

Makale Geliş | Received: 05.07.2020
Makale Kabul | Accepted: 30.07.2020
Yayın Tarihi | Publication Date: 15.09.2020
DOI: 10.20981/kaygi.789943

Semra UÇAR

Dr. Öğr. Üyesi | Assist. Prof. Dr.
Sinop Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Sosyoloji Bölümü, Sinop, TR
Sinop University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Sociology, Sinop, TR
ORCID: 0000-0002-9813-7640
semraucar@sinop.edu.tr

Popper ve Heisenberg Belirsizlik İlkesi

Öz

Karl Raimund Popper, yirminci yüzyılın en önemli bilim felsefecilerinden biridir. Felsefede 'eleştirel akılcılık' dediği yaklaşımı, hem sosyal bilimlerde hem de doğa bilimlerinde oldukça etkili olmuştur. Popper'ın bu yaklaşımı, fizik felsefesinde de karşılık bulmuştur. O, fizik felsefesinde özellikle kuantum mekaniğinin temellerini sorgulayarak, modern kuantum fiziğinin yaratıcılarının başarılarını, bilim dehalarının şimdiye kadar gösterdiği başarıların en büyüğü olarak değerlendirmiştir. Yaklaşık 60 yıl boyunca kuantum fiziği konusundaki tartışmaların ön saflarında yer alarak, bir dizi seçkin fizikçi ile sert tartışmalara girmiştir. Felsefe ve fiziğin hızla birbirinden uzaklaştığı bir dönemde, onun felsefi ve yöntem bilimsel sorgulamaları fizik camiasında da dikkat çekmiştir. Böylelikle Popper, kuantum mekaniğinin anti- realist ve enstrümantalist Kopenhag yorumunun önde gelen muhaliflerinden biri olarak adından söz ettirmiştir. Kopenhag yorumunu çürütmek ve bilimsel gerçekliği doğrulamak amacıyla Popper, Heisenberg belirsizlik bağıntılarının yeniden yorumlanması gerektiğini savunmuştur. Bu çalışma, onun Kopenhag yorumuna karşı geliştirdiği eleştirel yaklaşımını, Heisenberg belirsizlik ilkesi üzerinden ortaya koymayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Karl Popper, Heisenberg Belirsizlik İlkesi, Kuantum Mekaniği Felsefesi, Fizik Felsefesi, Eleştirel Akılcılık.

Popper and Heisenberg Uncertainty Principle

Abstract

Karl Raimund Popper is one of the most important philosophers of science of the twentieth century. His philosophical approach, which calls 'critical rationality', has been very effective in both social and natural sciences. Popper's approach is grounded also in philosophy of physics. Popper questioned the basics of quantum mechanics through the philosophy of physics. He considered the theories of modern quantum physics to be the greatest scientific achievements. For nearly 60 years, he has been at the forefront of discussions on quantum physics, and has been involved in fierce discussions with a number of outstanding physicists. At a time when philosophy and physics are rapidly diverging, his philosophical and methodological questioning also attracted attention in the physics' community. Popper has made a name for himself as one of the leading opponents of the anti-realist and instrumentalist Copenhagen interpretation of quantum mechanics. In order to refute the Copenhagen interpretation and verify scientific realism, Popper argued that Heisenberg uncertainty relations should be reinterpreted. In this study, I will present his critical approach to the Copenhagen interpretation based upon his interpretation of the Heisenberg uncertainty principle.

Keywords: Karl Popper, Heisenberg Uncertainty Principle, Philosophy of Quantum Mechanics, Philosophy of Physics, Critical Rationalism.

Giriş

Karl Popper 28 Temmuz 1902’de Viyana’da dünyaya gelmiştir. Popper Viyana’da matematik, fizik ve felsefe eğitimi almıştır. Viyana çevresinin önde gelen üyelerinin dersleri ve yazılarının etkisiyle epistemolojik sorunlar üzerine çalışmış ve düşüncelerinin bir kısmını 1934’te, “*Logik der Forschung*” (Bilimsel Araştırmanın Mantığı)¹ kitabında yayımlanmıştır. Kendi bilim felsefesini içeren bu birinci yapıt, Popper’a Viyana’da küçük bilimsel topluluklar içinde belirli bir ün sağlamış (Baudoin 2003: 7) ve mantıkçı pozitivism’e karşı o zamandan beri genellikle benimsenen kanıtların başlıcaları bu yapıtta yer almıştır (Magee 1990: 11). Yapıtın 1959’da yeniden gözden geçirilmiş ve genişletilmiş hali İngilizce’ye çevrilerek yayımlanmıştır. Bu haliyle, “Bilimsel Araştırmanın Mantığı”, bilim felsefesinde en etkili çalışmalardan biri olarak yerini almıştır. Başlangıçta mantıksal pozitivism’i desteklediği düşünülse de kısa süre sonra kitabın bu felsefi okulun dağılmasından sorumlu olduğu anlaşılmıştır (Jammer 1991: 1358). Popper, kuantum mekaniğinin felsefi temellerini bu kitabının ilk basımında sorgulamış, 1959’daki basımında ise özellikle ‘*Postscript*’ kısmında bu sorgulamalarını daha da genişletip, öne sürdüğü ilk düşüncelerinin bazılarında vazgeçmiş ve hatalı oldukları gösterilen kısımların hatalarını üstlenmiştir. Popper’ın Kopenhag yorumuna ilişkin sorgulamalarının, özellikle Heisenberg belirsizlik ilkesinin yeniden yorumlanmasıyla ilgili görüşlerinin en kapsamlı hali bu eserinde olduğu için, eser çalışmamın temel dayanağı olacaktır.

Yanlışlanabilirci fikirlerini fiziksel teorilere ve özellikle de kuantum mekaniğinin olasılıkçı yorumuna uygulayan Popper, olasılıklar hakkındaki ifadelerin test edilip edilemeyeceğini incelemiştir. Bu amaçla o, realist bir olasılıkçı yaklaşım ile Heisenberg belirsizlik ilkesini yeniden yorumlamaya çalışmıştır. O dönemde Heisenberg belirsizlik ilkesinin, kuantum teorisinin tümdengelimsel bir inşası için çıkış noktası olarak kabul edildiğini ve bilginin bir sınırlaması olarak yorumlandığını hatırlamakta fayda vardır: Bir parçacığın konumunu ne kadar kesin olarak ölçersek, momentumu hakkında o kadar

¹ Bkz., Karl R. Popper, *Bilimsel Araştırmanın Mantığı*, Çev. İlnur Aka, İbrahim Turan, İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 2019.

az şey bilebiliriz ve bunun tersi de geçerlidir (Jammer1991: 1359). Popper, Heisenberg'e de atfettiği bu yaklaşımın savunulamaz olduğunu iddia etmiştir. Çalışmanın birinci kısmında, Popper'ın kuantum mekaniğinin istatistiksel yorumu olarak Heisenberg formüllerini ele almasına ulaşmak için öncelikle belirsizlik bağıntılarının Popper'a göre ne anlama geldiği araştırılmıştır. İkinci bölümde ise Popper'ın, kanıtlanmış bir matematik teorisi olarak değerlendireceği belirsizlik bağıntılarının geçerliğinin, ancak formel anlamda olabileceği iddiasına yer verilmiştir. Bu iddiayı araştırmak için ilkenin, ölçümde kesinlik için epistemolojik bir sınır oluşturduğunu, öznel bir yorum olarak ele alan Popper'ın metafizik anlayışı incelenmiştir. Böylelikle üçüncü kısımda değerlendirilecek olan Popper'ın mantıksal yapıdaki eleştirilerini temellendirmek için gerekli olan verilere ulaşılmış olacaktır. Bu kısımda Popper'ın eleştirel akılcılığı ve yanlılanabilirlik ile ilgili yöntem bilimsel görüşleri, Heisenberg belirsizlik ilkesi üzerinden değerlendirilmiştir. Daha sonra Popper'ın eleştirilerinin bir kısmının geçersiz olduğuna yönelik Einstein'ın eleştirileri ele alınarak sonuç kısmına varılmıştır. Değerlendirme ve sonuçta ise Popper'ın Heisenberg belirsizlik ilkesine yapmış olduğu eleştirilerde haklı ve haksız olduğu kısımlar ile Popper'ın fizik felsefesinde özellikle kuantum mekaniğinin temellerine yönelik ortaya koyduğu felsefi problemler tartışılmıştır.

1. Popper'ın Heisenberg Belirsizlik İlkesi Yorumu ve Eleştirileri

1. 1. Belirsizlik Bağıntıları

Popper, Heisenberg belirsizlik ilkesini ve genel olarak da Kuantum mekaniğini oldukça sert ve şiddetli bir şekilde eleştirmiştir. Onun bu eleştirileri, Kuantum mekaniğinin kabul gören doktrinine karşı realist bir tavır sergilemesi bakımından önemlidir. Popper'ın Heisenberg belirsizlik ilkesi eleştirilerini tartışmadan önce, ilkenin Popper'ın bakış açısından bağıntı olarak nasıl işlediğini görmekte fayda vardır.

Popper'a göre Heisenberg belirsizlik bağıntılarını oluşturan temel düşünceler şunlardır:

Her fiziksel ölçümün temelinde, ölçülecek olan cisim ve ölçüm cihazı (ya da gözlemci) arasındaki enerji alışverişi yatmaktadır. Örneğin cisim, ışıkla aydınlatılmış ve ondan saçılan ışık demetinin bir bölümü ölçüm cihazı tarafından soğurulmuş olabilir. Enerji alışverişi cismin durumunu değiştirecektir; öyle ki cisim ölçümden sonra, ölçüm öncesinden farklı bir durumdadır. Bu nedenle ölçüm, ölçme olgusuyla o an bozulmuş bir durumu karşımıza çıkarır. Bu tür etkileşimlerdeki değişimleri makroskopik cisimlerde göz ardı edebiliriz; ama örneğin, ışık saçılmasıyla önemli ölçüde etkilenen atomik cisimlerde dikkate almak zorundayız. Bu nedenle atomik bir cismin ölçümden sonraki durumunu, bu ölçme sonucunda çıkartamayız; yani ölçme işlemini, *kestirimlere temel olacak biçimde kullanamayız*. Belki yapılan her yeni ölçümle, bir önceki ölçümün sonucuna dayanarak cismin durumu hakkında bilgi sahibi olabiliriz ama sistem bütünüyle etkilenmiş olacak ve kestirimlere izin vermeyecektir. Gerçi ölçme işlemi, bazı büyüklükler (örneğin parçacığın momentumu) ölçümden etkilenmeyecek şekilde gerçekleştirilebilir; ama buna bağlı olarak başka büyüklükler (bu durumda, parçacığın konumu ya da yeri) fazlasıyla etkilenecektir. Birbirlerine bu biçimde bağlı olan iki büyüklük için şu önerme geçerlidir: Bu büyüklükler (her ne kadar ayrı ayrı kesin doğrulukla ölçülebilse de) aynı anda kesin bir doğrulukla ölçülemez: Onlardan herhangi biri, örneğin p_x momentum bileşeni, ne kadar doğru ölçülürse; yani Δp_x hata aralığı ne kadar küçük olursa, x yer koordinatı ölçümü de o denli belirsiz, Δx hata aralığı o denli büyük olmalıdır (Popper 2019: 251-252).

Dolayısıyla konum ve momentum arasında bir belirsizlik ilişkisi olup, şu şekilde ifade edilir:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{4\pi}^2$$

Bir başka ifadeyle serbest bir elektronun gözlemlenebilmesi için, elektron üzerine bir ışık tanesi (foton) düşürüldükten sonra fotonun mikroskoba dönmesi gerekir. Ancak bu işlem elektronun konumunu bozacaktır. Elektronun konumunu en doğru şekilde ölçmek için kısa dalga boylu foton kullanılması gerekir. Bu durum ise elektronun enerjisini yükseltir ve darbe hızını daha çok bozar. Sonuç olarak parçacığın konumunu daha doğru ölçmek için yapılan ayarlamalar hızı; hızı daha doğru ölçmek için yapılan ayarlamalar ise konumu bozmaktadır (Heisenberg 1949: 20). Her iki değışkene ait erişilebilir en büyük kesinlik h (Planck sabiti) büyüklüğünde bir değerdir (Heisenberg 1987: 30).

² Bağıntının ayrıntıları için bkz., Werner Heisenberg, *The Physical Principles of Quantum Theory*, Translated by Carl Eckart and F. C. Hoyt, New York: Dover Publications, Inc., 1949, s. 14.

Popper’a göre Heisenberg, belirsizlik bağıntılarını türetirken, atom fiziksel olguların “hem kuantum kuramsal tanecik imgesiyle” hem de “kuantum kuramsal dalga imgesiyle” betimlenebilir olduğu düşüncesinden yola çıkmıştır (Popper 2019: 254). Ancak kuramın geliştirilmesinde Heisenberg, klasik tanecik kuramından yola çıkarak bunu kuantum kuramsal açıdan yorumlarken, Schrödinger ise klasik de Broglie dalga kuramından hareket etmiştir. Schrödinger, her bir elektronu bir “dalga paketi” ile ilişkilendirmiştir. Bu dalgalar küçük bir bölgede girişim yaparak güçlenirken, bölgenin dışında ise birbirlerini söndürmektedir. Bu biçimde Schrödinger Popper’a göre, kendi dalga mekaniğinin³, Heisenberg’in kuantum kuramıyla eş değer olduğunu gösterebilmiştir (Popper 2019: 254-255).

Popper, Heisenberg belirsizlik bağıntılarının kendisinden değil, yorumlanma şekillerinden rahatsızlık duymuştur. Bu yorumlardan biri, belirsizlik bağıntıları ile kuantum mekaniğinin istatistiksel yorumları arasında kurulan ilişkiye dayanmaktadır. Popper, türetilbilirlik ilişkileri hesaba katıldığında tam tersi bir ilişkinin mantıksal açıdan kurulabilir olduğunu ifade eder (Popper 2019: 255). Popper bunun nedenini belirsizlik bağıntılarının, Schrödinger dalga denkleminden türetilbilirken, Schrödinger denkleminin belirsizlik bağıntılarından türetilmeyeceği olarak öne sürüp, yeni bir yorumun bu nedenle gerekli olduğunu belirtmiştir (Popper 2019: 256).

Popper, belirsizlik bağıntılarıyla matematiksel olarak ifade edilen, erişilebilir en büyük kesinliğin Planck sabiti olmasını, bir tür ‘yasak’ olarak yorumlamıştır. Aynı anda bir elektrona ait hem konum hem momentumun kesin olarak bilinmiyor olmasının yasak-dışı görülmesine yönelik bir tanıtlamanın hiçbir zaman yapılamayacağına itiraz etmemiştir (Popper 2019: 256-257). Popper şöyle demiştir:

Belirsizlik bağıntılarının en azından kuantum mekaniksel ya da dalga mekaniksel varsayımlardan türetilbilir ve yine onlarla empirik açıdan çürütülebilir olması gerektiği son derece aşikârdır. Konuyu böyle basite indirgemek, doğal olarak bize hiçbir şey kazandırmayacaktır (Popper 2019: 256-257).

³ Schrödinger dalga denklemi, elektronun belirli bir yerde bulunma olasılığını veren bir denklem biçiminde yorumlanabilir. Bu olasılık, dalga genişliğinin karesiyle belirlenmiştir; olasılık, dalga paketi içerisinde büyüktür çünkü orada dalgalar birbirlerini güçlendirmektedirler, dışında ise sıfırdır.

Popper’ın bu ifadeleri özellikle önemlidir çünkü Popper Heisenberg’in düşündüğü anlamda kesinlik sınırlaması olarak yorumlanması gerektiği sonucu çıkarılamayacağını iddia etmiştir. Çalışmanın üçüncü kısmında Popper’ın bu ifadelerinin karşısında bir tutum sergilediğini göstereceğim. Popper ele aldığım bu kısımda Kuantum mekaniğinde Schrödinger’in dalga yorumunu öne çıkarıp, Heisenberg’i net olarak eleştirmiştir. Ancak kendisi yeniden yorumlama şeklinde çözüm de önermiştir. Aşağıdaki başlıkta Popper’ın bu çözümüne yönelik ortaya attığı düşünce deneyini ele alalım.

1. 2. Popper’ın Düşünce Deneyi Önerisi ve Heisenberg’in Söylemleri

Popper’ın belirsizlik bağıntılarında gördüğü sorun, bağıntıların ölçümü yapılan parçacığın konum ve momentum bilgilerinin, ölçüm sonrası ile ilgili olmasıdır. Popper’a göre ölçüm anına kadar, bir elektronun yerini ve momentumunu sınırlandırılmamış bir kesinlikle ilkesel olarak saptayabiliriz (Popper 2019: 252). Bunun üzerine Popper, elektron üzerinde ardışık birçok ölçüm yapılabileceği yönünde bir öneri sunar:

- (a) iki konum ölçümü,
- (b) momentum ölçümü öncesindeki konum ölçümü ve
- (c) momentum ölçümünü izleyen konum ölçümü sonuçlarını birleştirerek, iki ölçüm arasındaki zaman aralığı için (en azından bu iki zaman için) yer ve momentum koordinatlarını kesin olarak hesaplayabiliriz (Popper 2019: 252).

Popper atom altı dünyadaki bu etkileşimleri, temel bir gerçekliğe indirgeyerek, Heisenberg’i tam bir kesinlikte konum ve momentum ölçümlerinin ‘fiziksel gerçekliklerini’ çaresizlikten sonuçlandıramamakla suçlamıştır (Popper 2019: 263). Oysa ona göre bahsi geçen a, b ve c deneylerini, istatistiksel olarak yorumlayabiliriz. Popper’ın konuya ilişkin düşünce deneyi şu şekildedir:

Bir ışın demetini perdeleriz (yer ölçümü) sonra da belirli bir yöne hareket etmiş olan parçacıkların momentumlarını ölçeriz (yapılan bu momentum seçimiyle doğal olarak yer koordinatında yeniden dağılmaya neden olunacaktır). Bu iki deneyle, ikinci seçimle kaydedilen parçacıkların iki ölçüm arasındaki yörüngesi kesin olarak belirlenir; aynı zamanda iki ölçüm

arasındaki yerler ve momentumlar tam olarak hesaplanabilir (Popper 2019: 263).

Heisenberg de o dönemde oldukça popüler olan düşünce deneylerinden faydalanmıştır. Popper bu tip düşünce deneylerinin gündeminde olan, istatistiksel dağılım nedeniyle, ölçme işleminden sonra parçacığın yörüngesinin artık kestirilemeyeceği yönündeki bildirimine itiraz eder (Popper 2019: 262). Heisenberg için gereksiz ancak Popper için gerekli olan bu ölçüm ve hesaplamalar, sıklık kestirimlerinin sınanması için yöntem bilimsel bir gerekliliktir.

Heisenberg’e göre, kuantum kuramının kavram ve yasalarına, sınırlı bir anlamda kesin diyebiliriz (Heisenberg 1987: 18). Popper’ın düşünce deneyinde öne sürdüğü empirik bir sınama, bu nedenle Heisenberg’e göre olanaksızdır. Aslında Popper, kendi düşünce deneyine yönelik Heisenberg’in bu görüşüne katılır:

Hesaplama yalnızca, *aralarında* başka bir büyüklüğün ölçülemediği, birbirini doğrudan izleyen iki deney arasındaki *yörünge* için geçerlidir. Öngörülen başka bir büyüklüğün sınanması amacıyla hazırlanan bu deney, elektronun yörüngesini etkileyecek ve bu nedenle bulgularımız geçersiz olacaktır (Popper 2019: 252).

Popper’ın bu yorumunda “*aralarında*” ifadesi ölçümde net bir zaman aralığına, “*yörünge*” ifadesi ise konum ve momentum bilgilerinin ikisinin birden aynı anda tam doğru ölçümlerine karşılık gelmektedir. Heisenberg, tam doğru ölçümlere ilişkin şunları yazmaktadır: “... Elektronun geçmişine ilişkin böyle bir hesaplama herhangi bir fiziksel gerçeklik atfedilip edilemeyeceği kişisel bir inanç meselesidir (Heisenberg 1949: 20). Popper, Heisenberg’in bu ifadesini sınanamayan yörünge hesaplamalarının fiziksel açıdan anlamsız olduğunu vurgulamak olarak yorumlamıştır (Popper 2019: 252-253).

Popper, bilimsel bir ilkeye yöneltilen “sınanamama” ve “anlamsız” ifadelerini doğru bulmaz. Onun gerçekleştirmeye çalıştığı şey, belirsizlik bağıntılarından bu ifadeleri uzaklaştırmaktır. Böylelikle belirsizlik bağıntıları yeniden yorumlanabilecektir.

Heisenberg’in temel olarak işaret ettiği nokta, deneysel düzlemde parçacıkların yörüngesine ilişkin, bir zaman aralığı söz konusu olduğunda son kestirimin belirsiz

olduğudur (Heisenberg 1973: 270). Popper elbette Heisenberg’in bu yaklaşımını yadsımaz. Ancak onun iddiası, belirsizlik bağıntılarına sadece terminolojide değil, içerik olarak da katkıda bulunma yönündedir (Popper 2019: 263). Popper bahsi geçen bu iddiasını, Kuantum mekaniğinin istatistiksel yorumuna dayandırarak, Heisenberg formüllerinin kuantum mekaniğinin biçimci önermelerinden türetildiğini ve böylelikle olasılık önermeleri olarak değerlendirilmesi yönünde temellendirmeye çalışır. Aşağıdaki başlıkta Popper’in bu yorumunu inceleyeceğim.

1. 3. Kuantum Mekaniğinin İstatistiksel Yorumu Olarak Heisenberg Formülleri (Öznellik-Nesnellik Sorunu)

Popper’in aktardığına göre atom fiziğinin deneysel yöntemleri, deneyimle yönlendirilmiş olup, yalnızca istatistiksel sorunlara yönelmiştir (Popper 2019: 255). Gözlemlenen kuralların sistematik kuramını getiren kuantum mekaniği, bugünkü deneysel fiziğe tamamıyla karşılık gelmektedir; bunun için de istatistiksel soru ve cevaplarla uğraşmaktadır (Popper 2019: 255). Dolayısıyla Heisenberg belirsizlik bağıntıları da bu içerikte olmalıdır. Bu amaca ulaşmak için Popper, erişilebilir ölçme kesinliğinin sınırlanması olarak yorumlanan belirsizlik bağıntıları ve ‘Heisenberg formülleri’ yorumu arasında bir ayrım yapılması gerektiğini ileri sürer (Popper 2019: 257). Ona göre belirsizlik bağıntılarının yorumunda bir parçacığın dalga paketiyle betimlenmesi, biçimci olasılık önermesi olarak tanımlanabilir. Dalga genliği ile ifade edilen şey, bir parçacığın belirli bir yerde bulunma olasılığını belirlemektedir. Popper, bu ilişkiden yola çıkarak, bir parçacığa ilişkin getirilen olasılık önermesinin biçimci olduğunu kabul eder. Böylelikle Kuantum mekaniğinin istatistiksel yorumu kabul edilirse, onun biçimci önermelerinden türetilmiş Heisenberg formülleri de bu durumda olasılık önermeleri olarak değerlendirilmelidir. Önermeleri tek tek parçacıklarla ilişkilendirdiğimizden, onlar aynı zamanda biçimcidir. Bu nedenle onlar da aslında, istatistiksel olarak yorumlanmalıdır (Popper 2019: 257).

Popper, “Bir parçacığın konumunu ne kadar doğru ölçersek, momentumu hakkında o kadar az bilgi edinebiliriz (Popper 2019: 257)”, şeklinde ortaya konan bir

önermenin öznel yorumuna karşılık temelde istatistiksel olan nesnel bir yorumu şu şekilde ifade eder:

Taneciklerin oluşturduğu bir kümeden, öngörülen bir kesinlikle, belli bir zamanda, belirli bir x-yer koordinatı ilişkilendirilebilecek tanecikleri fiziksel koşullarla seçmek istediğimizde, x – yönündeki momentum bileşenleri, Δp_x aralığında rastlantısal olarak dağılacaktır; bu arada Δx –yani yer koordinatındaki dağılma – ne kadar küçük seçilmişse, Δp_x dağılması da o kadar büyük olacaktır. Aynı şekilde: x-yönündeki momentum bileşenleri verilmiş bir Δp_x aralığına düşen tanecikleri fiziksel koşullarla seçmek istediğimizde, yer koordinatları, Δx aralığında rastlantısal olarak dağılacaktır. Bu dağılma Δp_x –yani momentumdaki dağılma- ne kadar küçük seçilmişse, o kadar büyük olur. Son olarak: hem Δp_x hem de Δx özelliği taşıyan tanecikleri seçmek istediğimizde, ancak her iki aralığı yeterince büyük belirlediğimiz zaman –öyle ki $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h/4\pi$ geçerli olsun- fiziksel açıdan seçim yapmak mümkün olacaktır (Popper 2019: 257-258).

Popper, yorumunu bu şekilde dile getirdiği Heisenberg formüllerini, istatistiksel dağılma bağıntıları şeklinde adlandırmıştır (Popper 2019: 258).

Popper’a göre yukarıdaki şekilde düzenlenecek her bir tanıt, tek tek parçacıklara uygulanmış kuantum mekaniğin düşünceleri, yani biçimci olasılık önermelerini kullanması gerektiğinden, adeta sözcük sözcük istatistiksel anlatım biçimine çevrilebilir olmak zorundadır. Bu durumda, olabileceği öngörülen tek tek kesin ölçümler ile kuantum mekaniğinin istatistiksel yorumu arasında bir tutarsızlığın yer almadığını görebiliriz. Bu şekilde amacına ulaşan Popper, ortaya çıkacak tek çelişkinin, tam doğru ölçümlerle biçimci önermeler arasında olduğuna dikkat çeker (Popper 2019: 261). Popper bu saptamasıyla belirsizlik bağıntılarının öznel ya da nesnel yorumlanması ile ilgili belirsizliğin açıklığa kavuşturulmuş olduğunu ileri sürer. Buna göre biçimci her olasılık önermesinin, -belirsiz kestirim ya da bilgilerimizdeki belirsizliğin ifadesi olarak- öznel yorumlanabileceğini, ancak bunun dışında bu tür önermelerin, nesnel yorumlanmak istendiğinde ise zaman zaman başarısız olacağını ileri sürmüştür (Popper 2019: 266).

Fakat Popper, 3. 3. Bölümde ele alacağım gibi Einstein’ın büyük ölçüdeki etkisi ile bu fikirlerinden vazgeçmiştir. Söz konusu duruma ilişkin Popper’ın güncel yaklaşımı şudur:

Nesnel bir yorum için getirdiğim kanıtlamanın ana hatları bu değişiklikten etkilenmemektedir: Bugünkü yaklaşımım artık şudur: Schrödinger kuramı, yalnızca nesnel ve tekil olarak değil, aynı zamanda da olasılık olarak yorumlanabilir ve yorumlanmalıdır (Popper 2019: 266).

Popper, sonuç olarak belirsizlik formülleri ile kuantum teorisinin istatistiksel yorumu arasında öznellik-nesnellik ilişkisi kurmaya çalışmıştır. Ona göre, Heisenberg formülleri, belirli istatistiksel dağılım aralıkları arasındaki ilişkiler olarak yorumlanmalıdır. ‘Bir parçacığın konumu ne kadar kesin olarak ölçülürse, tam tersi momentum hakkında o kadar az bilinir’ şeklinde ifade edilen öznel yorum yerine Popper, istatistiksel nesnel yorumu savunmuştur (Jammer 1974: 176).

Elbette buradaki öznellik ve nesnellik bakımından asıl sorun, dalga-parçacık ikiliğinin yorumlanması ile ilgilidir. Heisenberg’e göre gözlem sürecinden bağımsız bir şekilde parçacık davranışından bahsedemeyiz. Kuantum teorisinde matematiksel olarak formüle edilmiş doğa yasaları artık temel parçacıkların kendileriyle değil, bizim onlar hakkındaki bilgimizle ilgilidir. Bu parçacıkların uzay ve zamanda nesnel olarak var olup olmadıklarını sormak da bundan sonra mümkün değildir çünkü yöntem ile nesne bundan böyle birbirinden ayrı düşünülemezdir (Heisenberg 2000: 29-33). Kuantum fiziği, bir parçacığın sadece ortaya çıktığı ve ortadan kalktığı (doğduğu ve öldüğü, yayınlandığı ve soğrulduğu) anlarda bir parçacık olarak davrandığını, bu ikisi arasındaki dönem boyunca ise dalga olarak davrandığını ortaya koyar (Ford 2017: 249). Popper, öznel ve nesnel olarak yapılabilecek bu yorumları başka bir açıdan da değerlendirmiştir. Bu değerlendirme nesnel yorumun metafiziksel görünümü ile ilgilidir.

2. Metafizik

2. 1. Öznellik-Nesnellik Bakımından Metafizik

Popper, Heisenberg belirsizlik ilkesini oldukça ciddi bir şekilde eleştirmiştir. Hatta Heisenberg’in, programını başarıyla sonuçlandıramadığını bile ileri sürmüştür. Popper, bu iddiasını Heisenberg’in programında yer alan iki yoruma dayandırmıştır. Onun ifadesiyle:

Bunlardan biri, parçacığın tam doğru bir yeri ve tam doğru bir momentumu (böylece de tam doğru bir yörüngesi olduğu) ama onları aynı anda ölçemeyeceğimiz yaklaşımıdır: Bu durumda doğa, hala bazı fiziksel büyüklükleri gözlemlerimizden gizlemektedir –gözlemleyemediğimiz, parçacığın konumu ya da momentumu değil, her iki büyüklüğün birlikte oluşturduğu, ‘konum-momentum’dur (Popper 2019: 253).

Popper’a göre bu yorum, belirsizlik bağıntılarının bilgilerimizin kısıtlanması olarak değerlendirilmesine yol açtığı için öznelidir. Diğer yorum ise şu şekildedir: Kurama göre ya parçacığın yalnızca tam kesin olmayan momentumuyla birlikte tam kesin bir konumu vardır ya da tam kesin olmayan bir konumuyla birlikte tam kesin bir momentumu vardır ve bu parçacığın yörüngesi yoktur. Bu nedenle böyle bir yorum Popper’a göre nesnel bir bakıştır. Kuramı bu biçimde yorumladığımızda, formüller metafizik öğeler taşımaktadır (Popper 2019: 253).

Heisenberg, evrenin öznel ve nesnel yönlerini ayırmanın zorluğu hakkında epistemoloji için çok önemli olan temel tartışmaları gözden geçirmenin faydalı olduğunu dile getirmiştir (Heisenberg 1949: 65). Ancak bu ifadelerine rağmen, Popper’a göre Heisenberg’in programının metafizik öğelerin ortadan kaldırılması konusunda başarılı olup olmadığı ele alınmış değildir (Popper 2019: 253).

Popper, Heisenberg’in kuramının istatistiksel yorumunun, ayrı ayrı kesin ölçümlerin yapılabilmesi olağanıyla çelişmediğini iddia etmiştir. Ona göre böyle bir olanak kuramın sınanmasını mümkün kıldığı için, kuramı metafizikten uzaklaştırır (Popper 2019: 264). Popper’a göre Heisenberg, gözlemlenemez diye düşündüğü büyüklükleri dışarılamaya çalışmıştır. Ancak Popper, bu değerleri içeren formüllerin doğru olduğunu göstermeye çalışmıştır çünkü ona göre bu değerler metafizik öğeler değildir. Heisenberg’in getirdiği kesinlik sınırlaması biçimindeki kesin yargı ortadan kaldırıldığında, bu değerlerin fiziksel öneminden kaygılanılmasına gerek kalmayacaktır (Popper 2019: 264). Popper, Heisenberg’in yörünge kavramını kabul etmeyişi ve ‘gözlemlenemeyen değerler’ hakkında ileri sürdüklerini, felsefi, özellikle de olgucu akımların etkisinin bir göstergesi olarak yorumlamıştır (Popper 2019: 264).

2. 2. Popper’in Epistemolojisinde ‘Metafizik’

Popper’a göre metafiziğin iki yüzü vardır: Bir yandan bilgisel etkinliği sınırlayabileceği gibi, öte yandan onu ivmelendirip zenginleştirebilir (Baudoin 2003: 36). Örneğin yazı tura atışlarına ilişkin getirdiğimiz sıklık kestirimlerinden elde ettiğimiz başarıya dayanarak, tek tek atışların belirlenimci olmadığı sonucuna varamayız. Ancak belirlenimci olmayan bir metafiziği, ortaya çıkan güçlükleri ve tutarsızlıkları bu biçimdeki metafizik öğretilerle çözebilmek adına benimseyebiliriz (Popper 2019: 281).

Popper, metafiziğin, tahminlerin oluşmasında veya kuramların inşasında rolü olabileceğini öne sürmüştür (Baudoin 2003: 32). O, evrenin katı yasalarla yönetilip yönetilmediği sorusunu metafizik olarak değerlendirmiştir çünkü ona göre bulduğumuz yasalar, varsayımlar olup, her zaman yeniden değiştirilebilir ve gerektiğinde olasılık tahminlerinden de türetilebilir yasalardır (Popper 2019: 281).

Metafiziğe tanınan bu saygınlık, Popper’in tüm yapıtına eşlik eden ve bilimle felsefeyi uzlaştırmayı hedefleyen çok geniş bir tasarımın içinde yer alır (Baudoin 2003: 37). Popper’a göre Heisenberg’in tartışmasında değişik bir anlam kazanan ama hiçbir şekilde açıkça betimlenmeyen metafizik dünya imgesi şöyle bir imgedir:

Kendinde şey bilinemez kalır. Yalnızca (Kant’ın gösterdiği gibi) kendinde şeyin ve duyu organlarımızın bileşkeleri olarak düşünülebilen görüngüyü bilebiliriz. Görüngüler, kendinde şey ile bizim aramızdaki bir tür etkileşimin sonucudur. Bu nedenle, tek ve aynı şey bize farklı biçimlerde görünebilir çünkü duyu organlarımızın onu algılayışı, gözlemleyişi ve onunla etkileşime geçişi farklı olabilir. Biz, kendinde şeyi adeta bir kapana kısıtırmaya çalışırız ama bunu hiçbir zaman başaramayız. Kapana kısılmış şeylerde yalnızca görüngülere rastlarız. Biz ya klasik bir tanecik kapamı ya da klasik bir dalga kapamı kurabiliriz ve kapamı kendini çözdüğünde bu nedenle de onunla etkileşime girdiğinde, o şeyin bir parçacık ya da bir dalga görüngüsüne bürünmesi sağlanmış olur. Her iki görüngü biçimi ya da şeye bir kapamı hazırlamakla ortaya çıkan iki tür arasında bakışlımlılık vardır. Kaldı ki yalnızca kapamı kurmakla biz, klasik fiziksel görüngülere bürünmesi için o şeyi uyarılmış olmuyoruz. Bir de kapamı enerji yemiyle donatmalıyız öyle ki bu enerji bilinemez olan kendinde şeyin klasik fiziksel ortaya çıkışı (adeta canlanması) için yeterli miktarda olmalıdır. Böylece korunum yasaları da sarsılmamıştır (Popper 2019: 539-540).

Popper’a göre bu, Heisenberg ve belki de Bohr’un bize aşıladığı metafizik dünya imgesidir.

Popper için metafizik bir kuram, yalnızca anlamlı olabilmekle kalmaz, gerçekten doğru da olabilir; fakat onu sınınamamızın bir yolu yoksa destekleyecek deneysel tanıtı da yok demektir; dolayısıyla, bilimsel olduğu ileri sürülemez. Böyle olmakla birlikte, deneysel olarak sınınamayacak kuramlar, yine de eleştirel olarak tartışılabilirler; onlardan yana ve onlara karşı savlar birbirleri ile karşılaştırılabilir ve bunun sonucunda, aralarından biri ötekilere yeğ tutulabilir (Magee 1990: 44). Sonuç olarak Popper, olgucu ve aşkınıcı olarak yorumladığı Heisenberg’in bu metafizik evren imgesine taraftar olmadığı halde karşı da çıkmamıştır. Onun karşı çıktığı tek şey, bu metafizik evren imgesinin eleştirel bir çerçevede değerlendirilmeden kabul edilmesidir.

3. Popper’in Eleştirel Yöntemi-Yanlışlamacılık ve Einstein

Bu bölümde Popper’ın Heisenberg belirsizlik ilkesi üzerinde değerlendirmelerinin yöntem bilimsel yaklaşımını ortaya koymaya çalışacağım. Bunun için önce Popper’ın yöntem bilimi ve buna ilişkin ortaya attığı kavramları incelemekte fayda vardır.

3. 1. Eleştirel Akılcılık

Popper bizden, sonu olmayan bir geri besleme sürecini hayal gücü ve duyarlılıkla kullanmamızı istemektedir – bu sürecin içinde cesaretle yeni fikirlerin ortaya atılması, değişmez bir düzenlilikle, onların deneyin ışığında sıkı bir hata ayıklama sürecine uyruk tutulmalarıyla birlikte yürütülecektir. Popper bu yaklaşıma felsefede “eleştirel akılcılık” demektedir (Magee 1990: 96). ‘Eleştirel akılcılık’ Popper’a göre Yunanlılara borçlu olduğumuz bir görüş, bir buluş ve bir gelenektir. Descartes ve okulunun ‘rasyonalizminden’ veya ‘entelektüalizminden’ ve Kant epistemolojisinden çok farklıdır (Popper 1966: 207). Popper’ın bu yaklaşımı, bilimsel tarafsızlıkla yakından ilgilidir. Bilimsel tarafsızlık dediğimiz şey, hiçbir bilimsel teorinin dogma olarak kabul edilmemesi ve tüm teorilerin belirsiz olması ve hataların ortadan kaldırılmasını

amaçlayan rasyonel eleştirel bir tartışmaya her zaman açık olmasından başka bir şey değildir (Popper 1994: 160).

3. 2. Yanlışlamacılık

Popper, doğrulama ve yanlışlama arasında mantıkça bir asimetri olduğuna işaret etmiştir. Bunu önermeler mantığıyla şöyle söyleyebiliriz:

Beyaz kuğuların gözlemlendiği yolundaki gözlem önermeleri ne denli çok sayıda olursa olsun, bunlardan mantıkça ‘bütün kuğular beyazdır’ tümel önermesini çıkarmamızın olanağı yoktur; ama kara bir kuğunun tek bir gözlemini anlatan tek bir gözlem önermesi, mantıkça ‘Bazı kuğular beyaz değildir’ önermesini çıkarmamıza izin verir. Bu önemli mantıksal anlamda, deneysel genellemeler, doğrulanamaz, ama yanlışlanabilirler. Bu ise, bilimsel yasaların kanıtlanabilir olmasalar da sınanabilir olmaları demektir; onları yadsıma yolunda sistemli girişimlerle sınanabilirler (Magee 1990: 21).

Magee’ye göre Popper’a her ne kadar mantık düzeyinde saf dil bir yanlışlamacı denilebilirse de metodoloji düzeyinde Popper son derece eleştirel bir yanlışlanabilircidir (Magee 1990: 22). Bu bakış açısıyla Popper’ın gözünden Heisenberg belirsizlik ilkesine bakacak olursak, ilkenin provokatif bir forma sahip olduğunu söyleyebiliriz. Bir şeyin fiziksel olarak kesin olmadığını iddia etmek, fizikçileri itiraz etmeye ve bu iddianın açığını aramaya iter. Popper’ın buradaki en büyük motivasyonu, kendisinin de fizikçi olmasıdır. O, bilim felsefesine yapmış olduğu yöntem bilimsel katkının karşılığını sadece felsefe dünyasında değil, fizikçilerin dünyasında da aramıştır.

Doğanın, çevresindeki değişimlere ayak uyduramayıp yaşamlarını sürdüremeyen türleri yok etmesine çok benzer biçimde, sınamalar ve denemeler de Popper’a göre yanlışlığın giderilmesine olanak vermektedir (Baudoin 2003: 14). Bu düşünce bağlamında Popper’a göre, daha önce ele aldığımız düşünce deneyindeki dağılım bağıntıları söz konusu olduğunda, kesin bir yer seçimi, momentumların **dağılmasına** neden olmaktadır. Tek tek momentumlar aslında ‘belirsiz’ değil, kestirilemez olacaktırlar. Öyle ki dağılacaklarını önceden söyleyebiliriz. Zira bu, tek tek momentumları ölçerek ve onların istatistiksel dağılımlarını saptayarak Popper’a göre *sınamak* zorunda olduğumuz bir kestirimdir. Momentumların ayrı ayrı ölçümlerinden

elde edeceğimiz sonuçların tek tek herhangi belirgin bir değeri olacaktır; hatta bu değerler Δp 'den; yani ortalama dağılım aralığından daha da belirgindir. Şimdi artık farklı momentumların ayrı ayrı ölçümlerinden elde ettiğimiz değerlerin ışığında, konumun dar bir yarıkla seçildiği ve ölçüldüğü noktaya kadar geri giderek momentumların değerlerini hesaplayabiliriz. İşte, parçacığın böylece ‘geçmişinin hesaplanması’ özde çok önemlidir. Bu olmaksızın, momentumları hemen yer seçiminden sonra ölçtüğümüzü ileri süremezdik. Aynı zamanda, dağılım bağıntılarını da *sınadığımızı* iddia edemezdik (Popper 2019: 543-544). Böylelikle Popper, Heisenberg belirsizlik ilkesine yönelik eleştirisini mantıksal bir çerçeveye oturtmaya çalışmıştır.

Popper kendi ‘yanlışlamacı’ görüşlerini kuşkuculuktan özenle ayırmıştır (Baudoin 2003: 10). Ona göre Heisenberg belirsizlik ilkesinde gözlemlenmediğinde artık bir parçacığın şu ya da bu yörüngede hareket edeceği varsayımı doğrulanamaz. Bu Popper’a göre aşikârdır ancak o kadar da önemli değildir. Önemli olan, bu tür bir varsayımın ‘yanlışlanabilir’ olduğudur: Yörüngesine ilişkin getirebileceğimiz varsayımla cismin şu ya da bu yerde gözlemlenebileceğini kestirebilir, sonra da bu kestirimi çürütebiliriz. Popper kuantum mekaniğinin de böyle bir işlemi reddetmediğini rahatlıkla ifade eder. Böylece yörünge kavramının ‘anlamsızlığı’ ile ilgili olan tüm güçlükler ona göre artık ortadan kalkmaktadır (Popper 2019: 264-265). Burada Popper demarkasyon prensibine dikkat çekmiştir. Bilimle bilim olmayanın arasındaki sınırı çizmenin aracı olarak yanlışlanabilirliği vurgulamıştır. ‘Anlamsızlığı’ doğrudan Heisenberg belirsizlik ilkesine değil, zaman aralığı sonunda belirlenemeyen olarak özellikle vurguladığı ‘yörünge’ yorumuna getirmiştir.

Popper, bir sonraki bölümde ayrıntıları ile ele alınacak olan kendi düşünce deneyine getirilen eleştirileri haklı bulup, fikirlerinin birçoğundan vazgeçmiştir ancak elektron yörüngesinin geçmişiyle ilgili hesaplamaların, istatistiksel kestirimlerin sınanması için gerekli olduğunu ve bu hesaplamalarının hiçbir şekilde ‘anlamsız’ olmadığını ileri sürmüştür (Popper 2019: 265).

3. 3. Popper, Einstein ve Heisenberg Belirsizlik İlkesi

Bu bölümde özellikle Einstein üzerinde durulmuştur çünkü bölümün ilerleyen kısımlarında Popper’ın düşünce deneyini dayandırdığı iddialarla Heisenberg belirsizlik ilkesi sorgulamalarının Einstein tarafından nasıl eleştirildiğini ve bunun üzerine Popper’ın bazı fikirlerinden vazgeçtiğini göstereceğim. Neden Popper’ın Einstein’dan etkilendiğini ve bu etkinin Heisenberg belirsizlik ilkesi ile ilişkisini ele alacağım.

Popper, Einstein’ın görelilik kuramından, bu kuramın devrimci keşiflerinin içermeleri ve sonuçlarından, kendi felsefesinin epistemik ve yöntemsel ilkelerini çıkarmıştır (Kabadayı 2011: 89). Popper, Einstein’ın görelilik kuramının, hiç kimsenin beklemeyi hayal bile etmediği gözlemlenebilir sonuçlarını önceden kestirerek kendisini yadsınmaya çırılçıplak sunma biçiminden çok etkilenmiş ve heyecan duymuştur (Magee 1990: 40). Düşüncelerini şöyle ifade etmiştir: “Einstein’ın düşüncesinin benim düşüncem üzerinde çok büyük etkisi olmuştur, belki uzun vadede etkilerin en önemlisidir” (Baudoin 2003: 11).

Yanlışlayıcı bir deneyin sonucu da bir kuramın (geçici olarak) kabulünü sağlarken, bir diğerinin (kesin olarak) elenmesi sonucunu doğurabilir. Deneyler bilim adamlarına yarışan kuramlar arasında seçme olanağını vermektedir (Baudoin 2003: 41). Bu bağlamda Einstein’ın yerçekimi teorisini gerçek bir teori olarak sunmadığını belirtmek çok ilginçtir. Aksine, Einstein bunun doğru olamayacağını savunmuş ve hayatının otuz yılı aşkın bir süresince teorisini geliştirmeye çalışmıştır. Ancak tüm bunlara rağmen, her zaman bunun gerçekliğe Newton’un teorisinden ve diğer teorilerden daha iyi bir yaklaşım olduğuna ilişkin inancını hiç yitirmemiştir (Popper 1994: 176). Hâlbuki Einstein’ın özel görelilik kuramı, ışık ışınlarının Güneş yakınlarında eğilecekleri gibi hiç beklenmedik bir sonuç içeriyordu. Bunun böyle olduğunun gözlemlenmesi ile güvenilirliği artmış oldu. Ama böyle olmasaydı ki beklenti bu yoldaydı, kuramın tartışmasız yanlış olduğu ortaya çıkacaktı; buna göre özel görelilik kuramının gerçek bir bilim kuramı olduğuna karar verilebilir (Rızatepe 2006: 133). Einstein’ın kuramıyla yeni bir yer çekimi kavrayışı ve yeni bir kozmoloji ortaya çıkar

ve bu, yalnızca bir olasılık değildir. Sözü edilen kuram, Newton’a kıyasla gerçek bir ilerlemeyi ve hakikate daha iyi yaklaşmayı temsil eder. Einstein belirli testleri geçemediği takdirde kuramının savunulamaz olduğunu açıkça belirterek kuramını destekleyecek doğrulamalar bulma yönündeki dogmatik tavırdan uzaklaşmış ve kuramını çürütebilecek deneylerin de bulunabileceğinin altını çizerek bilimsel bir tavır belirlemiştir (Somuncuoğlu 2019: 104). Bu bilimsel tavrı takdir eden Popper, kendisine yöneltilen eleştirilerden özellikle Einstein’inkisini, yukarıda bahsi geçen özelliklerden ötürü dikkate almış ve kabul etmiştir. Aşağıda bu eleştirileri değerlendireceğim.

Popper, ‘Bilimsel Araştırmanın Mantığı’ adlı eserinin 77. kesiminde⁴ betimlediği düşünce deneyini geri çekmiştir. Bu düşünce deneyinin bütünüyle bir hata üzerine kurulduğunu şu ifadelerle kabul etmiştir:

Bu deneyi artık ne doğru ne de kayda değer buluyorum çünkü getirdiğim savlarla ilişkili olarak bu deneyin yerini Einstein, Podolsky ve Rosen’in düşünsel deneyi alabilmektedir... Ancak bu kesimden önceki tüm düşünceler ve irdelemeler hala geçerliğini korumaktadır. Bu deneyin iptal edilmesi ile çürütülmüş değildirler (Popper 2019: 269).

Ancak Popper, hatasını kabul etse de eserinin 77. kesimini, yeniden basımda kaldırmamıştır. Bunun nedenini şöyle ifade etmiştir:

Aslında bu durum benim de hoşuma gitmemişti ama belki bazı okurların hangi hataları yaptığımı bilmek isteyeceklerini düşünmüştüm. Ayrıca bu kesimi yeniden yayımlatmasaydım, belki hatamı örtbas etmek ve ortadan kaldırmak istediğimi düşünenler olabilecekti (Popper 2019: 269).

Popper’ın bu ifadeleri, kendi yöntem biliminin (eleştirel akılcılığın) takdiri olarak yorumlanabilir. Einstein, Popper’ın bu düşünce deneyini çok sert eleştirmiştir. O, deneyin kuantum kuramsal bakış açısından, ilke olarak olanaksız olduğunu göstermiştir. Bu eleştiriden sonra Popper, düşünce deneyinin çürütüldüğünü ifade etmiştir:

Buradaki esas konu, kestirime elvermeyen ölçümlerle, yalnızca iki ölçüm – momentum ölçümü ve onu izleyen yer ölçümü (ya da tersi) –arasında parçacığın yörüngesinin saptanabilir olduğudur. Kuantum kuramına göre,

⁴ 77. Kesim için bkz.,Karl R. Popper, *Bilimsel Araştırmanın Mantığı*, Çev. İlknur Aka, İbrahim Turan, İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 2019, s. 269-279.

yörüngenin geriye dönük –yani bu ölçümlerin ilkinin önceki zamana dönük-izdüşümünü hesaplamak mümkün değildir (Popper 2019: 275).

Burada bahsedilen, daha önce dikkat çektiğimiz, belli bir zaman aralığı sonrasında parçacığın yörüngesinin hesaplanması meselesine yönelik hatalı fikirdir.

Popper’a göre Einstein, Podolsky ve Rosen daha zayıf ama buna karşın daha geçerli bir sav ileri sürmüşlerdir. Popper EPR, deneyini şu şekilde aktarmıştır:

Heisenberg’in yorumunu doğru olarak kabul edelim; buna göre X ’e varan ilk parçacığı ya yalnızca yerini ya da momentumunu belirli bir doğrulukla ölçebiliriz. Bu durumda şu geçerli olacaktır: İlk parçacığın yerini ölçtüğümüzde, ikinci parçacığın yerini hesaplayabiliriz. Aynı şekilde ilk parçacığın momentumunu ölçtüğümüzde, ikinci parçacığın momentumunu hesaplayabiliriz. Ancak yeri mi yoksa momentumu mu ölçeceğimiz, kararını daha sonra –hatta iki parçacığın çarpışmasından sonra – verdiğimizden, ikinci parçacığın verilen karar doğrultusunda deneysel ölçümden herhangi bir şekilde etkileneceğini ya da bozulacağını varsaymak anlamsız olacaktır. Buna göre, ikinci parçacığı etkilemeden, onun ya yerini ya da momentumunu ancak belirli bir doğrulukta ölçebiliriz. Bu durumu şu biçimde de ifade edebiliriz: İkinci parçacığın hem kesin bir yeri hem de kesin bir momentumu vardır (Popper 2019: 278).

EPR deneyi, fizik dünyasında büyük yankı uyandırmıştır. EPR düşünce deneyi, Popper’ın burada iddia ettiği gibi Heisenberg belirsizlik ilkesinin çürütülmesine yol açmamış, aksine kuantum mekaniğinde başka bir gelişmeye ışık tutmuştur.

Albert Einstein’ın 1935 yılında Popper’a yazdığı bir mektup şöyledir:

Sayın Bay Popper,

Makalenizi inceledim. Çoğu konuda size katılıyorum. Ancak, bir fotonun bir yer ve momentumunu (rengini), ‘izin verilmeyen’ kesin bir doğrulukta kestirmemizi sağlayan, ‘tümüyle salt bir durumun’ yaratılabileceğine inanmıyorum. Yönteminizi (seçici cam filtrelerle birlikte ekranı hızla açıp kapama yolunu) ilke olarak geçersiz buluyorum. Bana göre böyle bir filtre, tıpkı bir kırınım ağı gibi ‘konumu bulanıklaştıracaktır’... Gözlemlenebilirlikle ilgili olarak günümüzde “olgucu” eğilimlere sınımsız sarılmanın moda haline gelmesi, hiç de hoşuma gitmiyor. Buna göre, atomik ölçekli konularda istenen tamlikte kestirimler yapılamaz. Ayrıca (sizin gibi) ben de kuramın, gözlem sonuçlarına dayanarak üretilebileceği değil, keşfedilebileceği kanısındayım... Bence, ilke olarak günümüzde kullanılan istatistiksel betimleme, yalnızca bir geçiş dönemidir. Şunu bir kez daha vurgulamak istiyorum: Belirlenimci bir kuramdan istatistiksel vargıların

çıkarılamayacağı biçimindeki görüşünüzü doğru bulmuyorum. Bu konuyla ilgili olarak, yalnızca klasik istatistiksel mekaniği (gaz kuramını, Brown hareketleri kuramını) bir düşünün. Örneğin, maddesel bir nokta, kapalı dairesel bir yörüngede aynı biçimde hareket eder. Belirli bir zamanda, çevresinin belirli bir kısmında rastlayabileceğim noktanın olasılığını hesaplayabilirim. Bilmediğim ya da kesin olarak bilmediğim tek şey, yalnızca onun başlangıç durumudur (Popper 2019: 546-548).

Popper’a göre Einstein, kuram ve deney arasında kurduğu ilişkide, kuantum kuramının yorumlanmasıyla ilgili olarak genel ve olgucu yaklaşımların etkisini işaret etmektedir. Ancak Popper, Heisenberg’i kastederek ve eleştirerek, şüpheliliği, bakışımı olarak yere ve momentuma bağlı olan “ölçme sonuçları” hakkındaki alışılmış (olgucu ya da işlemci veya araççı) söylemlerle örtbas edilmekte olduğunu dile getirmiştir (Popper 2019: 538). Popper’ın, Heisenberg belirsizlik ilkesi ile ilgili söylemleri, eleştirileri genel olarak yöntem bilimsel bir yapıdadır ancak buradaki eleştirisi felsefidir.

Değerlendirme ve Sonuç

Heisenberg, atom altı dünyadaki ilişkileri açıklamak için kendinden önce kullanılan yolların hiçbirisinden gitmeyerek fizikte büyük yankı uyandırmış ve bununla beraber de eleştirilerin merkezinde kalmıştır. O, matris mekaniği adı verilen matematiksel yöntem ile atom altı bir parçacığın, konumu ve momentumu ile ilgili erişilebilir en büyük kesinliğe dair bir sınır olduğunu göstermiştir. Bu durumu açıklayan ilkeye Heisenberg belirsizlik ilkesi denir. Bu ilke, kuantum mekaniğinin bütünselliği ve tutarlığına yönelik şüphelerin geride bırakılmasını sağlamış ve geçerliğini günümüze kadar korumuştur.

Heisenberg belirsizlik ilkesi ve mutlak bir öngörebilmeden yoksunluk, kuantum mekaniğinin doğasında var olan özellikler olsa da fizik adına ilke olarak tamamıyla belirlenimci bir yapıyı korumak için girişimlerde bulunulmuştur (Cushing 2006: 183). Fizikte belirlenemezliği savunmasına rağmen Popper da Heisenberg belirsizlik ilkesini çürütmeye yönelik çeşitli girişimlerde bulunmuştur. Aslında Popper’ın eleştirileri genel olarak kuantum mekaniğindeki enstrümantalist görüşe karşıdır. Bu amaçla Popper, eleştirilerinin merkezine Heisenberg belirsizlik ilkesini almıştır. Onun

eleştirileri, yöntem bilimsel bir seviyede olup, ilkelerini kendisinin ortaya atmış olduğu yanlışlamacılık metodolojisi çerçevesindedir. Ancak yukarıda da göstermiş olduğum gibi yetersiz kalmıştır.

Popper’ın Heisenberg belirsizlik ilkesindeki öncelikli karşı çıktığı durum, ilkenin getirmiş olduğu epistemolojik sınırdır. Ortaya atmış olduğu düşünce deneyleri ile Popper, bu duruma ilişkin gözlemci etkisini ortadan kaldırmaya ve bunu istatistiksel dağılım bağıntıları ile göstermeye çalışmıştır. Ancak Popper bu konuda hatalıdır. Durum ile ilgili olarak radyoaktif elementlerin bozunmaları örneğini verebiliriz. Yarıömrü tamamlanan radyoaktif birçok atomun yarısının ne zaman bozunacağını bilebiliriz ama belirli tek bir atomun ne zaman bozunacağını tam olarak bilemeyiz. Yani radyoaktif maddelerin bozunmasında, belirsizlik, gözlemcinin etkisi olarak ortaya çıkmaz. Bu örneğe ek olarak, bir atomun içindeki bir elektron için uygun momentum değerleri hesaplanmak istenirse, bir atomun içindeki en küçük elektron yörüngesinin büyüklüğünün belirsizlik ilkesini çiğnemeyecek şekilde olabilecek en küçük değerde olduğu sonucu ortaya çıkar. Atomların büyüklükleri (hatta atomların var olması olgusu) kuantum mekaniğinin belirsizlik ilkesince belirlenir (Gribbin 2017: 559).

Popper, çalışmamda da belirttiğim gibi özellikle Einstein’ın etkisiyle Heisenberg belirsizlik ilkesine yönelttiği eleştirilerin çoğundan vazgeçmiş ve fikirlerinin çürütüldüğünü kabul etmiştir. Heisenberg formüllerinin ‘bütünüyle salt durumların’ aranmaması gerektiğini ileri süren bir yasak olarak yorumlamamasının uygun olduğunu ileri sürmüştür. Ona göre formüllerden çıkan sonuç, yalnızca bu tür durumlara ulaşamayacağımız ve aynı zamanda da onları üretemeyeceğimizdir. Bu iki yasağın, araştırmayı özellikle yasaklanmış olguları aramaya zorladığını çünkü empirik önermelerin, ancak onları *yanlışlamaya* çalışırken, *sınanabileceklerini* ileri sürmüştür (Popper 2019: 283). Popper sonunda ulaştığı bu düşünceleri, yanlışlamaya ve dolayısıyla sınanabilmeye olanak verebilmesi olarak öne çıkarmıştır.

Popper kendi epistemolojisinde, Heisenberg’e eleştiri olarak sunduğu metafiziği aslında bütünüyle yadsımamış, indeterminizmi kabul ettiği gibi metafiziği de belirli bir seviyede kabul etmiştir. Popper’ın iddia ettiğinin aksine Heisenberg’in savunduğu

indeterminizm, metafiziksel bir tercihten bağımsız olarak kendini fizikte kabul ettirmiştir. Heisenberg, indeterminizmin, insani sınırlılıklarımızdan kaynaklanmadığını, doğanın gerçek bir durumu olduğunu savunmuştur.

Özetle Popper’ın yaptığı şey, Heisenberg bağıntılarına, istatistiksel karakterinin bu belirsizliklerden kaynaklandığı gerekçesiyle teoremin diğer prensipleri üzerinde mantıksal öncelik atama iddiasına meydan okumak olmuştur. Bu meydan okuma Heisenberg ile Bohr’u da içine alan Kopenhag yorumuna yöneliktir. Ancak Popper’ın bu programı tatmin edici bir başarıya ulaşmış gibi görünmemektedir. Hatta öğrencisi Feyerabend onun bu çabasını, Aristotelesçi metafizik geleneğinin yetenekli bir temsilcisi olmaktan çok bilmiş, sığ ve aksi bir eleştirmenliğe terfi ettiği şeklinde yorumlamıştır (Feyerabend 2012: 208).

1930’ların başlarında Heisenberg bağıntılarının istatistiksel bir yorumunu öneren Popper, bakış açısını sonrasında da asla terk etmemiştir. O, 1948’den 1960’ların sonuna kadar kuantum mekaniğinin temellerine yenilikçi katkılar (Del Santo 2019: 78-88) yapmıştır. Ortaya atmış olduğu olasılığın eğilimci kuramı (propensity theory), kuantum fiziğine uygulanınca madde kuramının bir yanda Einstein, de Broglie ve Schrödinger ile öte yanda Heisenberg, Neils Bohr ve Max Born’un tarihsel ayrılmaya ilişkin kimi sorunlarına bir çözüm getirmektedir (Magee 1990: 15). Onun özellikle ‘*Quantum Mechanics without “the Observer”*’⁵ isimli çalışması, kendisine ait ilk fizik makalesi olarak yayınlanmıştır. Popper’ın bu çalışması, dönemin fizikçilerinin dikkatini çekmiştir. Popper aynı zamanda aralarında Weizsäcker, Bohm, Bohr, Schrödinger, Einstein gibi dönemin birçok önde gelen fizikçisi ile entelektüel ilişkiler kurmuştur. Merkezi amaçları, Kopenhag yorumunu çürütmek ve bilimsel gerçekçiliği doğrulamak olan filozoflar ve fizikçilerin arasında yer almıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada Karl R. Popper’ın felsefi çabalarının, fizikte etkin bir şekilde rol alabilmesinin (alabileceğinin) taşıdığı önem vurgulanmaya çalışılmıştır. Popper ve fizikçilerin çoğunluğu arasında sürekli bir eleştirel etkileşimin olmaması

⁵ Bkz., Popper, Karl R. 1967. “Quantum Mechanics without ‘the Observer’.” In Bunge, Mario, ed. *Quantum theory and reality*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 7-44

sadece fizik için değil, aynı zamanda kültür için de bir kayıp olarak yorumlanabilir. Kopenhag yorumu muhalifi olan Popper, fizik felsefesinin neredeyse önemini yitirdiği bir zamanda, kuantum mekaniğinin temellerini sorgulamış, bu çabasıyla felsefenin fizikten ayrı tutulamayacağını göstermiştir.

KAYNAKÇA

BAUDOIN, Jean (2003). *Karl Popper*, çev. Bülent Gözkan, İstanbul: İletişim Yayınları.

CUSHING, James T. (2006). *Fizikte Felsefi Kavramlar*, çev. Özgür Sarıoğlu, İstanbul: Sabancı Üni. Yayınları.

DEL SANTO, Flavio (2019). “Karl Popper’s forgotten role in the quantum debate at the edge between philosophy and physics in 1950s and 1960s”, *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 67, pp. 78-88.

FEYERABEND, Paul (2012). *Akla Veda*, çev. Ertuğrul Başer, İstanbul: Ayrıntı Yayınları.

FORD, Kenneth W. (2017). *101 Soruda Kuantum*, çev. Barış Gönülşen, İstanbul: Alfa Yayınları.

GRIBBIN, John (2017). *Bilim Tarihi*, çev. Barış Gönülşen, İstanbul: Alfa Yayınları.

HEISENBERG, Werner (1949). *The Physical Principles of Quantum Theory*, trans. by C. Eckart and F. C. Hoyt, New York: Dover Publications, Inc.

HEISENBERG, Werner (1973). “Development of Concepts in the History of Quantum Theory”, *The Physicist’s Conception of Nature*, ed. J. Mehra, pp. 264-265, Holland: D. Reidel Publishing Company.

HEISENBERG, Werner (1987). *Çağdaş Fizikte Doğa*, çev. V. Günyol, O. Duru, Ankara: V Yayınları.

HEISENBERG, Werner (2000). *Fizik ve Felsefe*, çev. M. Yılmaz Öner, İstanbul: Belge Yayınları.

JAMMER, Max (1974). *The Philosophy of Quantum Mechanics*, USA: John Wiley&Sons, Inc.

JAMMER, Max (1991). “Sir Karl Popper and His Philosophy of Physics”, *Foundations of Physics*, 21(12): 1357-1368.

KABADAYI, Talip (2011). *Duhem’den Laudan’a Çağdaş Bilim Felsefecileri*, Ankara: Bilgesu Yayıncılık.

MAGEE, Bryan (1990). *Karl Popper’in Bilim Felsefesi ve Siyaset Kuramı*, çev. Mete Tuncay, İstanbul: Remzi Kitabevi.

POPPER, Karl R. (1966). “On the Source of Knowledge and of Ignorance”, *Studies in Philosophy*, British Academy Lectures, Sel.&Intr. by J. N. Findlay, London: Oxford University Press.

POPPER, Karl R. (1994). *The Myth of the Framework*, London: Routledge.

POPPER, Karl R. (2019). *Bilimsel Araştırmanın Mantığı*, çev. İlknur Aka, İbrahim Turan, İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

RIZATEPE, Harun (2006). *Anglo-Sakson Felsefede Bilgi Görüşleri*, Ankara: Ebabil Yayıncılık.

SOMUNCUOĞLU, Seda Ö. (2019). *Bilim Felsefesi*, Ankara: Nobel Yayıncılık.