İstanbul: YKY, 2006, 53.

<sup>36</sup> Bachelard, *Bilimsel Zihnin Oluşumu*, 32.

<sup>37</sup> Potts, *Fikirlerin Uzun Vadeli Tarihi Zamanda Düşünceler*, 179-81.

<sup>38</sup> Bachelard, *Bilimsel Zihnin Oluşumu*, 312.

<sup>39</sup> Bachelard, *Bilimsel Zihnin Oluşumu*, 15-16.

yüzyılda kimyasal maddelerin nitel özelliklerine bakmak bu türden bir aşamadır. Somut-Soyut hâl ise fizik deneyine geometrik şemalar ekler, fiziksel temsili geometrikleştirmek ister. Bunu yapmasındaki gaye bir çeşit yalınlaştırma isteğidir.<sup>40</sup> Örneğin atomun gezegen modeli gibi yaklaşımlar, atom kavramına geometrik bir şablon sunar. Bachelard'a göre bu temsiller zamanla yetersiz kalır. "...er ya da geç anlamak zorunda kalırız ki mekânın özelliklerine ilişkin naif bir realizme dayanan bu ilk geometrik temsil, daha gizli kurallar gerektirir..."<sup>41</sup> Soyut hâl ise artık ilk imgelem halinden koparak kendi içinde soyutladığı bir fenomenler gurubu halini alır. Heisenberg'in Matris matematiğine dayanan ve ışık spektrumunu başarılı bir şekilde açıklayan atom modeli ise zihnimizde bir imge halinde tasarlayamayacağımız soyut bir yapıdır. Bachelard'a göre: "Böylece bilimsel düşünce, gerçek olmaktan çok metaforik "inşalara", "konfigürasyon mekanlarına" doğru sürüklenir. Duyulur mekân ise, en nihayetinde, bu "konfigürasyon mekanlarının" sefil bir örneğinden başkaca değildir. Öyleyse matematiğin çağdaş fizikte üstlendiği rol, basit geometrik betimlemenin çok ötesindedir. Matematikçilik artık betimleyici değil, oluşturucudur. Gerçekliğin bilimi fenomenolojik nasıl ile yetinmemektedir artık; matematiksel niçini aramaktadır."<sup>42</sup>

Bir diğer önemli kavram da epistemolojik engel kavramıdır. Epistemolojik engel kavramı ise bilimin ilerlemesini engelleyen çeşitli nedenlerin ortak adıdır. *Bilimsel Zihnin Oluşumu* kitabında, ilk deneyim, kanı, pragmatik ve birlikçi bilgi, tözcü engel, canlı engel gibi bilimin ilerlemesine engel olan kavramları bilim tarihinden örneklerle anlatır. Bilim tarihindeki ilerlemelerin bu engellerin aşılması ile sağlanan epistemolojik kopuşlarla açıklar. Bachelard, aynı zamanda kendi bilim felsefesini *Hayır (yok) Diyen Felsefe* olarak adlandırmıştır. Onun felsefesi bazı yanları ile Karl Popper'in bilim felsefesini andırsa da odaklandıkları kavramlar farklıdır. Bachelard'a göre bilimin nesnel bilgi ideali hatalıdır: "...Kanımızca epistemoloji konusunda şu varsayımı kabul etmek gerekir: nesne dolaylımsız bir "nesnel hedef" olarak belirtilemez; başka deyişle, nesneye doğru giden yol en baştan "nesnel" değildir. Öyleyse, bilimsel bilgiyle duysal bilgi arasında gerçek bir kopuş olduğunu kabul etmek gerekir."<sup>43</sup>

Bachelard'ın bilim felsefesinde kuantum fiziğini, klasik fizikten epistemolojik kopuş olarak ele aldığı yaklaşımı, acaba tek bir kuramın kendi

<sup>40</sup> Bachelard, *Bilimsel Zihnin Oluşumu*, 18.

<sup>41</sup> Bachelard, *Bilimsel Zihnin Oluşumu*, 13.

<sup>42</sup> Bachelard, *Bilimsel Zihnin Oluşumu*, 14.

<sup>43</sup> Bachelard, *Bilimsel Zihnin Oluşumu*, 295-96.

içindeki yorumlarına da uygulanabilir mi? Aynı kuramın farklı yorumlarının olması epistemolojik olarak ne anlama gelmektedir? Aynı kuramın (kuantum fiziği) yorumlarından birisi (Kopenhag yorumu) klasik fizikle epistemolojik kopuş sergilerken, bir başka yorumu (Bohm yorumu) klasik fizikten epistemolojik kopuş sergilememeyi veya ona epistemolojik olarak geri dönmeyi sağlayabilir mi? İşte bizim burada yapmaya çalıştığımız şey bu soruları Bachelard'ın epistemolojik yaklaşımını kullanarak kuantum fiziğinin Bohm yorumuna yöneltmektir.

Elektronun dalga-parçacık dualitesini Klasik fizik, Kopenhag yorumu ve Bohm yorumu bağlamında ele alırsak, Bachelard'ın felsefesi şu şekildedir:<sup>44</sup> “Bu durumda dalga anlayışları ile cisimcik anlayışlarını, en ince uygulamalarında kaynaştırmak gerekir. Eğer kaynaştırma iyi yapılmışsa, yok felsefesinin araçlarıyla yapılmışsa, daha sonra bu iki anlayışın kaba uygulamalarında birbirlerine niye çarpmadıkları, oldukça kolay bir biçimde görülecektir. Ama karşıt kuramların bu birleşmesi, geliştirilmedikleri için doğal oldukları sanılan ilksel usavurma yöntemleri değiştirilerek gerçekleştirilebilir ancak. Bilginin olanca etkililiğine sahip olması için, tinin dönüşmesi gerekir artık...” Burada şunu görüyoruz, klasik fiziğe göre birbirlerini dışlayan iki kavram olan parçacık ve dalga kavramları kaynaştırılmalıdır. Eğer böyle bir kaynaştırma yapılamıyorsa usavurma yöntemleri ve tin dönüşmelidir. Bachelard'a göre dalga-parçacık fenomenleri birleştirilemiyorsa, Kopenhag yorumunun tamamlayıcılık ilkesinde yapıldığı gibi usavurma yöntemi değişmiştir. Artık elektronun ne olduğu onu hangi yöntemle yani nasıl gözlediğimizle belirlenir ve Kopenhag yorumu, klasik fizikten epistemolojik olarak kopmuştur. Bohm yorumu ise; Bachelard'ın söylediği türden, ilk önce bu iki kavramın kaynaştırılması fikrine yakındır. Bohm elektronu tanecik ve onu yönlendiren dalgası ile beraber bir sistem olarak ele alır. Bachelard bu türden birleşmeleri şu şekilde eleştirir:<sup>45</sup> “Gerçek şu ki dalgayı, cisimciği yöneten sürücü olarak gösteren savlar, cisimcik ile dalganın basit birlikteliğini dile getirmek için eğretilmeler oluşturmaktan öteye geçmediler. Söylenebilecek tek şey, bu birlikteliğin ne nedensel, ne de tözsel olduğudur. Cisimcik ve dalga çeşitli mekanizmalarla birbirine bağlı şeyler değillerdir. Onların birlikteliği matematiksel türdendir; cisimcik ile dalgayı deneyin matematikselleştirilmesinin ayrı uğrakları olarak kavramak gerekir.” Burada yapılan eleştiri doğrudan Bohm yorumuna yönelik değildir. Çünkü *Yeni Bilimsel Tin*'den yaptığımız bu alıntı 1934 tarihli. Bohm yorumu ise 1952 tarihli.

<sup>44</sup> Bachelard, *Yok Felsefesi*, 123.

<sup>45</sup> Bachelard, *Yeni Bilimsel Tin*, 99.

Burada Bachelard önceki bölümde bahsettiğimiz beşinci Solvay konferansında de Broglie tarafından öne sürülen başarısız teşebbüsü hatırlatmaktadır. Bohm yorumu ise bu konuda başarısız olmamıştır. Dolayısıyla Bohm'un öne sürdüğü yeni yorum başarılı bir birleştirme olarak yorumlanabilir. Çünkü Bohm yorumu en azından ortaya atıldığı tarihte düşük enerjili tüm deneyler için Kopenhag yorumu ile aynı sonuçlara ulaşabileceği iddiasını taşır. Bachelard'ın Bohm yorumu ile ilk olarak ne zaman karşılaştığını bilmiyoruz, ancak en azından 25 Nisan 1953 gününden itibaren Bohm yorumunu öğrendiğini iddia edebiliriz. Bu tarihte Fransız Felsefe Cemiyeti bir toplantı düzenlemiştir ve esas konuşmacı de Broglie'dir. de Broglie bu toplantıda Beşinci Solvay Konferansı'nda sunduğu eski fikrini ve Bohm'un 1952 yılında yayınladığı makaleyi anlatır, bu yaklaşımın başarısını ortaya koyup kendi fikirlerine geri döndüğünden bahseder.<sup>46</sup> Bu toplantının başkanlığını ise Bachelard yapar. de Broglie sunumunu bitirince, Bachelard şunları söyler:<sup>47</sup> " ...yıldan yıla, on yıldan on yıla zaferler birbirini izliyor ve görüyoruz ki yeni bir tanesinin eşigindeyiz..." Burada da görüldüğü gibi Bachelard'ın felsefesi her türden yeni yaklaşıma açıktır. Kendi ifadesiyle Bachelard'ın bilim felsefesi bir "*neden olmasın?*" felsefesidir.<sup>48</sup> Çünkü, Bachelard'a göre fizik felsefesi kendisini sürekli yenileyen tek felsefe örneğidir. Bu konuda Bachelard şunları söyler:<sup>49</sup> "...Bilimsel usçuluk için, uygulama bir yenilgi, bir uzlaşma değildir. O, kendini uygulamak ister. Eğer kendini iyi uygulayamazsa, kendini değiştirir. Bunun için ilkelerini yadsımaz, onları diyalektikleştirir. Son olarak da, fizik biliminin felsefesi, kendi ilkelerini aşmaya karar veriyor kendini uygulayan tek felsefedir belki de. Kısacası, tek açık felsefedir. Başka her felsefe, ilkelerini dokunulmaz, ilk hakikatlerini eksiksiz ve tamamlanmış olarak koyar. Başka her felsefe kendi kapalılığıyla övünür." Bu ifadelerde de görüldüğü gibi Bachelard'ın epistemolojik çalışmalarında özellikle fizik konularına odaklanmasının sebebi fizik felsefesinin sürekli kendini yenileyen tek felsefe olmasıdır.

Bohm yorumunun yayınlandığı 1952 yılında, kuantum fiziği demek Kopenhag yorumu demektir. Dolayısıyla bizim analizimizde Bohm yorumunun nerelerde epistemolojik kopuş yaşadığı Kopenhag yorumundan ayrıştığı noktalar bağlamında ele alındı. Aklımızda tutmamız gereken temel şey, Bohm yorumunun eski kuantum fiziğinden Kopenhag yorumu gibi türemediği, bilakis

<sup>46</sup> Bachelard, "Çağdaş Fizik Düşüncesi", 103-5.

<sup>47</sup> Bachelard, "Çağdaş Fizik Düşüncesi", 130.

<sup>48</sup> Bachelard, *Yok Felsefesi*, 33.

<sup>49</sup> Bachelard, *Yok Felsefesi*, 11.

Kopenhag yorumunun tüm başarılarının farkında olarak ve bunları bilerek aynı deneysel ve kuramsal yaklaşımların determinist olarak da yorumlanabileceğinden hareket ederek türediğidir. İki yorum arasındaki temel farkları gösterdiğimiz **Tablo-1** de harflerle gösterdiğimiz her farkı tek tek ele alacağız.

**A:** Bachelard'ın bilim felsefesi bağlamında değerlendirecek olursak Kopenhag yorumunun indirgenemez indeterminist doğa anlayışı, bilimin ilerlemesinde epistemolojik engel oluşturur. Bohm yorumu ise deney sonuçlarını yeniden inşa ederek, fenomenoteknik bir yolla elektronu yeniden tanımlar ve "neden olmasın?" yaklaşımını sunar. Artık Kopenhag yorumunun elektron tanımından "hayır felsefesi" ile epistemolojik olarak kopar. Bachelardcı anlamda Bohm yorumunda elektron ve kılavuz dalgasından oluşan sistem yeni bir epistemolojik fenomen ve epistemolojik profildir.

**C:** İki yorum arasındaki en önemli epistemolojik kopuş buradadır. Kopenhag yorumunda dalga fonksiyonu ontolojik olarak fiziksel karşılığı olmayan bir matematiksel yapıdır. Bohm yorumunda ise dalga fonksiyonu ontolojik olarak fiziksel bir dalgadır, çift yarı deneyinde girişim yapar; fiziksel etkileşme içindedir ve elektron taneciğinin yönlendiricisidir. Bu bağlamda iki yorum arasında ontolojik bir kopuş vardır. Bu ontolojik kopuşun bir sonucu olarak fiziksel dalga yeni bir fenomen olarak karşımıza çıkar ve bu ontolojik kopuş, epistemolojik kopuşu da zorunlu kılar.

**Ç, D ve G:** C maddesindeki ontolojik kopuşun bir sonucu olan epistemolojik kopuşu bize verir. Bachelard'ın "hayır felsefesi" gereğince artık Kopenhag yorumunda olduğu gibi bir ölçüm problemi yoktur, dalga fonksiyonunun çökmesi ve sonucunda gerçekliğin ölçümle belirlenmesi fikri yoktur. Bunun yerine dalga zaten fiziksel olarak gerçektir, çökmez ve sürekli olarak evrilir. Gözlemden etkilenebilir ancak bu olasılıkçı değil determinist bir etkileşmedir. İşte tam olarak bu farklılık iki yorum arasındaki en büyük epistemolojik kopuşu oluşturur. Aynı sebeple Bohm yorumunda artık ölçüm öncesi süperpozisyonları varsaymaya da gerek yoktur. Bunlara da Bachelardcı anlamda "Hayır" denmiştir.

**E ve F:** Kopenhag yorumu doğanın kendisinde indirgenemez bir indeterminizm ve olasılıkçılık olduğunu iddia ederken, Bohm yorumu böyle bir belirsizlik olmadığını tüm belirsizliklerin klasik anlamda kaos teorisine benzeyen bir çeşit bilgi eksikliğine bağlı olduğunu, bu bilgi eksikliği bir şekilde giderilebilirse elektronun konumu ve momentumunun aynı klasik fizikte olduğu

gibi belirli olduğunu söyler. Bilgi eksikliğimizin kökeni olarak **H** maddesindeki gizli değişkenlerdir. Bu bağlamda Bohm yorumu Kopenhag yorumundan epistemolojik olarak koparak, klasik fiziğin neden-sonuç ilişkilerine bağlı determinizmine epistemolojik geri dönüş sergiler.

**I:** Belirsizlik ilkesi sebebiyle Kopenhag yorumunda yörünge kavramından bahsetmek anlamsızdır, Bohm mekaniğinde ise determinist yörüngeler tekrar tanımlanabilir. Bu yörüngeler kılavuz dalga tarafından betimlenir ve elektronu etkileyerek bu yörüngelerde hareket ettirir. Bu şekilde bir dalga ile belirlenen yörünge kavramı Kopenhag yorumundan Bohm yorumunun bir epistemolojik kopuşu olduğu gibi klasik fizikten de dalgalarla tanımlanan bir yörünge tanımı olması bakımından kopuş içerisindedir. Bu şekilde dalgalarla tanımlanan yörünge kavramı fizik için yeni bir fenomen ve yeni bir epistemolojik profildir.

**N** farklılaşması, Bohm mekaniğinin hem Kopenhag yorumundan hem de klasik fizikten en önemli ikinci epistemolojik kopuşunu sergiler. Burada Bohm yorumunda tamamen yeni bir fenomen inşa edilir. *Kuantum Potansiyeli* olarak adlandırılan bu fenomen sadece Bohm yorumunda karşımıza çıkan bir kavramdır. Bu kavram Kopenhag yorumunda bulunmaz. Bu fenomen ve etkileri Kopenhag yorumundan radikal bir kopuş sergiler. Hem gizli değişkenlerin dalga fonksiyonunu belirlemesi hem de EPR gibi paradokslara çözüm getirmek için Bohm tarafından geliştirilen bu fenomen diğer iyi bilinen fiziksel etkileşimlerden farklı olarak mesafe ile azalmayan bir fiziksel etkileşim türü içerir. Bu etkileşim türü Bohm'a göre EPR paradoksuna da bir çözümdür. Bu fenomeni kabul etmek ise Bohm yorumunun açıkça yerel olmayan bir yorum olduğu varsayımını içerir. Bu sebeple Kopenhag yorumundan epistemolojik olarak kopar. Özetle Kopenhag yorumunda yerel olmama kapalı bir sonuçken, Bohm yorumunda yerel olmama kuantum potansiyeli sayesinde yorumun açık bir varsayımdır. Bu bağlamda hem Kopenhag yorumundan hem de klasik fizikten epistemolojik bir kopuş sergiler.

**O** ve **Ö** maddelerinde ise diğer çalışmalarda yeterince vurgulanmadığını düşündüğümüz bir farklılaşma vardır. Bohm yorumunu inceleyen çoğu yaklaşım matematiksel formalizmin aynı olduğunu veya çok da radikal bir farklılık olmadığını iddia ediyor.<sup>50</sup> Bize göre bu tam olarak doğru değil. Çünkü bu inceleme matematik felsefesinde hangi yaklaşımı benimsediğimize göre farklılık veya aynılık sergileyebilir. Bohm yorumunu anlattığımız bölümde gösterdiğimiz

<sup>50</sup> Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar*, 2:222.

gibi, Bohm kendi denklemlerini türetirken görelî olmayan zamana bağı Schrödinger denklemini kullanır. Köken aldığı yer itibarıyla buraya kadar Kopenhag yorumu ile bir ortak formalizmi paylaşır. Ancak Bohm kendi yorumunu betimleyecek denklemlere ulaşmak için, Schrödinger denkleminde yerine koyulmak üzere hazırlanan dalga fonksiyonunu Madelung dönüşümü olarak bilinen matematiksel dönüşüme tabii tutarak hazırlar.<sup>51</sup> Kutupsal formda yazılan bu fonksiyona matematiksel olarak formalizmi değışmiştir diyebilir miyiz? İşte bu sorunun cevabı hangi matematik felsefesini temel aldığımızı göre değışir. Matematik felsefesinde, Sezgicilik, Platonizm, Nominalizm, Konstrüktivizm vb. yaklaşımları benimseyenler aynı dönüşümü farklı yorumlayabilir.<sup>52</sup>

Bunun da bir epistemolojik kopuş olduğunu düşünebiliriz. Çünkü bu matematiksel operasyon sayesinde Bohm kendi denklemlerine ve en önemlisi yeni bir fenomen olan Kuantum Potansiyeli ifadesine ulaşır. Ulaşılan bu iki yeni denklem çıkarıldığı yer köken olarak Kopenhag yorumu ile aynı olsa da artık yeni formlara ve anlamlara Ğ sahiptirler.

## **414**

J'de iki yorum arasındaki temel yaklaşım farkı ortaya çıkar. Kopenhag yorumu tamamen epistemolojik bir yaklaşımdır. Kopenhag yorumu ile gözlemciye (ölçüme) bağı bir gerçekçilik algısı gelir. Durumları gözlemci belirler. Bu da fiziğin kadim tarihinden gelen bakış açısıyla bir kopuşu belirtir. Özetlemek gerekirse gözlemden önce fiziksel bir durumdan bahsetmek çok da anlamlı değildir ve bu durum belirsiz veya tanımsızdır. Einstein gibi eski klasik fiziğin realist bakış açısına sahip fizikçiler bu tarz bir bakış açısını eksik buldular. Einstein'ın, "Ben bakmadığım zaman da ayın orada olup olmadığından emin miyiz?" diye alaycı bir soru sormasının sebebi budur.<sup>53</sup> Kopenhag yorumu temsilcilerinden Niels Bohr'un şu sözleri söylediğı biliniyor.<sup>54</sup> "Kuantum dünyası diye bir şey yok. Yalnızca soyut bir fiziksel açıklama var. Fiziğin görevinin doğanın ne olduğunu bulmak olduğunu düşünmek yanlış. Fizik, bizim doğayla ilgili neler söyleyebileceğimizle ilgilenir." Burada Bohr açıkça Kopenhag yorumunun ontolojik bir bakış açısı değil epistemolojik bir sistem olduğunu belirtiyor. Bohm

<sup>51</sup> Stenger, *Bilinçsiz Kuantum*, 125.

<sup>52</sup>[https://plato.stanford.edu/entries/philosophy-mathematics/?utm\\_source=chatgpt.com](https://plato.stanford.edu/entries/philosophy-mathematics/?utm_source=chatgpt.com)

<sup>53</sup> N. David Mermin, "Is the Moon there when nobody looks? Reality and the quantum theory", *Physics Today* 78, no 1 (2025): 28-39, doi:10.1063/pt.hsjm.vbey.

<sup>54</sup>

<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/00963402.1963.11454520?needAccess=true>

yorumu ise ontolojik olarak realist bir fiziksel evrene dayanır ve epistemolojik bilgisini de buradan çıkartır. İki kuramın bu temel yaklaşım farkı birbirlerinden tamamen epistemolojik kopuş sergiler.

L farklılaşması iki kuramın epistemolojik sınırlarının ve niyetinin farklılaşmasıdır. Kopenhag yorumu Heisenberg belirsizlik ilkesi yüzünden bilimsel bilgiye Bachelardcı anlamda epistemolojik engel oluşturan bir yorumdur. Bu bağlamda Kopenhag yorumu Fransız sosyolog Bruno Latour tarafından geliştirilen Kara Kutu kavramı gibidir.<sup>55</sup> Yani girdileri ve çıktıları olan ama iç süreçleri hakkında bilgi vermeyen bir yorum.<sup>56</sup> Ölçüm kara kutuya bir girdidir, çöken dalga da bir çıktıdır. Ancak kutunun içinde ölçüm anında dalga fonksiyonunun neden çöktüğü hakkında bir bilgi vermez. Bohm yorumu ise kara kutunun içinde tam olarak ne olduğunu açıklamaya çalışan Şeffaf Kutulu bir yorumdur. Gizli değişkenleri bilmediğimiz için durum olarak Bohm yorumu da bir kara kutudur ancak niyeti saydam kutu olmaktır. Kopenhag yorumu ise kara kutu olmaktan rahatsızlık duymaz. Bunun doğanın epistemolojik bir sınırı ve kendisinden kaynaklandığını iddia ederek epistemolojik bir engel oluşturur. Bu engel Bohm yorumunun gizli değişkenleri sayesinde epistemolojik bir kopuş ile aşılır.

	KOPENHAG YORUMU	BOHM YORUMU
A	Elektron gibi bir nesne, dalga-parçacık dualitesine sahiptir. Bazı durumlarda elektron dalga gibi bazı durumlarda tanecik gibi davranır. <sup>57</sup> Bu dualite Bohr'un tamamlayıcılık ilkesine göre çözülür. <sup>58</sup>	Elektron gibi bir nesne, noktasal bir parçacık ve ona kılavuzluk eden dalga ile beraber tanımlanan bir sistemdir. <sup>59</sup> Dalga-Parçacık dualitesi fikrine gerek yoktur.
B	Kuantum fiziğinin özel göreliliği de kapsayacak şekilde genişletilmiş hali olan kuantum alan kuramları, özel görelilikle uyum içindedir. <sup>60</sup>	Görelili olmayan durumları açıklar. Düşük enerjili ve düşük hızlardaki sistemleri inceler. Yerel olmayan durumlar içerdiği için özel

<sup>55</sup> Bruno Latour, *Pandora's Hope Essays on the Reality of Science Studies*, Harvard University Press, 1999.

<sup>56</sup> Michael Dickson, "Is Measurement a Black Box? On the Importance of Understanding Measurement Even in Quantum Information and Computation", *Philosophy of Science* 74, no 5 (2007): 1019-32, doi:10.1086/525641.

<sup>57</sup> Gribbin, *Kuantum Ansiklopedik Sözlük*, 110.

<sup>58</sup> Gribbin, *Kuantum Ansiklopedik Sözlük*, 468.

<sup>59</sup> Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II.", 181.

<sup>60</sup> Hobson, *Kuantum Öyküleri*, 219.

		görelilik ile temelde çatışıyor gibi görünür. <sup>61</sup>
C	$\psi$ dalgasının ontolojik anlamda fiziksel bir karşılığı yoktur. Ölçümden önce psi dalgası kuantum durumlarının bilgisini içerir. Sadece matematiksel bir araçtır. <sup>62</sup>	$\psi$ dalgası ontolojik anlamda fiziksel bir dalgadır. Bu dalga bir anlamda bilgi taşır. Bu bilgi sayesinde parçacıkları yönlendirerek hareketlerini ve yörüngelerini belirler. <sup>63</sup>
Ç	Dalga fonksiyonu ölçümle beraber çöker. Gözlemci, ölçümle sistemi belirlemiş olur. Ölçüm sonuçları olasılığa dayalıdır. <sup>64</sup>	Dalga fonksiyonu çökmez sürekli evrim geçirir, parçacıklar onu takip eder. Gözlemci sistemin durumunu etkileyebilir ama sistemin durumu olasılığa dayalı değildir belirli ve deterministiktir. <sup>65</sup>
D	Ölçülene kadar sistem, tüm olası durumların süperpozisyonundadır. <sup>66</sup>	Süperpozisyon diye bir kavram yoktur. Parçacık tek bir konumdadır, ancak kuantum potansiyeli üzerinden dalga fonksiyonu tüm yolları etkiler. <sup>67</sup>
E	Doğanın kendinde belirsizlik vardır; aynı anda hem konum hem momentum aynı hassaslıkta bilinemez. <sup>68</sup>	Belirsizlik klasik kaos teorisindeki gibi bilgi eksikliğimizdendir; gerçekte parçacıkların konumu ve momentumu tam belirlenmiştir. <sup>69</sup>
F	Nedensellik kısmen terk edilir; sonuçlar olasılıklarla ifade edilir.	Evren tamamen deterministiktir; her şey

<sup>61</sup> Hobson, *Kuantum Öyküleri*, 219.

<sup>62</sup> Brian Clegg, *Kuantum Çağı Yeni Fizik Bize Nasıl Bir Gelecek Vaat Ediyor?*, çev. Samet Öksüz (İstanbul: Say, 2018), 29-30.

<sup>63</sup> Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II.",174.

<sup>64</sup> Clegg, *Kuantum Çağı Yeni Fizik Bize Nasıl Bir Gelecek Vaat Ediyor?*, 29-30.

<sup>65</sup> Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II."

<sup>66</sup> Ball, *Tuhafı Aşma Zamanı Kuantum Fizikine Farklı Bir Bakış*, 57-58.

<sup>67</sup> Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II.",179.

<sup>68</sup> Stenger, *Bilinçsiz Kuantum*, 71-72.

<sup>69</sup> Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II.",175.

		neden-sonuç ilişkisine dayalıdır. <sup>7071</sup>
G	Gerçeklik, ölçümle birlikte ortaya çıkar. Sistemin özellikleri ölçüm öncesi belirli değildir.	Gerçeklik, ölçümden bağımsızdır; parçacıklar belirli konum ve momentuma ölçümden önce de sahiptir. <sup>72</sup>
Ğ	Formalizminde Schrödinger denklemi, Born kuralı ve Heisenberg belirsizlik ilkesi bulunur. <sup>73</sup>	Born Kuralı Kullanılmaz Schrödinger denklemi ve ondan türetilen yönlendirme denklemi vardır. Heisenberg ilkesinin matematiksel ifadesi yine vardır ama anlamı farklıdır. <sup>74</sup>
H	Saklı Değişkenleri Önermeye Gerek Yoktur.	Tam olarak nelerin saklı değişkenler olduğunu bilmiyoruz ama Saklı Değişkenler vardır. <sup>75</sup>
İ	Olasılıksallık ve rastgelelik bilgi eksikliğimizden kaynaklanmaz. Doğa böyle davranır. Doğada indirgenemez bir rastgelelik vardır.	Saklı değişkenleri bilirsek her şey önceden belirlenmiş gibidir. Kuantum fiziği saklı değişkenleri bilmediğimiz için bize olasılıksal ve rastgelelik var gibi görünür. Temel gerçeklikte doğada böyle bir şey yoktur. <sup>76</sup>
I	Yörüngelerden bahsetmenin hiçbir anlamı yoktur.	Saklı değişkenlerin bilgisine hakimsek iyi tanımlanabilir gerçek yörüngeler vardır. <sup>77</sup>

<sup>70</sup> Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II, 188-189.

<sup>71</sup> Bohm'un nedensellik yaklaşımı için bkz: Vural Başaran ve Yasin Karaman, "Boutroux, Bohm ve Monod: Nedensellik Tartışmasına Dair Farklı Yaklaşımlar" içinde *Bilim-Teknoloji-Toplum Bir Disiplin Olarak Kimlik İnşası*, Arsev Umur Aydınoglu et al., Konya: NEÜ Yayınları, 2023, 212-233.

<sup>72</sup> Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II, 186.

<sup>73</sup> Stenger, *Bilinçsiz Kuantum*, 71-72.

<sup>74</sup> Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II.", 180.

<sup>75</sup> Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II, 177.

<sup>76</sup> Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II, 170-172.

<sup>77</sup> Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II, 170,177

J	Epistemolojik bir yaklaşımdır. <sup>78</sup>	Ontolojik olarak realist bir fiziksel evrene dayanır ve epistemolojik bilgisini de buradan çıkarır. <sup>79</sup>
K	Özel görelilikle uyumlu olduğu için, yüksek enerji fiziğini oluşturmuş ve higgs bozonundan, nötrinolar kadar deneylerle uyumlu öngörülleri ile başarılı olmuştur. <sup>80</sup>	Yüksek enerji fiziğini, özel göreliliği içermeyen temel Bohm yorumu ile açıklayamaz. Bu bağlamda Kopenhag yorumuna karşı deneysel bir üstünlüğü ve Kopenhag yorumunun yapamayacağı ancak kendisinin yapabildiği sınanabilir bir öngöründe bulunamaz. <sup>81</sup>
L	KARA KUTU YORUMU Saydam kutu olma niyeti taşımaz. <sup>82</sup>	ŞEFFAF KUTU YORUMU Saklı değişkenleri bilmediğimiz için Bohm yorumu da kara kutu yorumu sayılabilir ancak niyeti saydam olmaktadır.
M	Klasik fizik denklemlerine daha sınırlı koşullarda ve iyi tanımlanmamış kavramlarla ulaşılır. <sup>83</sup>	Klasik fizik denklemlerine daha tutarlı makul bir yolla ulaşılır. <sup>84</sup>
N	Lokal olmama iddiası içeren bir yorum olmasa da, EPR eleştirisi gibi yaklaşımlarda iki parçacığın uzaklaştırılması, süperpozisyon durumu bozulmadan yeterince hassas ve diğer etkenlerden izole şekilde başarılabilirse, sistemin hala aynı sistem olduğunu kabul ederek, yerel olmayan bu etkiyi olumlar.	Kuantum Potansiyeli kavramının varlığı, gizli değişkenlerle etkileşimi ve etki mekanizması bu yorumun temel varsayımlarından birinin kaçınılmaz olarak yerel olmama özelliği olduğunu gösterir. <sup>85</sup>

<sup>78</sup> Stenger, *Bilinçsiz Kuantum*, 71-72.

<sup>79</sup> Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II.", 188-189.

<sup>80</sup> Hobson, *Kuantum Öyküleri*, 219.

<sup>81</sup> Hobson, *Kuantum Öyküleri*, 219.

<sup>82</sup> Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar*, 2:238.

<sup>83</sup> Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar*, 2:227-28.

<sup>84</sup> Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar*, 227-228

<sup>85</sup> Bohm, "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II.", 186-187.

O	Matematiksel Formalizm köken olarak Schrödinger denklemini temel alıyor. <sup>86</sup>	Matematiksel Formalizm köken olarak Schrödinger denklemini temel alıyor. <sup>87</sup>
Ö	Dalga fonksiyonunun formalizmi $ \Psi(x, t) ^2$ , parçacığın belirli bir konumda bulunma olasılık yoğunluğunu verir. <sup>88</sup>	Dalga fonksiyonunun formalizmi polar formda R genlik ve S faz fonksiyonu olarak tanımlanarak yazılır. <sup>89</sup> $\psi(r,t)=R(r,t)e^{iS(r,t)/\hbar}$

## Sonuç

Önceki bölümde verdiğimiz serimleme sonucunda şunu açıkça söyleyebiliriz ki Bohm kuantum fiziği içinde sadece alternatif bir yorum sunmamıştır. Bunun yanı sıra özellikle **(E,I,J)** maddelerinden dolayı epistemolojik bir kopuş sergilemiştir. Ancak Bachelarcı anlamda epistemolojik kopuşlarla bilimsel ilerleme sağlanıyorsa ve bu örnekte görüldüğü gibi bir kuramın kendi içindeki yorumlarda yaşanan epistemolojik kopuş deney sonuçlarını aynı şekilde öngörüyorsa ilerleme nerededir? Her epistemolojik kopuş bilimsel ilerleme olarak yorumlanmamalı mıdır? İkinci olarak aynı olgular üzerine çalışan bilim insanları bazı epistemolojik engelleri aşamayabilir. Bu da bazı geri dönüşlere sebep olur. Bohm bir şekilde klasik fiziğin epistemolojisi ve ontolojisinden kurtulmak istemez. Einstein da bu bağlamda değerlendirilebilir. Ancak Bohm bunu yaparken klasik fizikten yerel olmama noktasında epistemolojik olarak kopar. Üçüncü olarak Bohm olayı bize bilginlerin kuram ya da kurama dair yorumları seçerken hangi hususları dikkate aldıkları sorusunun hâlâ tartışmaya açık olduğunu gösterir. Bachelardcı epistemolojik engelleri aşmak nasıl mümkün olur? Deneyler bunun için yeterli midir? Yoksa eski paradigmaya bağlı bilginlerin tarih sahnesinden çıkması mı gerekir? Bu soruya cevap vermek hâlâ zor olsa da deneylerin kılavuzluğuna güvenmek ve deneyleri bir hakem olarak tayin etmek en mantıklı yol gözüküyor. Tabii burada da şu soru ortaya çıkıyor. Hem Bohm hem de Kopenhag yorumları düşük enerjili

<sup>86</sup> Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar*, 2:222.

<sup>87</sup> Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar*, 2:238.

<sup>88</sup> Stenger, *Bilinçsiz Kuantum*, 67.

<sup>89</sup> Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar*, 2:239.

durumlarda benzer deneysel sonuçları veriyor. O zaman ne yapacağız? Bu hususta daha kesin deneylerin sonucunu beklemekten başka bir yol görünmüyor.

Dalga parçacık dualitesi ile ilgili deneysel araştırmalar hâlâ sürmektedir. Kopenhag yorumu deneylerde sürekli başarılı bir performans sergiler ancak bu başarı yorum tartışmasının bittiği anlamına gelmez. Yakın zamanda Bohm yorumunu sınavan yeni deneyler yapıldı. Bu deneylerin sonuçlarının Bohm yorumunun öngörülerıyla uyumsuz olduğu belirtildi.<sup>90</sup> Buradaki en önemli kısım ise sınavıcı deneylerin sonuçlarının da yoruma açık olmasıdır. Aynı makale ile ilgili Sheldon Goldstein ve Aephraim Steinberg gibi fizikçiler sonuçları deneyi yapanlardan farklı yorumluyorlar.<sup>91</sup> Kopenhag yorumunun, Bohm yorumundan en önemli deneysel üstünlüğü yüksek enerjili ve görelilikteki (B) üstünlüğüdür. Ayrıca Kopenhag yorumu ile temellendirilmiş Standart Model olarak bilinen parçacık fiziği, öngörülerini deneysel olarak doğrulamış ve yeni atom altı parçacıkların bulunmasını sağlamıştır. Yine de gelecekte başarılı bir şekilde özel görelilik ile birleştirilmiş bir Bohm yorumunun (K) aynı öngörülerini sunamayacağını kestiremeyiz. Elimizde özel görelilikle tam olarak birleştirilmiş bir Bohm yorumu olmadığı için kendi sınırlarının dışındaki bir enerji bölgesinde Kopenhag yorumu ile kıyaslanması bir çeşit epistemolojik adaletsizlik örneği teşkil etmektedir. Bazı felsefecilere göre ise Bohm yorumunun, Kopenhag yorumuna göre daha fazla metafizik yük içerdiği ve buna bağlı olarak Ockham'ın usturası açısından Kopenhag yorumunun daha ekonomik olduğu vurgulanmaktadır.<sup>92</sup> Günümüzde Kopenhag yorumu ile Bohm yorumu arasındaki epistemolojik kopuş hâlâ güncel bir araştırma olmayı sürdürmektedir. Üstelik Bohm örneğinde görüldüğü gibi bu türden bir epistemolojik kopuş aynı kuramın kendi içinde yaşandığı için Bachelard'ın bilim felsefesine istisnai bir örnek teşkil eder.

Kuantum fiziğine önemli katkılar yapmış de Broglie, David Bohm'un *Causality and Chance in Modern Physics* kitabına yazdığı önsözde Kopenhag yorumunun bilim topluluğu tarafından baskın şekilde seçilmesini şu sözlerle eleştirmektedir: "Bununla birlikte, çoğu zaman pozitivist doktrinden türetilen önyargılı fikirlerin etkisi altında kalan çoğunluk, daha da ileri gidebileceklerini

<sup>90</sup> Violetta Sharoglazova vd., "Energy-Speed Relationship of Quantum Particles Challenges Bohmian Mechanics", *Nature* 643, no 8070 (2025): 67-72, doi:10.1038/s41586-025-09099-4.

<sup>91</sup> <https://physicsworld.com/a/new-experiment-challenges-bohmian-quantum-mechanics/>

<sup>92</sup> Kuantum Öyküleri, 220.

düşünmüş ve şu anki aşamada deneyin bize mikro fizikte gerçekte ne olduğu hakkında verdiği bilginin belirsiz ve eksik karakterinin, fiziksel durumların ve bunların evriminin gerçek bir belirsizliğinin sonucu olduğunu iddia etmişlerdir. Böyle bir tahmin hiçbir şekilde haklı görünmemektedir.” demektedir. Yine aynı önsözde de Broglie bilim tarihinden dersler çıkarmamızla ilgili olarak şunları söylemektedir.<sup>93</sup> “Kuantum fiziğinin mevcut bakış açısının ötesine geçmeye yönelik tüm girişimleri durdurmaya çalışmak bilimin ilerlemesi için çok tehlikeli olabilir ve ayrıca bilim tarihinden çıkarabileceğimiz derslere de aykırı olacaktır. Bu bize aslında bilgimizin gerçek durumunun her zaman geçici olduğunu ve gerçekte bilinenlerin ötesinde keşfedilecek muazzam yeni bölgeler olması gerektiğini öğretir.” Burada, de Broglie’ nin vurguladığı bilim tarihinden çıkarılabilecek derslerden çağımız fizikçileri habersizmiş gibi davranmaktadır. Bir kuramın iyi çalışması veya ondan ürün alınması onun gerçeğin tam bir tasviri olduğu anlamına gelmez. Bilim tarihinde, bilmeden kullanmaya başlayıp esas doğasının ne olduğunu sonradan öğrendiğimiz çok sayıda örnek olay vardır. İşte bu olaylar de Broglie’ nin bahsettiği bilim tarihinden ders almamızın gerektiği örneklerdir. Örneğin, Batlamyus Astronomisi yanlış olmasına rağmen yüzlerce yıl denizcilikte rota belirlemede işe yaramış ve pratik sebeplerle Kopernik’in Güneş Merkezli modeli kanıtlandıktan sonra bile kullanımına uzun süre devam edilmiştir. Bachelardcı anlamda bilimde epistemolojik bir engel oluşturan Kopenhag yorumundan epistemolojik olarak bir kopuş sergileyerek, de Broglie’nin söylediği gibi,<sup>94</sup> “...gerçekte bilinenlerin ötesinde keşfedilecek muazzam yeni bölgeler...” ; yeni araştırma alanları (gizli değişkenler) vaat eden Bohm yorumu, bilim topluluğu tarafından daha fazla ciddiye alınmalıdır.

---

<sup>93</sup> Louis de Broglie, introduction to *Causality and Chance in Modern Physics*, London: Routledge, 1984.

<sup>94</sup> Louis de Broglie, introduction to *Causality and Chance in Modern Physics*, London: Routledge, 1984.

## KAYNAKÇA

- Alexei, Kojevnikov. "David Bohm Quantum Physicist, Philosopher & Scientist Britannica", 02 Ağustos 2025.  
<https://www.britannica.com/biography/David-Bohm>.
- Bachelard, Gaston. *Bilimsel Zihnin Oluşumu*. Çeviren Ahmet Öz ve Emine Sarıkartal. İstanbul: İthaki, 2013.
- Bachelard, Gaston. "Çağdaş Fizik Düşüncesi". Çeviren Ali Kemal Çetinkaya. İstanbul: KETEBE, 2024.
- Bachelard, Gaston. *Yeni Bilimsel Tin*. Çeviren Alp Tümertekin. İstanbul: İthaki, 2008.
- Bachelard, Gaston. *Yok Felsefesi*. Çeviren Alp Tümertekin. İstanbul: YKY, 2006.
- Balibar, Etienne. *Althusser İçin Yazılar*. Çeviren Hülya Tufan. İstanbul: İletişim, 1991.
- Ball, Philip. *Tuhafi Aşma Zamanı Kuantum Fiziğine Farklı Bir Bakış*. Çeviren Nedim Çatlı. İstanbul: Kolektif Kitap, 2019.
- Başaran, Vural ve Yasin Karaman, "Boutroux, Bohm ve Monod: Nedensellik Tartışmasına Dair Farklı Yaklaşımlar" içinde *Bilim-Teknoloji-Toplum Bir Disiplin Olarak Kimlik İnşası*, ed. Arsev Umur Aydınoglu et al., 212-233. Konya: NEÜ Yayınları, 2023.
- Bohm, David. "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables. I, II." *Physical Review* 85, no 2 (1952): 166-79. doi:10.1103/PhysRev.85.166.
- Bohm, David. *Wholeness and the Implicate Order*. London: Routledge, 2002.
- Broglie, Louis de. introduction to *Causality and Chance in Modern Physics*. London: Routledge, 1984.
- Clegg, Brian. *Kuantum Çağı Yeni Fizik Bize Nasıl Bir Gelecek Vaat Ediyor?* Çeviren Samet Öksüz. İstanbul: Say, 2018.
- Cushing, James T. *Fizikte Felsefi Kavramlar*. Çeviren Özgür Sarıoğlu. C. 2. 2 c. İstanbul: Sabancı, 2006.
- Dickson, Michael. "Is Measurement a Black Box? On the Importance of Understanding Measurement Even in Quantum Information and

Computation". *Philosophy of Science* 74, no 5 (2007): 1019-32.  
doi:10.1086/525641.

Fabiani, Jean-Louis. *Fransız Filozofu Kimdir? Kavramların Toplumsal Yaşamı (1880-1980)*. Çeviren Alev Er. İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, 2013.

Forstner, Christian. Diyalektik Materyalizm ve Yeni Bir Kuantum Teorisinin İnşası: David Joseph Bohm (1917-1992). Çeviren. Vural Başaran, [https://gazetebilim.com.tr/diyalektik-materyalizm-ve-yeni-bir-kuantum-teorisinin-insasi-david-joseph-bohm-1917-1992/#\\_ftn1](https://gazetebilim.com.tr/diyalektik-materyalizm-ve-yeni-bir-kuantum-teorisinin-insasi-david-joseph-bohm-1917-1992/#_ftn1)

Gibney, Elizabeth. "Physicists Disagree Wildly on What Quantum Mechanics Says about Reality, Nature Survey Shows". *Nature* 643, no 8074 (2025): 1175-79. doi:10.1038/d41586-025-02342-y.

Gribbin, John. *Kuantum Ansiklopedik Sözlük*. Çeviren Ömür Akyüz. İstanbul: Alfa, 2021.

Halpern, Paul. *Einstein'in Zarı ve Schrödinger'in Kedisi*. Çeviren Atay Serhat. İstanbul: Kırmızı Kedi, 2017.

Hobson, Art. *Kuantum Öyküleri*. Çeviren Mihriban Doğan. Say, 2023.

Holland, Peter R. *The Quantum Theory of Motion: An Account of the de Broglie-Bohm Causal Interpretation of Quantum Mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. doi:10.1017/CBO9780511622687.

Kragh, Helge. *Kuantum Kuşakları 20. Yüzyıl Fiziği Tarihi*. Çeviren Murat Havzalı. İstanbul: Alfa, 2023.

Latour, Bruno. *Pandora's Hope Essays on the Reality of Science Studies*. Harvard University Press, 1999.

Mermin, N. David. "Is the Moon there when nobody looks? Reality and the quantum theory". *Physics Today* 78, no 1 (2025): 28-39. doi:10.1063/pt.hsjm.vbey.

"Nobel Prize", t.y. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2022/summary/>.

Potts, John. *Fikirlerin Uzun Vadeli Tarihi Zamanda Düşünceler*. Çeviren Emrah Denizhan. Ankara: Fol Yayınları, 2024.

KUANTUM FİZİĞİNİN BOHM YORUMUNUN BACHELARDCI BİLİM FELSEFESİ BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF BOHM'S INTERPRETATION OF QUANTUM PHYSICS IN THE CONTEXT OF BACHELARDIAN PHILOSOPHY OF SCIENCE

Mesut Cihan SEREN - Vural BAŞARAN

Sharoglazova, Violetta, Marius Puplauskis, Charlie Mattschas, Chris Toebes, ve Jan Klaers. "Energy-Speed Relationship of Quantum Particles Challenges Bohmian Mechanics". *Nature* 643, no 8070 (2025): 67-72. doi:10.1038/s41586-025-09099-4.

Stenger, Victor J. *Bilinçsiz Kuantum*. Çeviren Murat Havzalı. İstanbul: Ginko Kitap, 2023.