

**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
FELSEFE ANA BİLİM DALI**



**KUHN'UN PARADİGMA KAVRAMI BAĞLAMINDA  
KUANTUM MEKANİĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

**Rasime YILDIRIM**

Danışman

**Prof. Dr. Mustafa Said KURŞUNOĞLU**

SAMSUN  
2022

## TEZ KABUL VE ONAYI

**Rasime YILDIRIM** tarafından, **Prof. Dr. Mustafa Said KURŞUNOĞLU** danışmanlığında hazırlanan **“KUHN’UN PARADİGMA KAVRAMI BAĞLAMINDA KUANTUM MEKANİĞİ”** başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 29.7.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

|               | <b>Unvanı Adı Soyadı</b><br><b>Üniversitesi</b><br><b>Ana Bilim/Ana Sanat Dalı</b>        | <b>İmza</b> | <b>Sonuç</b>  |
|---------------|---|-------------|---|
| <b>Başkan</b> | Prof. Dr. Mustafa Said KURŞUNOĞLU<br>Ondokuz Mayıs Üniversitesi<br>Felsefe Ana Bilim Dalı |             | <input checked="" type="checkbox"/><br>Kabul<br><input type="checkbox"/><br>Ret |
| <b>Üye</b>    | Dr. Öğr. Üyesi Ali Suat GÖZCÜ<br>Ondokuz Mayıs Üniversitesi<br>Felsefe Ana Bilim Dalı     |             | <input checked="" type="checkbox"/><br>Kabul<br><input type="checkbox"/><br>Ret |
| <b>Üye</b>    | Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ARSLAN<br>Samsun Üniversitesi<br>Temel Bilimler Ana Bilim Dalı      |             | <input checked="" type="checkbox"/><br>Kabul<br><input type="checkbox"/><br>Ret |

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT  
Enstitü Müdürü

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet  (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

İmza

20 / 06 / 2022

Rasime YILDIRIM

## TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

**Tez Başlığı :** KUHN'UN PARADİGMA KAVRAMI BAĞLAMINDA KUANTUM MEKANİĞİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 20.06.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 20

Tek kaynak oranı : % 3 çıkmıştır.

İmza

20 / 06 / 2022

Prof. Dr. Mustafa Said KURŞUNOĞLU

## ÖZET

### KUHN'UN PARADİGMA KAVRAMI BAĞLAMINDA KUANTUM MEKANİĞİ

Rasime YILDIRIM

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Felsefe Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Temmuz/2022

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Said KURŞUNOĞLU

Bu tez, Thomas S. Kuhn'un "paradigma" kavramı bağlamında kuantum mekaniğinin değerlendirilmesi üzerine bir araştırmadır. Paradigma, bilim felsefesine Kuhn'un çalışmalarıyla girmiş olup zamanla pozitivist bilim imgesine karşı eleştirel bir tavırla karakterize olan post-pozitivist bilim imgesinin temel dinamiklerinden birini oluşturmuştur. Paradigmanın anlamına dair tek bir tanım yapmanın eksik bir girişim olacağını belirtmek gerekir. Bununla birlikte kavram hakkında genel bir değerlendirme yapmak gerekirse; paradigmanın sosyal bir grubun katılmış olduğu tüm bağlamları kuşatan kalıp ya da çerçeveye işaret ettiği söylenebilir. Ussal ve usdışı öğelerin bir arada bulunduğu Kuhn'un bilim imgesinde paradigma, bir araştırmacıya ele aldığı kuramı bilimsel ve sosyal boyutlarıyla birlikte bir bütün olarak değerlendirebilme imkanını sunacaktır. Böyle bir kavrayışı gerektiren kuramlardan biri, kuantum mekaniğidir. Çünkü kuantum mekaniği, 20. yüzyılda meydana gelmiş devrim yaratan bilimsel bir gelişmedir. Tüm dünyada önemli yansımalara sahne olmasından dolayı bu kuram, pek çok alandan araştırmacının dikkatini çekmiştir. O halde kuantum mekaniğinin çizdiği devrimsel şemayı ve taşıdığı bağlamları en iyi şekilde sunacak değerlendirmeyi, Kuhn'un paradigma anlayışının sağlayabileceği söylenebilir. Dolayısıyla bu tezin amacı; kuantum mekaniğini Kuhn'un paradigma kavramının sunduğu imkanlar çerçevesinde yeniden düşündürmektir. Bu amaçla ilk olarak Kuhn'un bilim tasarımı paradigma kavramının anlamı incelenmiş ve bilimsel gelişmenin paradigma kavramı ekseninde belli dönemlerden geçtiği gösterilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın daha sonraki girişimini Kuhn'un paradigma anlayışını kuantum mekaniğine uyarlama isteği oluşturmaktadır. Bu çerçevede kuantum mekaniği paradigma kavramı bağlamında iki aşamada incelenmiştir. Öncelikle kuantum mekaniğinin tarihsel gelişimi, paradigma kavramı ekseninde belirlenen bilimsel dönemlerle açıklanmak istenmiştir. Daha sonra paradigmanın anlamsal incelemesinden edinilen bazı bağlamların kuantum mekaniğinde tespiti denenmiştir. Bu çalışma sonucunda, kuantum mekaniği pozitivist bilim imgesindeki sınırlılıkları aşan paradigmacı bakış açısıyla yeniden düşünülmüş olup sahip olduğu devrimsel şema ortaya çıkmış ve kuramın onu oluşturan bilim topluluğundan soyutlanarak düşünülmesinin eksik bir kavrayış olacağı anlaşılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Kuhn, Paradigma, Kuantum Mekaniği.

## ABSTRACT

### QUANTUM MECHANICS IN THE CONTEXT OF KUHN'S CONCEPT OF PARADIGM

Rasime YILDIRIM  
Ondokuz Mayıs University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Philosophy  
Master, July/2022

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Said KURŞUNOĞLU

This thesis is research on the evaluation of quantum mechanics in the context of Thomas S. Kuhn's concept of "paradigm". The Paradigm entered the philosophy of science with the work of Kuhn and formed one of the main dynamics of the post-positivist image of science, which was characterized by a critical attitude toward the image of positivist science over time. It should be noted that it would be an incomplete attempt to give a single definition of the meaning of the paradigm. However, to make a general assessment of the concept, it can be said that the paradigm refers to the pattern or framework that encompasses all the contexts in which a social group participates. In Kuhn's image of science, in which rational and irrational elements coexist, the paradigm will provide a researcher with the opportunity to evaluate the theory he discussed as a whole, together with its scientific and social dimensions. One of the theories that require such an understanding is quantum mechanics. Because quantum mechanics is a revolutionary scientific development that took place in the 20th century. Due to its significant reflections all over the world, this theory has attracted the attention of researchers from many fields. In that case, it can be said that Kuhn's paradigm understanding can provide the evaluation that will best present the revolutionary scheme drawn by quantum mechanics and the contexts it carries. Therefore, this thesis aims to rethink quantum mechanics within the framework of the possibilities offered by Kuhn's paradigm concept. For this purpose, first, the meaning of the concept of paradigm in Kuhn's science design has been examined and it has been tried to show that scientific development has passed through certain periods in the axis of the concept of paradigm. The next attempt of the study is the desire to adapt Kuhn's understanding of paradigm to quantum mechanics. In this context, quantum mechanics has been studied in two stages in the context of the concept of paradigm. First and foremost, the historical development of quantum mechanics was attempted to be explained using scientific periods based on the paradigm concept's axis. Later, some contexts obtained from the semantic analysis of the paradigm were tried to be determined in quantum mechanics. As a result of this study, quantum mechanics has been rethought with a paradigmatic perspective that goes beyond the limitations of the positivist science image, and its revolutionary scheme has emerged, and it has been understood that it would be an incomplete understanding to think of the theory in isolation from the scientific community that formed it.

**Keywords:** Kuhn, Paradigm, Quantum Mechanics.

## **ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR**

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında desteğini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Mustafa Said Kurşunoğlu'na, yoğun çalışmalarım boyunca her daim yanımda olup bana güç veren canım aileme ve benimle aynı heyecanı paylaşan tüm dostlarıma teşekkür ve minnettarlığımı sunarım.

Rasime YILDIRIM

## İÇİNDEKİLER

|   |            |
|---|------------|
| TEZ KABUL VE ONAYI .....  | i          |
| BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI .....  | ii         |
| TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI .....                                    | ii         |
| ÖZET .....  | iii        |
| ABSTRACT .....  | iv         |
| ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....   | v          |
| İÇİNDEKİLER .....   | vi         |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>   | <b>1</b>   |
| <b>2. KUHN'UN PARADİGMA KAVRAMI VE BİLİM TASARIMI.....</b>                    | <b>8</b>   |
| 2.1. "Paradigma" Kavramı Üzerine İnceleme .....                               | 8          |
| 2.1.1. Bilimsel Devrimlerin Yapısı'nda Paradigma.....                         | 9          |
| 2.1.2. Paradigmanın Geniş Anlamı: "Disipliner Matris".....                    | 13         |
| 2.1.2.1. Simgesel Genellemeler.....   | 17         |
| 2.1.2.2. Modeller .....   | 18         |
| 2.1.2.3. Değerler.....  | 19         |
| 2.1.2.4. Örneklikler .....  | 21         |
| 2.2. Paradigma Kavramı Ekseninde Kuhn'un Bilim Tasarımı.....                  | 24         |
| 2.2.1. Paradigma Öncesi Dönem .....   | 25         |
| 2.2.2. Olağan Bilim Dönemi.....   | 26         |
| 2.2.3. Bunalım Dönemi.....  | 32         |
| 2.2.4. Bilimsel Devrim Dönemi.....  | 38         |
| 2.2.5. Paradigmaların İlerleme Tarzı .....                                    | 44         |
| <b>3. KUHN'UN PARADİGMA ANLAYIŞININ KUANTUM MEKANİĞİNE</b>                    |            |
| <b>UYARLANMASI .....</b>  | <b>49</b>  |
| 3.1. Kuantum Mekaniğinin Paradigma Ekseninde Bilimsel Gelişim Dönemleri... 49 |            |
| 3.1.1. Kuantum Mekaniği Öncesi Bunalım Dönemi .....                           | 50         |
| 3.1.2. Kuantum Mekaniğinin Ortaya Çıkışı: Bilimsel Devrim Dönemi.....         | 63         |
| 3.1.3. Kuantum Mekaniğinde Olağan Bilim Dönemi.....                           | 70         |
| 3.2. Kuantum Mekaniği Paradigmasının Bağlantıları Üzerine Bir Deneme .....    | 88         |
| 3.2.1. Kuantum Mekaniği ve Bilim Topluluğu.....                               | 90         |
| 3.2.2. Kuantum Mekaniği ve Metafizik İlkeler .....                            | 93         |
| 3.2.3. Kuantum Mekaniği ve Matematik .....                                    | 94         |
| 3.2.4. Kuantum Mekaniği, Eğitim, Bilimsel Yayınlar.....                       | 98         |
| 3.2.5. Kuantum Mekaniği ve Kavramsal Çerçeve .....                            | 106        |
| <b>4. SONUÇ .....</b>   | <b>110</b> |
| <b>KAYNAKÇA .....</b>   | <b>115</b> |
| <b>ÖZ GEÇMİŞ .....</b>  | <b>122</b> |

# 1. GİRİŞ

Thomas Samuel Kuhn, 20. yüzyılda fizik, bilim tarihi ve bilim felsefesi alanlarında çalışmalarını yürütmüştür. Özellikle bilim felsefesi hakkındaki çalışmalarıyla adından sıkça söz ettirmiştir. Onun bilim felsefesindeki yeri, en iyi şekilde pozitivist ve post-pozitivist bilim anlayışları üzerinden gerçekleştirilecek bir okuma ile anlaşılabilir. Güzeloğlu'nun deyiimiyle: "Aydınlanma hareketi ile ilişkili olan" pozitivism; deney ve gözleme dayalı bilimsel bilginin önemli olduğu, öznellikten ziyade nesnelliğin savunulduğu, olay ve olguların açıklanmasında yöntem olarak tümevarımın seçildiği anlayıştır.<sup>1</sup> Pozitivistler için gerçek bilgiye giden yol, her şeyden çok bilimden geçer ve bilim diğer tüm bilgi biçimlerinden üstündür.<sup>2</sup> Yine mantıksal pozitivism olarak bilinen yaklaşım, bilimsel etkinlikte mantıksal çözümlene ve pozitivismi birleştirir.<sup>3</sup> Anamlılık ve bilimselliğe bir ölçüt geliştirmek isteyen mantıksal pozitivism, bu amaçla insan zihninin önünde engel olarak gördüğü metafizik tortuları bilim ve felsefeden ayıklamak ister.<sup>4</sup>

20. yüzyılın ikinci yarısında, bilginin mahiyeti ile doğrudan ilişkili olan kesinlik, gerçeklik, doğruluk, yöntem gibi kavramlara yönelik şüpheci tutum güç kazanmış ve bu bağlamda tartışmalar alevlenmiştir.<sup>5</sup> Bütün bunlar pozitivist bilim anlayışıyla uyumlu olmayan türden gelişmelerdir. Özellikle 20. yüzyılda meydana gelen siyasi, sosyal, ekonomik olaylarla birlikte bilimsel araştırmanın toplum ve insana yönelmesinin bu durumun ortaya çıkmasında etkili olduğu düşünülebilir. Dolayısıyla pozitivist bilim anlayışının sadece olgusal olanı dikkate alması ve metafiziği anlamsız bulması bilim felsefecilerinin araştırmalarında yeni ölçütler, yöntemler, sınırlar belirlemelerine neden olmuştur. Bu bağlamda pozitivismeye yönelik eleştiriler, post-pozitivism olarak bilinen yaklaşımın ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Post-pozitivist bilim felsefecilerinin bilim anlayışlarının temelinde

---

<sup>1</sup> Tuğsat Güzeloğlu, "Eleştirel Teori ve Pozitivism Eleştirisi", *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19/1, 2021, s. 97.

<sup>2</sup> Abdul Latif Samian, "The Impact of Kuhn's Structure of Scientific Revolutions on Sociology of Science", *Akademika*, Cilt: 44, 1994, s. 126.

<sup>3</sup> Ayça Solak, *Thomas Kuhn ve Karl Popper'da Bilimsel Bilginin Değişimi*, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale 2021, s. 2.

<sup>4</sup> Ömer Demir, *Bilim Felsefesi*, Ağaç Yayıncılık, İstanbul 1992, s. 15.

<sup>5</sup> Umut Morkoç, "Paradigmasız Devrim: Yapı'dan Sonraki Yol Üzerine Bir Değerlendirme", *ViraVerita E- Dergi*, Sayı:9, 2019, s. 31.

konvensiyonalizm yer alır. Konvensiyonalizm, pozitivistin karşıtı bir durumda bulunur. Bu görüşe göre bir kuramın diğerinden daha doğru olduğu görüşünden ziyade dünyayı betimleme biçimleri bakımından kuramlardan bazıları diğerlerinden daha başarılıdır. Yine bu anlayış, ilerlemenin devrimsel bir süreçte sahip olduğu iddiasında olması bakımından birikimsel ilerleme anlayışından farklıdır.<sup>6</sup> Post-pozitivizme göre bilim insanının kültürü, inançları, tecrübeleri, düşünceleri ayrıca sosyal olgular bilimsel gelişime katkı sağlar.<sup>7</sup> Post-pozitivist bilim felsefecileri bir bütün olarak bilme etkinliğine tarihsel, bağlamsal ve toplum bilimsel yönleri ön plana çıkararak yaklaşır. Bu yaklaşıma göre bilim tarihini tüm yönleriyle incelemeyen anlamaya çalışan bilim felsefecileri başarısız olmaya mahkumdur.<sup>8</sup> Bilim felsefesindeki bu tarihsel dönüş, Feyerabend ve Lakatos'un yanısıra özellikle Kuhn sayesinde gerçekleşmiştir.<sup>9</sup> Zira modern pozitivist anlayışta kırılma özellikle Kuhn ile başlar.<sup>10</sup>

Watkins'in ifadeleriyle Kuhn'un sahip olduğu eşsiz konum "felsefe penceresinden bakan bir tarihçi ve tarih penceresinden bakan bir bilim felsefeci" olarak belirtilebilir.<sup>11</sup> Kuhn, kendisine kadar gelmiş olan bilim anlayışının doğruluk ve geçerliliğe sahip olmadığını düşünür. Bundan dolayı daha gerçekçi ve daha ussal bir bilim imgesi geliştirmek amacıyla bilim felsefesiyle bilim tarihini karşı karşıya getirir.<sup>12</sup> Elbette Kuhn'un bilim anlayışının gerisinde onu derinden etkileyen gelenek ve düşünürler vardır. Gutting, 20. yüzyıl Avrupa düşüncesinde Kuhn'un çalışmalarına esaslı yakınlık gösteren felsefi hareketin Fransız bilim felsefesi geleneği olduğunu belirterek özellikle, Kuhn ile Brunschvicg, Bachelard, Canguilhem arasında güçlü benzerlikler olduğunu söyler.<sup>13</sup> Metcan ise Kuhn'un geliştirdiği bu bütünlükçü yaklaşımın gerisinde, Quine ve Koyre'nin etkisini

---

<sup>6</sup> Ömer Fatih Tekin, "Bilim Felsefesinde İlgi Kayması: Popper –Kuhn", *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5/56, 2017, s. 482.

<sup>7</sup> İnanç Alikılıç, "Pozitivizm ve Postpozitivizm", *İnsanat: Sanat Tasarım ve Mimarlık Araştırmaları Dergisi*, 1/1, Güz 2021, s. 41.

<sup>8</sup> Eyüp Erdoğan, *Aristoteles'ten Newton'a Paradigmatik Bilim Tarihi*, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul 2009, s. 10.

<sup>9</sup> Alexander Bird, "Kuhn and Philosophy of Science in the Twentieth Century", *Annals of the Japan Association for Philosophy of Science*, 12/2, 2004, s. 62.

<sup>10</sup> Alikılıç, "Pozitivizm ve Postpozitivizm", s. 51.

<sup>11</sup> John Watkins, "Olağan Bilim" e Karşı", *Eleştiri ve Bilginin Gelişmesi*, der. İmre Lakatos ve Alan Musgrave, İthaki Yayınları, İstanbul 2017, s. 37.

<sup>12</sup> Hüseyin Gazi Topdemir, "Kuhn ve Bilimsel Devrimlerin Yapısı Üzerine Bir Değerlendirme", *Felsefe Dünyası*, Sayı: 36, 2002, ss. 45-62.

<sup>13</sup> Garry Gutting, "Thomas Kuhn and French Philosophy of Science", *Thomas Kuhn*, ed. Thomas Nickles, Cambridge University Press, New York 2003, s. 45.

vurgular. Buna göre Kuhn, bu isimlerin görüşlerini almış ve bazı değişiklikler yaparak bilim tarihine uygulamıştır.<sup>14</sup> Bu noktada Kuhn'un görüşlerinin şekillenmesinde, Koyre'nin özel bir yere sahip olduğunu vurgulamak gerekir. Fransız tarihsel epistemoloji okulunun kurucularından biri olan Koyre açısından, bir bilim ancak kendi tarihine bakılarak anlaşılabilir. Zira Ona göre, her bilim kendine has bir yaklaşım ve kendine içkin bir tarihe sahiptir.<sup>15</sup> Dolayısıyla her metin, okunduğu zamanın koşullarına göre değil yazıldıkları dönemin imkan ve kısıtlılıkları içerisinde değerlendirilmelidir. Koyre'nin bu anlayışı, Kuhn'un ünlü eseri *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*'ndaki bilim imgesinin omurgasını oluşturmuştur.<sup>16</sup> Denilebilir ki Koyre sayesinde Kuhn, bilimlere kendi içinden bakmayı öğrenmiştir. Ve bu yaklaşım onun bilim anlayışının en spesifik özelliklerinden birini oluşturur. Zira Kuhn, Koyre'den başka fikirlerin iç-tutarlılık ve yapısını tanımayı öğrendiğini belirtir.<sup>17</sup> Özetle Kuhn, Koyre'nin her tarihten daha çok kendisinin ustası olduğunu altını çizer.<sup>18</sup>

Kuhn'un bilim imgesinde ilk dikkat çeken durum, tarihe yüklediği misyondur. *Tarih ve Bilim Felsefesi Arasındaki Bağlantılar* adlı yazısında Kuhn'a göre tarih "sadece günlük olayların yazımı, olguların oluş sırasına göre düzenlenmiş koleksiyonu değil "bilimin ussal bir yeniden-kurulması için olası bir kaynak"tır."<sup>19</sup> Kuhn *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*'nin girişinde, egemen bilim imgesinde temelden dönüşüme yol açacak şeyin tarihin bir anlatı deposu ve yalnızca zaman dizimi olarak görülmemesi olduğunu söyler.<sup>20</sup> Arslan, *Epistemik Cemaat* adlı çalışmasında Kuhn'a ayrıcalıklı bir konum verir. Arslan'a göre genel olarak "bilim" özel olarak ise "bilimsel bilgi" deki köklü dönüşümlerin gerisinde *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*'nin yarattığı etki vardır. Hatta bu etki, bazı sosyologların disiplinin tarihini "Kuhn öncesi" ve "Kuhn sonrası" olarak iki döneme ayırmalarına bile neden olmuştur.<sup>21</sup> Bundan dolayı *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, tarihsel eğilimi olan filozoflar için benzersiz bir ilham kaynağıdır.<sup>22</sup> Yine *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, bilim

<sup>14</sup> İzzet Metcan, *Thomas Kuhn'un Bilim Anlayışı ve Paradigma Kavramı*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul 1993, s. 40.

<sup>15</sup> Erdoğan, *Aristoteles'ten Newton'a Paradigmatik Bilim Tarihi*, s. 10.

<sup>16</sup> Morkoç, "Paradigmasız Devrim: Yapı'dan Sonraki Yol Üzerine Bir Değerlendirme", s. 35.

<sup>17</sup> Thomas S. Kuhn, *Asal Gerilim*, çev. Yakup Şahan, Kabalcı Yayınevi, İstanbul 1994, s. 34.

<sup>18</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 46.

<sup>19</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 38.

<sup>20</sup> Thomas S. Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, çev. Nilüfer Kuyaş, Kırmızı Yayınları, İstanbul 2008, s. 71.

<sup>21</sup> Hüsamettin Arslan, *Epistemik Cemaat: Bir Bilim Sosyolojisi Denemesi*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul 1991, s. 67.

<sup>22</sup> Wesley C. Salmon, "Rationality and Objectivity in Science or Tom Kuhn Meets Tom Bayes",

sosyologları tarafından diğer kitaplardan daha fazla alıntılanmıştır.<sup>23</sup> Kuhn *Keşif Mantığı mı Araştırma Psikolojisi mi?* adlı yazısında, klasik pozitivistizmin en karakteristik bazı tezlerine karşı almış olduğu konumu Popper ile kurduğu ortaklık üzerinden şu şekilde aktarır:

İkimiz de, bilimsel araştırma ürünlerinin mantıksal yapısından ziyade, bilimsel bilginin kazanılmasını sağlayan dinamik süreçle ilgileniyoruz. Bu yüzden, ikimizde olguları ve aynı zamanda fiili bilim yaşamının ruhunu meşru veriler olarak vurguluyor, bunları bulmak için de çoğu zaman tarihe yöneliyoruz. Paylaşılan verilerin oluşturduğu bu havuzdan, birbirinin aynı birçok sonuç çıkarıyoruz. İkimiz de bilimin birikim yoluyla ilerlediği görüşünü reddediyor, buna karşılık, eski bir kuramın reddedilip yerine onunla bağdaşmayan yeni bir kuramın geçirildiği devrim sürecini vurguluyoruz. Mantık, deney veya gözlemin ortaya çıkardığı güçlüklerle göğüs germede eski kuramın ara sıra başarısız olmasının bu süreçte oynadığı rolün altını kalın çizgilerle çiziyoruz. Son olarak, ikimiz de klasik pozitivistizmin en karakteristik bazı tezlerine karşı çıkıyoruz.<sup>24</sup>

Buraya kadar ifade edilenler Kuhn'un bilim anlayışının, pozitivist anlayışa karşı geliştirilen eleştiriler neticesinde şekillendiğini göstermektedir. Buna göre Kuhn'un tarihsel yaklaşıma dayalı bilim imgesinin, pozitivistizmin sunduğundan radikal bir şekilde ayrıldığı anlaşılmaktadır. Özellikle şu noktalardan dolayı bu ayrımın derin olduğu söylenebilir: Rasyonalist, birikimci, ürün odaklı, deney ve gözleme dayalı, sadece olgusal olanı inceleyen ve nesnel bilgiye ulaşmayı hedefleyen pozitivist bilim imgesinden farklı olarak Kuhn; psikolojik, sosyolojik, metafiziksel faktörlerden etkilenen, devrimci şemaya sahip olan, süreç odaklı, uzlaşım dayalı ve bilimleri tarihsel yöntemle ortaya çıktıkları zamanın şartlarına göre inceleyen bir bilim imgesi geliştirmiştir. Salgar'a göre Kuhn, ileri sürdüğü argümanlarıyla geleneksel bilim anlayışının dönüşmesine neden olmuştur.<sup>25</sup> Demir açısından Kuhn, bilimsellik anlayışı üzerinde kelimenin tam anlamıyla bir devrim yaratmıştır.<sup>26</sup> Denктаş ise Kuhn'un çabasını, pozitivist ve modernist bilim anlayışına karşı çıkararak bu anlayışa bir alternatif üretme çabası olarak nitelendirmiştir.<sup>27</sup>

Kuhn'un sunduğu yeni bilim imgesinin en önemli kavramının "paradigma" olduğu söylenebilir. Çünkü geleneksel bilim imgesinin olgu öncelikli yönelimini

---

*Scientific Theories*, ed. C. Wade Savage, University of Minnesota Press, Minneapolis 1990, s. 175.

<sup>23</sup> Samian, "The Impact of Kuhn's Structure of Scientific Revolutions on Sociology of Science" s.125.

<sup>24</sup> Thomas S. Kuhn, "Keşif Mantığı mı Araştırma Psikolojisi mi?", *Eleştiri ve Bilginin Gelişmesi*, der. İmre Lakatos ve Alan Musgrave, İthaki Yayınları, İstanbul 2017, ss. 7-8.

<sup>25</sup> Ercan Salgar, "Kuhn'un Bilim Tasarımında Değerlerin Yeri ve Önemi", *Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı: 22, 2016, s. 390.

<sup>26</sup> Demir, *Bilim Felsefesi*, s. 48.

<sup>27</sup> Abdurrahman Denктаş, "Thomas Kuhn'un Bilim Anlayışı Üzerine", *Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3/1, 2015, s. 28.

yadsıyan Kuhn, bilimsel etkinlikte önceliği paradigmaya verir.<sup>28</sup> O, paradigma düşüncesiyle bulunduğu anti-pozitivist geleneği güçlendirmiştir.<sup>29</sup> Kuhn, paradigma görüşüyle geleneğe bağlılık ve insanın eylemlerinin toplumsal yapı üzerindeki etkisini vurgulayan yeni bir anlayışa katkı sağlamıştır.<sup>30</sup> O halde Kuhn'un pozitivist anlayışa karşı eleştirel bir tavırla karakterize olan bilim imgesinin temellerini, paradigma kavramı üzerine inşa ettiği söylenebilir.

Kuhn'un araştırmalarında, paradigma kavramının ne kadar önemli bir olgu olduğunu farketmesine toplum bilimciler ile doğa bilimciler arasındaki farklar konusunda hiç beklemediği bazı sorunlarla karşılaşması neden olmuştur. Buna göre toplum bilimciler arasında geçerli sayılabilecek bilimsel sorunlar ve yöntemler hakkında anlaşmazlıkların çokluğu ve kapsamı karşısında şaşırarak Kuhn, doğa bilimcilerinin benzer sorulara daha kalıcı yanıtlarının olmadığından kuşkulandı. İşte bu farkın kaynağını bulma isteği Kuhn'a bilimsel araştırmada paradigma diye adlandırdığı olgunun ne kadar önemli bir rol oynadığını farketmesini sağlamıştır. Kuhn bu bağlamda paradigmaları, "bir bilim çevresine belli bir süre için bir model sağlayan, yani örnek sorular ve çözümler temin eden, evrensel olarak kabul edilmiş bilimsel başarılar şeklinde" tanımlamıştır. Kuhn başlangıçta bir deneme olarak nitelendirdiği çalışmasında temel amacının bilinen verilerin algılanışına ve değerlendirilişine bir değişiklik getirmek olduğunu belirtir. Bu amaçla hareket eden Kuhn, tarihsel kanıtlar sunmak için biyoloji ve yaygın olarak fizik alanından hareket eder. Ona göre bu yeni bilim görüşü, bazı araştırma türlerinin hem tarihsel hem de sosyolojik açıdan gizil (potansiyel) bir verimliliği olduğunu akla getirmektedir.<sup>31</sup> Dolayısıyla Kuhn'un paradigma eksenli bilim anlayışı, araştırmacının ele aldığı konuyu tarihsel ve sosyolojik yönleriyle birlikte değerlendirmesini gerektirir. Paradigmanın bir bilim çevresine belli bir süre için model sağlayan evrensel başarılar olduğu bilgisinden hareketle, bu bilim görüşünde hem bilim çevresinin hem de bu çevreye model sağlayan bilimsel başarıların yani paradigmaların zamanla değiştiği anlaşılmaktadır. O halde Kuhn'un bilim anlayışında bilim tarihi, paradigmaların değişmesinin tarihidir. Her bir paradigma kendinden önceki paradigmanın yerine

---

<sup>28</sup> Salgar, "Kuhn'un Bilim Tasarımında Değerlerin Yeri ve Önemi", s. 392.

<sup>29</sup> Turkan, F. Orman, "Paradigm" as a Central Concept in Thomas Kuhn's Thought", *International Journal of Humanities and Social Science*, 6/10, 2016, s. 47.

<sup>30</sup> Nejat Bozkurt, *20. yüzyıl Düşünce Akımları: Yorumlar ve Eleştiriler*, Sarmal Yayınevi, İstanbul 1998, s. 375.

<sup>31</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 64-66.

gelir ve bilimsel devrim yaşanmasına neden olur. Bu bilimin birikerek ilerlediği görüşünden farklı olarak devrimsel bilim şemasını gerektiren bir bilim anlayışıdır. Çünkü değişen her paradigmayla birlikte bilim topluluğunun yöntem, kavram ve inançlarında da belli oranda değişim meydana gelir. Sonuçta paradigma kavramı bağlamında değerlendirilen bir kuram öncelikle kendini oluşturan ögeler bağlamında tarihsel, sosyal, psikolojik çerçeveye sahip olur daha sonra kendini diğer kuramlardan ayıran özgün konumuna kavuşur.

Kuhn'un paradigma eksenli bilim anlayışı bağlamında değerlendirilmesi gereken kuramlardan biri: Kuantum mekaniğidir. Çünkü kuantum mekaniği, bilim tarihinin en dikkat çeken kuramlarından biridir. Bunun en önemli nedeni, kuantum mekaniğinin klasik mekanikle ile yaşadığı derin ayrılıktır. Özellikle klasik mekaniğin yönlendirdiği dünya görüşü, kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasıyla birlikte sarsılmaya başlamıştır. Böylece kuantum mekaniği, 20. yüzyılda fizik alanında meydana gelen bir bilimsel gelişme olmasına rağmen bilimden felsefeye, ekonomiden siyasete kadar pek çok alanda önemli dönüşümler yaşanmasına neden olmuştur. Çünkü klasik mekaniğin mantıksal ve determinist ilkelerinin yerini kuantum mekaniğinde sağduyuya uygun olmayan ilkeler almaya başlamıştır. İşte bu bağlamda kuantum mekaniğinin taşıdığı bilimsel değer ve sahip olduğu devrimsel şema, kendini en iyi şekilde Kuhn'un paradigma kavramı bağlamında yapılacak bir değerlendirme üzerinden sunacaktır. Böylece kuantum mekaniğinin bilimsel çerçevesi, paradigma anlayışının gerektirdiği bazı ögeler bağlamında çizilebilecektir. Daha sonra eski bir bilim yapma geleneği olan klasik mekaniğin yerini alan kuantum mekaniğinin devrimsel şeması ve özgün konumu belirlenebilecektir. Böylece kuantum mekaniğini ilerlemeci, doğrusal, birikimci ve rasyonel bilim anlayışının dışında yeni bir bakış açısıyla inceleme imkanı elde edilecektir.

Dolayısıyla bu tezin amacı: Kuhn'un paradigma kavramı bağlamında kuantum mekaniğinin devrimsel şemasını ve çerçevesini değerlendirmektir. Bu amaçla birinci bölümde, ilk olarak paradigmanın anlamına yönelik bir inceleme yapılacak daha sonra Kuhn'un bilimsel gelişim düşüncesi paradigma kavramı ekseninde bilimsel dönemlere ayrılacaktır. İkinci bölümde, Kuhn'un paradigma anlayışının kuantum mekaniğine uyarlanması üzerine odaklanılacaktır. Bunun için öncelikle tarihsel bir yaklaşımla kuantum mekaniğinin paradigma eksenli bilimsel gelişim dönemleri belirlenmeye çalışılacaktır. Daha sonra kuantum mekaniğinin nasıl bir mesleki kalıba

sahip olduğunu göstereceği düşünölen ve paradigmanın anlamsal sorgulamasından elde edilmiş bazı bağlamlar, kuantum mekaniğinde tespit edilmesi denenecektir.

## 2. KUHN'UN PARADİGMA KAVRAMI VE BİLİM TASARIMI

### 2.1. “Paradigma” Kavramı Üzerine İnceleme

Paradigma kavramı, kökenini Yunanca “paradeigmata” sözcüğünden almaktadır.<sup>32</sup> Metcan, paradigmanın ilk kez Platon tarafından kullanıldığını belirtir.<sup>33</sup> Platon düşüncesinde “paradeigmata”nın “kusurlu duyuşsal varlıklarla onların ilkörneği” anlamına geldiği ifade edilir.<sup>34</sup> İlgili kavram özellikle Platon’un *Timaios*’unda bir heykeltraşın modelini ve *Politeia*’sında dünyasal şeylerin kendilerine bakılarak yapıldığı tanrısal örnekleri, Aristoteles’in *Metafizik*’inde ise Platon’un idealarını anlatmak için kullanılır.<sup>35</sup> Türkçe’de paradigmanın anlamını tam olarak karşılayan bir kavram bulunmamaktadır.<sup>36</sup> Türk Dil Kurumu paradigmayı örnek, dizi, değerler dizisi sözcükleriyle ilişkilendirir.<sup>37</sup> Merriam-Webster sözlüğünde ise paradigma; son derece açık veya tipik bir örnek veya arketip, bir sözcüğü tüm çekim biçimlerinde gösteren bir çekim örneği, bir bilim okulunun ya da disiplinin felsefi veya teorik çerçevesi anlamlarına gelmektedir.<sup>38</sup> Yine Cevizci paradigmayı genel olarak ideal tip, örnek veya model; özel olarak bilimde bilim adamına fenomenleri açıklama imkanı veren kavramsal çerçeve, teori veya ideal teori olarak açıklar.<sup>39</sup> Vardar ise dilbilim bağlamında yaptığı açıklamada paradigmayı: “Aynı sözdizimsel bağlam içinde birbirinin yerini alabilecek olan ve gücül bir karşıtlık bağıntısı kuran öğelerin oluşturduğu bütün” olarak ifade eder.<sup>40</sup> Bu açıklamalar neticesinde paradigmanın günümüzden Antikçağ’a kadar uzanan bir geçmişe, ayrıca dilbilimden bilime kadar geniş bir kullanım alanına sahip olduğu görülür. Orman’ın dikkat çektiği üzere, bugün bile paradigmanın anlamının çok tartışmalı olduğunu belirtmekte fayda vardır.<sup>41</sup> Çünkü paradigmanın uzunca bir

<sup>32</sup> Metcan, *Thomas Kuhn’un Bilim Anlayışı ve Paradigma Kavramı*, s. 84.

<sup>33</sup> Metcan, *Thomas Kuhn’un Bilim Anlayışı ve Paradigma Kavramı*, s. 87.

<sup>34</sup> Yasin Karaman, *Ontolojinin Sınırları: Platon’un Khôra Kavramı*, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara 2019, s. 80.

<sup>35</sup> Kudret Emiroğlu ve Suavi Aydın, *Antropoloji Sözlüğü*, Bilim ve Sanat Yayınları, Ankara 2003.s. 674.

<sup>36</sup> Cengiz Anık, “Yöntembilimsel Boyutuyla Paradigma”, *Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Bilimler Dergisi*, 6/1, 2016, s. 33.

<sup>37</sup> Türk Dil Kurumu Sözlükleri, <https://sozluk.gov.tr/> (Erişim: 05.03.2021).

<sup>38</sup> Merriam-Webster, <https://www.merriam-webster.com/> (Erişim: 23.08.2021).

<sup>39</sup> Ahmet Cevizci, *Paradigma: Felsefe Sözlüğü*, Paradigma Yayıncılık, İstanbul 2005.

<sup>40</sup> Berke Vardar, *Açıklamalı Dilbilim Terimleri Sözlüğü*, Multilingual Yabancı Dil Yayınları, İstanbul 2007, s. 79.

<sup>41</sup> Turkan, F. Orman, ““Paradigm” as a Central Concept in Thomas Kuhn’s Thought”, *International*

tarihe ve genişçe bir etki alanına sahip olması, söz konusu kavram hakkında tek bir tanım yapmayı zorlaştırmaktadır. Paradigma hakkındaki bu kısa değerlendirmeden sonra kavramın Kuhn düşüncesindeki yeri ve önemi üzerine inceleme yapılabilir.

Öncelikle belirtmek gerekir ki Kuhn düşüncesinde paradigmanın anlamına dair kesin bir açıklama yapmak oldukça güçtür. Bu durum, paradigmanın anlamı üzerine derinlemesine bir inceleme yapmayı gerekli kılar. Kuhn, paradigma hakkında ilk kapsayıcı görüşlerini 1962 yılında yayımlanan eseri *Bilimsel Devrimlerin Yapısı* 'nda sunmaktadır. Daha sonraki dönem, kavramın adı geçen eserdeki kullanımına dair yapılan eleştiriler neticesinde belirginleşmiştir.

### 2.1.1. Bilimsel Devrimlerin Yapısı'nda Paradigma

*Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, Kuhn'un tüm kariyerinin en etkili eseri olarak nitelendirilebilir. Bu eser gücünü 1962 tarihli ilk baskısındaki içeriğinden, sonrasında Kuhn'un görüşlerini büyük ölçüde şekillendirmeye devam etmesinden ve döneminin bilim çevrelerince hem önemli bir başyapıt hem de eleştiri oklarının doğrultulduğu bir hedef olarak görülmesinden almaktadır. Bundan dolayı *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, 20. yüzyılın en önemli eserlerinden biridir. Adı geçen eser, Kuhn'un bilim tarihi ve bilim felsefesi çalışmalarının önemli bir bölümünü sunmaktadır. Eser, özellikle bilimlerin doğasına ilişkin benzersiz çözümler yapmaya odaklanmıştır.

Kuhn'un bilimsel devrimlerin doğasına ilişkin bütün genel görüşü "paradigma" kavramına dayanır.<sup>42</sup> O, bu kavramı ilk kez 1959 yılında yayımladığı *Asal Gerilim: Bilimsel Araştırmada Gelenek ve Yenilik* adlı bildirisinde kullanmıştır. Kuhn, dil eğitimi alan öğrencilerin öğrenmelerinde kullandıkları standart kalıbın "paradigma" terimiyle ifade edildiğini belirterek, bu terimi standart bilimsel sorunlara yaymıştır. Ona göre "paradigma" terimi *Asal Gerilim*'e bu kullanımıyla girmiştir. Paradigma başlangıçta, bilimsel devrimler görüşünde olağan bilimle ilgili bölümü yazmaktaki zorluğu kaldıran bir eksik öge olarak Kuhn düşüncesine girmişse de sonrasında kendiliklerinden bir yaşam sürmeye başlamışlardır.<sup>43</sup> Bu kavram, hem Kuhn'un düşüncesinde hem de bilim felsefesi ve bilim tarihi çalışmalarında etkili temel kavramlar arasında sayılmalıdır. *Bilimsel Devrimlerin Yapısı* 'nda, kavramın

---

*Journal of Humanities and Social Science*, 6/10, 2016, s. 47.

<sup>42</sup> Margaret Masterman, "Paradigmanın Doğası", *Eleştiri ve Bilginin Gelişmesi*, der. İmre Lakatos ve Alan Musgrave, İthaki Yayınları, İstanbul 2017, s. 83.; Ümit Öztürk, "Thomas Kuhn' un Paradigma Kavrayışı Üzerine Analitik Bir İrdeleme", *Kaygı*, Sayı: 19, 2012, s.176.

<sup>43</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 277.

anlamına yönelik tek bir tanım yapmak güçtür. Metcan, paradigmanın bazen yalın ve somut olarak ortaya konulduğunu bazen de son derece karmaşık ve belirsiz görünüme sahip olduğunu düşünür.<sup>44</sup> Dolayısıyla paradigmayı tek bir tanımla sınırlandırmanın güçlüğü karşısında, kavramın ön plana çıkan bazı anlamları üzerinde durulabilir.

Paradigma kavramı, bilim felsefesi tartışmalarına Kuhn'un sosyolojik bir bakış açısıyla farklı toplumları irdelemesi sonucunda girmiştir.<sup>45</sup> Daha öncede belirttiği gibi özellikle toplum bilimcilerin bilimsel sorun ve yöntemler hususundaki anlaşmazlıklarının çokluğu, Kuhn'un dikkatini çeker. Kuhn, toplum bilimcileri meşgul eden bu problemlere doğa bilimcileri tarafından da daha kalıcı ve daha sağlam yanıtların geliştirilmediğini düşünür. İşte toplum bilimciler ile doğa bilimcileri arasındaki bu farklılığı irdelemesi, Kuhn'a bilimsel araştırmada paradigmanın çok önemli bir olgu olduğunu fark ettirir. Buna göre paradigma; "bir bilim çevresine belli bir süre için bir model sağlayan, yani örnek sorular ve çözümler temin eden, evrensel olarak kabul edilmiş bilimsel başarılar"dır.<sup>46</sup> O halde paradigmanın ilk olarak "bilimsel başarı" anlamına geldiği söylenebilir. Bu tarz başarılar, aynı zamanda bir bilim çevresine araştırmaları boyunca karşılaştıkları problemleri çözmek için başvuracağı örnekleri sunması bakımından sosyolojik bir işleve de sahiptir.

Daha sonra paradigmanın bu ilk anlamından hareketle yeni bir kullanımı ortaya çıkar. Bilim topluluğuna problemlerini çözmesi noktasında başvurması gereken örnekleri sunan paradigma, bunu topluluk üyeleri arasındaki uzlaşmayı sağlayarak gerçekleştirir. Bu işleviyle paradigma, "belirli bir topluluğun üyelerini birarada tutar ve onlara ilerideki çalışmaları için model sağlar."<sup>47</sup> Hatta Bozkurt açısından Kuhn'un paradigmayı kullanmasındaki temel amaç, bilimcilerin zamanla nasıl uzlaştıklarını göstermektir.<sup>48</sup> Bilim topluluğunun aynı paradigma altında çalışarak uzlaşmaları, öğrenciliklerinden beri almış oldukları eğitim ve ders kitapları aracılığıyla sağlanır. Bu sayede öğrenci, gelecekte uygulama yapacağı bilim topluluğunun üyesi olmaya

---

<sup>44</sup> Metcan, "Thomas Kuhn' un Bilim Anlayışı ve Paradigma Kavramı", s. 87.

<sup>45</sup> Öztürk, "Thomas Kuhn' un Paradigma Kavrayışı Üzerine Analitik Bir İrdeleme", s. 177.

<sup>46</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 63-64.

<sup>47</sup> Metcan, "Thomas Kuhn' un Bilim Anlayışı ve Paradigma Kavramı", s. 90.

<sup>48</sup> Erkan Bozkurt, *Thomas Kuhn'un Bilimsel İlerleme Kavrayışının Değerlendirilmesi*, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir 2016, s. 14.

hazırlanır.<sup>49</sup> O halde bir paradigmanın varlığını sürdürmesi, bilim topluluğunun sağladığı uzlaşmayla mümkündür. Her bilim adamının bilimsel faaliyetleri esnasında meslektaşlarıyla bu şekilde bir uyum yakalama çabasının, bilimde aynı geleneğin mensubu olmalarının bir gereği olduğu söylenebilir. Uzlaşmanın sağlanamadığı durumlarda ise paradigmadan beklenen başarının gerçekleşme ihtimali oldukça zorlaşır. Hal böyle olunca bir paradigmanın bir bilimsel gelenekle aynı işleve sahip olduğu söylenebilir. Keza, Masterman'ın paradigmanın anlamlarından birini “bütün bir gelenek ve bir anlamda bir model olarak”<sup>50</sup> tanımlaması bu düşüncüyü güçlendirmektedir.

Bir bilimsel başarının, paradigma olarak kabul edilmesinin ders kitaplarının taşıdığı bazı şartlara bağlı olduğu belirtilmelidir. Buna göre bilimsel araştırmanın yürütülmesinde önemli öğelerden biri, klasik yapıt niteliğindeki ders kitaplarıdır. Bu yapıtlar, bilimsel başarıların nesiller boyunca aktarılmasını sağlar. Bunu özellikle hem başarılı uygulamaların birçoğunu örnek olarak vererek hem de uygulamaları örnek gözlem ve deneyle karşılaştırarak gerçekleştirirler. Bilimsel araştırmada bir ders kitabının bu denli bir etkiye sahip olabilmesi için şu iki özelliği taşıması gerekmektedir:

Her birinin temsil ettiği başarı ya da ilerleme, rakip bilimsel etkinlik tarzlarına bağlanmış olanları çevrelerinden koparıp kendilerine çekecek kadar yeni ve benzersizdi. Aynı zamanda da, çeşitli birçok sorunun çözümünü, yeniden oluşacak bir topluluğun ilerideki çabalarına bırakacak kadar açık uçlu idi, yani daha da yeni gelişmelere açıktı.<sup>51</sup>

Dolayısıyla bu iki işleve sahip ders kitaplarını Kuhn paradigma olarak tanımlamaktadır. Bu noktada, ders kitaplarında kendini gösteren bir şey olarak paradigmanın bir başka anlamı belirir. Bunlar; yarı-standartlaşmış ve tekrarlı bir dizi örnek olarak paradigmalardır. Özellikle belli bir zamandaki uzmanlık dalının yakından incelenmesi sonucunda ortaya çıkan bu anlamıyla paradigmalar; çeşitli kuramların gözlem, kavram ya da deney bakımından nasıl uygulandıklarını gösterir. Yarı-standartlaşmış ve tekrarlı bir dizi örnek; bilimsel topluluğun konferansları, ders kitapları ve laboratuvar problemleri sayesinde kendini gösterir.<sup>52</sup> Zaten paradigma, “kabul görmüş olan bir model ya da örnek” anlamına gelen yerleşik kullanımıyla Kuhn'un çalışmalarında uygun bulup kullandığı bir kavramdır. Bu kullanımıyla

<sup>49</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 82.

<sup>50</sup> Masterman, “Paradigmanın Doğası”, s. 84.

<sup>51</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 81-82.

<sup>52</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 123.

paradigma “her biri ilke olarak kendi yerine kullanılabilir sayısız örneğin türetilmesini” sağlar. Dilbilgisinden örnek vermek gerekirse Latince’de “amo, amas, amat” şablonu fiillerin nasıl çekimlendiğini gösterdiği için bir paradigmadır. Bu şablondan hareketle “laudo, laudas, laudat” ve daha başka sözcükler türetilir. Fakat Kuhn, yaygın kullanımıyla “örnek” ya da “model anlamına gelen paradigmanın bilim alanına uygulanması söz konusu olduğunda bu tarz bir türetim kalıbı olarak kullanılmasının seyrek görüldüğünü vurgular. Bunun yerine tıpkı hukukta kabul edilmiş hakim kararları gibi, yeni ya da zorlayıcı koşullar olduğunda daha özgül ya da daha ayrılmış hale getirilecek bir model olarak kullanılır.<sup>53</sup>

Paradigma kavramına dair bir başka çıkarıma ise birikimci bilimsel gelişim anlayışıyla hareket eden bir bilim tarihçisinin karşılaştığı güçlüklerle karşı alabileceği tavırdan ulaşıldığı söylenebilir. Buna göre bilim tarihçisi çağdaş kuramların ne zaman ve kim tarafından keşfedildiği ve modern bilim metinlerinin oluşmasını engelleyen efsane, inanç ve yanlışları tespit etmek gibi işlevleri yerine getirmekte zorlanmaktadır. Bu durumda bilim tarihçisi iki seçenek ile karşılaşır. İlkinde geçmişteki inançlara, efsane gözüyle bakarsa bugünün yöntem ve mantığının da açık bir şekilde efsaneler üretebileceğini görür. Oysa zamanı geçmiş kuramların bilimsel olmadıklarını söylemek doğru değildir. İkincisinde ise bunlara bilim derse bu durumda bilim bugün sahip olduklarımızla örtüşmeyen inanç topluluklarını kapsayacaktır. Kuhn’a göre bilim tarihçisi böyle bir durumda ikinciyi seçmelidir.<sup>54</sup> O halde Kuhn açısından her bilim topluluğu birbirinden farklı olsa bile kendi içinde belli bilimsellik örüntüsüne sahip olmalıdır. Zaten Kuhn açısından ussal olanların yanında ussal olmayan öğelerin bir arada bulunduğu etkinlik bilimdir.<sup>55</sup> Dolayısıyla paradigmayı bir bilim topluluğunun belli bir süre için bilimsel araştırmalarını yürütmesine rehberlik eden “inançlar” olarak değerlendirebilmek mümkündür.

Son olarak paradigmanın “algılama kalıbı” olarak kullanılması dikkat çekmektedir. Paradigmanın bu işlevini açıklamak için Kuhn, gestalt psikolojisindeki algılama kalıpları ile paradigmanın işlevleri arasında benzerlik kurar. Barnes’in belirttiği gibi “gestalt”: “Oluşturduğu parçalar ve ilişkiler toplamı ile açıklanamayan;

---

<sup>53</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 97-98.

<sup>54</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 72-73.

<sup>55</sup> Ezgi Ece Çelik, “Thomas S. Kuhn”, *1900’den Günümüze Büyük Düşünürler*, ed. Çetin Veysal, C. 3, Etik Yayınları, İstanbul 2010, s. 390.

bunun üstüne bir bütünlüğü olan görünüm ya da yapı” anlamına gelir.<sup>56</sup> Kuhn’a göre;

...Kâğıt üzerinde ilk önce kuş olarak görülen mürekkep şekiller şimdi de bir gevik olarak görülür ya da tam tersi olur. Ancak kurulan bu koşutluk yanıltıcı olabilir. Bilim adamları bir nesneyi başka bir nesne olarak görmezler. Onların yaptığı sadece görmektir... Buna ilaveten, bilim adamı geştalt görüşündeki öznenin sahip olduğu, değişik görme tarzları arasında gidip gelme özgürlüğüne sahip değildir. Bununla birlikte, bugün herkesçe bilinen bir konu olduğu için geştalt yani algılama kalıplarındaki değişim örneği, büyük çapta bir paradigma değişikliğinde meydana gelen süreci anlamakta başlangıç için yararlı olabilir.<sup>57</sup>

Bu ifade gösterir ki Kuhn açısından bir paradigmadan diğerine geçildiği vakit bilim adamının doğayı algılama tarzı farklılaşır. Çünkü her paradigma, bilim adamına doğayı kendi kalıbına uygun bir şekilde algılamasını dikte etmekte gibidir. Bundan dolayı her bir algılama kalıbının, yeni bir paradigmaya işaret etmesi gerekir.

Görülür ki *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’nda paradigmanın anlam ve kullanımına dair bu çoklu kullanımlar, kavram hakkında tek bir yargıda bulunmayı zorlaştırmaktadır. Değerlendirmeye birlikte elde edilen sonuçların birbiriyle olan anlamsal ve işlevsel yakınlığı ise yine paradigmanın doğasını anlama noktasında önemli bir zorluk derecesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Yani kavramın bilimsel başarı, model, gelenek, ders kitapları, inançlar ve algılama kalıbı anlamlarındaki kullanımı birbirlerinden tam anlamıyla soyutlanamamaktadır. Yine de bütün bu kullanımlardan hareketle, paradigma ile ilişkili olduğu düşünülen her kullanımın bilim topluluğu ile olan bağlantısı dikkat çekmektedir.

### 2.1.2. Paradigmanın Geniş Anlamı: “Disipliner Matris”

Kuhn düşüncesinin en çok evrilen yanı, paradigmadır. Hatta kendisi bile *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’nın hala tartışılan ve okunmakta olan bir eser olmasının nedenini, paradigma kavramı olarak gösterir.<sup>58</sup> Bu kavramın, bilim çevrelerince büyük bir etki uyandırmasının birden fazla nedeni olabilir. Fakat özellikle bazı eleştiriler, paradigmanın anlamı hakkında yeniden düşünmeyi gerektirmiştir.

Kuhn’a göre paradigmaya yönelik güçlü eleştirilerden birini, daha sonra kensinin bile kavram hakkındaki görüşlerinin şekillenmesine önemli katkı sağlayan, Margaret Masterman geliştirmiştir.<sup>59</sup> Masterman, *The Nature of a Paradigm* adlı

<sup>56</sup> Barry Barnes, *T. S. Kuhn ve Sosyal Bilimler*, çev. Hüsamettin Arslan, ed. Mihriban Şenses, Paradigma Yayınevi, İstanbul 2008, s.71.

<sup>57</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 177.

<sup>58</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 351.

<sup>59</sup> Thomas S. Kuhn, “Eleştirilerim Üzerine Düşüncelerim”, *Eleştiri ve Bilginin Gelişmesi*, der. İmre Lakatos ve Alan Musgrave, İthaki Yayınları, İstanbul 2017, ss. 292-293.

yazısında Kuhn'un paradigma kavramına dair derinlemesine bir inceleme sunmaktadır. Bu kavramın geçerli bir tanımını yapmanın gerekçesini felsefi açıdan önemli, bilimsel açıdan ise acil olarak nitelendiren Masterman kavramın taşıdığı çoklu tanımı bir zorluk olarak belirtmekte ve Kuhn'un *Bilimsel Devrimlerin Yapısı* adlı eserinden hareketle paradigmanın yirmi birden fazla tanımı olduğunu belirtmektedir. Masterman, belirlediği anlamları üç grupta sınıflandırır; (1) metafiziksel paradigmlar ya da metaparadigmlar, (2) sosyolojik paradigmlar, (3) artifakt ya da yapı paradigmları.<sup>60</sup> Kuhn *Sönsöz, Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim, Paradigmlar Üzerine İkinci Düşünceler* adlı yazılarında kendisine yöneltilen eleştirilere karşı cevap vermeye çalışır. Kuhn açısından Masterman, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*'nda paradigmanın ele alınış şeklinin kafa karışıklığına neden olduğu yönündeki eleştirisinde haklıdır.<sup>61</sup> Buna göre paradigmanın tanımı hakkında ortaya çıkan çok anlamlılığın nedeni, üslup tutarsızlığıdır.<sup>62</sup> Tıpkı Masterman gibi başka isimlerinde, paradigmanın anlamına yönelik eleştiriler geliştirdiği Kuhn'un şu ifadelerinden anlaşılmaktadır: "Kitaba yakınlık duyan ya da duymayan eleştirmenler, terimin kullanılmış olduğu çok büyük sayıdaki değişik anlamların altını çizmekte oybirliği etmişlerdir."<sup>63</sup> Paradigmanın değişik anlamlarının altını çizen isimlerden biri Dudley Shapere'dir. O, *The Structure of Scientific Revolutions* adlı yazısında konu hakkındaki görüşlerini belirtir. Buna göre Kuhn'un paradigma terimi; modeller, standartlar, belirsiz sezgiler, açık veya örtük metafizik inançlar gibi bir dizi faktörü kapsar. Yani bilime başarı sağlayan herhangi bir şey, paradigmanın bir parçası olabilir.<sup>64</sup> Yine Allori *Quantum Mechanics and Paradigm Shifts* adlı yazısında, paradigmanın tanımının karmaşık olduğunu ve iyi anlaşılmadığını belirterek kavramın taşıdığı üç özelliği; dünya görüşü, metodoloji, kavramsal çerçeve olarak belirler.<sup>65</sup> Tüm bu eleştiriler, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*'nın paradigmanın kullanımına dair muğlak bir anlatıma sahip olduğunu göstermektedir. Kuhn'un entelektüel kariyeri boyunca bu güçlüğü aşmak için önemli uğraşlar verdiği görülmektedir.

---

<sup>60</sup> Margaret Masterman, "The Nature of a Paradigm", *Criticism and the Growth of Knowledge: Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science*, eds. I. Lakatos and A. Musgrave, Cambridge: Cambridge University Press, London 1965, ss. 60- 65.

<sup>61</sup> Kuhn, "Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim", s. 292.

<sup>62</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 290.

<sup>63</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 352.

<sup>64</sup> Dudley Shapere "The Structure of Scientific Revolutions", *Philosophical Review*, 73/3, 1964, s. 385.

<sup>65</sup> Valia Allori, "Quantum Mechanics and Paradigm Shifts", *Topoi*, 34/2, 2015, s. 314.

Bu eleştiriler sonucunda Kuhn, paradigma kavramını derinlemesine inceler. Ona göre paradigmanın ilk ele alınış tarzından kaynaklanan muğlaklığın nedeni, kısır döngülü bir tanıma sahip olmasıdır. Buna neden olan durum paradigmanın bilimsel topluluk üyelerinin paylaştığı şey, bilimsel topluluğun ise bir paradigmayı paylaşan kişilerin oluşturduğu camia olarak tanımlanmasıdır.<sup>66</sup> Böylece Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*'nda bilim topluluğunun paylaştığı şey olarak tanımlanan paradigmanın, bu ilk anlamından doğan sonucu birkaç sonucu peşinden getiren bir dairesellik olarak niteler.<sup>67</sup> Dolayısıyla paradigmanın sağlıklı bir tanımının yapılabilmesi için kavramın bilim topluluğuyla ilişkisinin ne olduğu tespit edilmelidir. Bu prensiple hareket eden Kuhn, bilim topluluğunun paradigma kavramından önce tanımlanması gerektiği kanısına varır. Çünkü paradigmanın ne olduğu, ancak bilim topluluğunun yapısı incelenerek ortaya çıkartılmalıdır. Hatta Kuhn konu hakkındaki kararlılığını, şayet *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*'ni yeniden yazıyor olsaydı, kitaba bilim topluluğunun yapısını ele alacak bir tartışma ile başlamayı tercih edeceğini belirterek gösterir.<sup>68</sup> Gerçekten de *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*'nda kavramın kullanımına dair geliştirilen tanımların ortak noktası, bir bilim topluluğunun yapısıyla ilişkilendirilebilecek açıklamalar içermesidir. Benzer şekilde Barnes açısından Kuhn'un odağını, problem çözümü ya da paradigmanın kullanımında birleşen bilim adamları grubu oluşturmaktadır.<sup>69</sup> Dolayısıyla paradigmanın anlamına dair doğru çıkarımlara ulaşmak için bilim topluluğunun paradigma kavramından önce açıklanması gerekir. O halde Kuhn'un belirttiği üzere paradigma teriminin başarılı bir biçimde açıklanması, bilimsel topluluğun bağımsız bir varoluşa sahipmiş gibi bilinmesinden geçer.<sup>70</sup>

Kuhn, paradigmanın bu ilk ele alınış biçiminden kaynaklanan muğlaklığı gidermek adına kavramın kullanımını iki takıma ayırdığını şöyle belirtir: ““Paradigma”nın bir anlamı geneldir; diyeceğim, bilimsel bir grubun katılmış olduğu tüm bağlanmaları kuşatır; öbürü, özellikle, önemli bir bağlanmayı ortaya koyar ve böylece, birinci anlama bir alt-takım oluşturur.”<sup>71</sup> Buna bağlı olarak ilk kullanımıyla paradigma, genel ve sosyolojik bir anlama sahip olmuş olup topluluk

---

<sup>66</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 283.

<sup>67</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 352.

<sup>68</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 283.

<sup>69</sup> Barnes, *T. S. Kuhn ve Sosyal Bilimler*, s. 76.

<sup>70</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 353; Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 282.

<sup>71</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 352.

üyelerinin paylaştığı; inanç, değer ve tekniklerin tümünü ifade eder. Genel anlamına bir alt-takım oluşturan ikinci anlamıyla ise paradigma, önemli bir bağlanmayı ortaya koymuş olup örnek ya da model olarak kullanılan “somut bulmaca çözümleri” anlamına gelir.<sup>72</sup>

Bilim topluluğu ve paradigma arasındaki ilişkiyi tesis etme şeklinin, Kuhn’u paradigma yerine kullanacağı yeni bir kavrama taşıdığı söylenebilir. Bu geçiş, Kuhn’un merak ettiği bir soru üzerinden ifade edilebilir. Buna göre Kuhn, bilim topluluğu üyelerinin eksiksiz mesleki iletişim kurmalarını ve mesleki kararlarında oy birliği sağlamalarını sağlayan bağın ne olduğunu sorgular. Bu soruya *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’nın ilk bakışında “bir paradigma” ya da “paradigmalar dizisi” şeklinde verilen cevabın, *Sonsöz*’de eksik kaldığı görülür. Şayet bilim adamlarına böyle bir soru yöneltile onlar paylaştıkları şeyin, bir kuram ya da kuramlar dizisi olduğunu söyler. Lakin bilim felsefesindeki kullanımıyla kuram, bu tarz bir paydaşlık için gerek doğası gerek kapsamı bakımından sınırlı kalacaktır. Bu sınırlılığın ve karışıklığın giderileceği zamana değin Kuhn, “bir bilim koluna özgü çerçeve ya da kalıp” anlamına gelen yeni bir kavram önerir. Bu kavram, “disipliner matris”tir.<sup>73</sup>

“Disiplin”, çünkü belirli bir disiplinin uygulayıcıları için ortaktır; “matris”, çünkü tek tek belirlenim gerektiren sıralı öğelerden oluşur. Kitabında “paradigmalar”, “paradigmaların parçaları” veya “paradigmatik” sözcükleriyle betimlenen mesleki bağlılığın bütün nesnelere disiplin matrisinde yer bulacaktır. Ama tek tek veya ortaklaşa, paradigmalar olarak bir grupta toplanmayacaklardır.<sup>74</sup>

Disipliner matris, bilim adamlarının araştırmalarını yürüttüğü teorik, metodolojik ve değerlendirici bir çerçevedir. Bu çerçeve, o disiplinindeki araştırmaların nasıl yapılması gerektiği ve neyin iyi bir bilimsel açıklama oluşturduğu konusunda, disiplinin temel varsayımlarını oluşturur.<sup>75</sup> Görülür ki *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’nda bilim topluluğunun dikkatini yöneltip bağlılık gösterdiği paradigma ya da paradigmalar dizisi artık disipliner matrisin birer ögesi halini almıştır. Disipliner matrisin öğeleri; simgesel genellemeler, değerler, modeller, örnekliklerdir.

<sup>72</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 282.

<sup>73</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 290-291.; Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 356.; Kuhn, “Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim”, ss. 343-344.

<sup>74</sup> Kuhn, “Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim”, s. 344.

<sup>75</sup> Orman, “Paradigm” as a Central Concept in Thomas Kuhn’s Thought”, s. 49.

Bütün bu değerlendirmeler sonucunda paradigmanın doğası hakkında ifade edilmesi gereken önemli bir husus vardır. Bozkurt'un dikkat çektiği gibi paradigma teriminin anlamı zamanla genişlemiştir.<sup>76</sup> Benzer şekilde Öztürk, paradigmanın örneklik manasındaki kullanımının genişlemesiyle disiplinler matris manasındaki kullanımına ulaşıldığını düşünür.<sup>77</sup> Zira Kuhn açısından *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*'nda paradigmalar, paradigma parçaları ya da paradigmatic olarak benimsenmiş grup bağlanmasının çoğu nesnesini ya da hepsini disiplinler matrisin kurucu ögeleri içine alır.<sup>78</sup>

### 2.1.2.1. Simgesel Genellemeler

Disiplinler matrisin ilk ögesi, simgesel genellemelerdir. Bunlar “biçimsel veya hemen bir biçime dökülebilir” ögelerdir. Bilim topluluğunun sorgulamaksızın ortaya attığı simgesel genellemeler, çoğu zaman formel bir şekilde ifade edilen (x) (y) (z)  $\emptyset$  (x,y,z) gibi anlatımlardır. Simgesel genellemeler, sembolik ve sözel olmak üzere iki şekilde ifade edilirler. Sembolik olarak “ $f = ma$  (güç = kitle x ivme)” gibi formüller; sözel olarak “etki tepkiye eşittir” gibi ifadeler örnek verilir.<sup>79</sup>

Simgesel genellemeler bazen doğa yasası bazen de yasa olma işlevine sahiptir. Kuhn simgesel genellemelerin doğa yasası olarak işlevini, Joule-Lenz Yasası üzerinden gösterir. Bu yasa  $H = RI^2$  (ısı = akım<sup>2</sup>: x rezistans) şeklinde ifade edilir. Buna göre bilim topluluğu, H, R, I simgelerinin neyi ifade ettiğini yasa ilk keşfedildiğinde biliyordu. Simgesel genellemeler bilim topluluğuna ısı, ışık, rezistans arasında daha önce bilmedikleri bir bağı öğretir. Simgesel genellemelerin yasa olma işlevinde ise kısmen  $f=ma$  gibi yasa olarak kısmen de ortaya atılan simgelerin tanımlamaları olarak kullanılmaları söz konusudur. Bu işlevdeki “yasama” ve “tanımlama” etkinliklerinde zamana bağlı olarak değişme söz konusudur. Yasaları parça parça düzeltme olanağı varken tanımlar aynı şekilde değiştirilemezler. Çünkü tanımlar, mantıksal doğrular (totoloji) dir. Böylece bütün devrimlerde terk edilen birçok unsurun yanı sıra önceleri mantıksal doğrularinkine benzer bir güce sahip olan genellemelerinde terkedilmesi gerekir.<sup>80</sup> Dolayısıyla bilim topluluğu üyesinin bir sorun alanından başka bir sorun alanına geçtikçe uyguladığı simgesel genelleme

<sup>76</sup> Bozkurt, *Thomas Kuhn'un Bilimsel İlerleme Kavrayışının Değerlendirilmesi*, s. 14.

<sup>77</sup> Öztürk, “Thomas Kuhn'un Paradigma Kavrayışı Üzerine Analitik Bir İrdeleme”, s. 187.

<sup>78</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 356.

<sup>79</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 291-292.; Kuhn, *Asal Gerilim*, ss. 356-357.

<sup>80</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 292-293.

değişir. Kuhn buna örnek olarak şunu gösterir: “Serbest düşme örneğinde,  $f = ma$  anlatımı,  $mg = d^2s/dt^2$  haline gelir. Basit sarkaçlar için  $mg \sin\theta = m d^2f/dt^2$  şekline dönüştürülür.”<sup>81</sup>

Bir bilim dalının uygulayıcıları olan bilim topluluğu, mümkün olduğunca çok kabul edilen paradigma ya da daha geniş anlamıyla disipliner matris içerisinde bulmaca çözümüyle meşgul olmaktadır. Bunların yaygın kabul görmüş ifadeler olması, bilim topluluğunun bulmaca çözme girişiminde yararlandıkları güçlü mantık ve matematik işlemlerine dayandırılmasına neden olur. Ya da mantık ve matematiğin topluluğun çalışmasına belli bir yolla uygulanması bilim topluluğunun simgesel genelleme dizgesine ortaklaşa bağlanmalarının neticesidir.<sup>82</sup> Bu noktada mantık ve matematiğin sembolik formunda formüller olan simgesel genellemeler, topluluk üyelerinin bulmaca çözümlerinde kullanacakları araçlardır.<sup>83</sup> Dolayısıyla bilim topluluğunun çalışmalarına mantık ve matematiği belli bir yolla uygulaması, simgesel genellemeler dizgesine ortaklaşa bağlanmalarından kaynaklanır. Kuhn, simgesel genellemelerin kullanılmadığı bilimlerin olabileceği gibi bu tarz ifadelerin kullanılma sıklığının artması durumunda bilimin daha güçlü olacağını vurgular.<sup>84</sup> Başka bir deyişle bir bilim dalının gücü uygulayıcılarının hizmetinde olan simgesel genellemelerin çokluğuyla doğru orantılıdır.<sup>85</sup>

### 2.1.2.2. Modeller

Disipliner matrisin ikinci ögesi, modellerdir. Kuhn, modeller hakkında *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’nda “metafizik paradigmlar” ya da “paradigmların metafizik kısımları” gibi başlıklar altında çok şey söylediğini belirtir. Yani bunlar bilim topluluğunun ortak ilkeler düzeyindeki inançlarını temsil eder.<sup>86</sup> Kuhn açısından bu inançlar, bilinçli veya bilinçsiz bir kuramsal ve yöntemsel yapıya sahiptir. Bunlar olguların seçimi, değerlendirilmesi ve eleştirilmesine imkan verir. İşte bu inanç yapısı olmaksızın bilim tarihçesine anlam vermek mümkün değildir.<sup>87</sup>

---

<sup>81</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 299.; Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 359.

<sup>82</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 292.

<sup>83</sup> Erkan Bozkurt, “Thomas Kuhn’un Paradigma Kavramı ve Dönüşümü”, *Posseible Düşünme Dergisi*, 1/2, 2018, s. 69.

<sup>84</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 357.

<sup>85</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 292.

<sup>86</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 293.

<sup>87</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 89.

Kuhn şayet *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’nı yeniden yazıyor olsaydı bu ilkeleri tikel bazı modellere duyulan inançlar olarak betimlemek istediğini ayrıca görelî düzeyde buluşsal olan çeşidi de ekleyerek bu kategoriye genişletmek istediğini belirtir.<sup>88</sup> Daha sonra Kuhn’un *Paradigmalar Üstüne İkinci Düşünceler* adlı yazısında, modellerin hem metafiziksel hem bulgusal bağlanmanın nesnelere olduğunu ileri sürdüğü görülür.<sup>89</sup> İlk olarak metafizik modeller, bilim topluluğunun metafizik ya da ontolojik inançları hakkında bilgi verir. Bu bir bakıma üzerinde çalışılan problemi, daha öncesinde başarılı olmuş bir başka model aracılığıyla çözmeye olan inanç olarak değerlendirilebilir. Örneğin: “Bir cismin ısısı, kendini kuran parçacıkların kinetik enerjisidir ya da, daha açık metafiziksel olarak algılanabilen bütün olaylar, boşlukta nitel olarak nötr olan atomların deviniminden ya da karşılıklı etkileşiminden ileri gelir.”<sup>90</sup> Bunlar bilimsel alanın tanımladığı atom, kinetik enerji, vb. ontolojik veya metafizik varlıklar hakkındaki inançların ne olduğunu belirtir.<sup>91</sup> İkinci olarak bulgusal modeller, bilim topluluğuna hangi analogiler veya metaforların tercih edildiğini belirtir. Bulgusal modellere örnek olarak: “Bir elektrik devresi, hidro-dinamik sabit-durum dizgesi gibi görülebilir ya da bir gaz, rastgele devinen milyarlarca mikroskobik topun bir koleksiyonu imiş gibi davranış gösterebilir”<sup>92</sup> türü ifadeler verilebilir. Bu model türü, “farklı görüngü alanları arasındaki benzerlik ilişkileri hakkında yol gösterici (heuristik) örnekler sağlar.”<sup>93</sup> Bir bilim topluluğunun bağlanma derecesi bulgulamadan metafizik modellere gidildikçe değişir, fakat modellerin bilgisel işlevlerinin yapısı aynı kalır.<sup>94</sup> Nihayetinde modeller “yeğlenmiş benzeşimlerle, ya da, derinden tutulduğunda, bir varlıkbilimle, grubun sağladığı şeydir.”<sup>95</sup>

### 2.1.2.3. Değerler

Disipliner matrisin üçüncü ögesi değerlerdir. Salgar’a göre değerler, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’nın ilk baskısında doğrudan kullanılmamış olup bunun yerine değerler yargısına zemin hazırlayan “inançlar” ve “metafizik görüşler” gibi kavramlara yer verilmiştir. Lakin esere 1969’da eklenen *Sonsöz*’de disiplinler

<sup>88</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 293.

<sup>89</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 356.

<sup>90</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, ss. 356-357.

<sup>91</sup> Bozkurt, Thomas Kuhn’un Paradigma Kavramı ve Dönüşümü, s.70.

<sup>92</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 356.

<sup>93</sup> Bozkurt, Thomas Kuhn’un Paradigma Kavramı ve Dönüşümü, s.70.

<sup>94</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 357.

<sup>95</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 356.

matrisin bir ögesi olan değerler, paradigmaların değerlendirilmesinde kullanılan basitlik, verimlilik, tutarlılık ve faaliyet alanı gibi ölçütler olarak karşımıza çıkar.<sup>96</sup> Değerler, özellikle doğa bilimcilerinin topluluk ruhu kazanmasında önemli bir işlev görmüş olup farklı bilim toplulukları arasında, simgesel genellemelere ve modellere göre disiplinler matrisin daha çok paylaşılan bir ögesidir.<sup>97</sup> Değerlerin tikel önemi, bir topluluktaki üyelerin bunalımı saptamaları gerektiği ve karşıt yöntemlerden birini seçmek zorunda kaldıkları zaman ortaya çıkar.<sup>98</sup>

Bilimsel değerler arasında tahminle ve kuramları yargılamayla ilgi olanlar vardır. Tahminle ilgili değerler, bilimsel değerler arasında en derin kök salmış olanlardır. Nicel ve nitel olmak üzere ikiye ayrılan tahminle ilgili değerlerden özellikle nicel olan tahminler, nitel olanlara göre daha çok tercih edilmelidir. Çünkü tahminlerin belli bir alanda doğrulanabilmesi oldukça önemlidir. Kuramları bütünüyle yargılamak için kullanılan değerlerde ise kuramlardan beklenen öncelikle bulmacaları tanımlaması ve çözümlemesidir. Yine kuramlar mümkün olduğu kadar basit ayrıca kullanılmakta olan diğer kuramlarla bağdaşabilir olması bakımından kendi içinde tutarlı ve inanılır olmalıdır.<sup>99</sup>

Bir bilim topluluğunun üyeleri arasındaki doğruluk yargıları görece sürekliliğe sahip olmasına rağmen basitlik, tutarlılık, inanılabilirlik gibi yargılar bireyler arasında önemli farklar taşır. Bu durumun nedeni, uygulama sırasında üyelerin kişilik özelliklerinin hatırı sayılır şekilde rolünün olmasındandır. Böylece Kuhn rakip kuramlar arasında tercih yapma veya bunalıma neden olan aykırılığı fark etme hususları hakkında görüş birliği sağlanması gerektiğinde, bilim adamlarının paylaştığı ilke ve değerlerin yeterli olmadığı görüşündedir. Bazı çevrelerce ortak değerlerin işleyişindeki bu özellik, Kuhn'un öznelliği ve akıl-dışıcılığı yüceltmış olması iddialarına neden olur. Bu yanlış anlamaya neden olan şey Kuhn'a göre değer yargılarının iki özelliğinin gözden kaçırılmasıdır. Birincisi, ortak değerler bilim topluluğunun davranışlarını önemli ölçüde belirler. İkincisi, aykırılık ve bunalımlarda ortaya çıkan tehlikeyi dağıtır ve girişimin uzun vadede başarılı olmasını sağlar.<sup>100</sup>

---

<sup>96</sup> Salgar, "Kuhn'un Bilim Tasarımında Değerlerin Yeri ve Önemi", ss. 299-300.

<sup>97</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 294.

<sup>98</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 294.

<sup>99</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 294.

<sup>100</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 295-296.

#### 2.1.2.4. Örneklikler

Disipliner matrisin dördüncü ve son ögesi örnekliklerdir. Örneklik kavramı İngilizce “exempmlar” anlamına gelir. Bu kelimeyle ifade edilmek istenen bir ana kaynak ya da arketipten çoğaltılan birbirine benzer çok sayıdaki örnektir.<sup>101</sup> “Örneklik”, paradigmanın ikinci ve daha köklü anlamına yeni bir addır.<sup>102</sup> *Sonsöz*’deki örneklikler, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’nın ilk bakışındaki “somut problem çözümleri”ni ifade eder.<sup>103</sup> Kuhn gerek dilbilim gerek öz yaşam öyküsü bağlamında paradigma terimiyle en uygun düşen ve somut bulmaca çözümlerini belirtmek istediği ögenin örneklikler olduğunu şöyle ifade eder: “Eğer yapabilseydim, bu problem çözümlerine paradigmalar derdim, çünkü daha en başta bu terimi seçmeme yol açan bunlardı. Fakat bir kere sözcüğün kontrolünü kaybettiğimden, bundan böyle onlar için “tipik örnekler/*exemplar*” ifadesini kullanacağım.”<sup>104</sup> Böylece *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’nın ilk baskısında “somut problem çözümleri” olarak adlandırılan paradigmaların *Sonsöz*’de “örneklikler”adı altında incelendiği anlaşılır.

Kuhn açısından topluluk üyeleri aldıkları bilimsel eğitimin başından itibaren somut bulmaca çözümleriyle laboratuvar, sınavlar, bilim metinlerinin sonlarında karşılaşır.<sup>105</sup> Bu noktada Kuhn’un bilim felsefecilerinde yaygınca bulunduğunu düşündüğü bir kanıyı eleştirmesine değinmek gerekir. Bu kanıya göre bilimsel eğitimde öğrenciye öncelikle öğretilmesi gereken husus; kuram ve kurallardır. Buna karşın öğrencinin laboratuvar ve bilim metinlerinde karşılaştığı problemleri çözmeyi öğrenmesi ona sadece bunları öğrendiklerine uygulama pratiğini kazandırır. Dolayısıyla bu anlayışa göre problem çözümü sadece kuram ve kuralların uygulanmasında kullanılan bir araçtır. İşte Kuhn, bilimdeki bilişsel içeriğin sadece bir noktada toplanmasına neden olan bilim felsefecilerindeki bu tutumu eleştirir. Ona göre özellikle öğrencinin problem üzerinde bizzat çalışması, başka problemleri kolaylıkla çözmesi noktasında yardımcı olacaktır. Sadece bu tarz problem çözümleri, öğrenciye diğer problemleri çözmesi noktasında fikir verebilir. Bunun için örneklikler, öğrencinin doğa hakkında son derece önemli bilgileri edineceği noktadır.

<sup>101</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 297.

<sup>102</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 357.

<sup>103</sup> Bozkurt, “Thomas Kuhn’un Paradigma Kavramı ve Dönüşümü”, s.70.

<sup>104</sup> Kuhn, “Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim”, s. 344.

<sup>105</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 297.

Örneklilerin olmadığı yerde daha önce öğrenilen kuramların ampirik içeriği de çok az olur.<sup>106</sup> O halde Kuhn açısından somut problem çözümlerinin öğrencilere öğretilmesi, bazı kuralların doğrudan aktarılması şeklinde değil bizzat öğrencinin yaparak ve yaşayarak bir beceri elde etmesini sağlayacak şekilde olmalıdır.

Örnekliler, bilim topluluğunun paradigmanın ayrıştırılmasına yönelik olağan araştırma faaliyetini yürütürken karşılaştıkları sorunları, kendisine benzeterek çözmelerine yardımcı olur. Orman'ın belirttiği gibi örnekliler, yeni bulmacaları çözmeye rehberlik eden yerleşik başarılarıdır.<sup>107</sup> Öğrenci, çalışmaları esnasında bir metnin sonunda karşılaştığı ve çözmekte zorlandığı bir problemi, daha önceden çözülmüş bir başka probleme benzeterek çözmeyi öğrenir. Bu benzerliği fark edip aynı türden iki ya da daha fazla problem arasında koşutluk kurabilen öğrenci, simgeleri daha evvel işe yaradığı bilinen şekilde birbirine yaklaştırır ve bu simgeleri benzer şekilde doğayla ilişkilendirir. Nihayetinde araç işlevi gören yasalar, öğrenciye belli durumu hangi algılama kalıbı ya da gestalt ile görmesi gerektiği öğretmiş olur. İşte bu algılama becerisini öğrenci örneklileri çalışırken edinmiştir. Bunun sonucunda bilim adamı karşılaştığı durumları, uzmanlık dalının diğer üyeleriyle birlikte aynı “gestalt” içinde görür. Bu durumlar eğitimin ilk zamanlarında karşılaşılanlarla aynı olmamış olup zamanla değişmiş ve bütün topluluğun onayladığı bir görüş tarzı haline almıştır.<sup>108</sup> Almanca bir kelime olan gestalt; şekil, form, biçim anlamlarına gelmektedir.<sup>109</sup> Dolayısıyla Kuhn'un bilim topluluğu üyelerinin karşılaştıkları durumları, aynı gestalt içinde görmeleriyle ifade etmek istediği şey üyelerin aynı biçim, form ve şekil içerisinden baklamaları anlamına gelmektedir. Örneklileri görmede algı üzerine kurulu bir açıklama sunan Kuhn'a göre bilimci yeni problemleri alandaki örneklilere benzeterek çözmeyi, bilimsel araştırmaları sırasında edindiği sezgisel yeteneğini kullanarak yapar. Bilim adamının örnekliler sayesinde çözmekte zorlandığı bir problemi daha önce karşılaştıklarıyla kıyaslayarak aralarında benzerlik ve zıtlık ilişkisini görebilme yeteneğini kazanması, sinirsel ve beyine ait mekanizmalara ait bir süreçtir. Sinirsel ve beyine ait mekanizmalar, benzerlik ve zıtlık ilişkisini açıklamaya yatkınken “neye göre benzer?” sorusunu

---

<sup>106</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 286.

<sup>107</sup> F. Orman, ““Paradigm” as a Central Concept in Thomas Kuhn's Thought”, s. 49.

<sup>108</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 300.

<sup>109</sup> Hakan Koç ve İhsan Bulut, “Gestalt Kuramının Öğrencilerin Harita Okuma ve Yorumlama Beceri Düzeyleri Üzerine Etkisini Belirlemeye Yönelik Bir İnceleme”, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 0/30, 2014, s. 4.

yanıtlamakta yetersiz kalan bir süreçtir. Bu ilişkinin araştırılmasında eğitimin koşullandırdığı uyarandan duyuma giden süreç iyi analiz edilmelidir. Farklı uyaranlar aynı durumları üretebildiği gibi aynı uyaranlar da farklı durumlar yaratabilir. Bundan hareketle aynı uyaranla karşılaşan fakat farklı duyumlar edinen iki farklı grubun ayrı dünyalarda yaşadığı söylenebilir. Duyumlarımızın nesnelere doldurduğu dünyada bu nesnelere bireyden bireye ve toplumdaki topluma aynı kalmaz. Bunun aynı olma olasılığı topluluk üyelerinin eğitim, dil, deneyim ve kültürü paylaşma ölçüsünde artar. Bu durum üyeler arasındaki iletişim bütünlüğünü ve üyelerin çevrelere karşı davranışsal tepkilerinin ortaklığını anlamayı olanaklı kılar. Yani topluluk üyelerinin uyarıları işleyişleri ve duyumlarımızın oluşturduğu nesnelere görüş tarzları aşağı yukarı aynı olmalıdır.<sup>110</sup>

Tüm bunlar neticesinde görülür ki Kuhn, paradigmanın anlamından doğan karışıklığın giderilmesi adına öncelikle dikkat edilmesi gereken konunun bilim topluluğu olması gerektiğini belirtmiştir. Bu gerekliliğin gerisindeki gerekçe olarak paradigma adına söylenecek her şeyin bilimsel topluluk düşüncesiyle ilintili olması gösterilebilir. Ayrıca *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*'nda paradigmanın anlamına dair çoklu kullanımların Kuhn'un sonraki çalışmalarında da devam ettiği fakat disiplinler arası kavramı aracılığıyla bir sınıflandırma yapılarak karışıklığın giderilmeye çalışıldığı söylenebilir. Morkoç'da benzer şekilde Kuhn'un *Sönsöz*'de paradigmanın anlamından kaynaklanan yanlış anlamaları gidermek amacıyla kavramı detaylandırdığını fakat konu hakkındaki ilk düşüncesini koruduğunu ifade eder.<sup>111</sup>

Paradigma kavramının anlamına dair buraya kadar aktarılanlar, bu çalışmanın kapsamı bakımından yeterli sayılmaktadır. Ancak kavramın daha sonraki süreçte yaşadığı dönüşüm hakkında kısa bir değerlendirmeye yer vermek gerekir. Buna göre ilk olarak örnek problem çözümleri üzerine odaklanan paradigma kavramı, 1969-80 yılları arasında *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*'nda ele aldığı problemlere dair dilsel bir dönüşüm gerçekleşeceğinin haberini vermekte ve 1980 sonrasında bunu bilimsel alandaki dil ve leksikondaki değişime bırakmaktadır. Böylece Kuhn'un *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*'ndaki bazı iddialarını, geliştirdiği kavram kuramı temelinde yeniden açıklamaya çalıştığı ve paradigma kavramı bağlamında açıkladığı bilimsel süreçleri artık leksikal yapıdaki değişiklikler olarak ifade ettiği görülür. Nihayetinde

---

<sup>110</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 303-305.

<sup>111</sup> Morkoç "Paradigmasız Devrim: Yapı'dan Sonraki Yol Üzerine Bir Değerlendirme", s. 37.

Kuhn'un bu dönemde ele aldığı yazılarında, paradigma teriminin kullanılmadığı görülmektedir. Bozkurt'un ifadeleriyle Kuhn: "muğlak anlamlı paradigma kavramını yeniden formüle etmeye çalışsa da, nihayetinde onu kendi sözcük-dağarcığından çıkarmak zorunda kalmıştır."<sup>112</sup> Böylece Kuhn'un bilim felsefesinde yaşanan dilsel dönüşüm, paradigma kavramıyla arasına koymuş olduğu mesafeden dolayı çalışmamız kapsamında değerlendirilmemesi uygun görülmüştür.

## 2.2. Paradigma Kavramı Ekseninde Kuhn'un Bilim Tasarımı

Kuhn, bilim tarihi üzerine gerçekleştirdiği titiz okumalarıyla, 20. yüzyıl bilim felsefesinde yepyeni bir bilim imgesinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Kuhn, bilimleri pozitivizm ve mantıkçı-pozitivizminin bilimsellik ölçütlerinden ziyade, tarihsel ve sosyolojik unsurları bağlamında değerlendirmenin gerekliliği üzerinde durmuştur. Buna göre bilimler ve bilim insanlarının faaliyetleri, ortaya çıktıkları çağın koşulları ile değerlendirildiği zaman gerçek anlamda bilimsel bir değerlendirmeden geçmiş olurlar. Topdemir'in belirttiği gibi Kuhn açısından tercih edilmesi gereken, bilimlerin nihai durumlarına gelmelerine hangi araştırmaların katkı sağladığını araştırmak değil onları kendi zamanının tarihsel bütünlüğü içinde sergilemeyi başarmaktır.<sup>113</sup>

Kuhn'un *Bilimsel Devrimlerin Yapısı* 'nda ana hatlarını çizdiği bilim tasarımına yepyeni bir bilim imgesi gözüyle bakılmasını sağlayan unsur paradigmadır. Morkoç'un ifadeleriyle: "Kuhn'un sunduğu bu yeni bilim imgesinin temel dinamiği ise paradigmadır."<sup>114</sup> Benzer şekilde Metcan için de paradigma kavramı yeni bilim imgesinin taşıyıcısı durumundadır.<sup>115</sup> Kuhn'un bilim tasarımında merkezi bir konumda bulunan paradigma kavramı, bilimsel gelişimi belli dönemlere ayırarak inceleme imkanı sunmaktadır. Özellikle bir paradigmada yaşanan değişim ve dönüşümler, bilimsel dönemlerin belirginleşmesinde etkilidir. Bu bağlamda Kuhn'un bilim tasarımında, paradigma kavramı ekseninde dört dönemin belirginleştiği söylenebilir; "paradigma-öncesi", "olağan bilim", "bunalım", "bilimsel devrim" dönemleri.

---

<sup>112</sup> Bozkurt, "Thomas Kuhn'un Paradigma Kavramı ve Dönüşümü", s. 74.

<sup>113</sup> Topdemir, "Kuhn ve Bilimsel Bir Devrim Üzerine Değerlendirme", s. 47.

<sup>114</sup> Umut Morkoç, *Wittgenstein ve Kuhn: Yeni Bir Epistemolojiye Doğru*, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir 2016, s. 25.

<sup>115</sup> Metcan, "Thomas Kuhn'un Bilim Anlayışı ve Paradigma Kavramı", s. 84.

### 2.2.1. Paradigma Öncesi Dönem

Paradigma-öncesi dönem, herhangi bir bilim dalının çalışmalarını henüz başarılı bir şekilde yönlendirebileceği güçlü bir paradigmaya sahip olmadığı süreci ifade eder.

Bu dönem, rekabet halindeki okulların dağınık faaliyetlerine sahne olmaktadır. Kuhn, paradigma öncesi dönemi fiziksel optik üzerine yapılan bilimsel araştırmalar üzerinden tanımlamaya çalışır. Buna göre Uzak Antikite'den 17.yüzyılın sonuna kadar fiziksel optik adına yapılan çalışmalarda tek bir paradigma yoktu. Bunun yerine birçok kişi, konu hakkında farklı görüşler ileri sürerek bu alanda değişik okulların ortaya çıkmasına yol açmıştır.<sup>116</sup> Dolayısıyla paradigma-öncesi bilim, yönlendirilmemiş ve esnek olmasının yanı sıra uygulayıcılardan oluşan bir topluluğa çok az rehberlik eder.<sup>117</sup> Henüz bağlayıcı bir paradigma ortaya çıkmadığı bu dönemde, kuramlarındaki benzerlik akrabalıktan öteye geçmemektedir.<sup>118</sup> Rekabet halindeki okullardan hangisinin daha bilimsel olduğunu belirlemek ise güçtür. Çünkü bu görüşlerin hepsinin türettiği bilimsel gözlem ve yöntem ilkeleri hemen hemen aynıdır. Farklılığın kaynağı ise bu okulların dünyayı görüş tarzlarında ortak hiçbir ölçünün olmamasıdan dolayı ayrı dünyalarda birbirlerinden farklı şekilde bilim yapmalarıdır.<sup>119</sup> Bundan dolayı paradigma-öncesi dönemde ilgili bilim dalı hakkında olgu toplamanın sınırlı ve rastgele gerçekleşmesi söz konusudur. Yine bu dönemin spesifik özelliklerinden biri temel kuram hakkında bilim topluluğunun bir uzlaşma sağlayamamış olmasıdır. Dolayısıyla herhangi bir bilim dalı paradigma öncesi dönemde, bilimsel araştırmasını yönlendirebilecek bir paradigmadan yoksundur. Lakin bu durumda paradigma-öncesi dönemi değerli kılan şeyin bilim dalında evrensel olarak sahip çıkılacak ilk paradigmayı üretebilme çabaları olarak görülmelidir.

Rekabet halindeki okulların görüş ayrılıkları zaman içerisinde rakip okullardan birinin üstün gelmesi neticesinde son bulur.<sup>120</sup> Kuhn düşüncesinde her bilimsel alanın, olgularda kuramsal bir bütünlüğü sağlama zamanı ve buna bağlı olarak

---

<sup>116</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 279.

<sup>117</sup> Marcum, *Thomas Kuhn's Revolution: An Historical Philosophy of Science*, s. 61.

<sup>118</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 84.

<sup>119</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s.75.

<sup>120</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 90.

paradigma-öncesi döneminin ya da güçlü bir paradigmaya sahip olmalarının farklı zamanlarda gerçekleştiği söylenebilir. Ona göre matematik ve astronomi gibi bazı bilimlerin gelişmesinde ilk güçlü onaşmayı meydana getiren paradigmlar, tarih öncesine kadar geri götürülebilirken bazı bilimlerin sorunları tarih öncesinde tartışılmış olsa bile Yeniden-Doğuş sonrasına değin bir ilk onaşma gerçekleştirememişlerdir. Bu duruma örnek olarak ilk güçlü onaşmanın fizik optikte 17. yüzyılın sonunda; elektrik, kimya, ısı çalışmalarında ise 18. yüzyılda başladığı gösterilebilir. Bilimsel alanlarda, ilk güçlü onaşmadan önce de bilimsel çalışmalar yapılmıştır. Hatta ilk onaşmanın doğası ve zamanlaması, paradigmların varlığından önce geliştirilmiş olan hem düşünsel hem de el-işçiliğiyle ilgili tekniklerin dikkatle incelenmesi ile anlaşılabilir. Yine belirtmek gerekir ki güçlü bir onaşma olmadan da bilim yapılabilir. Lakin bu durumda bilimsel ilerleme örüntüsü üretilemez. Çünkü gelişme, bir onaşmadan diğerine geçildikçe gerçekleşir.<sup>121</sup> Bu ilerleme örüntüsü, daha çok olağan bilim döneminde açık bir şekilde belli olacaktır.

Kuhn'un daha sonraki çalışmalarında, paradigma-öncesi dönem fikrinden vazgeçtiği görülür. Ona göre paradigma öncesi dönemden geçişi, ilk kez bir paradigmanın bulunmasıyla ilişkili görmemek gerekir. Çünkü paradigma adı verilen unsur hem paradigma öncesi dönem okulları hem de bütün bilimsel topluluk üyeleri paylaşmaktadır. O halde geçiş ile değişen şey paradigmanın var olup olmaması durumu değil paradigmanın doğasıdır.<sup>122</sup>

### 2.2.2. Olağan Bilim Dönemi

Olağan bilim: “geçmişte kazanılmış bir ya da daha fazla bilimsel başarı üzerine sağlam olarak oturtulmuş araştırma anlamında kullanılmaktadır.”<sup>123</sup> Bilimsel araştırmaya temel sağlayan şey ise paradigmadır.<sup>124</sup> Dolayısıyla olağan bilim dönemi, araştırma faaliyetlerinin yürütülmesine imkan veren bir paradigmanın kurulduğunu göstermektedir. Zaten olağan bilim dönemini, paradigma-öncesi dönemden ayıran en önemli özellik, bilim alanında bir paradigmanın çatısı altında bilim topluluğunun araştırma faaliyetlerini yürütüyor olmasıdır.

İlk ortaya çıktıklarında kapsam ve kesinlik bakımından sınırlı olan paradigmanın bir üst konuma geçmesini sağlayan şey bilim topluluğunun sorunlarını

<sup>121</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 280.

<sup>122</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 287.

<sup>123</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 81.

<sup>124</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 170.

çözmede rakiplerinden daha başarılı olmasıdır. Bu seviyedeki bir başarı asıl başarının habercisi niteliğindedir. Olağan bilimin görevi paradigmadan beklenen başarıyı gerçeğe dönüştürmektir. Bunu yapabilmek için olağan bilim; olgular hakkındaki bilgiyi genişletir, olgular ile paradigma arasındaki uyum derecesini artırır ve paradigmanın ileri düzeyde ayrıştırılmasını sağlar. Bunlar paradigmanın bıraktığı temizlik işleridir ve bilimcileri meslek yaşantıları boyunca meşgul ederler. Bunun aksine olağan bilimde paradigma ile uyumlu olmayan görüngüler keşfetmek ve kuramlar icat etmek gibi bir çaba yoktur. Çünkü olağan bilimin inceleme yaptığı alan çok dardır. Aslında bilimin gelişmesi için paradigmanın doğasından kaynaklı bu kısıtlılık gereklidir.<sup>125</sup> Bu amaca paralel olarak olağan araştırmada profesyonel ve dışa kapalı bir araştırma başlamaktadır.<sup>126</sup> Olağan bilimin tüm bu işlevleri yerine getirmesinin tek amacı “paradigmayı mükemmel hale getirmektir.”<sup>127</sup> O halde olağan bilim, bir paradigma çatısı altında toplanmış bilim topluluğunun paradigmanın mükemmelleştirilmesi adına araştırma faaliyetlerini yürüttüğü dönem olarak değerlendirilebilir.

Kuhn paradigma temelli bilimsel araştırmadan tam olarak ne anlaşılması gerektiğini belirtmek için ilk olarak olağan bilimi meydana getiren sorunları sınıflandırmayı dener. Bu amaçla öncelikle olgu toplanması ile işe başlar. Buna göre olgu düzeyindeki bilimsel incelenmenin her zaman birbirinden kolay bir şekilde ayrılamayan üç odak noktası vardır. Birincisi, didaktik oldukları paradigma tarafından nesnelere doğası hakkında ortaya çıkarılmış olgular sınıfıdır. Paradigma bu sınıflandırmadaki olguları, olağan araştırma sorunlarının çözümü için kullanarak çeşitli koşullar altında ve yüksek kesinlikle belirlenecek hale getirir. İkincisi, daha küçük bir olgu belirleme türüdür. Bunlar kendi içlerinde fazla bir değer taşımamasına rağmen, paradigma kuramının tahminleriyle doğrudan karşılaştırılabilirler. Üçüncüsü, deney ve gözleme ilişkin bir sınıflamadır. Bu noktada kuramının ayrıştırılması adına yapılan ampirik çalışma, kuramdaki bazı belirsizlikleri giderir ve önceden dikkat çeken sorunların çözülmesini sağlar.<sup>128</sup> Olgu düzeyindeki bilimsel incelemelerden sonra ise olağan bilimin kuramsal sorunları gelir. Bunlar deney ve gözlem sorunları gibi sınıflandırılmaktadır. Kuramsal çalışmanın az bir bölümü,

---

<sup>125</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 98-99.

<sup>126</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 97.

<sup>127</sup> Emiroğlu ve Aydın, *Antropoloji Sözlüğü*, s. 674.

<sup>128</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 100-102.

kuramın olgular için değeri olan bilgileri tahmin etmek için kullanılmaya ayrılmıştır. Bilim adamlarına göre bu tarz çalışmalar angarya işler olmuş olup mühendis ve teknisyenlere bırakılmalıdır. Bu tarz çalışmalarla paradigmanın yeni bir uygulanışını göstermek veya daha önce yapılmış bir uygulamanın kesinlik derecesini artırmak amaçlanmıştır. Bu tür çalışmaların gereğini ise çoğunlukla bir kuram ve doğanın çakıştığı noktaları geliştirirken karşılaşılan güçlükler doğurmuştur.<sup>129</sup>

Olağan bilimin doğması ve sreğitmesinin n koşulu, ortak paradigmaya sahip bilimcilerin ortak kural ve ölçütlere bağlı olmasıdır.<sup>130</sup> Yani aynı paradigma içinde çalışanlar, olağan bilimi icra ederler.<sup>131</sup> Bu durum aynı paradigma çatısı altında çalışan bilim topluluğunun araştırmalarını, uzlaşma sağlayarak yürütmesini gerektirir. Zaten olağan bilim, “mantıksal zorlanmaya değil uzlaşıma dayanır.”<sup>132</sup> Zira Kuhn, bilimsel topluluğun bir uzmanlığı uygulayan kişilerden oluştuğunu belirtir.<sup>133</sup> Benzer Şekilde Güzel, uzmanlaşma için kaçınılmaz olanın bir paradigma içinde iş görmek olduğunu Kuhn’un söylediklerinden kolayca çıkarılabilecek bir sonuç olarak görür.<sup>134</sup> zellikle paradigma-öncesi dönemin rekabet halindeki okullarının yerini, olağan bilim döneminde uzlaşmaya dayalı bilim topluluğunun almış olması dikkat çekmektedir. Zira bir disiplin, bilim statüsüne ulaşmak için tek bir paradigma konusunda fikir birliğine varmak zorundadır.<sup>135</sup> Bir bilim dalının olgunlaşması, bilimsel araştırmanın güçlü bir paradigmaya bağlı olarak yürütülmesiyle gerçekleşir.<sup>136</sup> Barnes ise bilim topluluğunun uzlaşmasının nedenini farklı bir bakış açısıyla ifade etmektedir. Buna göre bilim adamlarının üzerinde uzlaştığı Şey, paradigmanın yetersizliklerinin ya da kusurlarının elimine edilebilecek Şeyler olarak görülmesinde ilerdeki çalışmalara temel sağlamaktır.<sup>137</sup>

Bilim topluluğu yeleri bir paradigma çatısı altında bilimsel faaliyetleri yürütmeyi, ğrenciliklerinden beri almış oldukları eğitim ve ders kitapları aracılığıyla öğrenmişlerdir. Olağan araştırma, “bilimsel eğitimden edinilmiş ve sonraki meslek yaşamla pekiştirilmiş, yerleşik ortaklaşa-onamaya kuvvetle dayalı,

<sup>129</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 105-106.

<sup>130</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 82.

<sup>131</sup> Chalmers, *Bilim Dedikleri*, s. 139.

<sup>132</sup> Quentin Skinner, *ağdaş Temel Kuramlar*, ev. Ahmet Demirhan, Vadi Yayınları, Ankara 1997, s. 115.

<sup>133</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 354.; *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 284.

<sup>134</sup> Cemal Güzel, *Bilim Felsefesi*, Bilgesu Yayıncılık, Ankara 2013, s. 155.

<sup>135</sup> Marcum, *Thomas Kuhn’ s Revolution: an Historical Philosophy of Science*, s. 61.

<sup>136</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 83.

<sup>137</sup> Barnes, *T. S. Kuhn ve Sosyal Bilimler*, s. 77.

yüksek derecede eş-doğrultulu etkinliktir.”<sup>138</sup> Bir bilim dalında ortaya çıkan ilk paradigmayla birlikte kural olarak ders kitapları ve eş değerindeki metinlere de bağlılığın arttığı gözlemlenir. Çünkü ders kitapları ve eşdeğer metinler ile olağan bilim arasında sıkı bir ilişki vardır. Bu tarz yayınların amacı olağan bilimin yaygınlaştırılmasını sağlamaktır.<sup>139</sup> Kuhn eğitimin işlev ve önemini doğa bilimlerinin öğrenimi üzerinden örneklendirir. Buna göre öğretimin çarpıcı özelliği ders kitapları tarafından yönetilmesidir. Doğa bilimlerinde öğrenciler çalışma alanlarının zenginliğini kendileri için yazılmış kitaplar vasıtasıyla kazanır. Bu kitaplarda bilim topluluğunun gelecek kuşaklara çözmesi için bıraktığı olağan araştırma sorunlarının yanı sıra somut problem çözümleri de sergilenmektedirler. Hatta öğrencilerden kitabın gösterdiği bu problemlerle karşılaştığı diğer problemleri çözmesi istenir. Ayrıca bu alandaki yapıtlar çok farklı konular işleminin yanında özleri ve kavramsal kuruluşlarıyla da birbirlerine benzemektedir.<sup>140</sup> Tüm bunlar, bilimsel eğitim boyunca karşılaşılan ders kitapları ve bu bağlamdaki diğer metinlerin, olağan bilim dönemi boyunca bilim topluluğu üyelerinin aynı geleneğin mensubu olmalarını sağlayan bir işleve sahip olduklarını göstermektedir. Çünkü bu yapıtlarda, “farklı yazarlar hemen hemen aynı materyali (aynı tanımlamalar, deneyler ve benzer laboratuvar kılavuzlarıyla) bize aktarır.”<sup>141</sup> Ders kitapları ve diğer bilimsel yapıtlar, olağan araştırma faaliyetinin üzerine oturtulduğu “bilimsel başarılar”ı aktarma işlevini kuramsal yapıyı yorumlayarak, başarılı uygulamaları örneklendirerek ve bu uygulamaları örnek deney ve gözlemlerle karşılaştırarak gerçekleştirirler. Kuhn, klasikler olarak nitelendirdiği bu tarz yapıtlara şunları örnek verir: Aristoteles / *Physica*, Ptolemy / *Algomest*, Newton / *Principia* ve *Optics*, Franckline / *Electricity*, Lavoisier / *Chemistry*, Lyell / *Geology*. Olağan bilimde geçerli sayılan sorun ve yöntemleri gelecekte uygulama yapacak kuşaklar için tanımlamada hizmet gören bilimsel yapıtlar, bunu şu iki özelliğe sahip olarak yaparlar. İlk olarak, temsil ettikleri başarı rakip bilimsel etkinlik tarzlarına bağlı olanları çevrelerinden koparıp kendine çekecek kadar güçlüdür. İkinci olarak, çeşitli birçok sorunun çözümünü ileride oluşacak bilimsel topluluğun çabasına bırakacak tarzda açık uçlu ve gelişime açık

---

<sup>138</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, ss. 274-275.

<sup>139</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 238-239.

<sup>140</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, ss. 276-277.

<sup>141</sup> Alex Rosenberg, *Bilim Felsefesi: Çağdaş Bir Giriş*, çev. İbrahim Yıldız, Dipnot Yayınları, Ankara 2015, s. 305.

olmalıdır. Kuhn bu iki özelliği paylaşan bilimsel başarılarla paradigma adını vermektedir.<sup>142</sup>

Olağan bilimsel araştırmanın yürütücü olan bilim adamı, çalışması boyunca paradigma ile uyumlu olmayan bilimsel keşiflere ulaşmayı hedeflememektedir. Onun amacı, paradigmanın daha çok geliştirilmesine yönelik faaliyetlerde bulunmaktır. Kuhn'un konu hakkındaki ayrıntılı düşüncelerine olağan bilim sorunları ile bulmacalar arasında kurmuş olduğu koşutluktan ulaşılabilmektedir. Ona göre olağan bilimin başlıca etkinliği bulmaca çözmedir.<sup>143</sup> Olağan araştırma; tahmin edileni araç-gereçlerle, kavramlarla ve matematikle ilgili pekçok bulmacanın çözülmesiyle yepyeni bir şekilde sonuca bağlamaktır.<sup>144</sup> Olağan araştırmayı yürüten bilim adamının görevi, mevcut bilimsel gelenek içerisinde çözülebileceğine inandığı bulmacalarla ilgilenmektir. Bunun dışında bilim adamı bir yenilikçi olmamalıdır.<sup>145</sup> Yani bilim adamı olağan araştırma etkinliklerini, parçası olduğu geleneğin çözmeye imkan verdiği bulmacalar üzerinden yürütmelidir. Çünkü olağan bilim, paradigmanın kurallarıyla uyumlu bilimsel sonuçlara ulaşmayı kendine misyon edinmiştir. Bundan dolayı bilimsel araştırma, bilim adamları tarafından dışa kapalı bir şekilde yürütülür. Bu süreçte bilim adamının karşılaştığı problemin zorluk derecesi ise paradigmadan vazgeçmesi için değil bulmaca çözmedeki ustalığını kanıtlaması için bir fırsat olarak görülmelidir. Çünkü Kuhn bir paradigmayı terk etmeyi paradigmanın tanımlandığı bilim dalını terketmekle eş tutar.<sup>146</sup> Dolayısıyla “sınanan şey yürürlükteki kuramdan ziyade birey olarak bilim insanıdır.”<sup>147</sup> Rosenberg bunu olağan bilimin başarısı olarak görür ve durumu şöyle ifade eder: “Olağan bilimin başarısı, bilimcileri, paradigmaya sürekli olarak meydan okuyacak şekilde değil, onu bulmacaların çözümünde dillendirecek şekilde disipline etmeyi gerektirir.”<sup>148</sup> Olağan bilimde bir problemin bulmaca olarak sınıflandırılmasının belli koşulları vardır. Bu koşullardan biri bulmacanın mutlak olarak çözümünün olması gerektiğidir. Bir başka koşul ise bu çözümlerin hangi aşamalardan geçerek elde edileceğini sınırlandıran kuralların olmasıdır.<sup>149</sup> Nasıl ki bir bulmacanın türüne göre (resim, sözlü, vb.) kendi çözüm

---

<sup>142</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 81-82.

<sup>143</sup> Kuhn, “Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim”, s. 309.

<sup>144</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 114.

<sup>145</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 282.

<sup>146</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 110.

<sup>147</sup> Kuhn, “Keşif Mantığı mı Araştırma Psikolojisi mi?”, s. 12.

<sup>148</sup> Rosenberg, *Bilim Felsefesi: Çağdaş Bir Giriş*, s. 312.

<sup>149</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 117.

yolu ve standartları varsa olağan bilim sorunlarında, belirlendiği paradigma bağlamında çözümü olmalıdır. Yani Kuhn bu tarz problemleri bulmacalara benzeterek çözmeyi, çözümün garanti edilmesinden ve belli kurallarının olmasından dolayı tercih etmiştir. O halde bulmacaların Kuhn'a olağan bilim sorunlarını bir paradigma çerçevesinde çözebilmek için ihtiyaç duyduğu imkan ve kuralları sunduğu söylenebilir.

Olağan bilim ve bulmaca çözmeyi birlikte düşündüren eğretilen bilimciye de önemli katkılar sağladığı görülmektedir. Öncelikle bu sayede bilimci kendinden emin bir şekilde kapalı kalmış sorunlara eğilebilir. Çünkü bu kişiye, hem dünyanın hem de kendi biliminin niteliklerini belirleyen kurallar verilmiştir.<sup>150</sup> Yani bulmacalar, bilimciye olağan bilim sorununu sınırlandıracak kurallar sunmaktadır. Kurallar ve bulmacalar arasındaki bu ilişki olağan bilimsel uygulamanın yapısını aydınlatılabildiği gibi önemli bir noktanın da gözden kaçırılmaması gerektiğini gösterir. Bu husus, kurallar ve paradigmalarda olağan bilimsel araştırmadaki bağlayıcılık düzeyleri hakkında bilgi verir. Buna göre her bilim dalında bilimcinin belli zamanlarda bağlandığı kurallar muhakkak vardır. Lakin bu kurallar, bilim adamının uygulamalarında varolan bütün ortak yönleri ortaya koymasında tek başına yeterli değildir. Bunu sağlayacak unsur ortak kurallardan ziyade ortak paradigmalardır. Yani olağan araştırma geleneğinde tutarlılığın kaynağı paradigmalardır. Kuhn açısından paradigmalarda kurallar olmadan araştırmaya yön verebiliyorken kurallar ancak paradigmalardan türetilir.<sup>151</sup>

Olağan bilimde belirtilmesi gereken bir başka husus, bilim adamının problemleri seçmede özgür olup olmadığıdır. Buna göre bilim adamı, “paradigmalarda açık seçik olarak nasıl uygulandığı ve bu uygulamanın sonuçlarına doğanın nasıl uydurulacağı konusunda heyecan verici bulmacaların çok tutulduğu alanlardan” serbestçe problem seçemezken “bilimlere yabancı toplumsal, ekonomik ya da askeri durumlarla” belirlenen problemleri seçebilmektedir.<sup>152</sup> Bu ifadeden hareketle bilim adamının problemleri seçme durumuna bakılmaksızın olağan bilim problemlerinin hem doğa hem de kültürel kaynaklı olduğu görülmektedir. Bu durum özellikle doğayı ve onun problemlerini tek araştırma konusu yapan pozitivist bilim anlayışından önemli derecede farklılık gösterir. Çünkü Kuhn bilimsel araştırmaya

<sup>150</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 122.

<sup>151</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 122.

<sup>152</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, ss. 286-287.

tarihsel ve sosyal koşulları da dahil etmiştir. Yardımcı'nın ifadeleriyle: “Kuhn açısından, baskın bir paradigma ile birlikte sosyal koşullar ve kurama ilişkin paradigmanın bulmaca çözme yetisi bilimselliğin gerçek koşulu olarak görülmektedir.”<sup>153</sup>

Sonuç olarak olağan bilimin paradigma temelli bir değerlendirmesini yapmak gerekirse bu dönem, paradigma çatısı altında ve paradigmanın ileri düzeyde ayrışmasını sağlamak amacıyla uzlaşmaya varmış bilim topluluğunun, sınırlı ve dışa kapalı bilimsel faaliyetlerinin yürütülmesi üzerine odaklanmıştır.

### 2.2.3. Bunalım Dönemi

Olağan bilim döneminde bilim topluluğu, araştırma faaliyetlerini yürütürken bazen paradigmanın beklentileriyle uyumlu olmayan sonuçlar yani aykırılıklarla karşılaşabilir. Bu aykırılıkların bilim topluluğu tarafından gerçekleştirilen tüm çabalara rağmen çözüme direnmesi, paradigmada bunalımın başladığına işaret eder. Aykırılık, bilim felsefesinde “karşı-örnek” anlamına gelmektedir.<sup>154</sup> Aykırılıkların neden olduğu gerilim, bilimsel araştırma için bir gerekliliktir. Çünkü bilimsel çalışmayı belirginleştiren şey belli bir görüş ayrılığıdır. Görüş ayrılığının arttığı ölçüde bilimsel gelişmenin büyüklüğüde artar.<sup>155</sup> Böylece tıpkı çözülebilen aykırılıklar gibi çözüme direnen aykırılıklar da bilimsel gelişme örüntüsünü meydana getirir. Dolayısıyla aykırılıkları bilimsel gelişmenin gizil itici gücü olarak değerlendirebilmek mümkündür.

Kuhn'a göre çözüme direnen aykırılığa yapılan müdahaleler, başlangıçta paradigma kurallarıyla uyumludur. Direncin devam etmesiyle paradigmada irili ufaklı değişiklikler meydana gelir ve böylece olağan bilim kurallarında zamanla belirsizlik oluşur. Böyle bir ortamda paradigmanın varlığının devam etmesi söz konusu olsa bile bilim çevresinin paradigmaya dair kuşkuları artmış olur.<sup>156</sup> Bu belirtiler, olağan araştırmadan olağanüstü araştırmaya geçişe işaret eder.<sup>157</sup> Kuhn'a göre olağanüstü araştırmaya geçilmesine neden olan ve bilimsel çabayı değerli kılan bu sorunları, olağan araştırmanın önceden hazırladığı ortamın özel koşullarına bağlı

---

<sup>153</sup> A. Bilgehan Yardımcı, *Bilimde Sınır Çizme Problemi: Popper, Lakatos, Kuhn ve Sonrası*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir 2018, s. 76.

<sup>154</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 167.

<sup>155</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 273.

<sup>156</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 174-175.

<sup>157</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 184.

kalarak çözmeye çalışmak gerekir.<sup>158</sup> Çünkü bu dönemde bilim topluluğu üyeleri aykırılığın çözümü için ciddi mesai harcamaktadırlar. Kuhn'un ifadeleriyle:

Eğer bir şey, her nasılsa bulunacak ise, o az ya da çok genişlemiş bir dönem olur ve bu dönemde birey ve, çoğun, grubunun birçok üyesi, aykırılığı yasa gibi kılmaya çalışır. Bu dönem, şaşmaz bir biçimde, ek gözleme ya da deney kadar, dönüp yeniden uzun düşünceleri de ister. Dönem sürüp giderken, bilim adamları beklentilerini, genelde araçsal standartlarını sık sık ve ayrıca da en köklü kuramlarını gözden geçirirler.<sup>159</sup>

Herhangi bir bilim dalında tüm çalışmalara rağmen ortadan kaldırılamayan aykırılık, bir süre sonra ilgili bilim dalının meslek çevresinden daha fazla üyenin dikkatini çekmeye başlar. Barnes bu durumu şu şekilde ifade etmektedir: “Bütün asimilasyon problemlerine ısrarla karşı koyan problemlerin büyüyen tortusunun varlığı, Kuhn'a göre, sonunda, normal araştırmanın bizzat kendi can evinde bir şeylerin yanlış olduğu yolundaki yaygın bir şüpheyi tahrik eder.”<sup>160</sup> Bir paradigmanın temellerini sarsan ve bilim topluluğunun çözümlerine ısrarla direnen böyle bir aykırılık, ciddi bir bunalım halini alır.<sup>161</sup> Kuhn bu süreci bunalım dönemi olarak adlandırmaktadır. Bilim topluluğunun tıpkı olağan bilim döneminde olduğu gibi bunalım döneminde de paradigmaya olan bağlılığını sürdürmesi dikkat çekicidir. Çünkü Kuhn'a göre bilim topluluğu, “inancını kaybetmeye ve yeni almasıları incelemeye başlasa da, kendisini bunalıma getiren paradigmayı hiçbir zaman terk etmez.”<sup>162</sup> Eğer bir bilim adamı aykırılığı çözmek yerine paradigmayı terk ederse, aslında bilimi terk etmiş olur ve bu kendi yetersizliğinden kaynaklanır.<sup>163</sup> Barnes'in ifadeleriyle, “paradigmanın bizzat kendisini suçlamak, normal bilimden kopuşu başlatmaktadır.”<sup>164</sup> Bu ifadelerden anlaşılacağı üzere Kuhn açısından bilim adamının çalışmalarına bilimsellik niteliği kazandıran şey bunalım dönemi dahil her koşulda paradigmaya olan bağlılığını sürdürebilme yeterliliğini göstermesidir. Yine de bunalım, bilim topluluğunun her defasında daha güçlü bir şekilde çözüme direnen aykırılıkla karşı karşıya kalması neticesinde, aykırılığı ortadan kaldıracağına dair inancını kaybetmesi olarak nitelendirilebilir. Çünkü bütün bunalımlar, “paradigmanın belirsizleşmesi ve bunun ardından olağan bilim kurallarının gevşemesi ile başlar.”<sup>165</sup>

<sup>158</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 110.

<sup>159</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 216.

<sup>160</sup> Barnes, *T.S. Kuhn ve Sosyal Bilimler*, s. 89.

<sup>161</sup> Chalmers, *Bilim Dedikleri*, s. 145.

<sup>162</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 167.

<sup>163</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 170.

<sup>164</sup> Barnes, *T. S. Kuhn ve Sosyal Bilimler*, s. 78.

<sup>165</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 176.

Yani olağan bilim güçlü geleneksel bir yapıya sahip olmasının yanı sıra kendi değişimini hazırlayan bir yapıya da sahiptir.<sup>166</sup> Bozkurt'a göre Kuhn olağan bilimi, "yeniliklere kapalı ve oldukça muhafazakar bir etkinlik olarak tarif etse de, yeniliklerin ortaya çıkmasında da etkili bir yapı olarak kurgular."<sup>167</sup> Bu durumun olağan bilimin dogmatik yapısında sarsıntılar yaşanmasına neden olduğu söylenebilir. Çünkü paradigma temelli bilimsel araştırma, her ne kadar aykırılıkları ortadan kaldırmaya odaklanmış olsa bile faaliyetleri süresince başka bir paradigmanın filizleneceği tohumları da toprağa atmaktadır. O halde geleneksel bir yapıya sahip olan olağan bilimin aynı zamanda bu yapıyı yıkacak derecede etkili gücü de potansiyel olarak bünyesinde barındırdığı söylenebilir. Özetle Kuhn' un ifadeleriyle bunalım; "olağan-bilimin katılığının sonsuza dek sorgulanmadan sürmesini önleyen bir tür öz-denetim mekanizmasıdır."<sup>168</sup>

Elmas, Kuhn'un aykırılıklar ve keşifler arasında yakın bir ilişki kurduğunu ve iddialarını bu bağlamda temellendirdiğini belirtir.<sup>169</sup> Bir aykırılığın fark edilmesiyle birlikte keşif süreci başlar. Bu süreç aykırılığın ortaya çıktığı alanın mümkün olduğunca geniş bir şekilde taranmasıyla devam eder. Eğer aykırı olan nesne bildik bir nesne haline gelirse keşif süreci son bulabilir.<sup>170</sup> Bilimsel keşiflerin nerede ve ne zaman gerçekleştiğine dair her zaman net bir cevap verebilmek güçtür. Bazı bilimsel keşiflerde kavramlaştırma ve gözlem ile olgu ve olgunun kuramca özümsemesi birbirine bağılıken bazılarında bu önceden bilinebilir.<sup>171</sup> Bilimsel keşifler, olgu ve kuram yenilikleri olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Olgu yenilikleri keşif, kuram yenilikleri ise icat olmuş olup bu iki yenilik arasındaki ayrım yapaydır. Çünkü bilimsel keşifte olgu ve kuram yenilikleri iç içedir.<sup>172</sup> Yine keşifler yapıcı ve yıkıcı yönleri sahiptir. Yapıcı yönüyle bir keşif, buluşu benimseyen bilim adamının bilinen görüngüler hakkındaki görüşlerini kesinleştirir ve görüngü kapsamını daha genişletir. Yıkıcı yönüyle ise bir keşif, buluşların getirdiği kazancın neticesi olarak önceden benimsenmiş paradigmanın bazı inanç ve uygulamaları terk etmesini ve bunların

---

<sup>166</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 151.

<sup>167</sup> Bozkurt, *Kuhn'un Bilimsel İlerleme Kavrayışının Değerlendirilmesi*, s. 22.

<sup>168</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 289.

<sup>169</sup> Enis Elmas, *Thomas Kuhn, Paradigma ve Matematik: Bir "Devrimsel" Şema*, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli 2019, s. 27.

<sup>170</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 136.

<sup>171</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 212.

<sup>172</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 136.

yerine yenilerinin konmasını gerektirir.<sup>173</sup> Bu durumda keşiflerin yapıcı yönüyle paradigmanın kesinliğine ve güvenilirliğine katkı sağladığı, yıkıcı yönüyle ise paradigmanın temellerinde sarsıcı bir etkiye neden olduğu söylenebilir.

Bilimsel keşiflerden ilki olgu yenilikleridir. Olgu yenilikleri yeni bir görüngünün keşfedilmesiyle başlamaktadır. Bu tarz keşifler “paradigmanın tümden değişmesine neden olmasa da, belli ölçüde paradigmanın ve normal bilim geleneğinin değişmesine neden olur.”<sup>174</sup> Bu etkisiyle olgu yeniliklerinin paradigmada radikal bir değişiklik yaşatmadığı anlaşılmaktadır. Kuhn açısından yeni bir görüngünün keşfi karmaşık bir olaydır. Çünkü yeni bir şeyin var olduğunu görmek ve onun ne olduğunu anlamak gerekir.<sup>175</sup> Yeni bir olgunun benimsenmesi kuramda ilaveler yapmaktan çok uyarlamalar yapmayı gerektirir. Çünkü yeni olgunun bilimsel bir olgu sayılması, bilim adamının doğayı farklı bir şekilde görmesiyle gerçekleşir.<sup>176</sup> Yine aykırılığın bir görüngü olarak algılanmasıyla kavramsal kategorilerin de yeniden ayarlanması gerektiği, Kuhn’un şu ifadelerinden çıkarılabilir: “Aykırılığın farkına varılması ile birlikte, kavramsal kategorilerin, başlangıçtaki aykırılık alışılmış bir olgu haline gelene dek ayarlandığı bir dönem başlar. Bu noktaya gelindiğinde buluş tamamlanmış demektir.”<sup>177</sup> Kuhn olgu yeniliklerine yani keşiflere örnek olarak; oksijenin keşfi, X ışınlarının keşfi ve Leyden kavanozunun keşfini verir. Her keşifin bir paradigma değişikliği içerip içermediği sorusuna genel bir yanıt vermenin olanaksızlığını vurgulayan Kuhn, Lavoisier’nin 1777’de tutuşmayı oksijenle açıklayan kuramını bir paradigma değişikliği olarak örneklendirir. Lavoisier’nin bu kuramı, kimyada gerçekleştirdiği değişimle kimya devrimi olarak anılır olmuştur. Yani oksijenin keşfi kimyada yeni bir paradigmanın ortaya çıkmasına neden olmuştur.<sup>178</sup> Kuhn buluşların nasıl ortaya çıktıklarını somutlaştırmak adına iki örnek daha verir. Bunlardan ilki rastlantı sonucu yapılan keşfe örnek olan X ışınlarının keşfidir. Roentgen, katottan çıkan ışınları incelediği olağan araştırması sırasında ortamda tesadüfen bulunan boryum platin ve siyartit karışımlarından oluşmuş metal ekranın elektron akımları esnasında parladığını görmüştür. Bunun üzerine gözlemlerini sıkılaştırıp inceleme yapan Roentgen, birçok ayrıntı saptamayı başarır;

---

<sup>173</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 153.

<sup>174</sup> Bozkurt, *Thomas Kuhn’un Bilimsel İlerleme Kavrayışının Değerlendirilmesi*, s. 10.

<sup>175</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 140.

<sup>176</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 136.

<sup>177</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 150.

<sup>178</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 140.

deney tüpünden çıkan katot ışınlarının düz çizgiler olduğu, bu ışınların gölge yaptığı ve mıknatısla b k lemediği gibi... alışmalar neticesinde Roentgen, söz konusu etkiyi yapanın katot ışınları değil ışıkla benzerliği olan bir maddenin yaptığını anlar.<sup>179</sup> Böylece yeni bir görüngünün keşfi gerçekleşmiş olur. Kuramdan kaynaklanan bulgulara bir başka  rnek: Leyden kavanozudur. Leyden kavanozu bulunmadan önce elektrik alanında birçok kuram rekabet halindeydi. Bu kuramların başarisızlıkları, Leyden kavanozunun bulunmasına ortam hazırlamıştır. Bu bulguya yol açan ve çoğu kez Franklin tarafından geliştirilen deneyler sıvı elektrik görüşünde yaratmış olduğu değişimle elektrik alanında ilk tam kapsamlı paradigmanın meydana gelmesini sağlamıştır.<sup>180</sup>

Paradigma değişikliğine neden olan bilimsel keşifler; icatlar ya da kuram yenilikleridir. Kuramsal yenilikler, olgusal yeniliklerden daha büyük bir değişikliklerdir.<sup>181</sup> Yeni kuramlar, meslekte ciddi belirsizliklerin yaşandığı dönem sonucunda ortaya çıktığı için paradigmada devasa bir yıkım gerçekleştirir ayrıca olağan bilimin temel soru ve tekniklerinde büyük değişiklikler gerektirir.<sup>182</sup> Olgunlaşmış bilimlerde yeni kurama giriş yapmak, olağan bilimin mevcut bilgi ve inançlarıyla yolunda gitmeyen bir şeyler olduğu anlamına gelir.<sup>183</sup> Oysa olağan bilimde bu bilgi ve inançlara bağlılığın oluşturduğu dogmatik yapı, paradigmanın geleceği için oldukça önemlidir. Demek ki bu dogmatik yapının özünde sarsıcı gelişmeler yaşanması paradigmada da kaçınılmaz bir şekilde değişiklik yaşanacağının habercisidir. O halde kuramsal keşiflerin olgusal keşiflerden daha çok olağan bilimin dogmatik yapısına darbe indirici nitelikte gelişmeler olduğu söylenebilir. Kuhn'a göre kuram yeniliklerine ilk örnek; paradigma değişikliklerinde  n yapmış örneklerden Kopernik astronomisidir. Buna göre çok önemli başarıları ve geniş etkinlik alanı olmasına rağmen Ptoleme astronomisinde tahminler ve gözlemler arasında uyumun sağlanamadığı noktalar vardır. Bu aykırılıklar, Ptoleme'den sonra gelen kuşaklar için olağan araştırma problemlerini oluşturmuştur. Lakin gökbilimcilerin tüm çabaları karmaşanın alınan doğru sonuçlardan daha hızlı bir şekilde arttığını göstermektedir. Zamanla birçok gökbilimci Ptoleme astronomisinde çelişkilerin önemli ölçüde arttığını ve başarisızlığın kaçınılmaz olduğunu gözlemler.

<sup>179</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 141-142.

<sup>180</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 147-148.

<sup>181</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 153.

<sup>182</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 155.

<sup>183</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 283.

Kopernik ise kendisine kadar gelen bu geleneğin bir canavar yarattığı kanısındadır.<sup>184</sup> Böylece Ptoleme astronomisinin olağan bilim araştırmalarında sürekli çözüme direnen aykırılıklarla karşılaşması, bilim çevresini huzursuz etmiş ve paradigmanın değişmesi adına radikal adımların atılmasına neden olmuştur. Nihayetinde Kopernik astronomisinin Ptoleme astronomisinin yıkıntıları üzerine inşa edildiği görülmektedir. Kuram yenilikleri için bir başka örnek Lavoisier'nin oksijenli-tutuşma kuramıdır. Bu kuramın ortaya çıkmasına kimya alanında yaşanan bir bunalım neden olmuştur. Bunalımın gerisinde hava ve atmosfer kimyasının ilerleyişi ve ağırlık ilişkileri sorunu vardır.<sup>185</sup>

Tüm bunlar neticesinde bilimsel keşifler hakkında bazı çıkarımlar yapmak gerekirse; öncelikle olgu yeniliklerini paradigmanın çözebileceği tarzda bulmacaları oluşturan aykırılıklar olarak; kuram yeniliklerini ise paradigmada bunalım yaşanmasına neden olacak düzeyde çözüme direnen bulmacaların oluşturduğu aykırılıklar olarak değerlendirmek mümkündür. İkincisi; Bozkurt'un belirttiği gibi "keşfin tek bir ana ve kişiye indirgenebilecek bir olay olmak yerine bir süreç olduğudur."<sup>186</sup> Daha sonra olgusal ve kuramsal keşifler arasındaki ayrımın net olmadığı belirtilmelidir. Çünkü bir bilim topluluğunun tek bir paradigma kapsamında araştırmalarını yürüttüğü anımsandığında meydana gelen her bilimsel keşif, farklı çevrelerde farklı etkiler yaratabilmektedir. Yani bir bilimsel keşif, farklı paradigma çatısı altında çalışan bilim topluluklarından birinde çözülebilir bir bulmaca olarak görünse de bir diğerinde köklü bir değişikliğin yaşanmasına neden olabilir. Kuhn'un ifadeleriyle: "Bir kuramın farklı yorumlarındaki bu çoğulluk zaten olağan bir bunalımın habercisidir."<sup>187</sup> Bazen de bir bilim çevresinde ortaya çıkan keşfin diğer çevreleri de etkileyecek derecede radikal bir değişikliğe neden olduğu görülebilir. Çünkü Kuhn'a göre; bunalım sadece onu yaşayan ve bu nedenle devrim geçiren topluluk tarafından ortaya çıkmaz başka uzmanlık alanlarında yaşanan herhangi bir değişiklik de bunalıma neden olabilmektedir.<sup>188</sup>

Bu noktada bilim topluluğunun yapısı üzerine yapılacak değerlendirmenin bunalım dönemi hakkında bir takım bilgiler içerdiği görülmektedir. Kuhn'a göre bilim adamları ve tarihçiler, keşiflere birer olay gözüyle bakarak bu tarz gelişmelerin

<sup>184</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 156-157.

<sup>185</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 158.

<sup>186</sup> Bozkurt, *Thomas Kuhn'un Bilimsel İlerleme Kavrayışının Değerlendirilmesi*, s. 10.

<sup>187</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 159.

<sup>188</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 289.

birer içyapısının bulunması gerektiğini gözden kaçırmışlardır. Oysa bu tarz bulguların bilimsel topluluğun yapısında derinlere inen kökleri olması gerekir.<sup>189</sup> Bilimsel topluluğun yapısına dair yapılan bu vurgunun paradigmanın tanımıyla olan yakın ilişkisi ise dikkat çekicidir. Çünkü paradigma, “belli bir topluluğun üyeleri tarafından paylaşılan inançların, değerlerin, tekniklerin bütünü temsil etmektedir.”<sup>190</sup> Dolayısıyla Kuhn teknolojik ilerlemeyi toplumsal, ekonomik ve entelektüel koşulları aykırılığın bunalım kaynağına dönüşmesinde etkili unsurlar olarak görmektedir.<sup>191</sup> Yani keşiflerin içyapısı, onları belli bir zaman ve mekan dahilinde olup biten olaylar olarak değil ortaya çıktıkları dönemin inanç, değer ve teknikleri bağlamında bir bütün olarak değerlendirildiğinde anlaşılabilir. Yine bunalımın toplum yapısı bağlamında tipik örneklerinden biri paradigmanın yönlendirdiği olağan araştırmanın paradigma öncesi dönemdeki rakip okulların çalışmalarına benzemeye başlamasıdır.<sup>192</sup> Çünkü kabul görmüş herhangi bir paradigmanın yönlendirdiği olağan bilim araştırmalarında uzlaşma ve kararlılığın artırılması yönünde bir çalışma vardır. Bunalım dönemiyle birlikte paradigma sınanmaya başlar. Böylece aykırılığın giderilmesi adına geliştirilen kuramların durumu tıpkı paradigma öncesi dönemde birbiriyle rekabet halinde olan okulların durumuna benzer. Kuhn’un ifadeleriyle: “Olgunlaşmış bilimlerde çok bulgulamaya ve hep yeni kurama giriş yapma bilgisizlik değildir, tersine varolan bilgi ve inançlarla bir şeylerin yolunda gitmediğini kabul etmedir.”<sup>193</sup> Nihayetinde Kuhn düşüncesinde bunalımlar şu üç durumdan biriyle son bulur: İlk olarak olağan bilim bunalıma neden olan problemi çözmek için ihtiyaç duyulan esnekliği gösterir, ikinci olarak bunalıma neden olan problem çözüme direnç göstermeye devam ettiğinden çözmesi için daha gelişmiş araçlara sahip olacağı düşünülen gelecekteki kuşaklara bırakılır, son olarak bunalım yeni bir paradigmanın kabul edilmesiyle nihayet bulur.<sup>194</sup>

#### 2.2.4. Bilimsel Devrim Dönemi

Bilimsel devrim, yeni bir paradigmaya geçişle meydana gelmektedir.<sup>195</sup> Bu geçişin neden olduğu paradigma değişikliği, bunalım döneminin sonlanıp bilimsel devrim döneminin başladığını gösterir. Kuhn astronomik, bilimsel ve düşünsel

<sup>189</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 205.

<sup>190</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 282.

<sup>191</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 66-67.

<sup>192</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 160.

<sup>193</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 283.

<sup>194</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 176.

<sup>195</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 183.

anlamıyla Kopernik devriminin öykülemesini yaptığı kitabında bir paradigma değişimin örneğini şu şekilde vermektedir: “Kopernik’in gezegenler kuramı ve ona eşlik eden Güneş merkezli evren kavrayışı, insanın evren ve Tanrı’yla ilişkisini etkiler gibi göründükleri için, ortaçağdan modern Batı toplumuna geçişte aracı olmuştur.”<sup>196</sup>

Her ne kadar paradigmanın terkedilmesi, tanımlanan bilim dalını terk etmek gibi olsa da “bu tür *terk* etmeler bazen meydana gelebilmektedir ve bilimsel devrimler bu merkezlerin çevresinde *devir* ederler.”<sup>197</sup> Paradigmanın mevcudiyetini koruyup sürdürmesi için faaliyetlerde bulunan olağan bilim ile paradigmanın terkedilmesini gerektiren bilimsel devrim dönemleri arasında yakın bir ilişki vardır. Olağan bilim açısından değerlendirildiğinde bilimsel araştırma eninde sonunda gelip devrime dayanır.<sup>198</sup> Oysa devrimler, “geleneğe bağlı olağan bilim faaliyetinin gelenek yıkan tamamlayıcılarıdır.”<sup>199</sup> Kuhn bu ilişkiyi en güzel şekilde şöyle özetler; olağan bilim ve bilimsel devrim bir madalyonun iki yüzü gibidir.<sup>200</sup>

Kuhn, paradigma değişikliklerini niçin “devrim” olarak nitelendirdiğini siyasi devrimlerle bilimsel devrimler arasında kurduğu koşutlukla açıklar. Buna göre siyasi alanda kurumların bilimsel alanda ise paradigmaların çözmekte zorlandıkları sorunların hissedilir hale gelmesi devrimleri başlatan etkidir. Siyasal ve bilimsel devrimlerin ön koşulu “düzenin bunalıma varan ölçüde işlerliğini yitirdiğini haber veren belirtilerin algılanmasıdır.”<sup>201</sup> Bir başka boyuta göre hem siyasi devrimler hem de paradigma seçiminde en yüksek ölçüt, bilim topluluğunun onayıdır.<sup>202</sup> Bu ifadelerden, düzenli bir sistemde zaman içinde meydana gelen bozulmaların aynı yapı içerisinde filizlenmiş farklı görüşlerin devrimsel bir hamle yapmasına bağlı olarak ortadan kaldırılabilceği anlaşılmaktadır. Barnes bu koşutluğu şu şekilde ifade eder: “devrimler politik kurumların evrimi için hayati oldukları kadar bilimsel kültürün evrimi için de gereklidirler.”<sup>203</sup>

---

<sup>196</sup> Thomas S. Kuhn, *Kopernik Devrimi*, çev. Halil Turan, Dursun Bayrak ve Sinan Kadir Çelik, İmge Kitabevi, Ankara 2007, s. 29.

<sup>197</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 111.

<sup>198</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 275.

<sup>199</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 77.

<sup>200</sup> Kuhn, “Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim”, s. 303.

<sup>201</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 186.

<sup>202</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 187.

<sup>203</sup> Barnes, *T. S. Kuhn ve Sosyal Bilimler*, s. 90.

Bilimsel devrimler, mesleki ilkelerdeki kaymanın meydana getirdiği olağanüstü durumlardır.<sup>204</sup> Paradigmaların kurulmasına yönelik buluşlarla birlikte doğanın yeni bir yorumu yapılmaya başlanır. Bilim topluluğunda bunu daha çok genç bilim insanlarının üstlendiği görülür.<sup>205</sup> Çünkü olağan dönemde bilim topluluğu belli bir geleneğin mensubu olarak değişime kapalı, sınırlandırılmış ve uzlaşmaya dayalı bir faaliyetin yürütücüleriydi. Durum böyle olunca keşiflerin algılanmasının bilim topluluğunun değişime en açık halkası olarak görülebilecek genç araştırmacılara kaldığı söylenebilir. Paradigma adaylarından birinin zamanla pek çok bilim adamını kendine çekecek düzeyde güçlü olması bilimsel devrimi kaçınılmaz kılar. Chalmers'in ifadeleriyle: "Bilimsel devrim, paradigmayı tek bir bilim adamının değil, ilgili bilimsel cemaatin tümünün terk ederek yeni bir paradigmayı kabul etmesine tekabül eder."<sup>206</sup> Böylelikle paradigmalar ve bilim toplulukları arasındaki yakın ilişki anımsandığında Kuhn'a göre bilimsel devrim, "topluluktaki bağlılıkların ve amaçların belli bir şekilde yeniden kurulmasını içeren özel bir tür değişikliktir."<sup>207</sup> Ders kitapları ve bilimsel yayınlardaki değişikliğin bu türden değişiklikler olduğu söylenebilir. Buna göre paradigmanın değişmesiyle birlikte ders kitapları ve bilimsel yayınlarda da köklü değişiklikler yaşanır. Her bilim topluluğu reddettiği paradigmayla birlikte paradigmanın kapsadığı bilimsel yayınların çoğunu bilimsel dikkate değer öğeler olmadığı gerekçesiyle kenara bırakır.<sup>208</sup> Daha sonra bu tarz yayınlar, bilimsel devrimden sonra yeniden üretilerek yeni olağan bilimin temelleri olurlar.<sup>209</sup> Böylece her yeni paradigma, doğaya kendi ilkeleriyle bağlanmayı gerektirdiğinden dolayı bilimsel yayınlar bu ilkelerin bilim topluluğuna nesiller boyunca aktarılmasında işlev görecektir.

Bilimsel devrim yaşanmadan önce bunalımın giderilmesi için paradigma adayları rekabet eder. Bunlar arasından galip çıkan paradigma, "açıklamayı hedeflediği gerçekliğe uygun bir model çıkarmayı" başarabilir.<sup>210</sup> Rakip kuramlar arasından başarılı bir paradigma çıkması için bazı ölçütlere ihtiyaç vardır. Kuhn, *Nesnellik, Değer Yargısı ve Kuram Seçimi* adlı yazısında bir bilimsel kuramın karakteristik özelliklerini ve bir kuramın uygunluğunu değerlendirmede standart

---

<sup>204</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 77.

<sup>205</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 183.

<sup>206</sup> Chalmers, *Bilim Dedikleri*, s. 150.

<sup>207</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 289.

<sup>208</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 273.

<sup>209</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 247.

<sup>210</sup> Demir, *Bilim Felsefesi*, s. 55.

ölçütleri şu şekilde sıralar; doğru ve sağın olma, tutarlılık, etkinlik alanı olma, yalınlık ve verimlilik. Bu ölçütler, yerleşik bir kuram ile rakip kuramlar arasında seçim yapmak durumunda kalan bilim adamları için yaşamsal bir rol üstlenmektedir. Kuram seçiminde bu ortak ölçütlere bağlı kalınmasına rağmen bilim adamlarının birbirinden farklı seçimleri olduğu görülmektedir. Bunun nedeni “birbirleriyle yarışmakta olan kuramlar arasında her bireysel seçim, nesnel ve öznel etkenlerin, ortak olan ve kişisel kalan ölçütlerin bir karışımına bağlıdır.”<sup>211</sup> Bundan dolayı paradigma değişiminin temelinde bilim adamlarının sosyolojik ve psikolojik faktörleri önemli rol oynar.<sup>212</sup> Çelik’in ifadeleriyle; “bilim adamlarının yapmış olduğu seçimler, yalnızca ortaklaşa bilimsel ölçütlerle değil, bireysel yaşamöyküsü ve kişiliğe bağlı olan etkenlerle de ilişkilidir.”<sup>213</sup> Denilebilir ki Kuhn açısından bilimsel devrimin gerçekleşmesine neden olan kuram seçiminde, nesnel ölçütlerin yanı sıra bilim adamının bireysel özellikleri ve toplumsal koşullarda etkili ögeler olmaktadır.

Belirtilmesi gereken bir diğer husus, büyük devrimler yanında küçük devrimlerinde gerçekleşebilmesidir. Kuhn açısından küçük bir uzmanlık kesimini etkileyen beklenmedik bir görüngünün bulunmasına bile devrim gözüyle bakılabilir.<sup>214</sup> Yani bir bilimsel gelişme her zaman sayıca fazla olan bilim topluluğu açısından değil, bazen sadece çok az sayıda üyeye sahip bilim topluluğu için bile devrim gibi gözükebilmektedir. Bu noktada Kuhn, *Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim*’de aynı düşünceyi sürdürdüğünü vurgulamaktadır. Ona göre *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’ndan beri geçen zamanda bazı görüşlerinde önemli değişimler olmuş olsa bile makro devrimlerden uzaklaşarak mikro devrimlerle ilgilendiği iddiaları bunlardan biri içerisinde değerlendirilmemelidir.<sup>215</sup> Bu düşüncesini özellikle devrimler ve olağan bilimin varlığını sorgulayan Toulmin’in eleştirileri üzerinden sunmaktadır. Toulmin, *Olağan ve Devrimci Bilim Ayrımı Geçerli Midir?* adlı yazısında zaman içerisinde Kuhn’un görüşlerinde beliren değişime dikkat çekerek, Kuhn’un “bilimsel devrim” kuramının ötesine geçmeyi ve daha elverişli bir bilimsel

---

<sup>211</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 383.

<sup>212</sup> Şahabeddin Yalçın, “Kuhn ve Bilimsel Relativizm”, *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 6, 2001, s. 6.

<sup>213</sup> Çelik, “Thomas S. Kuhn”, s. 407.

<sup>214</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 130.

<sup>215</sup> Kuhn, “Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim”, s. 313.

değişim kuramına nasıl ilerlenebileceğine dair fikirlerini ortaya koymaya çalışır.<sup>216</sup> Oysa Kuhn açısından asıl önemli olan bilimsel gelişmede yaşanan değişimin, olağan mı yoksa devrimci mi olduğunu tespit etmektir. Bunun için “kimin için?” sorusunu sormak yeterlidir. Örneğin Kopernik astronomisi, herkes için devrim niteliğinde bir bilimsel gelişme olarak kabul edilmişken oksijenin keşfi, kimyacılar için devrimsel matematiksel astronomlar için devrimsel olmayan nitelikte bir gelişme olarak görülmüştür.<sup>217</sup> Başka bir örnekte X ışınlarının keşfi, gökbilimcilerin paradigmasını güçlü bir şekilde etkilemediğinden dolayı gökbilimciler açısından bilimsel bilgiye yapılmış basit bir katkıdan ibarettir. Bunun yanı sıra aynı görüngünün keşfi, radyasyon kuramı ve katot ışınları üzerine çalışan Kelvin, Crookes, Roentgen gibi kuramcılarının paradigmalarında köklü değişikliklere neden olmuştur.<sup>218</sup> Sonuçta bir bilimsel gelişmenin, tüm bilim çevreleri için devrimsel nitelikte olduğunu söylemek güçtür. Sadece bağlı oldukları paradigmayı gerçek anlamda etkileyen gelişmeler için bilim topluluğunun yaşadığı durum, bilimsel devrim niteliğindedir. Bunun dışında yaşanan gelişme, başka çevrelerce bilimsel gelişme sürecinin olağan bir parçası olarak değerlendirilebilir. Önemli olanın topluluk üyelerinin yaşanan gelişmenin devrimsel nitelik taşıdığı noktasında mutabık olmalarıdır. Çünkü devrimin gerçekleşmesine neden olan paradigmaya bağlılık, yeni olağan bilim etkinlikleri için önemlidir.

Kuhn’a göre paradigma değişikliği, bilim adamının önceden baktığı görüngü alanına benimsemiş olduğu yeni araçlarla yeniden bakmasını ve yeni şeyler bulmasını sağlar. Böylece bilim adamı araştırma ile bağlanmış olduğu dünyayı farklı şekilde görmeye başlar.<sup>219</sup> “Bir bilimsel uzmanlık alanındaki her temel yenilik, kaçınılmaz olarak bu alana yakın diğer bilimsel uzmanlık alanlarını ve daha yavaş olsa da felsefecinin ve meslek dışından eğitilmiş insanların dünyalarını dönüştürür.”<sup>220</sup> Kuhn, paradigma değişikliği ile dünyası değişen bilim adamının durumunu Gestalt değişimine benzetir. Buna göre bilimsel devrimlerle birlikte olağan bilimsel geleneğin de değişmesi, bilim adamının daha önceden tanıdığı koşullar içerisinde yeni kalıpları görmeyi öğrenmesini gerektirir. Böylece her olağan

---

<sup>216</sup> Stephen Toulmin, “Olağan ve Devrimci Bilim Ayrımı Geçerli Midir?”, *Eleştiri ve Bilginin Gelişmesi*, der. İmre Lakatos ve Alan Musgrave, İthaki Yayınları, İstanbul 2017, s. 54.

<sup>217</sup> Kuhn, “Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim”, s. 317.

<sup>218</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 186.

<sup>219</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 207.

<sup>220</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 371

bilimde yürütülen araştırma faaliyetleri, eskisiyle bağdaşmayan ölçüler taşıyacaktır.<sup>221</sup> Kuhn paradigmlar arasındaki bu ilişkiyi tarif etmek için matematikten ödünç aldığı “eşölçülemezlik” kavramını kullanır.<sup>222</sup> *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’ndaki anlamıyla eşölçülemezlik; “rakip paradigmlar arasında tercih yapmamıza olanak sağlayacak nesnel ve evrensel bir zeminin var olmadığı iddiasını dile getirmektedir.”<sup>223</sup> Paradigma değişikliğiyle birlikte bilim topluluğunun olağan bilim dönemi ile bilimsel devrim dönemindeki görüşlerinin, büyük ölçüde birbiriyle bağdaşmadığı görülür. Bunun nedeni farklı geleneklere mensup bilim topluluklarının doğaya bağlanma şekillerinin birbirinden farklı olması olarak değerlendirilebilir. Bilim adamının yeni olağan bilimsel gelenek içerisinde çalışmalarını yürütecek alanı belirlemesi ve algısını belirlemesi geçmişteki deneyimleridir. Güzel’in belirttiği gibi: “Kişinin ne gördüğü hem neye baktığına hem de daha önceki görsel-kavramsal deneyiminin ona ne görmeyi öğrettiğine bağlıdır.”<sup>224</sup> Paradigmların eş ölçüye vurulamamalarının üç nedeni vardır. İlki, bilimsel tanı ve kıstasların aynı olmamasıdır. Buna göre “rakip paradigmların savunucuları, çoğu kez paradigma aday olacak görüşün çözümlemesi gereken sorunların neler olduğu konusunda anlayamayacaklardır.”<sup>225</sup> İkincisi, yeni paradigmanın eski paradigmadan devraldığı kavramları, çoğunlukla geleneksel tarzda kullanmamasıdır. “Yeni paradigmanın kapsamındaki eski terimler, kavramlar ve deneyler birbiriyle yeni ilişkiler içine girerler.”<sup>226</sup> Sonuncusu, rakip paradigmalara mensup araştırmacıların mesleklerini farklı dünyalarda icra etmeleridir. “Aynı dünyada uygulama yapan iki grup bilim adamı aynı noktadan, aynı yöne doğru baktıkları zaman bile farklı şeyler görürler.”<sup>227</sup> Böylece Sankey’e göre eşölçülemezlik; standart varyans, kavramsal eşitsizlik ve gözlemin teoriye bağımlılığından oluşan paradigmlar arasında karmaşık bir ilişki olarak ortaya çıkar.<sup>228</sup>

Eşölçülemezlik anlayışının rakip paradigmların birbirlerine göre belli bir üstünlüğe sahip olmalarını ortadan kaldırdıkları söylenebilir. Çünkü her bir

<sup>221</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 208.

<sup>222</sup> Thomas Kuhn, *Yapı’dan Sonraki Yol*, çev. Erkan Bozkurt, İletişim Yayınları, İstanbul 2019, s. 47.

<sup>223</sup> Morkoç, *Wittgenstein ve Kuhn: Yeni Bir Epistemolojiye Doğru*, s. 31.

<sup>224</sup> Güzel, *Bilim Felsefesi*, s. 177.

<sup>225</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 252.

<sup>226</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 252-253.

<sup>227</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 254.

<sup>228</sup> Howard Sankey, "Kuhn's Changing Concept of Incommensurability." *British Journal for the Philosophy of Science*, 1993, 44/4, s. 762.

paradigma kendi bilim topluluğunun kavram, yöntem ve ölçütleriyle kendine has bir yapıya sahiptir. Bunun için paradigmların birbirlerinden üstün ve birbirleriyle kıyaslanabilir olması söz konusu olmamalıdır. Zira Özkan'ın ifadeleriyle: “Kuhn'a göre farklı paradigmlar empirist bilim felsefesinin savunduğu anlamda doğayla karşılaştırılarak ya da sınanarak değerlendirilemez.”<sup>229</sup> Yine eşölçülemezlik anlayışıyla birlikte Kuhn'un klasik bilim imgesiyle arasına koyduğu mesafenin derinleştiği görülmektedir. Klasik anlayışta tek bir gerçekliğin deney ve gözlem ile ifadesi söz konusuysen Kuhn'da her yeni paradigma yeni bir gerçeklik algısı oluşturmaktadır. Bundan dolayı klasik anlayışta doğru bilginin ölçütü uygunluk iken Kuhn açısından her olgu ait olduğu paradigma içerisinden değerlendirilmelidir. Bu durumda her olgunun sınanması bağlı olduğu paradigma çerçevesinde farklılık gösterir. Anlı'nın ifadeleriyle Kuhn'un olgu-kuram arasındaki ilişkiyi açıklama tarzı, “felsefenin kökensel tartışmalarından biri olan ‘doğruluk’ (hakikat) sorununu da yeniden gündeme getirmiştir.”<sup>230</sup>

Nihayetinde; bilimsel devrimler paradigma değişikliklerin yaşandığı bir dönemdir. Bununla birlikte bilim topluluğunun doğaya bağlanma şekli radikal bir şekilde değişmektedir. Bilimsel devrimden sonra bilim topluluğu, paradigmanın çatısı altında yeni bir olağan araştırmanın yürütülmesine odaklanacaktır.

### 2.2.5. Paradigmların İlerleme Tarzı

Kuhn düşüncesinde paradigmanın yönlendirdiği bilim imgesi, bilimin ilerleme örüntüsü hakkında fikir sunmaktadır. Demir'in ifadeleriyle belirtmek gerekirse Kuhn, “bilimsel gelişmenin devrimsel bir gelişme olduğunu ve büyük teorik sistemlerin (paradigmların) değişimleriyle bilimlerin ilerlediğini savunur.”<sup>231</sup> Bu bağlamda vurgulanması gereken husus paradigma eksenli bilim tasarımı bilimsel ilerleme hakkındaki görüşlerin, pozitivism ve mantıkçı pozitivismin sunduğundan farklı olduğudur.

Pozitivistler ve mantıkçı pozitivistlerin temel aldıkları varsayımına göre keşfedilen her yasa ve olgu, kendinden öncekilerin devamı ve tamamlayıcısı konumundadır. Doğanın birlik, bütünlük, süreklilik içinde birikimsel bir şekilde ilerlediğinin en somut örneği Kopernik'ten başlayıp Newton'la en olgun biçimine

<sup>229</sup> Cengiz İskender Özkan, *Bilim Felsefesi, Bilim Felsefesi*, Say Yayınları, İstanbul 2020, s.187.

<sup>230</sup> Ömer Faik Anlı, “‘Bir Karşıt-Bilim Tezi Olarak Dilsel Görelilik: Wittgeinstein, Kuhn, Rorty, Feyerabend’”, *Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı: 15, 2013, s.146.

<sup>231</sup> Özkan, *Bilim Felsefesi*, s. 150.

ulaşan bilimsel keşiflerdir. Klasik mekanikteki bu varsayım, 20.yüzyılın başlarında ortaya çıkan görelilik ve kuantum teorileri tarafından yadsınmıştır. Bu teoriler, nicelik ve yapı bakımından Newton fiziğinden farklı olmuş olup öncelleri ile anlamsal ve mantıksal olarak uyuşmadıklarından dolayı bilimsel ilerlemenin doğası hakkında sorunlar gündeme getirmişlerdir. İçlerinde Kuhn'un da yer aldığı post-pozitivist eleştirmenlere göre Newton fiziği, görelilik teorisinin sahibi olan Einstein fiziğinin yapısı ve terimleriyle uzlaştırılmamaktadır.<sup>232</sup> Kuhn'un, bilimin birikerek ilerlediği anlayışına karşın gelişim dönemleri bir dizi normal ve devrimci bilim anlayışı ile karakterize olan süreksizlik anlayışını savunduğu söylenebilir. Bilimin ilerleme tarzını, paradigma ekseninde beliren bilimsel dönemler bazında incelemek gerekir.

Paradigma öncesi dönem, "bireylerin bilim yaptıkları fakat çabalarının toplam sonucunun bildiğimiz şekliyle bilime benzemediği bir devirdir."<sup>233</sup> Çünkü hatırlamak gerekirse bu dönem, paradigma olarak nitelendirilebilecek kadar güçlü bir kurama sahip olmadığından birbirine rakip okulların dağınık faaliyetlerine sahne olmaktaydı. Bunun için Kuhn açısından her okul ancak kendi içinden baktığı vakit bir ilerleme beklentisi bulabilir.<sup>234</sup> Fakat gerçek anlamda bilimsel ilerleme örüntüsü üretilmez.<sup>235</sup>

Bu ilerleme örüntüsünün üretildiği dönem olağan bilimdir. Olağan bilimin "geçmişte kazanılmış bir ya da daha fazla bilimsel başarı üzerine sağlam olarak oturtulmuş araştırma" olduğu anımsanırsa "bilimsel başarılar" ile sözü edilen "belirli bir bilim çevresinin, bilimsel uygulamanın gerçekleştirilebilmesi için bir süreliğine temel kabul ettiği bilimsel ilerlemelerdir."<sup>236</sup> Kuhn'un olağan bilim hakkındaki savlarından hareketle, bu dönemin uygulayıcısı olan bilim adamının bilimsel araştırmayı dışa kapalı ve sınırlandırılmış bir yöntemle, paradigmalara uyumlu olmayan kuramsal ve olgusal yeniliklere ulaşmayı hedeflemeksizin paradigmanın daha ileri düzeyde ayrıştırılmasını sağlamak adına gerçekleştirdiği söylenebilir. Kuhn açısından olağan koşullarda bir paradigmada tanımlanan bulmacaların çözülmesi ilerlemedir.<sup>237</sup> Dolayısıyla "herhangi bir tek topluluğun içinden bakıldığında başarılı

---

<sup>232</sup> Ercan Salgar, "Bilimsel İlerleme Nedir?", *Felsefe Dünyası*, Sayı: 62, 2015, s. 234.

<sup>233</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 268.

<sup>234</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 268.

<sup>235</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 280.

<sup>236</sup> Çelik, "Thomas, S. Kuhn", s. 391.

<sup>237</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 272.

yaratıcı çalışmanın sonucu gerçekten ilerlemedir.”<sup>238</sup> Fakat Rosenberg’in belirttiği gibi olağan bilimdeki bu ilerleme anlayışı empirist bilim felsefecilerinin yapmış olduğundan oldukça farklıdır. Çünkü olağan bilim; deney, gözlem ve verilerin yönlendirdiği yere gitmekten ziyade bilimsel ilerlemenin yönünü kendisi dikte etmektedir.<sup>239</sup> Bu durumda Kuhn’un diğer bilimsel dönemleri de düşünüldüğünde “ilerleme yalnızca olağan bilim dönemleri sırasında tartışmasız ve kendinden emin olarak varlık gösterebilmektedir.”<sup>240</sup> O halde Kuhn’un bilimsel gelişim boyunca devam eden sürekli bir ilerleme fikrine karşı olmasına rağmen özellikle olağan bilim döneminde paradigmaya sağlayacağı yarardan dolayı bir süreliğine ilerleme anlayışını sistemine dahil ettiği söylenebilir.

Paradigmanın yönlendirdiği bilimsel ilerlemenin birikimci olandan belirgin bir şekilde farklı olduğunu görebilmemizi sağlayan ilk dönemin bunalım dönemi olduğu söylenebilir. Bunalım döneminde ilerlemenin kesintiye uğramasına neden olan aykırılıklar vardır. “Her bilimsel çalışmayı belli bir görüş ayrılığı belirginleştirir ve en büyük bilimsel gelişme oluntularının özünde, devasa görüş ayrılıkları yatar.”<sup>241</sup> Aykırılıkların sağladığı bilimsel gelişmeyle, birbirini takip eden kuramlar arasında niceliksel birikme değil, birbirlerini revize ederek gerçekleşen bir ilerleme örüntüsünün etkili olduğu düşünülebilir.

Bilimsel devrimler ise birikimci olmayan gelişimci sürecinin parçalarıdır.<sup>242</sup> Kuhn, bilimsel devrim olarak nitelendirdiği olayların bilimsel bilgiye katkı ya da ilaveymiş gibi algılanmasını ise devrimlerin görünmezliği olarak niteler. Devrimlerin görünmezliğine ders kitapları ile felsefi ve popüler yayınlar neden olmaktadır.<sup>243</sup> Yayınlar, öğrenci ve meslekten olmayan kişilere bir tarihsel geleneğe mensup oldukları hissini vererek bunu gerçekleştirir. Oysa Kuhn, bilimsel devrimlerle birlikte olağan bilimde kullanılan eğitim araçlarının yeniden düzenlenmesi gerektiğini düşünür.<sup>244</sup> Zira “eğitim metnindeki paradigmanın doğaya uydurmaya çalıştığı olgu ve kuram örüntüsünün tamamı değişmiştir.”<sup>245</sup> Hatta ders kitapları ve araştırma yayınlarının yapısına bakılarak bir bilimsel devrim yaşanıp yaşanmadığı bile

<sup>238</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 268.

<sup>239</sup> Rosenberg, *Bilim Felsefesi: Çağdaş Bir Giriş*, s. 302.

<sup>240</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 269.

<sup>241</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 273.

<sup>242</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 185.

<sup>243</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 327-238.

<sup>244</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 239.

<sup>245</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 242.

anlaşılabilir. Buna örnek olarak dipnotlarda değinilen teknik yazımın dağılımındaki farklılıklar gösterilebilir.<sup>246</sup>

Kuhn kendi bilimsel gelişim modeli ile Darwin'in evrim kuramı arasında benzerlik kurarak bilimsel devrim dönemlerini doğal seçilimdeki gibi tarif etmeye çalışır.<sup>247</sup> Ona göre “yeni paradigmalar, hemen hemen hiçbir zaman öncellerinin tüm becerilerine sahip olmamakla birlikte genellikle geçmiş başarıların en somut kısımlarını büyük ölçüde sorunlar ve daima da yeni somut sorun-çözümlerinin gelişmesine izin verirler.”<sup>248</sup> Benzer şekilde Darwin'in evrim kuramında da doğal seçilim söz konusudur. Darwin doğal seçilimi, zararlı olan çeşitlilikler elenirken elverişli olanların korunmasına dayanan olgu olarak tanımlar.<sup>249</sup> O halde “bilimsel gelişim biyolojik evrim gibi tek yönlü ve tersinmez bir süreçtir.”<sup>250</sup> Çünkü bilimlerdeki yeni bulgular bilimsel bilgi yığına yapılmış birer katkı değil; gidişatı değiştirecek devrimci gelişmelerdir. Bu tarz gelişmelerin yaşandığı süreçte bilim adamı özellikle yeni bulgularını özümsemek için öncesinde bağlı olduğu alanla ilgili donanımını yeniden düzenlemeli, inanç ve uygulamada eksik bulunduğu öğelerin yerine yeni anlamlar ve ilişkiler bulmalıdır. Böylelikle bilim adamı yeniyi özümserken eskisinin yeni bir değerlendirmesini ve düzenlemesini yapabilir.<sup>251</sup> Böylece Kuhn düşüncesinde paradigmanın değişmesiyle birlikte, gerçeğe daha çok yaklaşıldığına dair duyulan inanca sahip birikimci ilerleme anlayışının yerine doğrusal olmayan gelişimci ilerleme anlayışının kabul edildiği görülür.

Sonuç olarak ilerleme örüntüsünün paradigma eksenli bilimsel dönemler bağlamında bir değerlendirmesini yapmak gerekirse paradigma-öncesi dönemde tam anlamıyla bilimsel ilerleme örüntüsünden bahsedilemezken olağan bilim döneminde bir süreliğine de olsa birikimci ilerleme örüntüsünün var olması dikkat çeker. Yine bunalım döneminde bu ilerleme çizgisinde kırılmalar meydana gelirken bilimsel devrimle birlikte ilerleme çizgisinde bir kopma yaşandığı anlaşılır. Çünkü Kuhn'a göre devrimlerle birlikte bir paradigmadan diğerine geçiş olgun bilimin alışılmış gelişim çizgileridir.<sup>252</sup> Hatta Barnes açısından Kuhn tüm bu yolu “devrimlerin araştırma ve bilimsel bilginin gelişimindeki kesintileri oluşturduğunu vurgulamak

<sup>246</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 66.

<sup>247</sup> Bozkurt, *Thomas Kuhn'un Bilimsel İlerleme Kavrayışının Değerlendirilmesi*, s. 37.

<sup>248</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 276.

<sup>249</sup> Darwin, *Türlerin Kökeni*, s.98.

<sup>250</sup> Kuhn, “Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim”, s. 334.

<sup>251</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 274.

<sup>252</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 84.

için kateder.”<sup>253</sup> Ayrıca bilimsel gelişim süreci, paradigmanın değişmesiyle birlikte sürekli bir şekilde olağan bilim, bunalım, bilimsel devrim aşamalarından geçerek döngüsel bir şemaya sahip gibidir.

---

<sup>253</sup> Barnes, *T. S. Kuhn ve Sosyal Bilimler*, s. 91.

### **3. KUHN'UN PARADİGMA ANLAYIŞININ KUANTUM MEKANIĞİNE UYARLANMASI**

Kuantum mekaniği, 20.yüzyıl fizik alanında meydana gelen önemli bilimsel gelişmelerindendir. Bu kuramın sahip olduğu bilimsel çerçeveyi, farklı yönleriyle anlama ve özgün konumunu belirleme ayrıcalığını Kuhn'un "paradigma" anlayışının sunduğu söylenebilir. Bu amaçla ilk olarak kuantum mekaniğinin gelişimi, Kuhn'un paradigma eksenli bilim tasarımıyla hareketle belli bilimsel dönemlerle açıklanmaya çalışılmıştır. Daha sonra paradigmayı oluşturduğu düşünülen bazı bağlamların kuantum mekaniğine uyarlanması denenmiştir.

#### **3.1. Kuantum Mekaniğinin Paradigma Ekseninde Bilimsel Gelişim Dönemleri**

Kuhn'un paradigma anlayışının bir araştırmacıya, araştırdığı alandaki bilimsel gelişimi belli dönemlere ayırarak inceleme olanağını verdiği söylenebilir. Buna göre her bilim, paradigmada meydana gelen değişim ve dönüşümün bir yansıması olarak belli bilimsel dönemlere ayrılabilir. Bunlar birinci bölümde ifade edildiği gibi paradigma öncesi, olağan bilim, bunalım ve bilimsel devrim olmak üzere dört dönemdir. Bu anlayışta bilim tarihi, paradigmaların sunduğu çerçeve üzerinden okunur. Dolayısıyla fizik biliminde meydana gelen en önemli gelişmelerden kuantum mekaniğinin bilim tarihi açısından yapılmak istenen bir değerlendirilmesinde, araştırmacıya sunulabilecek en iyi yöntemlerden birinin paradigma eksenli bilim anlayışı olduğu rahatlıkla söylenebilir. Çünkü Kuhn'un paradigma düşüncesinden hareket eden bilim imgesi, bir kuramı sahip olabileceği farklı yönleriyle bir bütün halinde gösterebilme ayrıcalığını taşır.

Bu kapsamda kuantum mekaniğini bilimsel gelişim dönemlerine ayırmak için ilk olarak bunalım dönemi ele alınmalıdır. Kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasına zemin hazırlayacak bunalım dönemi, klasik mekanik paradigmasının çözmekte yetersiz kaldığı bulmacalar ve aykırılıkların algılanmasıyla ortaya çıkan bilimsel keşifler çerçevesinde sınırlandırılabilir. Daha sonra bilimsel devrim dönemi, kuantum mekaniğinin ortaya çıkması yani paradigmanın değişmesine neden olan bilimsel gelişmeler açısından değerlendirilebilir. Son olarak olağan bilim dönemi,

kuantum mekaniği paradigmasının mükemmelleştirilmesi adına gerçekleştirilen araştırma etkinlikleri olarak ifade edilebilir.

### 3.1.1. Kuantum Mekaniği Öncesi Bunalım Dönemi

Kuhn'un bilim tasarımı her yeni paradigma eski paradigmanın çözümü direnen bulmacalarından meydana gelir. Olağan dönemde inatçı bulmacaların ciddi aykırılıklara dönüşmesiyle birlikte bunalım dönemi başlamış olur ve böylece hakim paradigmanın temelinde sarsıntılar yaşanır. Kuantum mekaniği de bu şekilde paradigmada meydana gelen bir bunalım sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu paradigma, klasik mekaniktir. Crease ve Goldhaber'ın şu ifadeleri bu iddiayı desteklemektedir: “Kuantum dünyası, ancak Newton dünyasının içinde bir yerlerde bulunuyor olabilir.”<sup>254</sup> Bu sebeple “Newton'un çalışmalarından gelen kuantumun ortaya çıktığı bilimsel çatıyı anlamamız gerekiyor.”<sup>255</sup>

Klasik mekanik paradigmasını çalışmalarıyla 17. yüzyılda fizik bilimine köklü katkılar yapan Newton'un ve onun düşüncelerini destekleyen bilim topluluğu üyelerinin çizdiği çerçeve olarak kabul etmek gerekir. Çünkü “Kopernik, Kepler ve Galileo gibi “dünyayı farklı şekilde görmeyi ilk öğrenenler”in açtığı yolda devinimin yeni paradigmasına kavuşmasını sağlayan isim Isaac Newton olmuştur.”<sup>256</sup> Newton, mekanikçi doğa felsefesinin atomcu yorumuna inanarak bu geleneği temelinden düzeltmiş ve mükemmel bir düzeye ulaştırmıştır.<sup>257</sup> Newton evreni metafiziksel bir sorgulamadan ziyade akılla kavramaya çalışır ve bunun neticesinde mekanist-determinist bir doğa görüşü geliştirir. Newton, *Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri*'nde matematiği felsefe ile ilgili olduğu ölçüde geliştirmek istediğini belirtirek şu ifadelere yer vermektedir: “geometri mekanik kılıfı üzerine kurulur, ve evrensel mekaniğin ölçme sanatını doğru olarak öneren ve tanımlayan parçasından başka birşey değildir.”<sup>258</sup> O halde Newton dönemi, bilim insanlarının doğa yasalarını doğaüstü olarak nitelendirilebilecek durumlara başvurmadan mekaniksel ve matematiksel olarak inceledikleri dönemdir.<sup>259</sup> Zaten Newton'un fizikte bu denli

<sup>254</sup> Robert P. Crease ve Alfred Scharff Goldhaber, *Kuantum Dönemi*, çev. Vural Arı, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, İstanbul 2016, s. 28.

<sup>255</sup> Crease ve Goldhaber, *Kuantum Dönemi*, s.10.

<sup>256</sup> Erdoğan, *Aristoteles'ten Newton'a Paradigmatik Bilim Tarihi*, s. 215.

<sup>257</sup> Richar S. Westfall, *Modern Bilimin Oluşumu*, çev. İsmail Hakkı Duru, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul 2015, s. 177.

<sup>258</sup> Isaac Newton, *Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri (Seçmeler)*, çev. Aziz Yardımlı, İdea Yayınevi, İstanbul 1997, ss. 63-64.

<sup>259</sup> Crease ve Goldhaber, *Kuantum Dönemi*, s.17.

önemli bir yere sahip olması onun mekanik doğa anlayışını matematiksel olarak formülleştirmesinden kaynaklanmaktadır. Hatta Ural, Newton'la birlikte matematiğin tek başına doğanın anlaşılmasını sağlayan bir araç halini aldığını belirtir.<sup>260</sup> Bir takım kuramların matematiksel formülasyonla ifade edilmesi paradigmanın muhtevası açısından istenilen durumdur. Keza bunun sayesinde klasik mekaniğin olağan bilim çalışmalarında deneysel ve kuramsal ilerleme belirgin hale gelmiştir. Klasik mekanik özellikle tüm olguları kesin bir yer ve zamana sahip olan temel madde parçacığına indirgeyerek gelecekteki durumları hakkında hatasız tahminlerde bulunmayı hedefler. Bu durum nesnelerin belli bir determinist bakış açısıyla değerlendirilmesine neden olur. Sever'in ifadeleriyle belirtmek gerekirse klasik mekanik “doğayı belirlenimci, düzenli ve sürekli görmemizi sağlamıştır.”<sup>261</sup>

Klasik mekaniğin bunalım dönemini daha iyi anlamaya imkan verecek ölçüde olağan bilimin çerçevesini çizmeye devam etmek gerekir. Daha önceki bölümde belirtildiği gibi olağan bilim boyunca bilim adamından beklenen kendilerini çevreleyen ve araştırma faaliyetlerini yürütmelerine rehberlik eden paradigma ile uyumlu bilimsel sonuçlar elde etmektir. Klasik mekanik içerisinde bu prensiple hareket eden pek çok bilim adamının var olduğu bilim tarihi okumalarında kendini göstermektedir. Newton ile temellerini atan ve zamanla daha çok gelişen mekanik gelenek, güçlü bir paradigmanın açılımı olarak okunmalıdır. Bu bağlamda klasik mekaniğin güçlü bir paradigmaya sahip olmasına katkı sağlayan geleneklerden birinin “analitik mekanik” olduğu söylenebilir. Euler, Lagrange, Hamilton gibi isimlerin analitik mekaniğin önemli temsilcileri olduğu bilgisinden hareketle, Kuhn'un şu ifadeleri bu iddiayı desteklemektedir:

Örneğin zamanla, Principia'nın önceleri sanıldığı gibi her zaman kolaylıkla uygulanabilir bir eser olmadığı ortaya çıktı, çünkü kısmen ilk denemelerde kaçınılmaz olan tutarsızlıklardan kurtulamamıştı, kısmen de anlam içeriğinin büyük bölümü uygulamalarda sadece dolaylı olarak yer alabiliyordu. Hem zaten yeryüzü uygulamalarının çoğunda Avrupa'da geliştirilmiş ve öncekilerle görünürde pek ilgisi olmayan bir dizi tekniğin kıyaslanamayacak kadar daha güçlü olduğu görülmekteydi. Bu nedenle 18. yüzyılda Euler ve Lagrange'dan, 19. yüzyılda Hamilton, Jacobi ve Hertz'e kadar Avrupa'nın en parlak matematiksel fizikçilerinin çoğu mekanik kuramın eşdeğerde olan ama mantık ve estetik açısından daha doyurucu bir biçimde yeniden dile getirmek için sürekli çaba sarf etmişlerdi. Yani, gerek Principia'nın, gerek Avrupa'daki mekanik

<sup>260</sup> Şafak Ural, “Newton Fiziği ve Matematik”, *Bilim Tarihi ve Felsefesi*, ed. Ömer Bozkurt, Mardin Artuklu Üniversitesi Yayınları, Mardin 2016, s. 375.

<sup>261</sup> Tuğba Sever, *Klasik Fizik ve Kuantum Fiziğinin Doğa Tasarımımıza Olan Etkilerinin Karşılaştırılması*, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2019, s. 28.

anlayışının açık ya da kapalı bütün öğretileri, mantıksal olarak çok daha tutarlı bir metinde sergilensin istiyorlardı. Böylece arzu edilen, kuramın mekanikte yeni yeni geliştirilmiş olan sorunlara uygulandığının hem daha düzenli hem de daha az çelişkili olmasıydı.<sup>262</sup>

Analitik mekaniğin temelini çok parçacıklı karışık mekanik problemler için geliştirilmiş çok genel yöntemler oluşturur.<sup>263</sup> Bu bağlamda Lagrange'in kendi adıyla anılan "Lagrange Fonksiyonu" ve buna dayanarak oluşturduğu "Birinci Türden Lagrange Denklemleri" ve "İkinci Türden Lagrange Denklemleri" ekseninde yürüttüğü dinamik incelemeleri, genelde "Lagrange Mekanik"i olarak adlandırılmıştır.<sup>264</sup> Lagrange mekaniği gibi Hamilton mekaniği de klasik mekaniğin kullanım alanını etkili bir şekilde yapılandırmıştır. Özetle Yahşi'nin ifadeleriyle: "Klasik Mekanik olarak adlandıracağımız Newtonyen mekaniğin yanında Lagranjiyen Mekanik ve Hamiltonyen mekaniği gelişmiştir."<sup>265</sup> Dolayısıyla bu geleneğin uygulamalarını, klasik mekanik paradigmasında köklü değişiklikler yaratacak türden aykırılıklar olarak değil paradigmayı mükemmelleştirmek adına yürütülen olağan bilim araştırmaları olarak nitelendirmek gerekir. O halde klasik mekaniğin, olağan bilim döneminde Newton ve onun düşünceleriyle uyumlu bir şekilde ilerleyen bilimsel bilinç ile paradigmasına yön verdiği düşünülebilir.

Klasik mekanik, olağan araştırma faaliyetlerini paradigmanın ileri düzeyde ayrıştırılması adına yürütür. Özellikle Kuhn'a göre paradigmanın ayrıştırılması ile ilgili sorunlar, deneysel olduğu kadar kuramsaldır.<sup>266</sup> Erdoğan'ın ifadeleriyle:

Bilimsel kuramın, özellikle egemen anlatım tarzları matematiksel olan kuramların, doğrudan doğruya doğa ile karşılaşabildikleri uygulama alanı çok azdır. Kuram ve ölçme konusunda beklenen uyumu daha da artırmak ya da bir uyum olabileceğinin hiç değilse gösterilebileceği yeni alanlar bulmak deneyci ve gözlemcilerin yeteneklerini ve düş güçlerini sürekli olarak zorlar. Doğa ile kuram arasındaki uyumu gittikçe daha da yakınlaştırmak için çok büyük bir çabaya ve dehaya gerek vardır.<sup>267</sup>

Yine de bazen deney ve gözlem arasında yakalanmak istenen bu uyum bozulabilmektedir. Kuhn bu durumu paradigmada meydana gelen ve çözüme direnen güçlü bulmacalar olarak tanımlamaktadır. Bu tarz bulmacalar, aykırılıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Kuhn, aykırılıkların baş gösterdiği alanın geniş bir

<sup>262</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 109.

<sup>263</sup> Hüseyin Erbil, *Analitik ve Kuantum Mekanik*, Nobel Yayıncılık, Ankara 2014, s. 1.

<sup>264</sup> Metin Gürgöze, *Analitik Mekanik Giriş*, İTÜ Vakfı Yayınları, İstanbul 2019, s. 231.

<sup>265</sup> Uğur Yahşi, *Problemlerle Klasik Mekanik*, Literatür Yayınları, İstanbul 2012, s. 1.

<sup>266</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 110.

<sup>267</sup> Erdoğan, *Aristoteles'ten Newton'a Paradigmatik Bilim Tarihi*, s. 246.

şekilde taranmasıyla birlikte keşif sürecinin başladığını söyler.<sup>268</sup> Keşifler, yapıcı olduğu gibi yıkıcıdır. Eğer bir keşif, bilim adamının görüngüler hakkındaki bilgisini kesinleştirip kapsamını genişletiyorsa yapıcı; paradigmanın bazı inanç ve uygulamalarını terk etmesini ve bunların yerine yenilerini koymasını gerektiriyorsa yıkıcıdır.<sup>269</sup> İşte klasik mekanikte bunalım dönemi yaşanmasına ve yeni paradigmanın ortaya çıkmasına neden olan bilimsel keşifler bu türden yıkıcı keşiflerdir.

Newton'dan sonra gelenler için onun çalışmalarındaki deney ve gözlem arasındaki uyuma engel olan sınırlamalar, heyecan verici kuramsal sorunların kaynağı olmuştur.<sup>270</sup> Bu tarzdan sınırlamalar, olağan araştırmadan olağanüstü araştırmaya geçişin belirtileridir.<sup>271</sup> Paradigmada, zamanla irili ufaklı değişiklikler meydana getirerek olağan bilim kurallarında belirsizlik meydana gelmesine neden olan girişimler, paradigmanın sarsılmazlığına dair bilim topluluğunun kuşkularını artırmış olur.<sup>272</sup> Klasik paradigmada özellikle pozitivist ve determinist çizgiye sahip mekanik görüşün pek çok güçlkle karşılaşmaya başlaması, bilim topluluğunun dikkatinin farklı yönlere kaymaya başlamasına neden olur. Bu durum başlangıçta çok az kişinin zihnini meşgul ederken zamanla bilim çevresinden pek çok üyenin dikkatini çeken ve mesailerinin büyük bir bölümünü harcamalarına neden olan sorunlar halini alır. Sever, 19. yüzyılda fizik biliminin bir takım çıkmazlara düşmesinden dolayı bazı fizikçilerin, klasik fizikte bağlı oldukları genellemeleri yeniden sorgulamak durumunda kaldıklarını belirtir.<sup>273</sup> Böylece yavaş yavaş klasik mekanik paradigmasında bunalım dönemi yaşanmasına neden olacak aykırılıkların ortaya çıkmasına zemini hazırlanır. Penrose'un şu ifadelerinden hareketle yeni bir paradigmayı gerektirecek aykırılıklar hakkında fikir sahibi olunabilir: "Katı cisimlerin varlığı, maddeyi oluşturan kuvvetler ve fiziksel özellikleri, kimyanın doğası, maddelerin renkleri, donma/kaynama olayları, kalıtımın güvenilirliği -bütün bunlar ve diğer bir çok bildiğimiz özelliklerin açıklamaları kuantum kuramını gerektirir."<sup>274</sup> Sıralanan bilimsel gerçeklikler ve daha nicesi klasik mekanik

<sup>268</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 136.

<sup>269</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 153.

<sup>270</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 108.

<sup>271</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 184.

<sup>272</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 174-175.

<sup>273</sup> Sever, *Klasik Fiziğin ve Kuantum Fiziğinin Doğa Tasarımımıza Olan Etkilerinin Karşılaştırılması*, s. 6.

<sup>274</sup> Roger Penrose, *Fiziğin Gizemi: Kralın Yeni Usu -II-*, çev. Tekin Dereli, Tübitak, Ankara 1997, s.

paradigmasında aykırılıkların neden olduğu durumlar olarak değerlendirilebilir. Zira Kuhn, paradigmanın incelemeciye hazırlamadığı bir görüngünün ortaya çıkmasını aykırılığın algılanması olarak nitelendirir. Bu durum ise yeniliğe giden yolu hızlandırır.<sup>275</sup> Aykırılığın farkına varılmasıyla başlayan keşifler, olgusal ve kuramsal olarak ikiye ayrılrsa da Kuhn aralarındaki ayrımın yapay olduğunu söylediği için klasik mekanik paradigmasında bunalıma neden olan bilimsel keşiflerin genel bir değerlendirmesini yapmak yeterli olacaktır.

18. ve 19. yüzyıllarda fizik alanında pek çok bilimsel keşif yaşanmıştır. Bu keşifler, klasik mekanik paradigmasının beklentileriyle uyumlu gelişmeler olduğu sürece yapıcı, uyumlu olmadığı sürece yıkıcı nitelikte olmuştur. Motz ve Weaver optik, elektrik, manyetizma ve ısı (termodinamik) gibi fiziğin diğer dallarının Newton mekaniğinden bağımsız olarak ve oldukça yavaş bir şekilde büyüyüp geliştiğini belirtirler.<sup>276</sup> O halde klasik mekanik paradigmasında bunalıma neden olan aykırılıklar ısı, ışık, elektrik, manyetizma ve enerji gibi olgularla ilgi keşiflerde aranmalıdır.

Klasik mekanikte en önemli keşiflerin yaşandığı alanlardan biri, elektrik ve manyetik kuramları inceleyen elektromanyetiktir. Bu alanda, ilgili bilim topluluğunun görüşlerini ciddi bir şekilde etkileyen ilk ismin Faraday olduğu söylenebilir. Onun bilime en önemli katkısı elektromanyetik kuramın önemli kavramlarından “alan”ı bilime kazandırmış olmasıdır.<sup>277</sup> Dönemin önemli bulmacalarından biri, elektrik ve manyetizma arasında nasıl bir ilişki olduğudur. Faraday, 1831 yılında yaptığı bir deneyde zamanla değişen bir magnetik alanın beraberinde elektrik alanının yaratılmasına neden olduğunu keşfeder.<sup>278</sup>

Faraday’ın çalışmaları, “elektromanyetik alan kuramının sahibi Clerk Maxwell tarafından devam ettirilecekti.”<sup>279</sup> Faraday ışığın kuvvet çizgilerindeki bir titreşim olduğunu söylerken bu kuvvet çizgilerinin aynı zamanda parçacıkları ve maddenin kütlelerini bir arada tuttuğunu ileri sürmüştür. Maxwell, Faraday’ın ışık hakkındaki

---

96.

<sup>275</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 142.

<sup>276</sup> Lloyd Motz and Jefferson Weaver, *The Story of Physics*, Springer Science+Business Media, US 1989, s. 122.

<sup>277</sup> Fatma Bentli, “Evensel Deha: Michael Faraday”, *Elektik Mühendisliği*, Sayı: 430, 2007, s.150.

<sup>278</sup> Mithat İdemen, *Elektromagnetik Alan Teorisinin Temelleri*, Literatür Yayınları, İstanbul 2005, s. 117.

<sup>279</sup> Ioan James, *Büyük Fizikçiler: Galileo’ dan Yukava’ ya*, çev. Sibel Erduman, ed. Cumhuriyet Öztürk Türkiye İş Bankası Yayınları, İstanbul 2015, s. 166.

görüşlerini deneysel ve matematiksel olarak açıklamaya çalışır ve daha sonra Greene'in belirttiği gibi Maxwell, Faraday'ın çalışmalarını yakından inceledikten sonra "elektromanyetik alan" çerçevesinde elektrik ile manyetizmayı birleştirmeyi başarır.<sup>280</sup> Maxwell'e göre elektrik alanında meydana gelen manyetik alanı manyetik alanda meydana gelen değişim elektrik alanını etkiler. Dolayısıyla "zamana göre değişen elektrik alan, manyetik alan oluştururken zamana göre değişen manyetik alan da elektrik alan oluşmasına neden olur."<sup>281</sup> O, elektrik ve manyetizmayı konu alan bütün bu elektromanyetik olayları açıklamak için fizik biliminde çok önemli olan "Maxwell denklemleri"ni kurmuştur. Bu denklemlerden hareketle Maxwell, elektrik sabitini ışık sabitine böldüğünde ışık hızının karesinin ortaya çıktığını keşfeder. Zaten Turok, Maxwell'in birleşik elektrik ve manyetizma teorisinde en olağanüstü sonucun ışık hızının tahmin edilmesi olduğunu belirtir.<sup>282</sup> Işığın ölçülen hızı olduğunu ortaya çıkararak bu denklemler, eter içindeki bir elektromanyetik dalganın hızının tespitine de yol açtı.<sup>283</sup> Tüm bu gelişmeler sonucunda James'a göre Maxwell'in en büyük başarısı, elektromanyetik alanlar için uzay-zaman yasasını tam olarak formüle etmesidir. Maxwell'in diferansiyel denklemleri, alanların polarize dalgalar biçiminde ışık hızıyla yayıldığını göstermiştir.<sup>284</sup> Böylece Maxwell ışığın elektromanyetik bir dalga olduğunu keşfeder. Işığın elektromanyetik bir dalga olduğu keşfinin, Newton paradigmasında güçlü bir aykırılığın ortaya çıkmasına neden olduğu söylenebilir. Çünkü Newton *Optik* adlı eserinde: "Işık ışınları parlayan tözlerden yayılan çok küçük cisimler değil midir?" soru altında konuya bir açıklık getirmiştir.<sup>285</sup> Buna göre Newton "açık olarak ışık ışınlarını bir ışık kaynağından yayılan ve düz çizgiler boyunca hareket eden çok küçük parçacıkların akışı olarak düşünmüştür."<sup>286</sup> Dolayısıyla zaman içinde gelişen üç boyutlu uzayda, Newton denklemine göre yerleştirilmiş varlıklar olan parçacıkların aksine Maxwell denkleminde söz konusu olan elektromanyetik alanlar halinde yayılmış nesnelere.<sup>287</sup>

---

<sup>280</sup> Brian Greene, *Evrenin Zerafeti*, çev. Ebru Kılıç, TÜBİTAK, Ankara 2001, s. 28.

<sup>281</sup> Cem Civelek, *Temel Elektromanyetik Alan ve Dalga Kuramı*, Seçkin Teknik Yayıncılık, Ankara 2016, s. 25.

<sup>282</sup> Neil Turok, *İçimizdeki Evren Kuantumdan Kozmosa*, çev. Onur Uygun, Kolektif Kitap, İstanbul 2018, s. 107.

<sup>283</sup> Frank L. Pedrotti, vd., *Optik*, ed. Metin Özdemir, Palme Yayıncılık, Ankara 2014, s. 3.

<sup>284</sup> James, *Büyük Fizikçiler Galileo'dan Yukava'ya*, s. 212.

<sup>285</sup> Newton, *Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri (Seçmeler)*, s. 157.

<sup>286</sup> Pedrotti, vd., *Optik*, s. 2.

<sup>287</sup> Allori, "Quantum Mechanics and Paradigm Shifts", s. 315.

Kuhn, ışığın parçacık kuramından dalga kuramına geçişini şu şekilde ifade etmektedir:

Newton'un geliştirdiği yeni ışık ve renk kuramı var olan paradigma öncesi kuramlardan hiçbirinde spektrum uzunluğunun tam olarak açıklanamamasından kaynaklanmıştı; Newton'un görüşlerinin yerini alan ışığın dalga kuramına gelince, o da Newton'un kuramı ile ışığın kırılma ve kutuplaşma gibi sorunları arasındaki bağlantının uyumsuz ve aykırılıklarla dolu olmasından duyulan sıkıntılar sonucu ortaya atıldı.<sup>288</sup>

O halde Einstein'in ifadeleriyle: “Kuramsal fiziğin bütünü için bir program gibi ele alınmış olan Newton'ın devrimsel öğretisi, ilk sarsıntısını Maxwell'in elektrik kuramıyla yaşadı.”<sup>289</sup> En önemlisi Maxwell'in teorisi kuantum teorisine giden yolu açtı.<sup>290</sup> Maxwell ışığın doğası hakkında çok önemli keşiflere imza atmış olsa bile bunları deneysel olarak ifade edebilmekte yetersiz kalmıştır. Elektromanyetik dalga teorisini deneysel olarak ispat eden isim: Hertz'dir. Whitfield'in belirttiği gibi Hertz ve Maxwell, elektromanyetik dalgaların ortaya çıkabilmesi için atom öncesi fiziğin geçerliliğini en uzun süre koruyan varsayımı “esir maddesi” ya da “eter” in gerekli olduğuna inanmışlardır.<sup>291</sup> Fakat Einstein'in ifadeleriyle “bu mekanik yorum hiç durmadan aralıksız çok dirençli çabalara karşın başarıyla işleyip yürümediğinden insanlar fiziksel gerçekliğin artık başka şeye indirgenemeyen en son ögesi olarak “*elektromanyetik alan*” a ilişkin fikri kavramaya yavaş yavaş başladı.”<sup>292</sup> Temellerini Faraday'ın attığı ve Maxwell'in geliştirdiği “alan” kavramı ile anlatılmak istenen “kütleçekim, elektrik ve manyetizma gibi etkileşmelerin, bu etkilerini kuvvetin taşınması için herhangi bir ortam –esir gibi- gerektirmemelerini belirtir.”<sup>293</sup> Bu noktada Kuhn'un şu ifadelerinden klasik mekanik paradigmasında aykırılıkların artmaya başladığı anlaşılmaktadır: “elektromanyetik alan için Maxwell denklemlerinin benimsenmesiyle ve bu denklemlerin mekanik bir eter yapısından türeyemeyeceğinin kabul edilmesiyle, fizikçinin açıklamalarda kullanabildiği biçimler listesi büyümeye başlamıştır.”<sup>294</sup> Buraya kadar ifade edilenlerden Einstein'in ifadeleriyle şu sonuç çıkarılabilir: “Faraday, Maxwell ve Hertz'in

<sup>288</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 154-155.

<sup>289</sup> Albert Einstein, *Bilim ve Felsefe Yazıları*, çev. Nejat Bozkurt, Sentez Yayıncılık, Ankara 2013, s. 133.

<sup>290</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s. 51.

<sup>291</sup> Peter Whitfield, *Batı Biliminde Dönüm Noktaları*, çev. Serdar Uslu, Küre Yayınları, İstanbul 2008, s. 251.

<sup>292</sup> Einstein, *Bilim ve Felsefe Yazıları*, s. 133.

<sup>293</sup> John Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Güden Kuantum*, çev. R. Ömür Akyüz, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul 2020, s. 24.

<sup>294</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 53.

yaptıkları çalışmaların sonuçları modern fizikte büyük ilerlemeye öncülük etti ve gerçekliğin yeni bir tablosunu ortaya koymamıza yardımcı olacak kavramlar türettiler.”<sup>295</sup>

Kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasına zemin hazırlayan ve klasik mekanik paradigmasında bunalım yaşanmasına neden olan diğer keşifler “termodinamik” le ilgili gelişmelerdir. Akyüz termodinamiğin temellerini atan ve önemli bilimsel keşiflerin yaşanmasına neden olan bazı fizikçileri, kuantum mekaniğinin omuzlarında olduğu devler olarak nitelendirir.<sup>296</sup> Termodinamik terimi ilk kez 1849 yılında Lord Kelvin tarafından kullanılmıştır. Bu terim, therme (ısı) ve diynamis (güç) sözcüklerinden türetilmiş olup ısıyı işe dönüştürme çabasını tanımlamak için kullanılmıştır. Bu bağlamda termodinamik, enerji ve enerjinin şekil değiştirmesi ile ilgilidir.<sup>297</sup> Termodinamiğin konusunu aktiviteler için ihtiyaç duyulan enerjiyi açığa çıkarmak ve bu enerjiyle istendik hareketleri meydana getirmek oluşturmaktadır. Zira enerji, mikrobik cisimlerden makrobik cisimlere kadar her şeyi birbirine bağlar.

Termodinamiğin bir bilim haline gelmesine ve bu alanda kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasına zemin hazırlayan keşiflerin yaşanmasında önemli isimlerden biri Carnot’tur. Carnot, ısının doğasıyla ilgili *Reflexions sur la Puissance Motrice du Feu* adlı çalışmasında ısı motorlarının nasıl çalıştıklarını açıklar. Buna göre tüm ısı motorlarının kaynağı sıcaklıktır. O, ısının davranışını sıcak ortamdan soğuk ortama akan suya benzeter ve bu özelliğinden dolayı ısının faydalı işlerde kullanılabileceğini öngörür. Bu amaçla daha verimli ısı motorları elde etmek için sıcak ortamla soğuk ortam arasındaki farkı artırmak gerektiğini savunur. Zira doğadaki her şey sıcak ve soğuk enerji alışverişiyle hareket etmektedir.<sup>298</sup> Carnot ilk defa “ısıdan faydalı iş elde etme problemini herhangi bir makine ve akışkan cinsine bağlı olmaksızın en genel şekilde ele aldı ve doğru bir düşünce ile Termodinamiğin 2. Ana Kanununun izahını yaptı.”<sup>299</sup> Termodinamiğin bahsi geçen bu ikinci yasası, kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasına neden olan keşiflerin çıkış noktası olarak kabul edilmelidir. Bu konuya

---

<sup>295</sup> Albert Einstein ve Leopold Infeld, *Fiziğin Evrimi*, çev. Sertaç Turgal, Alter Yayıncılık, Ankara 2015, s. 125.

<sup>296</sup> R. Ömür Akyüz, “Kuantum Kuramı 100 Yaşında”, *Bilim ve Teknik*, Tübitak, Sayı: 395, 2000, s. 34.

<sup>297</sup> Selim Çeyinkaya, *Termodinamik*, Nobel Yayıncılık, Ankara 2011, ss. 1-2.

<sup>298</sup> By Sadi Carnot, *Reflections on the Motive Power of Heat*, [https://sites.pitt.edu/~jdnorton/teaching/2559\\_Therm\\_Stat\\_Mech/docs/Carnot%20Reflections%201897%20facsimile.pdf](https://sites.pitt.edu/~jdnorton/teaching/2559_Therm_Stat_Mech/docs/Carnot%20Reflections%201897%20facsimile.pdf), (Erişim: 7.08.2022).

<sup>299</sup> Ömer Samih Mertbaş, *Termodinamik*, Balıkesir Üniversitesi Basımevi, Balıkesir 1997, s. 115.

geçmeden evvel termodinamiğin diğer yasalarına değinmek gerekir. Termodinamiğin birinci yasasına göre **“enerji yok edilemez veya yokken var edilemez, ancak değişik fiziksel ve kimyasal işlemlerle bir enerji biçiminden diğer enerji biçimine dönüşür.”**<sup>300</sup> Termodinamiğin üçüncü yasasına göre: “Sıcaklık mutlak sifıra yaklaştıkça bütün hareketler sifıra yaklaşır. Sıcaklık mutlak sifıra yaklaştıkça, bir sistemin entropisi bir sabite yaklaşır.”<sup>301</sup> Bu ifadede sözü edilen “entropi” kavramı, daha sonra kuantum mekaniğinin ortaya çıkması için gerekli ortamın oluşmasına katkı sunacak olan termodinamiğin ikinci yasasını oluşturur. Bu kavramı ortaya atan bilim adamı Clausius’tur. O, entropi kelimesini enerji kelimesine mümkün olduğunca benzer olacak şekilde kasıtlı olarak oluşturduğunu belirtir.<sup>302</sup> **“Entropi, sistemdeki düzensizliğin bir ölçüsüdür”**<sup>303</sup> Başka bir ifadeyle “entropi düzensiz hale olan eğilimdir”<sup>304</sup> Clausius, ısının mekanik teorisinin iki temel teoremine karşılık gelen evrenin temel yasalarını şu şekilde ifade etmektedir: Evrenin enerjisi sabittir ve evrenin entropisi maksimum olma eğilimindedir.<sup>305</sup> Clausius’un düşüncesinde ısı, sıcak cisimlerden soğuk cisimlere doğru hareket eder.<sup>306</sup> Ve ısı hiçbir zaman sıcaklığı düşük olan cisimden yüksek olana kendiliğinden geçemez.<sup>307</sup> Bu sirkülasyon iki taraftaki sıcaklık eşitlenene kadar devam eder. Lakin bazı sistemler vardır ki Smolin’in ifadeleriyle “anti-termodinamik sistemler” bu özelliğin tersi bir durum içerisindedir. Ona göre termodinamiğin ikinci yasası “anti-termodinamik sistemler” içinde işler. Özellikle kütleçekimin etkili olduğu tüm yıldızlar, güneş sistemleri, gökadalara ve kara-delikler garip şekilde davranan anti-termodinamik sistemlere örnektir. Çünkü bunlara enerji eklendiğinde soğurlar.<sup>308</sup>

Bu bağlamda belirtilmesi gereken en önemli husus, termodinamiğin ikinci yasasının klasik mekanik paradigmasına ait temel savlarla önemli aykırılıklar içermesidir. Yücebalkan’ın belirttiği gibi “Newtoncu modernist paradigmanın “mekanik evren imajı” nda sunduğu ezeliyet anlayışına ilk meydan okuma

<sup>300</sup> Selim Çetinkaya, *Termodinamik*, Nobel Yayıncılık, Ankara 2011, s. 54.

<sup>301</sup> Faik Mikailov ve Sait Eren San, *Termodinamik ve İstatistiksel Fizik*, Papatya Yayıncılık, İstanbul 2008, s. 45.

<sup>302</sup> Rudolf Clausius, *The Mechanical Theory of Heat*,

[https://sites.pitt.edu/~jdnorton/teaching/2559\\_Therm\\_Stat\\_Mech/docs/Clausius%20The\\_Mechanical\\_Theory\\_of\\_Heat%201867.pdf](https://sites.pitt.edu/~jdnorton/teaching/2559_Therm_Stat_Mech/docs/Clausius%20The_Mechanical_Theory_of_Heat%201867.pdf), (Erişim: 8.08.2022), s. 357.

<sup>303</sup> Çetinkaya, *Termodinamik*, s. 75.

<sup>304</sup> Mikailov ve San, *Termodinamik ve İstatistiksel Fizik*, s. 39.

<sup>305</sup> Clausius, *The Mechanical Theory of Heat*, s. 365.

<sup>306</sup> Lee Smolin, *Zamanın Yeniden Doğuşu*, çev. Bilge Tarriseven, Tübitak, Ankara 2017, s. 260.

<sup>307</sup> Mertbaş, *Termodinamik*, s. 117.

<sup>308</sup> Lee Smolin, *Zamanın Yeniden Doğuşu*, s. 261.

termodinamikle başlamıştır.”<sup>309</sup> Çünkü Newton açısından: “Her cisim üzerine uygulanan kuvvetler yoluyla dinginlik ya da doğru bir çizgide biçimdeş devim durumunu değiştirmeye zorlanmadıkça o durumu sürdürür.”<sup>310</sup> Yani evrende düzenlilik hakimdir. Oysa entropi düzensizliğin bir ölçüsüdür. Termodinamiğin ikinci yasasını kanıtlama çabaları istatistiksel mekanik olarak adlandırılan bir alanın gelişmesine neden olmuştur. Termodinamiğin istatistiksel mekaniğe dayalı yorumlamasını ortaya koyan Boltzmann, bir cismin entropisi ile makroskobik durumunun olasılığı arasındaki kesin bağlantıyı saptar ve bunu şu şekilde formüleştirir:  $S = k \cdot \log W$ . Bu denklemde S: entropi, W: olasılık, k: Boltzmann sabiti’dir. Ayrıca Boltzmann fiziksel sistemlerin enerji seviyelerinin birbirinden farklı olabileceğini önerir. Bu amaçla iyot gazı ve moleküllerdeki enerji seviyelerini açıklamaya çalışır. Termodinamiğin klasik fizikle açıklayamadığı bu zorluklar, istatistiksel fizik ve özellikle gazların kinetik teorisi ile çözülmeye çalışılmıştır.<sup>311</sup> Boltzmann’ın bilime yaptığı en özgün katkı, “termodinamik olgunun, atomik olgunun olasılık yasası ve mekanik yasalar tarafından düzenlenen gözle görülür boyutta bir yansıması olduğu yönündeki düşüncesi” dir.<sup>312</sup>

Görülür ki elektromanyetizma ve termodinamikteki bu parlama anları, klasik mekanik paradigmasında heyecan verici gelişmelerin yaşanmasına neden olmuştur. Kuhn’un ifadeleriyle: “mevcut bilimsel araştırma geleneği tarafından ortaya çıkmaları beklenmeyen bu tür olgu keşiflerinde bilimsel devrimlere benzer karakterler gözlenmektedir. Fakat bu tür dönemlerin ayırt edici farkı, bilimsel alanda kabul edilen kuramın tümünden değişmesine neden olmamalarıdır.”<sup>313</sup> Bütün bu gelişmeler, klasik paradigmayı devrime zorlayacak kadar yıkıcı etkide olmasa bile ciddi aykırılıkların ortaya çıkması için gerekli yolu açan türden bilimsel keşiflerdir. Paradigmanın bunalıma girmesi için tüm başarılı çalışmalara karşı inatla direnen deneysel gerçekler bulunmalıdır.<sup>314</sup> Bu türden gerçeklikler, olağan bilim etkinliklerinin kolaylıkla yürütülmesini sağlayacak yeni bir paradigmayı gerektirir. Dolayısıyla yeni bir paradigmanın kurulması ihtiyacı, paradigma değişikliğine giden

<sup>309</sup> Benan Yücebalkan, “Kuantum Liderlik ile Kuantum Paradigmasının İlişkisi”, *Social Mentality and Researcher Thinkers Journals*, 6/34, 2020, s. 1358.

<sup>310</sup> Newton, *Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri (Seçmeler)*, s. 79.

<sup>311</sup> “Düzensizliğin Dahisi: Ludwig Boltzmann”, *Matematiksel*, <https://www.matematiksel.org/pareto-analizi-8020-prensibi/>, (Erişim: 10.05.2022).

<sup>312</sup> James, *Büyük Fizikçiler Galileo’dan Yukava’ya*, s. 231.

<sup>313</sup> Bozkurt, “Thomas Kuhn’un Bilimsel İlerleme Kavrayışının Değerlendirilmesi”, s. 49.

<sup>314</sup> Kubilay Kaptan, “Kuantum Teorisinin Yorumu ve Doğanın Rolü”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 1/1, 2017, s. 21.

yolu hızlandırır. Bahsedildiği gibi klasik mekanik paradigmasının değişmesine neden olan gerçeklikler arasında tayf çizgileri, siyah cisim ışıması ve foto elektrik etki gibi ciddi aykırılıkların olduğu söylenebilir. Bu keşifler, fizik alanında yeni bir bilimsel devrimin gerçekleşmesi yolunda kilit noktalardır.

Klasik mekanikte ilk ciddi başarısızlık, “ışıma yapan bir maddenin ışımaya spektrum dağılımında başlamıştı.”<sup>315</sup> 150 yıldır Avrupa laboratuvarlarında gazlardan çıkan ışık yayılımı hakkında hassas gözlemler yapılmaktaydı. Bu çalışmalar, 1752 yılına kadar yani Melvill’in bir alev üzerine farklı gaz kaplarını koymasından neticesinde parıldayarak yayınlanan ışığı incelediği ana kadar geri götürülür.<sup>316</sup> Klasik dünyanın karmaşık sorunlarının kaynağı, “parçacıklar” ve “alanlar”dan oluşan iki tür fiziksel nesnenin bir arada var olmak zorunda olmalarından kaynaklanır. Fizik yönünden gerçek bir tutarlılığa sahip olmayan bu iki nesneden parçacıkların her biri sonlu sayıda değişkenle tanımlanırken alanlar sonsuz sayıda parametre gerektirmektedir. Enerjinin eşbölüşüm teoremi sonucu olarak parçacıkların ve alanların dengede olmalarını gerektiren sistemde enerjinin tamamı parçacıklardan alınıp alanlara verilir. Rutherford’un atom modelinden bir örnekle sorun daha belirgin bir hal alır. Buna göre çekirdeğin ve etrafındaki elektronları bir arada tutan elektromanyetik kuvvetlerdir. Çekirdeğin etrafında hareket eden elektron, Maxwell denklemlerine göre sonsuzluğa doğru artan yoğunlukta elektromanyetik dalgalar üretmelidir. Fakat bilim adamları böyle bir sonuç gözlemlememişlerdir. Çünkü bu durumu yani atomların kararlılığını, klasik kuramla açıklamak güçtür. Bunun yerine atomlar, gözlemlendiği kadar keskin spektral çizgilerden oluşan belirli frekanslardaki elektromanyetik dalgaları yayabilirler. Bu spektrallerin bağlı olduğu kurallar ise yine klasik kurama göre anlamsızdır.<sup>317</sup>

Enerji ve frekans ilişkisini gösteren ışınım eğrilerini açıklama çabalarının 1890’ların sonlarındaki teorik fiziğin temel sorunlarından birini oluşturduğu görülür. Hooft’un belirttiği gibi “söz konusu ışınımın şiddetini hesaplamak için termodinamik yasalarını kullandığımızda, sonuçtan hiçbir anlam çıkmıyordu.”<sup>318</sup> Böylece parçacık ve elektromanyetik ışımaya arasındaki dengesizliğin neden olduğu güçlüğü üstesinden

<sup>315</sup> Gökhan Budak ve Abdulhalik Karabulut, *Kuantum Fiziği I*, Nobel Yayın, Ankara 2020, s. 2.

<sup>316</sup> Joseph P. Meevov, ve Oscar Zarate, *Kuantum Teorisi*, çev. Nedim Çatlı, Say Yayınları, İstanbul 2019, s.60.

<sup>317</sup> Penrose, *Fiziğin Gizemi: Kralın Yeni Usu -II-*, s. 98-100.

<sup>318</sup> Gerard’ t Hooft, *Maddenin Son Yapıtaşları*, çev. Mehmet Karaca ve Nazife Özdeş Koca, Tubitak, Ankara 2003, s. 14.

gelebilmek adına bilim topluluğunun önerdiği yeni olgu, “siyah cisim” olmuştur. Budak ve Karabulut’un ifadeleriyle mutlak sıfır üzerindeki cisimlerin tümü her sıcaklıkta ışımaya yapmaktadır. Cismin detaylı yapısı, ışımının frekans ve şiddet dağılımını etkilemektedir. Dolayısıyla ışımaya yapan cismin hangi özelliklere sahip olduğunun bilinmesi ışımının anlaşılabilmesi için gereklidir. Bu amaca en uygun, harika bir soğurucu model, siyah cisimdir.<sup>319</sup> Bu terimi kullanan ilk isim: Kirchoff dur:

Düzgün sıcaklıkta tutulan bir kap düşünelim; bu kap içinde bulunan maddesel cisimler ışınım salarlar ya da soğururlar, sonunda kap içinde bir denge durumu kurulur ve bu durumda, madde ile ışımaya arasındaki enerji değiş-tokuşları birbirini ödünler. Kirchoff, salt termodinamiğin temel ilkelerine dayanarak bu denge durumunun bir tek olduğunu ve kap içinde kapalı olan ışımının tamamıyla belli bir spektrum bileşimine karşılık olduğunu göstermişti. Bundan başka, bu ışımının bileşimi yalnız ve yalnızca kabın sıcaklığıyla bağımlı bulunuyordu; ne kabın boyutlarıyla ya da biçimiyle, ne de içinde bulunan ya da çeperlerini oluşturan maddesel cisimlerin özel nitelikleriyle bağımlıydı. Adı geçen sıcaklığın belirgin özelliği olan bu denge ışımına, bu sıcaklığa karşılık-olan "siyah ışımın" adı verildi.”<sup>320</sup>

Siyah cisim ışınması meselesi hakkında Kirchoff 1859 yılında iki önemli sonuç keşfeder:

- 1) Kara cisim termodinamik dengede bulunur” yani kara cismin yayınladığı radyasyon miktarı soğurduğu (absorpladığı) radyasyon miktarına eşittir; ve
- 2) “Kara cismin spektrumu (yani radyasyon enerjisinin o radyasyonu oluşturan elektromagnetik dalgaların ya da frekanslarına göre dağılımı) kara cisim yapısından (yani şeklinden ve metalin cinsinden) bağımsızdır”<sup>321</sup>

O halde bu cisim, belirli bir ısıda elektromanyetik dalgaların parçacıklarla dengede olduğu olgudur. Başka bir deyişle: “Siyah ışımaya, termik dengede olan elektromanyetik ışımadır.”<sup>322</sup> Görülür ki ısıtılan bir madde parçasının kızdıkça ışıdamaya başlamasıyla ilgili araştırmalar, 19.yüzyılın ikinci yarısından itibaren bilim topluluğunun olağan araştırmalarında önemli bir zorluk derecesi olarak karşımıza çıkar. “Fizikçiler için böyle bir düzenin ilgi çekici yanı: kara cisimden o minnacık delik aracılığıyla dışarı alınan radyasyonun **spektrumu**’nu ölçmek ve daha da önemlisi radyasyon enerjisinin o radyasyonu oluşturan elektromagnetik dalgaların dalga boylarına ya da frekanslarına göre dağılımının matematiksel ifadesini

<sup>319</sup> Budak ve Karabulut, *Kuantum Mekaniği I*, s. 4.

<sup>320</sup> Louis de Broglie, *Fizik ve Kuvantumlar*, çev. Yakup Şahan, Kabalıcı Yayınları, İstanbul 1992, s.95.

<sup>321</sup> Ahmed Yüksel Özemre, *XX. Yüzyılda Fiziğe Yön Verenler*, Boğaziçi Yayınları, İstanbul 2005, s. 32.

<sup>322</sup> Mikailov ve San, *Termodinamik ve İstatistiksel Fizik*, s. 188.

bulmaktı.”<sup>323</sup> Bu husus bunalım döneminin belirginleşmesindeki en önemli aşamalardan biri olarak kabul edilebilir.

Wilhelm Wien, Lord Rayleigh ve James Jeans siyah cisim ışıması hakkında kısmi çözümler elde etmişlerdir. Baker’in özetlediği gibi Wien, daha mavi frekanslardaki sönüklüğü matematiksel olarak ifade edebilirken Rayleigh ve Jeans kırmızı tayftaki yükselişi açıklamıştır. Rayleigh ve Jeans’ın çözümü, morötesi dalga boyları ve ötesinde sonsuz miktarda enerjinin yayılması gerektiğini öngören “morötesi felaket” olarak adlandırılan soruna yol açmıştır.<sup>324</sup> Bu sorunun klasik fizikte “morötesi felaket” ya da “morötesi facia” olarak anılmasının nedeni görülebilen ışığın en kısa dalga boyunun mor olmasından kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı “morötesi” ifadesi “çok kısa dalga boyu” anlamına gelecek şekilde kullanılır.<sup>325</sup> Buna göre “Herhangi bir sıcak nesne veya bir atomun çevresinde yörüngede olan herhangi bir elektron, sınırsız değerde elektromanyetik dalgalar saçabilir ve istikrarsızlığa yol açarak dünyanın felaketi olabilir.”<sup>326</sup> Bütün bu gelişmeler sonucunda gelinen noktayı Sever’in ifadeleriyle belirtmek gerekirse klasik fiziğin “kara cisim ışıması problemini göz ardı ederek makro boyutlarda bir ilerleme kat etmesi imkânsız bir hal almıştır.”<sup>327</sup>

Klasik paradigmada bunalıma neden olan bir başka ciddi gelişme “fotoelektrik olay” olarak değerlendirilebilir. Hertz, ışığın elektromanyetik dalga doğasını incelerken kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasına neden olacak çok önemli bir keşfe imza atar. Bu “fotoelektrik etki” dir. O “elektromanyetik ışınımın -ışığın- belirli metallere üzerinde parladığında, bunların elektron saldırdığını bulan ilk kişi oldu.”<sup>328</sup> Bu keşifle birlikte klasik mekanikte “foto elektrik etki” ya da foto elektrik olay” olarak bilinen aykırılık ortaya çıkar.

Işınımın tanecikli görünümünü ortaya koyan daha basit bir örnek fotoelektrik olayıdır. Açısal frekansı  $\omega$  olan bir ışınım demeti bir madde üzerine düşerse bu maddeden elektron çıkarılabilir, bu da bir elektron akımı meydana getirir. Bu akımın klasik fizikle açıklanamayan şu iki önemli özelliği vardır: **(a)** yüzeyden elektron çıkması, ışınımın frekansı belli bir eşik değerinden büyük olursa meydana gelir. **(b)** çıkan elektronların kinetik enerjisi ışınım şiddetinden

<sup>323</sup> Özemer, *XX. Yüzyılda Fiziğe Yön Verenler*, s. 31.

<sup>324</sup> Joanne Baker, *Gerçekten Bilmeniz Gereken 50 Fizik Fikri*, çev. Çağlar Sunay, ed. Cem Duran, Domingo Yayıncılık, İstanbul 2017, s. 94.

<sup>325</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s. 70.

<sup>326</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s. 195.

<sup>327</sup> Sever, *Klasik Fiziğin ve Kuantum Fiziğinin Doğa Tasarımımıza Olan Etkilerinin Karşılaştırılması*, s. 42.

<sup>328</sup> Greene, *Evrenin Zerafeti*, s. 114.

bağımsızdır ve frekansına doğrusal bağlıdır. Bu iki özellik klasik fizik kuramlarına göre açıklanamaz Çünkü klasik fizikte ışınının taşıdığı enerji ışınının şiddeti, yani dalganın genliğinin karesi ile orantılıdır ve her frekans değerinde elektron sökülmesi olasıdır. Halbuki burada tamamen ters bir durum söz konudur.<sup>329</sup>

Dolayısıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar, klasik paradigmanın tahminleriyle ilişkilendirilemez. Bu olay Sever'in belirttiği gibi "optiğin dışlayamayacağı düzeyde büyük bir sorundur."<sup>330</sup>

Buraya kadar ifade edilenlerden hareketle, Kuhn'un ifadeleriyle belirtmek gerekirse kuantum mekaniği, "siyah gök cisimlerinin radyasyonları, özgül ısılar ve fotoelektrik etkisi gibi olguları çevreleyen çeşitli zorluklardan kaynaklandı."<sup>331</sup> Bu gelişmeler neticesinde bilim topluluğu klasik mekanik paradigmasının bazı inanç ve uygulamalarını terk etmek ve bunların yerine yenisini koymak durumunda kalmıştır. Sonuçta klasik mekanik paradigmasında olağan bilim, bunalımı yaratan sorunları çözmek için gerekli esnekliği gösterememiş olup bunalım yeni bir paradigmanın ortaya çıkması ve bunun kabulüne ilişkin müdahaleyle sona ermiştir.

### 3.1.2. Kuantum Mekaniğinin Ortaya Çıkışı: Bilimsel Devrim Dönemi

Klasik mekanikte ortaya çıkan bunalım, paradigmanın değişmesine yani bilimsel devrimin gerçekleşmesine neden olmuştur. Çünkü bilimsel devrim, eski paradigmadan yeni paradigmaya geçişle meydana gelmektedir.<sup>332</sup> Bu yeni paradigmanın adı, kuantum mekaniğidir. Crease ve Goldhaber'e göre kuantum mekaniği, bazı özel durumlarda ışığın nasıl davranması gerektiğiyle ilgili beklentilerdeki sapmalardan sorumlu olması nedeniyle keşfedilmiştir.<sup>333</sup> Budak ve Karabulut ise kuantum mekaniğinin "mekanik ve elektromanyetizmanın klasik kurucu ve tam bir açıklamasındaki yetersizliğine cevap olarak" geliştirildiği düşüncesindedirler.<sup>334</sup> Yine kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasıyla ilgili Kurşunoğlu'nun şu ifadelerine yer verilebilir:

Gerek modern fiziğin teknolojinin gelişmesi imkanları doğrultusunda atom-altı yapıyı daha rahat inceleyebilmesi, gerekse de makro evren ve bu evrenin hangi koşullarda ortaya çıktığı sorunu doğrultusunda, yüksek değerlere sahip enerji parçacık ve dalgalanımının doğasının belirlenmesi sorunu, Kuantum

<sup>329</sup> Erbil, *Analitik ve Kuantum Mekaniği*, s.158.

<sup>330</sup> Sever, *Klasik Fiziğin ve Kuantum Fiziğinin Doğa Tasarımımıza Olan Etkilerinin Karşılaştırılması*, s. 42.

<sup>331</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 155.

<sup>332</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 176.

<sup>333</sup> Crease ve Goldhaber, *Kuantum Dönemi*, s. 28.

<sup>334</sup> Budak ve Karabulut, *Kuantum Fiziği I*, s. 1.

kuramının ortaya çıkışı ve gelişiminde en önemli etmenler olarak gözükmektedir.<sup>335</sup>

Bu ifadelerden kuantum mekaniğinin ışığın doğası hakkındaki araştırmaların klasik mekanikle açıklanamaması neticesinde ortaya çıktığı ve atom-altı evreni konu aldığı anlaşılmaktadır.

Klasik mekanik paradigmasının bunalım döneminde, parçacık ve alanlar yaklaşımından kaynaklanan güçlükler vardı. Hooft'un ifadeleriyle ifade etmek gerekirse bu güçlükler, "belli bir sıcaklığa kadar ısıtılmış bir cisimden yayılan ışıkla ve daha soğuk cisimlerden düşük şiddette yayılan daha yumuşak kızılötesi ışıkla ilgilidir."<sup>336</sup>

En sonunda, konuyla ilgilenmiş olan fizikçilerden hiçbirinin o zamana kadar düşünmediği ve fevkalade doğal gördükleri için de kritik etmeyi dahi aklına getirmemiş oldukları, osilatör modelinde açıkça ifade edilmemiş olmasına rağmen bütün hesapların dayandığı bir varsayıma: **kara cismin enerji yayınlamasının sürekli bir biçimde vuku bulduğu varsayımına** takıldı. Pekiyi ama ya enerji sürekli bir biçimde değil de, o güne kadar ölçüm aletlerinin duyarlılık sınırlarının çok altında kaldığı için ortaya konulamamış bir biçim de **süresiz** yani minicik **enerji paketleri (kuvantumlar)** halinde yayılmaktaysa acaba durum nasıl olurdu?<sup>337</sup>

Parçacıkların alanlar olarak kabul edilmesi durumunda alanların kesikli ve sonlu özelliklere sahip olmasını gerektirecek bazı öğelere gereksinim doğar.<sup>338</sup>

Bu mesele bağlamında ısı ve ışık fiziklerini bir arada ele alan Planck, termodinamiğin ikinci yasası ve entropi kavramından etkilenmiş bunun yanı sıra Maxwell'in denklemlerini doğanın temel yasaları olarak görmüştür.<sup>339</sup> Maxwell'in teorisi sayesinde ışığın elektromanyetik dalgalardan oluştuğunu ve her bir dalga boyunun ışığın farklı rengine tekabül ettiğini bilen Planck'ın görevi, sıcak bir telin ne kadar ışık yayabileceğini öngörmektir. Bu amaçla Planck, ısınan bir nesnenin her renkten ne kadar ışık yaydığını tespit etmeye çalışır.<sup>340</sup> Kuhn açısından Planck, 1900 yılında siyah cisim ışınması problemini çözme noktasında Boltzmann'ın geliştirdiği klasik yöntemi kullanmıştır. Lakin altı yıl sonra Planck'ın hesaplamalarında küçük ama önemli bir hata bulunması nedeniyle merkezi unsurlardan biri yeniden değerlendirilmiştir. Bu problemi çözdüğünde Planck, gelenekten radikal olarak

<sup>335</sup> M. Said Kurşunoğlu, *İnsan-Evren İlişkisi ve Antropik İlke*, Elis Yayınları, Ankara 2006, s. 58.

<sup>336</sup> Hooft, *Maddenin Son Yapıtaşları*, s. 13.

<sup>337</sup> Özemre, *XX. Yüzyılda Fiziğe Yön Verenler*, s. 33.

<sup>338</sup> Penrose, *Fiziğin Gizemi: Kralın Yeni Usu -II-*, s. 101.

<sup>339</sup> Baker, *Gerçekten Bilmeniz Gereken 50 Fizik Fikri*, s. 94.

<sup>340</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s. 65.

kopmuş olup bu kopuş yaygınlaşarak fiziğin önemli bir kısmının yeniden inşasına neden olmuştur.<sup>341</sup> Planck'ın, 1900 yılında gerçekleştirdiği “siyah cisim” deneyi kuantum teorisini başlatmıştır.<sup>342</sup> Buna göre ısıtılan bir demir çubuktan yayılan radyasyonun kesintili enerji paketleri halinde çıktığını gösteren Planck, bunlara “kuanta” ismini verdi.<sup>343</sup> Böylece Planck, radyasyonun sürekli bir akım şeklinde değil bağımsız enerji paketleri şeklinde yayıldığını keşfetmiştir. Sonuçta enerji boyu ne kadar kısa ise toplam enerji miktarı yani kuantum sayısı o kadar büyüktür.<sup>344</sup> Bu paketlerin enerjisi ise “Planck sabiti” olarak bilinen bir fizik sabiti ile belirlenir ve değeri;  $h=6.62607015 \times 10^{-34}$  J·s' dir. Turok'un ifadelerinden Planck'ın bu yeni doğa sabitini belirlemesinin gerisinde, klasik mekaniğin önemli isimlerinden Hamilton'ın etkili olduğu anlaşılmaktadır:

Planck, Hamilton'ın eylem ilkesinin fiziğin temellerini formüleştirdiğini biliyordu. Bu nedenle doğal olarak kendi geliştirdiği kuantalama ile Hamilton'ın eylemi arasında bir bağ oluşturmaya çalıştı. Hamilton'ın eyleminin ölçüldüğü birim, zaman çarpı enerjidi. Işık dalgasında zaman ile alakalı tek faktör, salınım frekansının tersi olan salınım periyodu. Dolayısıyla Planck şu tahminde bulundu: Bir elektromanyetik dalganın enerjisiyle salınım periyodunun çarpımı, doğanın yepyeni bir sabitinin tamsayı katına, onun “eylem kuantumuna”, bizimse günümüzde “Planck sabiti” adını verdiğimiz bir değere denk olacaktı.”<sup>345</sup>

Radyasyonun kuantalar halinde yayıldığı keşfi, klasik mekanik paradigmasındaki süreklilik düşüncesi yerine kuantum mekaniğinde süreksizlik düşüncesinin geçtiğini gösterir. Taslaman'ın vurguladığı gibi: “Planck'ın, radyasyonun ‘kuantalar’ şeklinde yayıldığını göstermesi, yayılmanın kesikli olduğu anlamına geliyordu ve fizikteki hakim görüşe aykırı bu iddia, olguları mükemmel açıklıyordu.”<sup>346</sup> O halde bilimsel devrimin başlatıcısı olan en önemli gelişme, Planck'ın 1900 yılında ortaya attığı “siyah cisim ışıması” deneyidir. Einstein ve Bohr araştırmalarında, Planck'ın kuantum varsayımından yararlanmışlardır. Bu bağlamda Bransden, Einstein'ın fotonlar kavramını ortaya koyarak fotoelektrik olayı

<sup>341</sup> Thomas S. Kuhn, *Yapı'dan Sonraki Yol*, çev. Erkan Bozkurt, İletişim Yayınları, İstanbul 2019, s. 37.

<sup>342</sup> Yalçın İnan, *Kozmos'tan Kuantum'a*, Doruk Yayıncılık, İstanbul 2003, s. 154.

<sup>343</sup> İnan, *Kozmos'tan Kuantum'a*, s. 154.

<sup>344</sup> Colin A. Ronan, *Bilim Tarihi*, çev. Ekmeleddin İhsanoğlu ve Feza Günergun, Tübitak, Ankara 2005, s. 552.

<sup>345</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s. 66.

<sup>346</sup> Caner Taslaman, *Kuantum Teorisi, Felsefe ve Tanrı*, İstanbul Yayınevi, İstanbul 2016, s. 43.

yorumlayabildiğini ve Bohr'un çizgi spektrumunun varlığını açıklamak için atomik enerji düzeylerinin kuantumlanması fikrini kullandığını belirtir.<sup>347</sup>

Planck'ın keşfinden sonra fiziğin "bir sonraki sıçrayışı gerçekleştirmesi için genç, cesur ve parlak birini beklemesi gerekti."<sup>348</sup> Bu ifade Kuhn'un paradigmaların kurulmasına yönelik buluşlarla birlikte doğanın yeni bir yorumunu bilim topluluğundaki daha genç bilim insanlarının üstlendiği iddiasıyla uygunluk göstermektedir.<sup>349</sup> Bu isim Einstein'dir. Einstein'a göre ışığın yayılması ve dönüşümü ile bağıntılı fenomenler, ışığın enerjisinin uzayda süresiz olarak dağıldığı varsayılırsa daha kolay anlaşılır. Bu noktada dikkate alınacak varsayıma göre bir kaynaktan yayılan ışığın enerjisi artan bir alana sürekli olarak dağıtılmaz ancak uzaydaki noktalarda lokalize olan, bölünmeden hareket eden ve yalnızca tam birimler olarak üretilip soğurulabilen sonlu sayıda enerji kuantumundan oluşur.<sup>350</sup> Enerjinin kesikli değerler alabileceği olgusundan yararlanan Einstein, "o zamana kadar açıklanamayan katıların ısı sığasının düşük frekanslardaki davranışlarını ve fotoelektrik etkiyi açıkladı."<sup>351</sup> Onun fotoelektrik etkiyi açıklaması, kuantum mekaniğinin gelişmesinde kilit bir adımdır.<sup>352</sup> Planck'ın fikirleri, "Einstein tarafından geliştirilip ışığın metallere nasıl elektron kopardığını açıklamakta kullanıldığında, çarpıcı bir şekilde kabul görmüştü."<sup>353</sup> Einstein'e göre: "ısınmış cisimler ışınımı sadece enerji paketleri halinde yaymakla kalmaz, bu ışınım aynı zamanda Planck enerji paketinin tamsayı katıdır."<sup>354</sup> O halde kuantum mekaniğinde bilimsel devrimin meydana gelmesine neden olan ikinci gelişme: "fotoelektrik olay" dır. 1926 yılında Gilbert Lewis, bu ışık parçacıklarına "foton" adını verir. Buna göre Einstein "fotonların ışık enerjisi kuantumu olarak var olduğunu ileri sürer."<sup>355</sup> Nihayetinde Faraday ve Hertz'in klasik mekanikte bunalıma neden olan çalışmaları, Einstein tarafından Planck'ın kuantum varsayımından yararlanarak ışıktaki enerjinin fotonlar halinde taşındığını keşfetmesiyle sonuçlanır.

<sup>347</sup> B. H. Bransden ve C. J. Joachain, *Atom ve Molekül Fiziği*, çev. Fevzi Köksal ve Hasan Gümüş, Bilim Yayınları, Samsun 1999, s.15.

<sup>348</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s. 67.

<sup>349</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 183.

<sup>350</sup> Albert Einstein, "Concerning an Heuristic Point of View Toward the Emission and Transformation of Light", *Annalen der Physik*, <http://web.ihep.su/dbserv/compas/src/einstein05/eng.pdf>, (Erişim:13.08.2022).

<sup>351</sup> Budak ve Karabulut, *Kuantum Fiziği I*, s. 13.

<sup>352</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Güden Kuantum*, s. 612.

<sup>353</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s. 61.

<sup>354</sup> Hoof, *Maddenin Son Yapıtaşları*, s. 15.

<sup>355</sup> Anne Rooney, *Bilimde Parlama Anları*, çev. Duygu Dölek, İnkılap Kitabevi, İstanbul 2019, s. 10.

Cushing'in dikkat çektiği gibi Planck, öne sürdüğü tezin devrimci yapısının farkındaydı. O yıllarca yaklaşımını klasik fizik çerçevesine uydurmaya çabalasa bile kuantanın varlığını kabul etmesiyle birlikte ışın rengi değişmiştir. Böylece Planck kuantanın asıl önemini ve atoma ilişkin olgulara yeni yaklaşım geliştirme gereğini öğrenmiştir.<sup>356</sup> Dolayısıyla artık kuantum mekaniği ile uyumlu yeni bir atom düşüncesine ihtiyaç vardır. Bunu gerçekleştiren isim Bohr'dur.

Klasik paradigmanın ciddi aykırılıklarından ışık tayfı hakkındaki görüşler, Bohr tarafından açıklığa kavuşturulur. Ona göre ışığın farklı dalgalarda yayılmasına dair bir açıklama ancak atom seviyesindeki fenomenler bağlamında açıklanabilir. İşte bu noktada Rooney'in belirttiği gibi Bohr, Rutherford'un teorisini kuantumla uyumlu olarak genişletir.<sup>357</sup> Rutherford'un atom modeli, geleneksel hareket ve çekim yasalarına göre işe yaramaz.<sup>358</sup> Çünkü klasik mekanik paradigmasına göre Rutherford'un atom modelinde çekirdeğin etrafında dönen elektronlar elektromanyetik radyasyon yaymalıdır. Fakat yapılan gözlemler bu beklenti ile uyumlu değildir. Bundan dolayı atomların kararsız bir yapıya sahip olmasını gerektirecek bu görüş ile gözlemler arasındaki tezatlık paradigmada önemli bir zorluk derecesi olarak belirir. Dereli ve Verçin'in belirttiği gibi Rutherford'un atom modeli,  $\alpha$  parçacığının metal bir plakandan saçılması deneyini iyi bir şekilde açıklayabilse bile atomların kararlılığı ve atom spektrumlarının kesikliği gibi klasik fiziğin gideremediği güçlükleri açıklayamamıştır.<sup>359</sup> Turok bu güçlüğü, Maxwell'in elektromanyetik denklemlerinin Rutherford atom modeline uygulanması üzerinden şu şekilde ifade eder:

Maxwell'in elektromanyetik teorisine göre, çekirdeğin çevresinde hareket eden elektronlar elektrik ve manyetik alanlarda bir değişime yol açmalı ve sürekli olarak elektromanyetik dalgalar yaymalıydı. Bu enerji kaybı elektronların yavaşlamasına ve çekirdeğe yaklaştıkça daralan bir spiral çizmesine yol açmalıydı ve sonunda atomun çökmesi gerekiyordu. Bu da en az morötesi facia kadar korkunç bir felaket anlamına geliyordu; ne de olsa evrendeki her atomun kısa süre içinde çökmesi gerekmekeydi. Tüm bunlar oldukça kafa karıştırıcıydı.<sup>360</sup>

---

<sup>356</sup> James T. Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar 2*, çev. B. Özgür Sarioğlu, Sabancı Üniversitesi, İstanbul 2006, s. 144.

<sup>357</sup> Rooney, *Bilimde Parlama Anları*, s. 30.

<sup>358</sup> Crease ve Goldhaber, *Kuantum Dönemi*, s. 52.

<sup>359</sup> Tekin Dereli ve Abdullah Verçin, *Kuantum Mekaniği*, Türkiye Bilimleri Akademisi, Ankara 2009, ss. 18-19.

<sup>360</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s. 72.

Sonuçta klasik mekaniğin kurallarına göre tasarlanmış Rutherford atom modeli, atomun kararlı yapısını açıklama noktasında yetersiz kalmıştır. Bu sorunun giderilmesinde kilit isim: Bohr'dur. Bohr'un belirttiği üzere kendisi 1913 yılında enerji radyasyonu hakkındaki bazı fikirleri Rutherford'un atom modeline uygulayarak atomların oluşum teorisine bir temel sağlama girişiminde bulunmayı amaçlar.<sup>361</sup>

Rutherford atom modelinin ortaya atılmasından iki yıl sonra Niels Bohr 1913'te atomların ışına spektrumlarının kesikliliğini ve kısmen de kararlılığını açıklayan iki varsayım ileri sürdü. Bohr varsayımları olarak bilinen bu varsayımlar şunlardır:

1) Elektron, protonun etrafında Coulomb (+ yükün – yükü çekmesi) çekim kuvvetinin etkisi altında, dairesel bir yörüngede hareket eder.

2) Elektron atom etrafında belirli yörüngelerde bulunur. Bu yörüngeler çeşitli enerji seviyeleridirler. Bir üst yörüngeye geçmek için enerjiye ihtiyaç duyulur, alt seviyeye geçmek için de dışarıya enerji verilir.

3) Elektron ancak, enerjisi  $E_1$  olan kararlı bir durumdan, daha düşük enerjili bir  $E_2$  durumuna geçiş yaptığında enerji farkıyla orantılı bir enerji yayınlar. Bohr'un teorisi, hidrojen atomunda ve hidrojene benzeyen bir kez iyonlaşmış iyon ile iki kez iyonlaşmış lityum gibi iyonlarda başarıyla uygulandı. Bununla birlikte, teori daha karmaşık atomların ve iyonların spektrumlarını doğru olarak tanımlayamazdı.<sup>362</sup>

Bohr, *On the Constitution of Atoms and Molecules* adlı makalesinde özgül ısılar, fotoelektrik etki, Röntgen ışınları, vd. gibi fenomenler üzerine yapılan deneylerin klasik elektrodinamiğin atom büyüklüğündeki sistemlerin davranışlarını tanımlamadaki yetersizliğini gösterdiğini belirtir. Bundan dolayı klasik elektrodinamiğe yabancı yeni bir niceliğe ihtiyaç vardır. Bu nicelik: Planck sabitidir. Bu bağlamda Bohr, pozitif bir çekirdek tarafından elektronların bağlanma mekanizmasını, Planck'ın teorisi ile bağlantılı olarak tartışır. Böylece hidrojen atomunun tayf çizgilerini, kuantumlama ile açıklar.<sup>363</sup> Bohr, 1913 yılında atomların ışına spektrumlarının kesikliliği ve kısmen de kararlılığı üzerine iki varsayım ileri sürer. Buna göre bir elektronun açisal momentumunun büyüklüğünün kuantumlu olmasından dolayı elektron yörüngesinde ışına yapmadan dolanır ve bir elektron izinli yörüngeler arasında ani geçişler yapabilir.<sup>364</sup> Yani Bohr, elektronların zannedilen aksine sürekli olarak radyasyon yaymadıkları için atoma düşmediklerini iddia eder. Bohr'a göre atomlarda enerji düzeylerine bağlı olarak farklı yörüngeler

<sup>361</sup> Niels Bohr, "On the Constitution of Atoms and Molecules", ed. Olivier Darrigol, *Progress in Mathematical Physics*, Cilt: 68, 2016, s. 14.

<sup>362</sup> Şakir Aydoğan, *Fizik Terimleri Sözlüğü*, Aktif Yayın, Erzurum 2007, s. 38.

<sup>363</sup> Bohr, "On the Constitution of Atoms and Molecules", s. 14.

<sup>364</sup> Dereli ve Verçin, *Kuantum Mekaniği*, s. 19-20.

vardır ve elektronlar bu yörüngeler arasında sıçrayarak geçiş yapar. Böylece elektronlar, kuantalar şeklinde radyasyon yayar.<sup>365</sup> Buna “kuantum sıçraması” denir. “Elektronların kuantum sıçraması yapmasını zorunlu kılan  $h$  sabiti, atomların kararlı olmasını ve mikro dünyanın çalışmasını sağlıyordu.”<sup>366</sup> Elektronların atomların etrafında sıçramasını belirleyen bir fizik yasası yoktur. Bu hareket rastgele gerçekleşir. Bundan dolayı en fazla yapılabilecek şey sıçramanın olasılığını vermektir.<sup>367</sup> Kuantum mekaniğiyle uyumlu bir atom modeli geliştiren Bohr, hakkında şu değerlendirmelere yer verilebilir. Turok’a göre Bohr, “tıpkı Planck’ın ışık için yaptığı gibi, atomlardaki elektronların yörüngelerini açıklamak üzere kuantalamaya başvurdu.”<sup>368</sup> Bransden’e göre Bohr, “Rutherford’un laboratuvarında çalıştığı sırada, hidrojen atomunun gözlenen spektrumunu açıklamak için, Rutherford’un çekirdekli atomu, Planck kuantası ve Einstein’in foton kavramını birleştirmeyi başardı.”<sup>369</sup> Gribben’e göre Bohr, “çekirdek çevresindeki gezegenimsi elektron fikrini alarak bunu elektromanyetik enerjinin yalnızca kuantumlar denilen belli içerikli topraklar biçiminde salınıp soğurulabileceği fikriyle birleştirdi. Bu fikir *Max Planck*’ın *kara cisim ışıması* tayfını ve Einstein’ in *fotoelektrik olayı* açıklamalarından geliyordu.”<sup>370</sup> Son olarak Crease ve Goldhaber’e göre “Bohr atom modeli, klasik modeli alıp ona bir kuantum kısıtlaması getiren hibrit bir modeldi.”<sup>371</sup>

Nihayetinde siyah cisim ışıması problemine Planck’ın getirmiş olduğu kuantum varsayımı, Einstein’in ışık ve Bohr’un atom hakkında yaptığı deneylerle desteklenmiştir. Bütün bu başarıların gerçekleştiği dönem, bilimsel devrim dönemi olarak kabul edilebilir. Bu yeni dönemin adı: “kuantum mekaniği” dir. Şevkli’nin vurguladığı gibi kuantum mekaniği hem klasik kuramdan her türlü kopuş- ayrılma şeklinde desteklenmesi hem de gittikçe tamamlanan bir kuram olmasını sağlayan içsel gelişimi sayesinde ilerlemiştir.<sup>372</sup> İşte kuantum mekaniğinin içsel gelişimini tamamlamak için gerçekleştirilecek her türlü faaliyeti, Kuhn’un olağan bilim dönemi bağlamında değerlendirmek gerekir.

---

<sup>365</sup> Taslaman, *Kuantum Teorisi, Felsefe ve Tanrı*, s. 48.

<sup>366</sup> Crease ve Goldhaber, *Kuantum Dönemi*, s. 61.

<sup>367</sup> Heinz R. Pagels, *Kozmik Kod*, çev. Nezihe Bahar, Doruk Yayıncılık, İstanbul 2003, s. 60.

<sup>368</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s. 71.

<sup>369</sup> Bransden ve Joachain, *Atom ve Molekül Fiziği*, s. 29.

<sup>370</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A’dan Z’ye Güden Kuantum*, s. 62.

<sup>371</sup> Crease ve Goldhaber, *Kuantum Dönemi*, s. 61.

<sup>372</sup> Şevki Işıklı, *Kuantum Mekaniği İlkelerinin Felsefi İçerimleri*, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara 2011, s. 7.

### 3.1.3. Kuantum Mekanikte Olağan Bilim Dönemi

Planck'ın siyah cisim ışıması, Einstein'ın fotoelektrik olayı ve Bohr'un atom modeli gibi büyük bilimsel başarılarından sonra kuantum mekaniğinde meydana gelen her türlü gelişme olağan bilim dönemi içerisinde değerlendirilebilir. Çünkü olağan bilim Kuhn tarafından “geçmişte kazanılmış bir ya da daha fazla bilimsel başarı üzerine sağlam olarak oturtulmuş araştırma” anlamında kullanılmaktadır.<sup>373</sup> Bu noktada Planck, Einstein ve Bohr'un başarılarının üzerine sağlam olarak oturtulan her araştırmanın, kuantum mekaniğinin olağan bilim dönemini oluşturduğu söylenebilir. Hatta Kuhn'un şu ifadeleri iddiamızla paralel bir yargı taşımaktadır “bugün biz Planck, Einstein ve Bohr'un başlattığı bir bilimsel devrimin ileri evrelerindeyiz.”<sup>374</sup> Anımsanacağı gibi Kuhn açısından olağan bilimin görevi paradigmadan beklenen başarıyı gerçeğe dönüştürmektir. Bunu gerçekleştirmek için olağan bilim; olgular hakkındaki bilgiyi genişletir, olgular ile paradigma arasındaki uyum derecesini artırır ve paradigmanın ileri düzeyde ayrıştırılmasını sağlar. Bunlar bilim topluluğu üyelerini meslek yaşantıları boyunca meşgul eden paradigmanın bıraktığı temizlik işleridir.<sup>375</sup> Ancak bu şekilde paradigmanın mükemmel hale gelmesi sağlanabilir. Bu amaçla hareket eden kuantum mekaniği paradigmasına mensup bilim topluluğu, ışık ve atomun doğası hakkında daha ayrıntılı bilgiler elde etmek için araştırma faaliyetlerini yürütmüşlerdir.

Kuantum mekaniği paradigmasının olağan bilim dönemi araştırmalarına yön veren bulmacalardan biri “dalga-parçacık ikiliği” dir. Işığın doğası hakkında yürütülen araştırmalar, dalga-parçacık ikiliğinin nedenidir. Klasik paradigmada Newton, ışığın bir doğru boyunca uzanan parçacıklardan oluştuğu düşüncesindeydi. Huygens ve onun taraftarları ise ışığın dalga olduğunu savunmaktaydılar. Dalga-parçacık ikiliğinde, Young'un “çift yarık deneyi” bir dönüm noktası olarak değerlendirilebilir. Gribbin'in belirttiği gibi çift yarık deneyinde ışık, üzerinde yarık olan bir perde ya da kartona gönderilir. Işık burayı geçtikten sonra ikinci bir perde üzerindeki iki yarığa düşer. Son olarak bu iki yarıktan yayılan ışığın üzerine düştüğü perdede, aydınlık ve gölge parçalarının yaptığı bir girişim deseni oluşur. İki yarıktan kırınım sonucu yayılan dalgaların üst üste gelmesiyle girişim deseninin açıklaması

<sup>373</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 81.

<sup>374</sup> Kuhn, *Kopernik Devrimi*, s. 370.

<sup>375</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 98-99.

yapılır.<sup>376</sup> Bu deney fotonlarla yapıldığı gibi elektron ve atomlarla da yapılmıştır. Sonuç her defasında aynı çıkmıştır. Buna göre açık ve koyu şeritlerden oluşan desen, kırınım ve girişimin gerçekleşerek bireysel parçacıkların dalga boyu sunduğunu göstermektedir.<sup>377</sup> Bu deneyle birlikte ışığın dalga teorisi popülerlik kazanır. Böylece Young, 1800 yılından evvel “ışığın parçacıklar halinde yayıldığı düşüncesini sorgulamaya başlamıştır ve ışığın davranışını birçok yönden daha iyi açıklayan, Huygens’in dalga teorisini yeniden canlandırmıştır.”<sup>378</sup> Einstein’in fotoelektrik etkiyi açıklaması ile birlikte yeniden ışığın parçacık teorisi önem kazanmıştır. Nihayetinde ışığın dalga mı yoksa parçacık mı olduğuna dair soruşturmalar, kuantum mekaniği paradigmasında olağan bilim araştırmalarının başlıca bulmacalarından olmuştur. Bu kapsamda yine paradigmanın önemli bir üyesi olan Broglie’ye göre 17. yüzyıldan bu yana özellikle dinamik ve optik alanında gerçekleşen fiziğin hızlı gelişimi, kuantayı parçacık ve dalgaların bir tür paralel tezahürü olarak anlama problemini öngörür.<sup>379</sup> Böylece Broglie, “parçacık-dalga karmaşasına bir aşama daha katarak, doktora tezinde madde parçacıklarının bazen dalgalar gibi davrandıklarını savundu!”<sup>380</sup> O, Einstein’in enerjii dalga frekansı ile ilişkilendirmesi ve yine Einstein ile Planck’ın enerjii dalga ile ilişkilendirmesinden hareketle bu iki ilişkiyi birleştirerek kütlelerin de dalgaya benzer bir somutluğu olması gerektiğini düşünür. Böylece Broglie, normalde parçacık olarak düşünülen elektronun aynı zamanda, dalga özelliğiyle benzer ölçüde bir tanıma sahip olabileceğini ileri sürer.<sup>381</sup> Dalga-parçacık ikiliği, kuantum mekaniğinin günlük yaşamın sağduyu ölçütlerine göre gerçekten ürkütücü olduğunu gösteren örneklerden birisidir. Joseph John Thomson, elektronu parçacık olarak bulup mikro dünyayı incelemeye açtıktan sonra oğlu George Paget Thomson elektronların dalgalar olduğunu gösterir. Yani bir elektron hem bir parçacık hem de bir dalga gibi davranır.<sup>382</sup> Dalga-parçacık ikilemine nihai noktayı Bohr’un “tamamlayıcılık ilkesi” ile koyduğu söylenebilir. Bu ilkeye göre ışık ya da madde, hem parçacık hem de dalga olma özelliğine sahiptir. Bu iki durum birbiriyle çelişmez aksine birbirini tamamlar. Gribbin’in açıklamasına göre özellikle ışık ve elektronlar, dalga-parçacık ikiliğini kuantum kavramı bağlamında geliştirmeyi sağlamıştır. Buna

<sup>376</sup> Gribbin, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A’dan Z’ye Güden Kuantum*, s. 104.

<sup>377</sup> Kennet W., Ford, *101 Soruda Kuantum*, çev. Barış Gönülşen, Alfa Bilim, İstanbul 2016, s. 213.

<sup>378</sup> Whitfield, *Batı Biliminde Dönüm Noktaları*, s. 245.

<sup>379</sup> Louis-Victor de Broglie, “On the Theory of Quanta”, [https://fondationlouisdebroglie.org/LDB-oeuvres/De\\_Broglie\\_Kracklauer.pdf](https://fondationlouisdebroglie.org/LDB-oeuvres/De_Broglie_Kracklauer.pdf), (Erişim: 12.08.2022).

<sup>380</sup> Penrose, *Fiziğin Gizemi: Kralın Usu -II-*, s. 102.

<sup>381</sup> Greene, *Evrenin Zerafeti*, ss. 125-126.

<sup>382</sup> Gribbin, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A’dan Z’ye Güden Kuantum*, s. 10.

göre dalga-parçacık ikiliğiyle ifade edilmek istenen kuantum varlıklarının koşullara göre parçacık ya da dalga olarak davranabilmeleridir.<sup>383</sup>

Heisenberg ise atomu parçacık ya da dalgalardan oluşmuş olarak düşünmek fikrinden vazgeçerek atomun ve dünyanın yapısı arasında kurulacak analoginin başarısızlığa neden olacağına karar verir. Bunun yerine Heisenberg, atomun enerji seviyelerini tamamen rakamlarla tarif etmeye çalışır ve rakamları işlemek için kullanılan araca, Matris adını verir.<sup>384</sup> Matrisler, elektronların konumunu ve hareket momentini gösterir. Heisenberg'e göre 1925 yılında matriks mekaniği ya da daha genel ifadesiyle kuantum mekaniği olarak adlandırılan matematiksel formalizme, iki gelişme neden olmuştur. Bunlar: Bohr'un karşılama ilkesi ve Broglie'nin madde dalgaları varsayımıdır. Bunun sonucunda matrisler arası ilişkilerden ve dalga denklemlerinden hareket eden eşdeğer iki yöntemle, sabit bir matematiksel formalizme ulaşılmıştır. Bütün bu gelişmeler sonucunda dalga ve parçacıklar arasındaki paradoks henüz çözülmemişti ama matematiksel şemalar içerisine gizlenmiştir.<sup>385</sup> Bir başka bakış açısına göre Heisenberg, "atomların ne olduğunu değil, ne yaptıklarını –enerji geçişlerini- düşünüyordu."<sup>386</sup> Bütün bu gelişmeler Turok'un anlatımıyla şöyle ifade edilebilir: "Heisenberg'in çalışmaları atom çekirdeği çevresinde yörüngeye oturmuş klasik elektronlar fikrini, yalnızca deneylerde gözlemlenebilen niceliklerin gerçek bir açıklamaya sahip olabileceği gibi daha soyut ve matematiksel bir tanımla değiştirdi."<sup>387</sup> Böylece Heisenberg'in kuantum mekaniği hakkındaki çalışmaları "matris mekaniği" olarak adlandırılmıştır. Matris mekaniği, kuantum mekaniğinin kendisiyle tam ve tutarlı ilk kuramıdır.<sup>388</sup> Konu hakkında matematiksel olarak ilerleyen Heisenberg, çalışmalarını Born'a gösterir. Daha sonra Born, Heisenberg'in görüşlerini genişleterek atomik enerji geçişlerinde matris matematiğinin önemine işaret eder. Yeni matris mekaniğini formüle etmesi bakımından Dirac ve matris mekaniğinde uzmanlaşması bakımından Pauli ise dikkat çeken diğer isimler olur.

Atomik dünyanın gözde canlandırılması gereği, klasik fizikten devralınmış bir tavırdı ve yeni matris teorisine uygun değildi. Pekçok fizikçi bu tutumdan memnun değildi ve Bohr, Born, Jordan, Heisenberg, Dirac ve Pauli yeni matris

<sup>383</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Giden Kuantum*, s. 110.

<sup>384</sup> McEvoy ve Zarate, *Kuantum Teorisi*, s. 131.

<sup>385</sup> Werner Heisenberg, *Fizik ve Felsefe*, çev, İsmail Arslan, Küre Yayınları, İstanbul 2020, ss. 30-31.

<sup>386</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, s. 73.

<sup>387</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s.60.

<sup>388</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Giden Kuantum*, s. 609.

mekaniği üzerine çalışırken, dalga mekaniğinin bulunuşu ile sonuçlanan alternatif bir atom teorisi geliştirildi.<sup>389</sup>

Einstein'ın dalga-parçacık ikiliğinden hareketle Schrödinger, dalga mekaniğine ulaşarak 1926 yılında Broglie'nin dalga kuramını kesin matematiksel denklemlere dönüştürür.<sup>390</sup> Schrödinger denklemi “elektron gibi kuantum varlığının davranışını betimleyen dalga denklemi”dir.<sup>391</sup> Relativistik olmayan hareketler için geçerli olan Schrödinger denkleminde atomlar, moleküller, maddenin katı yapısı, sıvı ve gaz halleri, kimi durumlarda atom çekirdekleri, bazı temel parçacıklar ve bunların bağlı halleri incelenebilir.<sup>392</sup> İşte kuantum mekaniğinin başarısı, “Schrödinger denkleminin çözümlerinin doğanın özellikle mikro yapısında var olan pek çok deneyle gerçek ile tam uyumlu sonuçlar vermesine dayanır.”<sup>393</sup> Tüm bu hesaplar şaşırtıcı sonuçlar doğurur. Böylece tüm küçük cisimlerin davranışları, “kuantum dalga denklemleri” olarak belirlenir.<sup>394</sup> Çok geçmeden Schrödinger'in denklemi ve olasılıkcı yorumu, müthiş derecede geçerli tahminlerde bulunmakta kullanılıyor olacaktı.<sup>395</sup> Schrödinger denkleminin hareketle yeni bir dalga fonksiyonu bulunur: “pilot-dalga teorisi”. Bu teori ilk defa Broglie tarafından ortaya atılmış olup Bohm tarafından geliştirilmiştir. Kuantum mekaniğinin pilot-dalga teorisine göre parçacıklar, dalga fonksiyonu tarafından yönlendirilen belirli pozisyonlara sahiptir ve bu durum parçacıkların gözlenip gözlenmemesine bağlı olarak değişmez. Yani her parçacığın gözlemlenmediği zaman bile belli bir konuma sahip olması söz konusudur. Deterministik bir kuram olan pilot-dalga denklemiyle birlikte iddia edilen şey, sistemin başlangıç konumunun bilinmesi ve bir dalga fonksiyonuna sahip olunması durumunda her parçacığın son konumunun hesaplanabileceği iddiasıdır.<sup>396</sup>

Başlangıçta birbirinden ayrı kuramlar olarak görülen Heisenberg'in “matris mekaniği” ile Schrödinger'in “dalga mekaniği” daha sonra Dirac tarafından kapsamlı tek bir kuram haline getirilmiştir.<sup>397</sup> Dirac, *The Principles of Quantum Mechanics* adlı eserinde, kuantum koşulları ve hareket denklemleri hakkındaki görüşlerinde

---

<sup>389</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, s. 76.

<sup>390</sup> Erwin Schrödinger, “An Undulatory Theory of the Mechanics of Atoms and Molecules”, *Physical Review*, 1926, 28/6, pp. 1049–1070, doi: [10.1103/physrev.28.1049](https://doi.org/10.1103/physrev.28.1049)

<sup>391</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Giden Kuantum*, s. 429.

<sup>392</sup> Dereli ve Verçin, *Kuantum Mekaniği*, s. 66.

<sup>393</sup> Dereli ve Verçin, *Kuantum Mekaniği*, s. 62.

<sup>394</sup> Hooft, *Maddenin Son Yapıtaşları*, s. 16.

<sup>395</sup> Greene, *Evrenin Zerafeti*, s. 130.

<sup>396</sup> “De Broglie-Bohm Teorisi”, [https://stringfixer.com/tr/Bohmian\\_mechanics](https://stringfixer.com/tr/Bohmian_mechanics), (Erişim: 12.08.2022)

<sup>397</sup> Penrose, *Fiziğin Gizemi: Krahn Usu -II-*, s. 103.

Schrödinger ve Heisenber'in temsillerine genişçe yer vermiştir.<sup>398</sup> Olağan bilim döneminin araştırma faaliyetlerini yürüten Heisenberg ve Schrödinger, Penrose'a göre birbirlerinden bağımsız olarak kuantum kuramını başlatan iki isimdir.<sup>399</sup> Görülür ki hem dalga mekaniği hem de matris mekaniği farklı temsiller kullanarak aynı davranışı tanımlamaktadırlar. İki teoride de benzer istatistiksel sonuçlar ortaya koyulur. Dirac'ın teorisiyle birlikte bütün teori, klasik fiziğin yerine geçen ve matematiksel olarak tutarlı bir şekilde ifade edilen kuantum mekaniği olarak adlandırılmıştır.<sup>400</sup> 1920'li yıllarda Heisenberg, Schrödinger ve Dirac kuantum mekaniğinin detaylıca geliştirilmiş bir şeklini sunmuştur.<sup>401</sup>

Bütün bu gelişmelere rağmen elektronların davranışları hakkındaki gizem devam etmektedir. Elektronlar, aynı anda farklı yerlerde bulunup sanki bir bulut ya da dalga gibi davranırlar. Bu şekilde elektronun birbirinden uzak yörüngelerde aynı anda hareket ediyormuş gibi davranmasının anlamı sorgulanır.<sup>402</sup> Bu araştırmalar bir bakıma paradigmanın mükemmelleştirilmesi için önemli fırsatlardır. Çünkü Kuhn'a göre olağan bilimin amacı paradigmayı mükemmel hale getirmektir.<sup>403</sup> Bu bağlamda bilim topluluğu üyelerinin rakip paradigmalara ciddi tartışmalar içerisine girdiği görülür. Özellikle 1927 Solvay Konferansı, bu tartışmaların alevlendiği yerdir. Buna göre Bohr ve Heisenberg'in önderliğinde kuantum kuramını açıklama biçimi olarak "Kopenhag yorumu"<sup>404</sup> geliştirilir. Pagels'e göre Heisenberg'in "belirsizlik ilkesi" ile Bohr' un "tamamlayıcılık ilkesi" Kopenhag yorumunu oluşturmaktadır.<sup>405</sup>

Heisenberg'in "belirsizlik ilkesi" nden önce Born'un "olasılık dalgaları" na değinmek gerekir. Çünkü: "Olasılık, belirsizliği doğurur."<sup>406</sup> Born 1926'da Broglie dalgalarının olasılık dalgası olarak yorumlanması gerektiğini ortaya koyar. Bu görüşe göre parçacıklar, dalganın güçlü olduğu yerde yüksek, zayıf olduğu yerde düşük

---

<sup>398</sup> Paul Dirac, *The Principles of Quantum Mechanics*, Oxford University Press, London 1947, pp. 84-130.

<sup>399</sup> Penrose, *Fiziğin Gizemi: Krahn Usu -II-*, s. 103.

<sup>400</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, s. 82.

<sup>401</sup> Taslaman, *Kuantum Teorisi, Felsefe ve Tanrı*, s. 48.

<sup>402</sup> Hooft, *Maddenin Son Yapıtaşları*, s. 16.

<sup>403</sup> Emiroğlu ve Aydın, *Antropoloji Sözlüğü*, s. 674.

<sup>404</sup> "Bu yoruma Kopenhag isminin verilmesinin sebebi, Bohr'un bu şehirde bulunması ve onun bu konuyla ilgili çalışmalarının önemli bir bölümünü, tek başına veya Heisenberg gibi ünlü isimlerle burada yapmış olmasıdır." Taslaman, *Kuantum Teorisi, Felsefe ve Tanrı*, s. 49.

<sup>405</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, s. 85.

<sup>406</sup> Amit Goswami, *Kendini Bilen Evren*, <https://en.sg1lib.org/book/5567570/e7f693> (Erişim:01.10.2022), s. 57.

olasılıkla Broglie dalgalarının bulunduğu yerde bulunur. Yani parçacığın konumu, belirsizlik taşımaktadır.<sup>407</sup> Born, kuantum varlıklarıyla ilgili deney ve etkileşme sonuçlarının belirlenimci olmaktan ziyade olasılıkla ilgili olduğunu iddia etmiştir.<sup>408</sup> Böylece Born, dalga-parçacık ikiliğini istatistiksel olasılık fikri ile aşmaya çalışır. Ona göre atomun içindeki dünyanın kanunlarında, olasılık durumu hakimdir. Dolayısıyla bir elektronun ne zaman nereye sıçrayacağını kesin olarak bilmek zordur. Bunun yerine kuantum mekaniği elektron sıçrama olasılığının olup olmadığını tahmin eder. Yani Born, “dalga fonksiyonunun olasılık yorumunu açıklığa kavuşturdu.”<sup>409</sup> Onun açısından elektron dalgaları olasılık dalgalarıdır. Dalga titreşimlerinin güçlü olduğu yer, parçacığın bulunabileceği muhtemel yerdir. Yine de pek çok mekan, elektronun bulunabilme olasılığına sahip olacaktır. Elektronun konumundaki ve momentumundaki belirsizlik, bu bölgenin genişliği ile temsil edilmektedir. İşte Heisenberg bu düşüncelerden hareketle, momentum ve konumun belirsizliklerinin çarpımının Planck sabitinden büyük ya da eşit olduğunu matematiksel olarak kanıtlar.<sup>410</sup> Başka bir deyişle Heisenberg’e göre değişken değerler, Planck sabitinden daha küçük bir değere sahip değildir.<sup>411</sup> O halde bu iki belirsizlikten çıkan sonuç için bir alt sınırı “Planck sabiti” meydana getirmiştir.<sup>412</sup> Dolayısıyla Planck sabitinin derin anlamı, Heisenberg tarafından belirsizlik bağıntılarında ortaya konulmuştur.<sup>413</sup> Bu bilgiler ışığında tıpkı Kurşunoğlu’nun belirttiği gibi şu sözlere yer verilebilir: “Kuantum mekaniğini açıklayabilecek, ondaki tüm değişkenleri sabit bir değerle ilişkilendirilebilecek sonuçlar bulma çabaları, Kuramın tarihçesini oluşturmaktadır.”<sup>414</sup>

Heisenberg’e göre bir elektronun konum ve hızının ikisini birden, istenilen kesinlikte aynı anda belirlemek imkansızdır.<sup>415</sup> Gribben’in vurguladığı gibi belirsizlik ilkesi, bir kuantum varlığının aynı anda kesin bir konum ve kesin bir momentuma sahip olamayacağını belirtir.<sup>416</sup> Bazı iddialara göre belirsizlik ilkesi,

---

<sup>407</sup> Sadi Turgut ve Yusuf İpekoğlu, “Kuantum Fiziğinin Garip Söylemleri”, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Sayı: 395, Ekim 2000, s. 46.

<sup>408</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A’dan Z’ye Güden Kuantum*, s. 68.

<sup>409</sup> Dereli ve Verçin, *Kuantum Mekaniği*, s. 70.

<sup>410</sup> Goswami, *Kendini Bilen Evren*, s. 57.

<sup>411</sup> Kurşunoğlu, *İnsan-Evren İlişkisi ve Antropik İlke*, s. 65.

<sup>412</sup> Semra Uçar, “Heisenberg Belirsizlik İlkesindeki ‘Belirsizlik’”, *Temaşa Felsefe Dergisi*, Sayı: 14, 2020, s. 74.

<sup>413</sup> Özemre, *XX. Yüzyılda Fiziğe Yön Verenler*, s. 34.

<sup>414</sup> Kurşunoğlu, *İnsan-Evren İlişkisi ve Antropik İlke*, s.64.

<sup>415</sup> Heisenberg, *Fizik ve Felsefe*, s. 33.

<sup>416</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A’dan Z’ye Güden Kuantum*, s. 469.

“kuantum mekaniği döneminin başlamasını sağlamıştır.”<sup>417</sup> Ronan, 19. yüzyıl fiziğinin yerini parçacıklardan oluşan bir dünyanın aldığını ve olayların en temel seviyede belirlenmesi konusunda belirsizlik unsurunun ortaya çıktığını belirtir.<sup>418</sup> Heisenberg kuantum mekaniğini, klasik nedensellikte birlikte anlaşılan uzay ve zaman kavramları cinsinden yorumlamanın olası olmadığını düşünür. Dolayısıyla O, belirli değişken çiftlerin eşzamanlı olarak yüksek ve rastgele bir kesinlikle belirlenemeyeceği yönünde matematiksel tez sunar.<sup>419</sup> Bu ilke sayesinde Heisenberg, “kuantum dünyasında konum ve momentum arasında içkin bir belirsizlik olduğunu göstermiştir.”<sup>420</sup> Daha sonra ışık ve maddedeki dalga-parçacık ikiliğinin, atom ve çekirdek sistemleri üzerindeki gözlemlerde ortak belirsizlikler meydana getirdiğini akla uygun hale getirebilmek adına düşünce deneyleri kullanmayı dener.<sup>421</sup> Onun ortaya koyduğu bu yeni fizikte elektronun hızı ve konumu karmaşık bir matristen oluşur.<sup>422</sup>

Kopenhag yorumunu oluşturan diğer ilke, Bohr’un “tamamlayıcılık ilkesi” dir. Gribbin tamamlayıcılık ilkesini şöyle açıklar: “Belli değişken çiftlerinin aynı anda kesin değerler almasını önleyen kuantum özelliği.”<sup>423</sup> Birbirini tamamlayıcı olan özellikler “eşlenik değişkenler” olarak bilinir. Eşlenik değişkenler: “Birbirlerine *karşılıklık* ve *belirsizlikle* ilişkilendirilmiş kuantum özelliği çiftleri. Bunların en önemlileri konum/momentum ve enerji/zamandır.”<sup>424</sup> Bohr’a göre elektronun dalga ve parçacık doğası düalistik değildir. Bunlar tamamlayıcı özelliklerdir. Yani elektronlar ne dalga ne de parçacıktır.<sup>425</sup> Bir başka bakış açısına göre tamamlayıcılık ilkesinin anlamı, dalga ve parçacığın birbirini dışlamasıdır. Buna göre fizikçilerin söz ettiği parçacık veya dalga temsili, aynı bilgi nesnesinin tamamlayıcı özellikleri olduğundan bunların birinin bilinmesi diğerinin bilgisini dışlayacaktır.<sup>426</sup>

Klasik mekanikte bir parçacığın konum ve hızı aynı anda bilinebilirken kuantum teorisi varsayımına göre bu özelliklerin ikisi aynı anda eşzamanlanamaz.<sup>427</sup>

<sup>417</sup> Uçar, “Heisenberg Belirsizlik İlkesindeki ‘Belirsizlik’”, s. 73.

<sup>418</sup> Ronan, *Bilim Tarihi*, s. 572.

<sup>419</sup> Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar 2*, s. 174.

<sup>420</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A’dan Z’ye Giden Kuantum*, s. 608-609.

<sup>421</sup> Cushing, *Fizikte Felsefi Kavramlar 2*, s. 174.

<sup>422</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s.76.

<sup>423</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A’dan Z’ye Giden Kuantum*, s. 468.

<sup>424</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A’dan Z’ye Giden Kuantum*, s. 146.

<sup>425</sup> Goswami, *Kendini Bilen Evren*, s. 62.

<sup>426</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, s. 92.

<sup>427</sup> Kaptan, “Kuantum Teorisinin Yorumu ve Doğanın Rolü”, s. 24.

Hiçbir varlığın aynı anda kesinlikle belirlenmiş bir momentumu ve kesinlikle belirlenmiş bir konumunun olmaması, ölçme aletleriyle ilgili bir kusur değildir.<sup>428</sup> Bohr'a göre ölçme aleti, nerede olduğu bulunmak istenen bir elektronun bulunduğu yerlerden bir tanesini rastgele seçer. Bu işlem elektronun içinde bulunduğu durumu bozar. Çünkü ölçme işleminden önce her yerde olan elektron işlemden sonra ölçme aletinin gösterdiği konuma yerleşmiş olur. Bu olaya "çökme" adı verilir.<sup>429</sup> Bunun anlamı şudur: Kuantum mekaniğinde henüz ölçülmemiş herhangi bir özelliğin niceliğinin her olasılığı için var olan bir kuantum dalga fonksiyonu, bir gözlemcinin gözlemi gerçekleştirmesiyle birlikte sabitlenir ve diğer dalga fonksiyonları çöker. Yani bir cisim gözlem gerçekleşmeden önce potansiyeller dalgası olarak bir sürü konumda var olabilirken gözlemin gerçekleşmesinden sonra cismin potansiyeller dalgası çöker ve gözlemcinin gözlemlediği noktada var olur. Bu noktada Kurşunoğlu'nun vurguladığı gibi: "Bohr'a göre gözlemci kuantum durumunda belirleyici bir rol almaktadır."<sup>430</sup> Bir bakıma gözlem yapılması evreni değiştirir. Pagels'in ifadelerine yer vermek gerekirse:

Kuantum teorisinin mucitleri Newton dünya görüşü ile çelişen bir başka özellik bulmuşlardır –gözlemcinin yarattığı gerçeklik. Onlar, kuantum teorisine göre bir gözlemcinin ölçmeye karar verdiği şeyin ölçümü etkilemesi gerektiğini buldular. Kuantum dünyasında gerçekten ne olup bittiği, onu nasıl gözlemlemeye karar verdiğimizimize bağlıdır. Dünya basitçe, bizim gözlemlediğimizden bağımsız olarak var değildir, neyin var olduğu, kısmen, neyi seçtiğimize bağlıdır – gerçeklik kısmen gözlemci tarafından yaratılır.<sup>431</sup>

Taslaman'ın ifadeleriyle: "Kuantum teorisi doğa bilimlerinin metodolojisinde hakim paradigma olan 'indirgemeciliğin' ve 'gözlemcinin gözleme etkisizliğinin' mümkün olmadığını göstermiştir."<sup>432</sup> Gözlemlerle aynı anda dalga fonksiyonunun çökmesi görelilik ile çelişir. Çünkü bu ışık hızından daha hızlı gerçekleşen bir duruma işaret etmektedir. Oysa göreliliğe göre hiçbir şey ışıktan daha hızlı değildir. Böylece Einstein gözlemin yarattığı gerçeklik fikrine karşı çıkmıştır. Çünkü "gözlemcinin ölçümlerin sonucu ile doğrudan ilgili olduğu gerçeği onun doğanın insanın seçimleri karşısında kayıtsız olduğunu belirten deterministik dünya görüşüne ters

---

<sup>428</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Güden Kuantum*, s. 53.

<sup>429</sup> Sadi Turgut, "Parçacıklar Telepati Yaparlar mı?" *Bilim ve Teknik Dergisi*, Sayı: 395, Ekim 2000, s. 41.

<sup>430</sup> Kurşunoğlu, *İnsan-Evren İlişkisi ve Antropik İlke*, s. 170.

<sup>431</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, s. 61.

<sup>432</sup> Taslaman, *Kuantum Teorisi, Felsefe ve Tanrı*, s. 9.

düşüyordu.”<sup>433</sup> Bu durumun ortaya çıkmasına zemin hazırlayan bilimsel arka plan Davies’in şu sözleriyle ifade edilebilir:

Fizikçiler bir süredir radyoaktivite gibi bazı süreçlerin rastgele ve öngörülemez göründüğünü biliyorlardı. Radyoaktif atomlar çok sayıda olduklarında istatistik yasalarına uyarken, tekil bir atom çekirdeğinin bozunum anı tam olarak tahmin edilemez. Bu temel belirsizlik bütün atomlar ve atomaltı olgularda geçerlidir ve açıklanması için sağduyu algısında köktenci bir gözden geçirmeyi gerektirir. Atomik düzeydeki bu belirsizlik 20. yüzyılın ilk dönemlerinde keşfedilmeden önce bütün maddi nesnelerin işleyişleriyle gezegenleri yörüngelerinde tutan veya kurşunu hedefine yönlendiren mekanik bilim yasalarına sıkı sıkıya uydukları varsayıldı. Atomun da, iç bileşenlerinin hatasız bir mekanik saate benzer hareketiyle güneş sisteminin küçük ölçekte bir versiyonu olduğu düşünülürdü. 1920’li yıllarda atom dünyasının karanlık ve kaosla dolu olduğu keşfedildi. Elektron gibi bir parçacık hiç de anlamlı, iyi tanımlı bir gidişat izlemiyor gibi gözüküyordu. Bir an burada, bir sonraki anda başka bir yerde bulunuyordu. Sadece elektronlar değil, bilinen bütün atomaltı parçacıklar (hatta atomlar) belirli bir harekete sabitlenemezler. Ayrıntılarına dek irdelendiğinde gündelik deneyimizdeki katı madde, uçup giden hayalet benzer imgelerin girdabına kapılarak çözünmektedir.<sup>434</sup>

Nihayetinde Heisenberg ve Bohr’un kuantum gerçekliği ile ilgili çalışmaları sayesinde Kopenhag yorumundan iki önemli sonuç ortaya çıkar; ilki kuantum gerçekliğinin belirli olmayıp istatistiksel oluşudur, ikincisi kuantum gerçekliğinin kısmen gözlemcinin yarattığı bir gerçeklik olmasıdır. Pagelse göre maddi gerçekliğin kısmen gözleme bağlı olması fikri, determinist bir nesnellik anlayışının reddedildiğini gösterir. Tüm bu yaşananlarla birlikte yüzlerce yıl sonra klasik fiziğin dünya görüşü yıkılmış ve atomlar konusunda fizikçiler yeni bir ders almışlardır.<sup>435</sup> Görüldüğü gibi Kopenhag yorumuyla beraber yeni paradigmanın kavramları ile klasik paradigmanın kavramları arasında önemli derecede bir tezatlık oluşmuştur. Dolayısıyla kuantum mekaniğinin Kopenhag yorumuna karşı ciddi eleştiriler geliştirilmiştir.

Kopenhag yorumuna karşı yapılan eleştirilere bazı nitelendirmeler yapılmıştır. Bunlardan biri “kuantum tuhaflıkları” olarak isimlendirilir. Bu adlandırmanın “genellikle Kuantum Teorisi’nin Kopenhag yorumuna dayandığı görülmektedir.”<sup>436</sup> Bir diğer isimlendirme ise “kuantum tekinsizliği” dir. Buna göre kuantum tekinsizliği ile ifade edilmek istenen kuantum dünyasının kendisini, duyularımızla kavradığımız sıradan dünyadan ayıran özellikleridir. Bu özellikler; nesnellik eksikliği, önceden

<sup>433</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, s. 61.

<sup>434</sup> Paul Davies, *Tanrı ve Yeni Fizik*, çev. Barış Gönülşen, Alfa Basım Yayım, İstanbul 2014, ss. 138-139.

<sup>435</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, ss. 93-94.

<sup>436</sup> Mücahit Özdoğan, “Kuantum Teorisi Absürdizmi (Saçmacılığı) Destekler Mi?”, *Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 20/45, 2019, s. 43.

belirlenir olmama ve gözlemcinin yarattığı gerçekliktir.<sup>437</sup> Bütün bunlar Kopenhag yorumunun süperpozisyon, belirsizlik ilkesi ve makro-mikro dünya ayrımı gibi savlara sahip olmasından dolayı sağduyuya aykırı sonuçlar içerdiği iddialarına sebep olmuştur. Böylelikle Kopenhag yorumuna karşı yapılan eleştiriler, kuantum mekaniğiyle ilgilenen bilim topluluğunu gerçekliğe dair yeni sorgulamalar yapmaya götürmüştür.

İpin ucunun kaçmış görünmesine karşın, pek çok bilim adamı kuram üzerinde çalışmayı sürdürdü. Bu aslında bir zorunluluktu. Çünkü ortada duran problemleri anlamak, anlamlandırmak ve açıklamak için başvurulacak hazırda başka bir kuram yoktu. Böyle durumlarda kurama “bağlanmaktan” daha iyi bir yol yoktur ve bilim tarihi, bilim adamlarının benzeri durumlarda böyle davrandıklarını göstermektedir. Çünkü bu türden bir aykırılıkla karşılaşıldığında, yerine konulacak bir diğer kuram yoksa terk edilen sadece kuram değil, bilim kendisi olur.<sup>438</sup>

Bu durum tıpkı Kuhn’un belirttiği gibi bir bağlanmaya işaret eder. Çünkü Kuhn’a göre, “paradigmayı terk etmek, onun tanımladığı bilim dalını bırakmakla özdeştir.”<sup>439</sup> Bundan dolayı “sınanan şey yürürlükteki kuramdan ziyade birey olarak bilim insanıdır.”<sup>440</sup> Özellikle Pagels’in şu ifadeleri bu görüşü destekler niteliktedir: “Fizikçiler tutucu devrimcilerdir. Deneysel kanıt –ya da- mantıksal ve kavramsal basitliğe bir başvuru- onları yeni, bazen devrimci bir görüş açısına zorlayana kadar, denenip test edilmiş ilkelerden vazgeçemezler.”<sup>441</sup> Kuantum mekaniği paradigmasında çalışan bilim topluluğunun bu prensiple hareket ettiği çalışmalarının gün geçtikçe daha fazla bilim insanının dikkatini çekmesinden anlaşılmaktadır.

Kuantum mekaniği kuralları öylesine iyi işlemektedir ki, onları yadsımak mümkün değildir. Werner Heisenberg, Paul Dirac ve diğer pek çok fizikçinin keşfettiği dahiyane yöntemlerle, genel kurallar daha da geliştirilip güçlendirildi. Bununla birlikte, Einstein ve Erwin Schrödinger gibi kuantum mekaniğine katkı yapmış diğer öncüler, bu yoruma karşı daima ciddi itirazlarda bulundular.<sup>442</sup>

Kopenhag yorumunu savunan bilim topluluğunun kuantum teorisini terk etmek yerine ona daha çok bağlanmalarını gerektiren olgulardan birisi “üst üste gelme” ya da “süperpozisyon” durumudur. Turgut’un belirttiği gibi bu ilkeye göre “herhangi bir fiziksel sistem olası durumlardan sadece birinde değil, birçoğunda birden aynı anda

<sup>437</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, s. 61.

<sup>438</sup> Hüseyin Gazi Topdemir, *Işığın Öyküsü*, Tübitak, Ankara 2007, s. 295.

<sup>439</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 110.

<sup>440</sup> Kuhn, “Keşif Mantığı mı Araştırma Psikolojisi mi?”, s. 12.

<sup>441</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, s. 63.

<sup>442</sup> Hoof, *Maddenin Son Yapıtaşları*, s. 20.

bulunabilir.”<sup>443</sup> Kuantum mekaniğinin bu ilginç özelliği, Schrödinger denkleminin çizgisel olmasının açık bir sonucu olarak meydana gelir. Bu ilkeye göre bir parçacığın aynı anda farklı konumlarda bulunma olasılığı ile eğer varsa spinini farklı yönlerde bulma olasılığı sıfırdan farklıdır.<sup>444</sup> Kopenhag yorumlarına göre “bir ölçüm yapılmamışsa her bir parçacığın durumu yukarı ve aşağı spinli durumların üst üste gelmişidir.”<sup>445</sup> Turgut’un ifadeleriyle üst üste gelme ya da süperpozisyon terimiyle ifade edilmek istenen iki ya da daha fazla dalganın aynı yerde bir arada bulunmasıdır. Bu durum dalgaların birbirlerini güçlendirmesi veya söndürmesi girişimine neden olur. Kopenhag yorumunun süperpozisyonlar olgusu sadece dalgalar için değil, atom-altı parçacıklardan tüm evrene kadar geniş bir alanda geçerliliğe sahiptir. Zaten kuantum mekaniğinde anlaşılması güç durumlar, bu şekilde ortaya çıkmış oluyor.<sup>446</sup> Kopenhag yorumunun sunduğu dünyanın bu görünümüne karşın hoşnutsuzluk duyanlardan biri Schrödinger’dir. “Schrödinger özellikle iki şeyden kaygılanıyordu: birisi bir kuantum sisteminin **üst üste binmiş durumlar** olabilmesi ve akıllı bir gözlemcinin “dalga fonksiyonunu çöktürerek sistemi tek bir **duruma** zorlamasının (Kopenhag yorumu) gerekmesi.”<sup>447</sup> Çift-yarık deneyinden elde edilen sonuca göre bir elektron gözlemlendiği zaman parçacık gibi davranırken gözlemlenmediği zaman dalga şeklinde hareket etmektedir. Bu durum her ne kadar klasik paradigma açısından açıklanamaz ya da mantık-dışı bir durum olarak nitelendirilse bile Özdoğan’ın vurguladığı gibi Kopenhag yorumunda kuantum seviyesindeki varlıkların gözlemlenmediğinde ne yaptıklarını sormak anlamsızdır.<sup>448</sup> “Ölçme eylemi kuantum varlığını bir tek duruma (şansın, olasılıkların istatistiksel kuralları çerçevesinde) zorlayarak deneyin belirlediği soruya tek bir yanıt verir. Bu yorumun tutarsızlığı ünlü **Schrödinger’in kedisi** örneğiyle zorlu bir şekilde ortaya konuluyor.”<sup>449</sup> Deney canlı olarak kapalı bir kutuya konmuş kediyi kuantum kuramının kuralları açısından mümkün olacak şekilde aynı anda hem ölü hem de diri olmasını gerektirecek bir duruma sokmaya çalışır.<sup>450</sup> Kutunun içerisinde Geiger

<sup>443</sup> Turgut, “Parçacıklar Telepati Yaparlar mı?”, s. 41.

<sup>444</sup> Durgun Duran, *Kuantum Dolanıklık ve Kuantum Bilişim Kuramındaki Uygulamaları*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2011, s. 5.

<sup>445</sup> Duran, *Kuantum Dolanıklık Ve Kuantum Bilişim Kuramındaki Uygulamaları*, s.7.

<sup>446</sup> Sadi Turgut, “Kuantum Kuramında Üst Üste Gelme”, *Bilim ve Ütopya*, <http://www.physics.metu.edu.tr/~sturgut/pop/bu/Kuantum%20Kuramında%20Üst%20Üste%20Gelme.pdf> (Erişim: 7.06.2022), s. 24.

<sup>447</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A’dan Z’ye Gtüden Kuantum*, s. 431.

<sup>448</sup> Özdoğan, “Kuantum Teorisi Absürdizmi (Saçmacılığı) Destekler Mi?”, s. 44.

<sup>449</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A’dan Z’ye Gtüden Kuantum*, s. 262.

<sup>450</sup> Turgut, “Kuantum Kuramında Üst Üste Gelme”, s. 26.

sayacı, bir şişe zehir ve radyoaktif malzeme vardır. %50 bozunma oranına sahip radyoaktif malzemesinin bozunumu Geiger sayacı tarafından algılandığı zaman zehir serbest kalacaktır. Böyle bir durumda kedinin durumu gözlemci kapağı açana kadar hem ölü hem diri olmayı içerir. Kedinin ölü ya da diri olması ancak kapak açıldığı zaman bilinebilir olacaktır. Radyoaktif malzemenin bozunma olasılığı rastgele yani süperpozisyon (üst üste gelme) durumundadır.<sup>451</sup>

Ama Kopenhag yorumu doğruysa akıllı bir gözlemci odanın içine bakmadıkça her şey havada kalacaktır. Bakıldığı anda ise üst üste binme durumu çöker ve kedi ya canlı ya ölü olur ve odadaki durum Schrödinger'in kendi sözleriyle "içindeki canlı ve ölü kedinin (değiş için kusuruma bakmayın) eşit parçalar halinde birbirine karışmış ya da sıvanmıştır."<sup>452</sup>

Bazı bilim felsefecilerine göre bu kabul edilmesi güç bir durumdur. Güçlüğün nedeni bu kişilerin klasik anlamda bir cismin belirli tek bir geçmişe sahip olduğunu gerektiren gerçekliği düşüncelerinden kaynaklanır. Oysa kuantum mekaniğinde bir cisim, tek bir gerçeklikten ziyade mümkün olan tüm geçmişlere sahiptir. Cismin olasılıklı geçmişleri vardır. Biraz farklı bir geçmişe sahip olma olasılığı çoğu durumda belirli bir geçmişe sahip olma olasılığını siler. Ama komşu geçmişlerin olasılıkları belli durumlarda birbirlerini güçlendirir. İşte cismin geçmişi olarak gözlemlenen şey bu güçlendirilmiş geçmişlerden biridir. Schrödinger'in deneyinde de kuantum mekaniği bağlamında kedinin vurulma ve canlı olma olarak güçlendirilmiş iki geçmişi vardır. Ve bu iki olasılık birlikte var olabilir. İşte bazı bilim felsefecileri kendilerini kedinin tek bir geçmişe sahip olabileceği varsayımından dolayı çıkmazda bulurlar.<sup>453</sup>

Bu deney sonucunda Schrödinger elektronun ve diğer tüm kuantum nesnelere bir parçacık olmalarından ziyade madde dalgası olduğunu ileri sürmüştür. Ona göre doğanın tamamı bu fenomenler dalgasıdır.<sup>454</sup> Schrödinger'in madde dalgası düşüncesi Kopenhag yorumu tarafından reddedilmiştir. Onlar deneyde kullanılan maddenin parçacık yapısına sahip olduğu gerçeğini savunmaya devam etmişlerdir. Schrödinger'in ulaştığı dalga düşüncesinin ne olduğunu sorgulayan Born verdiği cevapla fizikte determinizmin sonuna işaret eder. Born'e göre dalgalar, Schrödinger'in varsaydığı gibi madde değil uzay ve zamanda noktadan noktaya

<sup>451</sup> Özdoğan, "Kuantum Teorisi Absürdizmi (Saçmalığı) Destekler Mi?", s. 42.

<sup>452</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Güden Kuantum*, s. 431.

<sup>453</sup> Stephen Hawking, *Kara Delikler ve Bebek Evrenler*, çev. Nezihe Bahar, Alfa Bilim, İstanbul 2020, ss. 46-47.

<sup>454</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, s. 78.

değişebilen tek tek parçacıkların yaratılışına ait istatistikler gibi, olasılık dalgalarıdır. Buna göre Broglie-Schrödinger dalga fonksiyonu bir elektronun belli bir noktada bulunma olasılığını belirler.<sup>455</sup>

Kopenhag yorumuna karşın bir başka ciddi karşı çıkış, Einstein ile çalışma arkadaşları olan Podolsky ve Rosen tarafından geliştirilmiştir. Bu üç ismin birlikte geliştirdikleri düşünce sistemi “EPR paradoksu” olarak bilinir. EPR olayları, Einstein’ın kuantum mekaniği çerçevesinin temelde kusurlu olduğunu ya da en azından temelde noksan kaldığını gösterme girişimlerinden ortaya çıkmıştır.<sup>456</sup> Onlara göre tam bir teoride, gerçekliğin her bir unsuruna karşılık gelen bir unsur olmalıdır. Fiziksel bir niceliğin gerçekliği için yeterli bir koşul, sistemi bozmadan onu kesin olarak tahmin etme olasılığıdır. Kuantum mekaniğinde, değişmeyen operatörler tarafından tanımlanan iki fiziksel nicelik durumunda, birinin bilgisi diğerinin bilgisini engeller. O halde ya (1) kuantum mekaniğinde dalga fonksiyonunun verdiği gerçekliğin tanımı tam değildir ya da (2) bu iki niceliğin eşzamanlı gerçekliği olamaz. Bir sistemle daha önce etkileşime girmiş başka bir sistem üzerinde yapılan ölçümlere dayanarak bir sistemle ilgili tahminlerde bulunma sorununun ele alınması, eğer (1) yanlırsa (2) ninde yanlış olduğu sonucuna yol açar. Böylece, bir dalga fonksiyonu tarafından verilen gerçekliğin tanımının tamamlanmadığı sonucuna varılır.<sup>457</sup> EPR deneyinde “birbiriyle etkileşen iki parçacığın hareketlerinin bağımlı olduğu ana temasından yola çıkılır.”<sup>458</sup> EPR paradoksu ile eleştirisi yapılan ilk kuantum düşüncesi “dolanıklık” dır. Kuantum dolanıklığı, kuantum teorisinde sarsıcı sonuçlar ortaya çıkmasına neden olmuştur. Dolanıklık, “üst üste binmenin özel bir çeşididir; üst üste binmiş durumların kuantum etkilerinin normal mesafelerinin çok ötesindeki büyük uzaklıklara yayılabilmesini” içerir.<sup>459</sup> Başka bir açıklamaya göre dolanıklık, “kuantum mekaniğinde bileşik sistemlere has bir korelasyon” türünü ifade etmektedir.<sup>460</sup> Kuantum kuramına göre ölçümden önce her iki parçacığın farklı momentumlarda birden bulunmasından

---

<sup>455</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, ss. 78-79.

<sup>456</sup> Roger Penrose, *Evrenin Yeni Fiziğinde Moda, İnanç ve Fantezi*, çev. Zekeriya Aydın, Alfa Bilim, İstanbul 2020, s. 245.

<sup>457</sup> Albert Einstein, et al., “Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?”, *Physical Review*, 15/47, 1935, p. 777.

<sup>458</sup> Turgut, “Parçacıklar Telepati Yaparlar mı?”, s. 41.

<sup>459</sup> Ford, *101 Soruda Kuantum*, s. 280.

<sup>460</sup> Erdem Akyüz, *Sürekli Değişkenli Kuantum Dolanıklık ve Kuantum Bilişim Kuramındaki Uygulamaları*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2012, s. 5.

dolayı momentum belirsizdir. Birinci parçacığın momentumunun ölçülmesi olası sonuçlardan birinin rastgele seçildiği anlamına gelir. Bunun neticesinde çökme gerçekleşir ve belirsizlik ortadan kalkar. Bu olaydan sonra ikinci parçacığın momentumu birinci parçacığın momentumu ile uyumlu sonuç verecektir. İşte bu şekilde bir parçacığın momentumu ölçüldüğünde diğer parçacığın momentumun belli olmasına imkan tanıyan parçacıklara dolanık parçacıklar denir. Parçacıkların bunu bilmesine kuantum telepatisi denir.<sup>461</sup> Dolanıklık ilkesi, özellikle “yerel nedensellik” düşüncesini yıkan bir gelişmedir. Yerel nedensellik, “uzak olayların herhangi bir aracılık olmadan yerel olayları anında etkileyemeyeceği” ni ifade eder.<sup>462</sup> Fizikteki kanunların neredeyse bütünü yerellik ilkesine uygundur. Bu ilkeye göre fiziksel olaylar öncelikle yakın çevresini etkiler. Yerellik ilkesine aykırı olan birçok durum aynı zamanda nedensellik ilkesine de aykırıdır. Zira nedensellik ilkesi gereğince neden-sonuç ilişkisine bağlı iki olaydan neden sonuçtan önce gelmelidir.<sup>463</sup>

Einstein, Rosen ve Podolsky tasarladıkları bir hayali deneyle, kuantum mekaniğinin iç görüşünün herhangi bir gizli değişken teorisi ile elde edilemeyeceğini savunmuşlardır.<sup>464</sup> Parçacıklar üzerine yapılan bir ölçümde rastlantısallık yoktur. Bunun yerine parçacıklar, deneyciye daha önceden karar verilen bir sonucu verir. Bu belirsizlik, ölçümü yapmadan önce hangi sonucun geleceğini bilmemesinden dolayı deneyciye kaynaklanır. Deneycinin habersiz olduğu parçacıkların bilinmeyen bir özelliği, yapılacak her türlü gözlemlerde hangi sonucun çıkması gerektiğini söylüyor olmalıdır. Bu durumda, deney sonuçları deneyciye rastlantısal gelebilir. İşte bu tip yeni kuramlara “gizli değişkenler kuramı” denir.<sup>465</sup> Yani Einstein gizli değişkenler ile kuantum mekaniğinin yerelliği ihlal eden eksik parçalarını kasteder. Bu gizli değişkenler keşfedilirse belki de kuantum mekaniği yerel nedensellik ile çelişmeyen bir teori haline alacaktır. O halde Einstein ve arkadaşlarına göre, “yerel nedensellikte çelişen kuantum dolanıklık gibi ilkeler sağduyuya aykırıdır. Sağduyu; bir parçacığın yerinin kesin olması gerektiğini dikte etmektedir.”<sup>466</sup> Einstein ve arkadaşları aslında şuna işaret etmişlerdi:

---

<sup>461</sup> Turgut, “Parçacıklar Telepati Yaparlar mı?”, s. 41.

<sup>462</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, s. 167.

<sup>463</sup> Turgut, “Parçacıklar Telepati Yaparlar mı?”, s. 41.

<sup>464</sup> Hoof, *Maddenin Son Yapıtaşları*, s. 25.

<sup>465</sup> Turgut, “Parçacıklar Telepati Yaparlar mı?”, s. 42.

<sup>466</sup> Topdemir, *Işığın Öyküsü*, s. 296.

...standart kuantum mekaniği, onların ve bir çok başka kişinin (bugün bile) kabul edilemez gördükleri bir çıkarıma sahiptir. Bu çıkarım şudur; bir parçacık çifti, parçacıklar birbirinden ne kadar uzak olurlarsa olsunlar, hala birbirine bağlı bir tek nesne olarak düşünülmelidir! Parçacıklardan biri üzerine yapılan bir ölçüm, diğerini *aynı alan olarak* etkiler gibi görünür; bu ikinci parçacığı, sadece ilk parçacık üzerinde yapılmış ölçümün sonucu üzerine bağlı değil de, çok daha çarpıcı olarak, ilk parçacık üzerinde yapılmış özel ölçümün *seçimine* bağlı özel bir kuantum durumuna yerleştirerek.<sup>467</sup>

Einstein, kuantum formülleri ile hesaplama yapıldığında birbirine yeterli yakınlıkta duran iki parçacık arasında bir bağ oluştuğunu söyler. Bu iki parçacık tamamen zıt karakterde gibi düşünülmelidir. Örneğin biri saat yönünde dönüyorken diğeri saat yönünün tersinde dönüyor. Hatta mesafe ne kadar uzak olursa olsun biri ölçüldüğünde diğeri parçacık bunu bilebiliyor. Einstein'e göre bu "tekinsiz uzaktan etki" dir. Kuantum mekaniğinin gerektirdiği bu sıra dışı olgu, evrenin tüm yasalarına ve özel göreliliğe terstir. Turgut, Neumann'ın bir gizli değişken kuramının kuantum kuramıyla aynı sonuçları veremeyeceğini ispatladığını belirtir. Lakin sonraki yıllarda Bohm, gizli değişkenler kuramının kuantum kuramıyla aynı sonuçları verdiğini savunur. Bohm'un matematiksel olarak inceleyen Bell, küçük bir problem yakalar. Bohm'un kuramı yerel değildir. Yaptığı çalışmalarda Bell, yerel kuramların kuantum kuramlarından farklı sonuçlar öngördüğünü bulur.<sup>468</sup> Yani Einstein'in açıklamak istediği bu gerçektirlik o öldükten sonra Bell tarafından ele alınır. Bell, geliştirdiği teoreme yerelliğin reddedilmesi neticesinde ortaya çıkacak durumu matematiksel olarak eşitsizlikle tanımlar. Bell bu tartışmada evvela Einstein'in tarafında yer alır.

Einstein'in doğru olarak fark ettiği şey, kuantum kuramının her türlü biçiminin, "yerel gerçeklik" denilen durumun çökmesini içermesidir. "Yerel" bu bağlamda hiçbir iletişimin ışıktan hızlı gidemeyeceği demektir. "Gerçeklik" ise dünyanın siz bakmadığınızda da var olması ve örneğin elektronların onlara bakılmadığında olasılık bulutları içinde çözünüp yayılmazken dalga fonksiyonlarının çökmeyi beklememesi oluyor. Kuantum fiziği (ve bunun her bir biçimi) ikisinin birden olamayacağını söylüyor. Hangisinin olamayacağını söylemiyor ama birisini göz ardı etmeniz gerekiyor. Bell sınaması olarak bilinen olgu, yerel gerçekliğin dünyaya –özgül olarak da mikrodünyaya- uygulanıp uygulanmayacağını gösterecek bir yol sağlamıştı.<sup>469</sup>

Bu hususta Bell'in çözümü parçacıkların kaynaktan ayrılmadan önce birbirleriyle haberleştiği yönündedir. Yani Bell parçacıkların konum, dönüş, hız gibi özellikleri kaynaktan ayrıldıktan sonrada yanlarında taşıdıklarını bunun kaderlerinde olduğunu uzaktan iletişimin olmayacağını kanıtlamak için bir düşünce deneyi kurgular. Bu deneyde dolanık fotonları gönderecek iki dedektör vardır. Fotonlar gönderilirken

<sup>467</sup> Penrose, *Evrenin Yeni Fizikinde Moda, İnanç ve Fantezi*, s. 245.

<sup>468</sup> Turgut, "Parçacıklar Telepati Yaparlar mı?", s. 43.

<sup>469</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Güden Kuantum*, s. 18.

belli aralıklarla fotonların yönü değiştirilir. EPR paradoksunda her parçacığın konum ve hızı kaynaktan çıktıktan sonra belirlenir. Bu bilgi parçacıkta kodlanmışsa Bell'in tasarladığı deneyde belirli bir oranda algılanması gerekir. Eğer kuantum mekaniğinin hesaplamaları doğru ise oran çok farklı olacaktır. İşte Bell bu açıklamanın farklı korelasyon dereceleri ön göreceğini gösterir. Bu duruma "Bell eşitsizliği" adı verilir. Bu kavram çifti ile ifade edilmek istenen şey şudur: "Bir kez birlikte olan ama daha sonra ayrı tutulan bir çift kuantum varlığı üzerine yapılan deneylere ilişkin sonuçların karşılaştırılması."<sup>470</sup> Bell teoremi EPR paradoksuna kıyasla kuantum mekaniğini, deneysel teyit yapılmasına imkan vermesi bakımından ortaya bir fark çıkaracak şekilde sorgulamaktadır. Lakin deneysel olarak nasıl hayata geçirileceği tartışma konusu olan bu teori için deneysel sistem, Clauser tarafından başarılı bir şekilde kurulur.<sup>471</sup> Bell'in yayınladığı makaleden hareketle Clauser ve arkadaşları, Bell tarafından öngörülen eşitsizliği hesaplamaya çalışır. Clauser'de kuantum iddialarının yanlış olduğuna ve gizli değişkeni bulabileceğine inanır. Lakin elde ettiği sonuçlar tatmin edici değildir. "Deney Clauser'in dünyanın yerelliğini –yani tekinsiz uzaktan etki olmadığını- kanıtlama arzusuyla dürtülenmişti. Buna karşın, takımı Bell eşitsizliğinin ihlal edilmiş olduğunu kanıtlamış oldu."<sup>472</sup> Duran'ın ifadeleriyle:

EPR paradoksu kuantum kuramının eksik bir teori olduğunu ileri sürerken dayandığı en büyük varsayım yerelliktir. Bell, dolanık parçacıklar için yerel kuramların kuantum kuramından farklı deneysel sonuçlar öngördüğünü ve gizli değişkenlerin kuantum teorisiyle aynı sonuçları veremeyeceğini ispatlar. 1964'te yayınladığı makalelerden birinde bulunan ve daha sonra kendi adıyla 'Bell Eşitsizliği' olarak ünlenecek eşitsizlik, yerelliğin ya da kuantum teorisinin doğruluğunu deneysel olarak test edebilecek niteliktedir.<sup>473</sup>

Daha sonra Aspect, benzer ama daha gelişmiş bir testle aynı sorunun cevabını bulmaya çalışır. Bu amaçla Aspect ve çalışadalarının 1980'lerde fotonlarla yaptığı deneylere "Aspect deneyi" denir. Hobson, Aspect deneyinin Bell'in yerellik koşulunu ihlal eden bazı deneyler olduğunu belirtir. Buna göre kuantum mekaniğinin öngörülere, Aspect'in sonuçları ile uyudur.<sup>474</sup> Bu deney, kuantum dünyasında Einstein'in "tekinsiz uzaktan etki" dediği olgunun gerçekten işlediğini ortaya koymuştur. Dolayısıyla Aspect deneyi, kuantum dünyasının sağduyu yasalarına

<sup>470</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Giden Kuantum*, s. 54.

<sup>471</sup> Vural Arı, *Rölativite'den Kuantum'a Evrenin Gerçekliği*, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, İstanbul 2015, s. 425.

<sup>472</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Giden Kuantum*, s. 33.

<sup>473</sup> Duran, *Kuantum Dolanıklık ve Kuantum Bilişim Kuramındaki Uygulamaları*, s. 10.

<sup>474</sup> Art Hobson, *Kuantum Öyküleri*, çev. Mihriban Doğan, Say Yayınları, İstanbul 2021, s. 438.

uymadığını doğrudan gösteren deneysel kanıttır.<sup>475</sup> Yine bu deney, inandırıcı bir şekilde kuantum dünyasında yerel gerçekliğin ihlal edildiğini göstermektedir.<sup>476</sup> Bütün bu araştırmalar kuantum dünyasında dolanıklığın gerçek olduğunu kanıtlamıştır. Ford'un ifadeleriyle:

Geçtiğimiz on yıllar içerisinde dünyanın çeşitli bölgelerinde yapılmış olan birçok deney, kuantum fiziğinin dolanık sistemlerin davranışı hakkındaki beklentilerini doğrulamıştır. Bir yerde yapılan bir ölçüm gerçekten başka bir yerdeki sonucu belirlemektedir. Kısacası, kuantum fiziğinin tüm öngörülerinin, test edildiklerinde, bizim “sağduyumuzu” tahmin edip etmediklerinden ya da mantığımızı aykırı gelip gelmediklerinden bağımsız olarak doğru oldukları görülmüştür.”<sup>477</sup>

Nihayetinde kuantum mekaniğinde Heisenberg, Broglie, Dirac ve Bohr gibi öne çıkan bilim topluluğu üyelerinin kurama önemli katkılar sağlamasının yanı sıra Einstein, Bell, Aspect gibi Kopenhag yorumuna karşın ciddi itirazlarda bulunan isimlerinde paradigmanın güçlenmesinde etkili olduğu anlaşılmaktadır. Bütün bu gelişmeler, kuantum dünyasının sağduyu yasalarına uymadığı iddia edilen ve kuantum tuhaflıkları olarak nitelendirilen durumların gerçek olduğunu kanıtlamıştır.

Kuantum mekaniği ile birlikte yepyeni bir evren kapılarını açar. Bu “atom-altı” evrendir. Topdemir'in ifadeleriyle: “Kuantum mekaniği küçüklerin dünyasında olup bitenlerin anlaşılıp açıklanmasında mevcut kuramların yetmediğinin anlaşılmasının öyküsü olarak doğdu.”<sup>478</sup> Elektronların çok özel hareket yasalarını kuantum mekaniği tam olarak açıklamaktadır. Bundan dolayı kuantum mekaniği, teorik temel parçacık fiziğinin merkezindedir.<sup>479</sup> Bu durum parçacık fiziğinin gelişmesine ve standart modelin ortaya çıkmasına neden olur. Gribben'in belirttiği gibi parçacık fiziğinin standart modeli, kuantum mekaniğinin kuralları üzerine kurulmuştur.<sup>480</sup> Parçacık fiziğinin standart modeli, “farklı temel parçacıkların nasıl düzenlendiğini ve farklı kuvvetler aracılığında birbirleri ile nasıl etkileştiğini açıklamaya çalışan bir teori olup içerisinde fermiyonlar, bozonlar, karşıt madde ve bunların etkileri hakkında bilgiler yer almaktadır.”<sup>481</sup> Standart model ile modern atom teorisi iç içedir. Modern atom teorisine göre atom çekirdeği kuarklardan oluşur ve elektronlar

<sup>475</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Giden Kuantum*, s. 32.

<sup>476</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Giden Kuantum*, s. 54.

<sup>477</sup> Ford, *101 Soruda Kuantum*, s. 283.

<sup>478</sup> Topdemir, *Işığın Öyküsü*, s. 293.

<sup>479</sup> Hooft, *Maddenin Son Yapıtaşları*, s. 12.

<sup>480</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Giden Kuantum*, s. 9.

<sup>481</sup> Nurettin Çek, “Parçacıklar ve Parçacıkların Enerji Kaynakları Üzerinde Etkileri”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4/7, 2016, s. 1.

çekirdeğin çevresindedirler. Modern atom teorisinin elektronlara yaklaşım tarzı, Bohr'un atom modelinden temel farkını oluşturur. Modern atom teorisi, elektronların hareketlerini tanımlamaktan kaçınmaktadır. Oysa Bohr'un atom teorisi elektronları parçacıklar gibi değerlendirir. Modern teoriye göre elektronlar, birer potansiyel dalgasıdır ve onların bulunma ihtimallerinin en yüksek olduğu yerlere orbital denir. Orbitallerdeki elektronları tanımlamak için dört farklı kuantum numarası vardır. Pauli, dışarlama ilkesi ile elektronların hiçbir zaman dört kuantum numarasının birden aynı olamayacağını yani aynı potansiyeller dalgası üzerinde olamayacağını ortaya koymuştur.<sup>482</sup>

Atomların uyarılmış durumlardan bir foton atarak en düşük enerjili duruma nasıl geçtiği sorusu “kuantum alan kuramı”nın ortaya çıkmasına yol açar. Bu problemi çözmek için özel görelilik kuramı ile kuantum kuramının bir araya getirilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Hooft'un belirttiği gibi Dirac, elektronun kuantum mekaniksel denklemini özel görelilik teorisiyle bağdaştıran kişidir.<sup>483</sup> Dirac bunu uzun dalga boyundaki radyasyon ve atomun basitleştirilmiş modeli için geçerli olan bir teoriyi geliştirmek ve özellikle yüksek hızda hareket eden parçacıklara uygulanabilmesi için onu göreceli hale getirmek amacıyla yapmıştır.<sup>484</sup> Kuantum alan kuramı, her türlü parçacığın (fotonlar, elektronlar, pozitronlar, protonlar, nötronlar ve mezonlar gibi) yaratılması, saçılması ve yok edilmesi ile ilgili olasılıkları hesaplamak için kullanılan bir dil, bir tekniktir.<sup>485</sup> Dirac'tan sonra dalga-parçacık ikiliği, matematiği anlayabilenler için paradoks olmaktan çıkmıştır.<sup>486</sup> Çünkü “alanlarla parçacıkların aynı olgunun iki farklı görünümü olduğu kanıtlandı.”<sup>487</sup> Dirac açısından alanların dalgalara benzeyen salınımlarla birbirlerine karşı gösterdikleri tepkilerin tümü “alan denklemi” ile belirlenmektedir. Bu denklemlerin bilindiği ilk sistem olan kuantum elektrodinamiği, “kuantum alan teorisi”nin ilk örneği olmuştur.<sup>488</sup> Dirac alan için kuantum koşullarını, madde ile etkileşimi olmayan radyasyon teorisini göreliliğe nasıl yerleştirebileceği açısından

---

<sup>482</sup> Cem Güney Torun, “Bilim Tarihi Işığında Görelilik Teorileri, Kuantum Mekanığı ve Her Şeyin Teorisi”, <https://docplayer.biz.tr/1454989-Bilim-tarihi-isinginda-gorelilik-teorileri-kuantum-mekanigi-ve-her-seyin-teorisi.html> (Erişim:08.05.2022).

<sup>483</sup> Hooft, *Maddenin Son Yapıtaşları*, s. 85.

<sup>484</sup> Dirac, *The Principles of Quantum Mechanics*, s. 275.

<sup>485</sup> Turgut ve İpekoğlu, “Kuantum Fiziğinin Garip Söylemleri”, s. 48.

<sup>486</sup> McEvoy ve Zarate, *Kuantum Teorisi*, s. 153.

<sup>487</sup> Turgut ve İpekoğlu, “Kuantum Fiziğinin Garip Söylemleri”, s. 48.

<sup>488</sup> Hooft, *Maddenin Son Yapıtaşları*, s. 86.

ele almıştır.<sup>489</sup> KEDİ ya da kuantum elektrodinamiği “elektrik yüklü temel parçacıkların, örneğin elektronların, etkileşmesinin kuramıdır.”<sup>490</sup> Topdemir, kuantum elektrodinamiğini, 1950’ler itibariyle deneyle çok sıkı bir biçimde uygunluk gösterse de sağduyu ile tezatlık taşımasına neden olan yaklaşımların kuramsal adı olarak değerlendirir.<sup>491</sup> Kuantum elektrodinamiğinin nötron ve protonlara ilişkin bir kuramın kurulması için örnek olarak kullanılmasıyla KREDİ yani kuantum renk dinamiği ortaya çıkmıştır. Hem KEDİ hem de KREDİ standart modelin bileşenleridir.<sup>492</sup>

Kuantum mekaniğinin olağan bilimi, yukarıda değinilen bilimsel araştırmaların dışında daha birçok araştırmanın paradigma ile uyumlu olarak yürütüldüğü bir dönemdir. Hatta günümüzde bile kuantum mekaniğinin olağan bilim etkinliklerine hızla devam ettiği söylenebilir. Çünkü kuantum teorisi, “hayatımızı besleyen modern teknolojinin temelini oluşturmaktadır.”<sup>493</sup> Mikro sistemlere uygulanan kuantum teorisi uygulamalı fizik ve kimya dallarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu paradigma, malzeme biliminden elektroniğe kadar pekçok alanın pratik yarar taşıyan uygulamalara sahip olmasına katkı sağlamıştır. Yine kuantum mekaniği sayesinde akıllı makineler, kodlama ve yapay zeka gibi mükemmel teknolojiler üretilmiştir. Kuantum mekaniği paradigması, kozmolojik araştırmalarda yepyeni dünyaların kapılarını aralamıştır. Felsefe alanında yeni tartışmaların başlamasına neden olmuştur.

### 3.2. Kuantum Mekaniği Paradigmasının Bağlıları Üzerine Bir Deneme

*Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’nda, paradigma ile bilimsel topluluk arasında hem mantıksal hem de fiziksel bakımdan büyük bir yakınlık olduğunu ifade eden Kuhn, paradigma teriminin başarılı bir biçimde açıklanmasını, bilim topluluğunun bağımsız bir varoluşa sahipmiş gibi bilinmesine bağlar.<sup>494</sup> “Paradigma her şeyden önce bir konuyu değil bir topluluğu yönlendirir.”<sup>495</sup> Kuhn, konu hakkındaki hassasiyetini, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’nı yeniden yazıyor olsaydı işe bilimin topluluk yapısını

<sup>489</sup> Dirac, *The Principles of Quantum Mechanics*, s. 278.

<sup>490</sup> Turgut ve İpekoğlu, “Kuantum Fiziğinin Garip Söylemleri”, s. 48.

<sup>491</sup> Topdemir, *Işığın Öyküsü*, s. 291.

<sup>492</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A’dan Z’ye Giden Kuantum*, s. 13.

<sup>493</sup> Kaptan, “Kuantum Teorisinin Yorumu ve Doğanın Rolü”, s. 20.

<sup>494</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 353.

<sup>495</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*; s. 287.

tartışarak başlayacağını belirterek gösterir.<sup>496</sup> Bilim topluluğu üyelerinin davranışlarını incelemek, paradigmanın özelliklerini saptamak için önemlidir.<sup>497</sup> Zira paradigmalar, bilimsel bir topluluğun malıdır. Kuhn'un ifade ettiği gibi bir paradigma bilim topluluğunun paylaştığı şeydir.<sup>498</sup>

Paradigma ve bilim topluluğu arasındaki ilişki kendini en iyi şekilde disiplinler matristen elde edilen bağlamlar üzerinden sunabilir. Çünkü çalışmanın birinci bölümünde değerlendirildiği gibi disiplinler matris, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*'nin ilk basımında paradigmanın anlamından kaynaklanan tartışmalar üzerine Kuhn tarafından önerilen bir kavramdır. Buna göre bir paradigma ya da paradigmalar takımı olarak disiplinler matris, mesleki iletişimin karakterini ve mesleki değerlendirmenin görece oybirliğini açıklar.<sup>499</sup> Bu durumun kuantum mekaniği açısından taşıdığı uygunluk Kurşunoğlu'nun şu ifadelerinden anlaşılmaktadır: "Kuantum teorisi Görelilik veya Newton'un yerçekimi kanunu gibi, tek kişinin adıyla anılan kuramlara aykırı olarak pekçok bilim adamının ortak katkısıyla gelişimini sürdüren bir konumdur."<sup>500</sup> O halde bilim topluluğunun neleri paylaştığını bilmek, kuantum mekaniğini yönlendiren paradigmayı bilmek anlamına gelir. Kuhn'a göre bilimsel bir topluluğun nasıl çalıştığını anlamak için disiplinler matrisi oluşturan öğelerin işlevini anlamak gerekir. Çünkü Kuhn, bu öğelerden herhangi birinde meydana gelen değişikliğin grup çalışmasının özeğinde, doğrulama ölçütünde ve bilimsel davranışlarındaki değişimler ile sonuçlandığını düşünür.<sup>501</sup> Dolayısıyla disiplinler matris, paradigmanın genel anlamını karşılar ve bilim topluluğunun katılmış olduğu tüm bağlamları kuşatır.<sup>502</sup> Bu bilgilerden hareketle kuantum mekaniğini, disiplinler matris kavramının sunduğu bağlamlar nezdinde değerlendirmenin ciddi bir uzmanlığı ve araştırmayı gerektirdiği belirtilmelidir. Bu noktada yapılmak istenen disiplinler matris kavramından elde edilen bazı bağlamlardan hareketle kuantum mekaniği paradigmasının bir değerlendirmesini yapmayı denemektir.

---

<sup>496</sup> Kuhn, "Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim", s. 318.

<sup>497</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 282.

<sup>498</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 353.

<sup>499</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s.356.; Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 290-291.

<sup>500</sup> Kurşunoğlu, *İnsan-Evren İlişkisi ve Antropik İlke*, s. 57.

<sup>501</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 357.

<sup>502</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 352.

### 3.2.1. Kuantum Mekanikası ve Bilim Topluluğu

O halde öncelikle kuantum mekaniğiyle ilgilenen bilim topluluğunun nasıl bir yapıya sahip olduğu tespit edilmelidir. Çünkü Kuhn'un ifadeleriyle: "Paradigmanın yönlendirdiği ya da paradigmayı yıkıcı olan araştırmalar üzerine yapılacak her çalışmanın, sorumlu topluluğu ya da toplulukları saptamakla işe başlaması şarttır."<sup>503</sup>

Kuhn'a göre bilim topluluğu çeşitli düzeylerde varlık gösterebilir. İlk olarak sezgisel topluluk yapısına değinmek gerekir. Sezgisel topluluk toplum bilimciler, bilim adamları ve bilim tarihçilerini kapsar. Bu görüşe göre bir uzmanlığı uygulayan kişiler bilimsel topluluğu oluşturur.<sup>504</sup> O halde kuantum mekaniğinin de içinde yer aldığı sezgisel topluluk, 20. ve 21. yüzyılın toplum bilimcileri, bilim adamları ve bilim tarihçilerinden oluşmalıdır. Topluluk ilk düzeyde evrensel olan doğa bilimcileri topluluğuna, daha alt düzeyde ise fizikçiler, kimyacılar, gökbilimciler, hayvan bilimciler vd., esas bilimsel meslek gruplarına ait bölümlere işaret eder. Her alan kendi içerisinde daha alt alanlara ayrılabilir. Bilim topluluğu üyeleri öncelikle üst uzmanlık konusu, meslek derneklerine üyelik ve izlenen yayınlar bağlamında kümelenir. Daha sonraki düzeyde ise ampirik sorunlar başlar.<sup>505</sup> Dolayısıyla kuantum mekaniğiyle ilgilenen üyeler, doğa bilimcileri içerisinde yer alan fizikçiler grubuna dahildir. Kuantum mekaniğiyle ilgili topluluğun bir grubunu oluşturduğu fizik bilim dalı hakkında Kuhn, 19. yüzyıl ortalarına kadar genel bir fizik topluluğunun olmadığını belirtir.<sup>506</sup>

Kuantum mekaniği ile ilgilenen bilimcilerin topluluk ruhu kazanmaları disipliner matrisin değerler ögesi kapsamında değerlendirilebilir. Daha önce açıklandığı gibi Kuhn'a göre değerler, disipliner matrisin diğer öğelerine nazaran farklı topluluklar arasında daha çok paylaşılır ve doğa bilimcilerinin tamamında topluluk ruhu oluşmasında büyük paya sahiptir.<sup>507</sup> Bunun için kuantum mekaniğinin farklı topluluklarla paylaştığı şeylerin sahip olduğu paradigma üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

<sup>503</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 288.

<sup>504</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 354.; *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 284.

<sup>505</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 285.

<sup>506</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 287-288.

<sup>507</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 294.

Erdoğan'a göre Kuhn bilim adamları topluluğunu bir tür bilim sosyolojisi olarak nitelendirilebilecek bakış açısıyla incelemiştir.<sup>508</sup> Bilim sosyolojisinde bilim adamları sosyal bir grup olması ve diğer sosyal gruplar ile ilişkisi bağlamında ele alınır. Bu kanı, bilime yönelik yaygın görüşün aksinedir. Yardımcı'nın ifadeleriyle yaygın olan görüşten şu şekilde bahsedilebilir:

Yirminci yüzyılın ikinci yarısına kadar bilimin objektif bir faaliyet olduğu, bilimsel bilginin içeriğinin yalnızca epistemik anlamda şekillendiği ve bilimin diğer bilgi alanlarının aksine öznel düşüncelerden sıyrılmış bir alan olarak mevcudiyetini koruduğu düşünülmüştür. Bu düşünce aynı zamanda bilime ve onun bilgisine ilişkin toplumun genel yaklaşımını da yansıtmaktadır.<sup>509</sup>

Bunun aksine Kuhn'a göre bilim, bizzat bilim adamı tarafından yönlendirildiği için sosyal faktörlerden etkilenir. Bu bağlamda bilim adamlarının oluşturduğu bilim topluluğu da sosyal faktörlerden etkilenmelidir. Geçimli'nin ifadeleriyle “paradigma kavramı, elde olan bilgilerden belli seçimler sonucunda oluşturulmuş olan geçerli bir bilimsel söylemin tarih içerisinde nasıl üretildiğine odaklanır. Dolayısıyla paradigmanın oluşmasında yalnızca bilimsel değil, sosyolojik ve kültürel faktörler de etkili olur.”<sup>510</sup> O halde kuantum mekaniğiyle ilgilenen bilimciler dahil diğer toplulukların geniş ölçüde paylaştığı şeyler hakkında fikir sahibi olabilmek için dönemin siyasal, sosyal, ekonomik hatta metafizik özelliklerine bakılabilir. Bu noktada 20. ve 21. yüzyıl bilimcilerinin topluluk ruhu kazanmalarına katkı sağlayan etkenlerin gösterilebileceği bir örnek kuantum mekaniğinin diğer alanlardaki yansımaları açısından verilebilir. Kurşunoğlu'nun ifadeleriyle: “Kuantum mekaniği ile düşünce dünyasının önüne açılan yeni ufuklar, insanın kendisi ile toplumu ve içinde yaşadığı evreni arasında gittikçe artan boyutlarda anlamsal, varoluşsal ilişkiler kurmasına yardım etmektedir.”<sup>511</sup> Bu ifadeden hareketle bilim insanının kuantum mekaniğiyle birlikte sahip olduğu temel dinamiklerde ciddi dönüşümler yaşadığı anlaşılmaktadır. Bu alanlardan biri sosyal bilimlerdir. Bilgili ve Toprak, kuantum mekaniğinin sosyal bilimler ve coğrafyayı nasıl etkilediğini anlamaya yönelik yürüttükleri çalışmalarında kuantum mekaniğiyle meydana gelen açılımların sosyal bilimlerin epistemolojisinde yeni arayışlara neden olduğunu belirtir.<sup>512</sup> Çetin ve

<sup>508</sup> Erdoğan, *Aristoteles' ten Newton' a Paradigmatik Bilim Tarihi*, s.11.

<sup>509</sup> Yardımcı, “Bilimsel Bilginin Sosyolojisi ve Keşif- Gereçeklendirme Ayrımı Üzerine”, s.388.

<sup>510</sup> Gözde Geçimli, *Bilimin Konvansiyonalist (Uzlaşımçı) İnşası: Türkiye'de Güncel Bilim-Din Tartışması Örneği*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul 2019, s. 2.

<sup>511</sup> Kurşunoğlu, *İnsan-Evren İlişkisi ve Antropik İlke*, s. 71.

<sup>512</sup> Münür Bilgili ve Mehmet Ali Toprak, “Kuantum Mekaniği, Sosyal Bilimler Felsefesi ve

Özkaya, coğrafya ve jeomorfolojide yaşanan dönüşümler sonucunda açıklanmakta zorluk çekilen belirsizlikleri aydınlatmak için kuantum mekaniğinin kavramlarını kullanmışlardır.<sup>513</sup> Kuantum mekaniğinin ekonomiye olan yansımalarını görmek için şu ifadelerine yer verilebilir: “Burjuva toplumunun ve ona dayalı serbest piyasa ekonomisinin gelişmesine paralellik gösteren bu bilimsel paradigma değişimleri, modern küresel toplumun bireysellik ve görecelilik anlayışına büyük ölçüde de uygun bir bilim anlayışına da özellikle fizik ve kuantum fiziğindeki yeni gelişmelerin eşliğinde verilmiştir.”<sup>514</sup> Yine Kurşunoğlu, kuantum evreninin enerji dalga boyları ile anlamlı davranışlar arasında bağ kurar. Buna göre enerji dalgalarıyla oluşan kuantum mekaniği, her şeyin temel seviyedeki davranışını, olasılık ve enerjinin dalga boyu ile açıklamaktadır. Bu dalgaları yöneten kurallar eğer her şeyin asıl gerçekliğini temellendiriyorsa insan davranışlarına da egemen olması gerekir. Bu şekilde kuantum dalga hareketliliği, davranışın temel dinamikleri açısından değerlendirildiğinde bu insana aşk ve nefretin temel dinamiklerini açıklama noktasında yardımcı olacaktır.<sup>515</sup> Kuantum mekaniği bulgularının “mana” ve mananın tezahür biçimi olan tılsımın özelliklerine işaret ettiğini düşünen Yeşilmen’e göre kuantum fiziği “mana”nın fiziği olma özelliğini taşır.<sup>516</sup> Bütün bu alanların yanında kuantum mekaniğinin insan bilimleri, kozmoloji, felsefe gibi daha pek çok alanla önemli etkileşimleri olduğunu gösteren çalışmalar vardır. Bütün bu açıklamalardan hareketle 20. yüzyılda yaşanan dönüşümlere yön veren gelişmelerden birinin kuantum mekaniği olduğu söylenebilir. Dolayısıyla kuantum mekaniğinin belirsizlik, olasılık, yerel olmama, gözlemcinin gerçekliğe etkisi, dolanıklık, süperpozisyon gibi özelliklerinin bilimcilerin topluluk ruhu kazanmalarını sağlayan değerlerin belirlenmesinde etkisi olduğu iddia edilebilir.

Ek olarak bilimcilerin topluluk ruhu kazanmasında, bu sosyal faktörlerin yanı sıra kişisel faktörlerin de etkili olduğunu belirtmek gerekir. Bu durum, Kuhn’un kuram seçimi ile ilgili düşüncelerinden hareketle temellendirilebilir. Kuhn’a göre bir topluluktaki doğruluk yargıları, değişen dönem ve farklı kişilerde tam olmasa bile

---

Coğrafya”, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18/1, 2020, s. 370.

<sup>513</sup> Muhammed Çetin ve Ahmet Özkaya, “Postmodernizm ve Jeomorfoloji İlişkiselliğine Kuantum Mekaniği Açısından Bir Bakış”, *ASBİDER Akademi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8/24, 2021, s.504.

<sup>514</sup> Mustafa Said Kurşunoğlu, *Doğu-Batı Ekseninde Kapitalizm*, Kadim Yayınları, Ankara 2020, s. 174.

<sup>515</sup> Mustafa Said Kurşunoğlu, *Aşk’ın Ne’liği ve Kavramsal Doğası*, Etüt Yayınları, Samsun 2014, s.124.

<sup>516</sup> Halit Yeşilmen, “Tılsımda Tezahür Eden “Mana”nın Kuantum Fiziğiyle Yeniden Okunması: Antropolojik Bir Yaklaşım”, *Türkiye İlahiyat Araştırmaları Dergisi*, 4/1, 2020, s.127.

görelî bir süreklilik göstermektedir. Buna karşın basitlik, tutarlılık, inanırlık gibi yargılar bireyden bireye çoğu kez büyük farklar taşır.<sup>517</sup> Bunun nedeni “birbirleriyle yarışmakta olan kuramlar arasında her bireysel seçim, nesnel ve öznel etkenlerin, ortak olan ve kişisel kalan ölçütlerin bir karışımına bağlıdır.”<sup>518</sup> Dolayısıyla Çelik’in ifadeleriyle; “bilim adamlarının yapmış olduğu seçimler, yalnızca ortaklaşa bilimsel ölçütlerle değil, bireysel yaşamöyküsü ve kişiliğe bağlı olan etkenlerle de ilişkilidir.”<sup>519</sup>

### 3.2.2. Kuantum Mekanîği ve Metafizik İlkeler

Bilim topluluğunun ortak ilke düzeyindeki inançları disiplinler matrisin modeller ögesi ile temsil edilir. Kuhn’un *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’nda modeller ile ilgili “metafizik paradigmlar” ya da “paradigmların metafizik kısımları” gibi başlıklar altında çok şey söylemiştir.<sup>520</sup> Bu bilgiden hareketle Kuhn’un “yarı-metafizik ilkeler” le ilgili verdiği şu örnek aracılığıyla kuantum mekanîği ile modeller arasında bir ilişkilendirme yapılabilir:

Bilimin mutlak değişmez olmasa da daha kalıcı ve yaygın olan özellikleri tarihsel incelemenin de şaşırtıcı bir tutarlılıkla gösterdiği gibi bir üst düzeydeki yarı-metafizik ilkelerdir. Örneğin aşığı yukarı 1630’dan itibaren, özellikle de Descartes’ın muazzam etkileyici bilimsel yazılarının çıkmasından sonra, fizikçilerin çoğu evrenin mikroskopik cisimciklerden oluştuğunu ve tüm doğal görüngülerin bu cisimciklere ilişkin şekil, boyut, hareket ve etkileşim kavramlarıyla açıklanabileceğini varsaymaya başladılar. Bu ilkelerin kaynağı da görüldüğu kadarıyla hem metafizik hem de yöntemsel. Metafizik açısından, ilkeler bilim adamına evrenin hangi tür nesnelere içerip, hangilerini içermediğini dikte ediyordu: Kısacası var olan sadece hareket halindeki madde idi. Yöntem açısından ise, nihai yasalar ile temel açıklamaların nasıl olması gerektiği hakkında reçete veriliyordu: Yasalar cisimciklerin hareketlerini ve etkileşimlerini belirlemeli, açıklama ise verilmiş herhangi bir doğal görüngüyü maddenin bu yasalara uyan hareketlerine indirgemeliydi. Daha da önemlisi, cisimciklere ilişkin evren görüşü bilim adamlarına araştırma sorunlarının çoğunlukla neler olması gerektiğini öğretiyordu. Örneğin Boyle’un yaptığı gibi bu yeni felsefeyi benimseyen bir kimyacı dikkatinin çoğunu transmutasyon (tür değiştirme, dönüşme) olarak görülebilecek kimyasal tepkimelere yöneltmekteydi. Çünkü bu örnek, bütün kimyasal değişimlerin temelinde yattığı düşünölen nesnelere yer değiştirmelerini diğer tepkimelere kıyasla daha açık olarak gösteriyordu”<sup>521</sup>

Kuantum mekanîğini bu örnekteki yarı-metafizik ilkelerin metafizik ve yöntemsel kaynaklarıyla değerlendirmek gerekirse bu ilkeler ilk olarak bilim adamına evrenin hangi tür nesnelere içerip hangilerini içermeyeceğini dikte etmiştir. Buna göre

<sup>517</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 294.

<sup>518</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 383.

<sup>519</sup> Çelik, “Thomas S. Kuhn”, s. 407.

<sup>520</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 293.

<sup>521</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 120-121.

kuantum mekaniği: “Çok küçüklerin dünyasına uygulanan mekanik yasaları”dır.<sup>522</sup> Yani teori açısından geçerli olan sadece atom-altı parçacıklardır. İkinci olarak yöntimsel açıdan ise kuantum mekaniğiyle ilgili nihai yasalar ile temel açıklamaların nasıl olması gerektiğini gösterir. Buna göre kuantum mekaniği ile ilgili yasalar, atom-altı parçacıkların ışık ve madde ile ilgili hareket ve etkileşimlerini belirlemeli, açıklama ise verilmiş herhangi bir doğal görüngüyü ışık ve maddenin atom-altı yasalara uyan hareketlerine indirgemelidir.

Biraz geriye gidildiği zaman maddeyi atom denen bölünmez parçacıkların devinimiyle açıklayan bilim adamları 19. yüzyılın sonlarına doğru evrenin yapısını açıklamaya çok yaklaştıklarını düşünmüşlerdir. Fakat gerçekleşen buluşlar onların bu inancının sarsılmasına neden olmuştur. Buna göre atom, çok küçük parçacıklardan oluşmuştur. Bu parçacıkların davranış biçimlerinin ise Newton’un hareket yasalarıyla açıklanamayacağı anlaşılmıştır.<sup>523</sup> Böylelikle kuantum mekaniğiyle ilgilenen bilim adamlarının klasik paradigmadan farklı olarak evrenin açıklanma şekline duydukları inancın değiştiği anlaşılmaktadır.

### 3.2.3. Kuantum Mekaniği ve Matematik

Kuantum mekaniğinde paradigmayı oluşturan bağlamlardan diğerine disiplinler matrisi oluşturan ögelerden biri olan “simgesel genellemeler” den varılabilir. Anımsamak gerekirse simgesel genellemeler, “biçimsel veya hemen bir biçime dökülebilir”<sup>524</sup> ögelerdir. Fizikte genellemeler çoğunlukla simgesel biçimlerde kurulur.<sup>525</sup> Sembolik ve sözel olarak ifade edilebilen simgesel genellemeler, doğa yasası ve yasa olmak üzere iki işleve sahiptir.<sup>526</sup> Bu noktada kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasına neden olan Planck’ın ışığın kuantalar şeklinde yayıldığı iddiasının sembolik ifadesi olan  $E = hv$  bu tarzdan genellemeler için örnek gösterilebilir. Kuantum mekaniği bu şekilde çok sayıda simgesel genellemeye sahiptir.

Disipliner matrisin “biçimsel veya hemen bir biçime dökülebilir” ögesi olan simgesel genellemeler, kuantum mekaniğinin matematikle olan ilişkisi hakkında araştırmayı gerektirir. Çünkü Kuhn’a göre bilim topluluğunun çalışmalarında mantık ve matematiği belli bir yolla uygulamasının nedeni, simgesel genelleme dizgesine

<sup>522</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A’dan Z’ye Güden Kuantum*, s.294.

<sup>523</sup> Reid ve Fara, *Arkhimedes’ ten Einstein’a Bilim Adamları*, s.40.

<sup>524</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 291-292.

<sup>525</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 357.

<sup>526</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss. 292-293.

ortak bir şekilde bağlanmalarındandır.<sup>527</sup> Bozkurt'un dikkat çektiği gibi simgesel genellemeler, paradigma temelinde araştırma etkinliklerini yürüten bilim adamının bulmaca çözme faaliyetinde kullandığı araçlardır.<sup>528</sup> Bu bilgiden hareketle kuantum mekaniğiyle ilgili çalışmalarında bilim topluluğunun, mantığın ve matematiğin sembolik formu olan simgesel genellemeleri, bulmaca çözmeye bir araç olarak kullandıkları ifade edilebilir. Kuhn açısından "uygulayıcılarının hizmetinde olan simgesel genellemeler ne kadar fazlaysa bir bilim dalının gücü de o kadar artmaktadır."<sup>529</sup>

Kuantum mekaniğinde simgesel genellemelerin ne kadar yaygın kullanıldığı teorisinin matematikle olan ilişkisinden anlaşılabilir. Fiziğin dili matematiktir. Fiziğin tarihsel gelişimine bakıldığı zaman önermeleri matematiksel olarak en yaygın şekilde ifade edilebilen alt alanlardan birinin kuantum mekaniği olduğu söylenebilir. Hatta Sakar ve arkadaşlarına göre kuantum fiziği, matematik üzerinden inşa edilmiştir. Onlar matematiğin, fizik teorilerini inanılmaz bir sanat eseri gibi ördüğüne dair iddialarını kuantum teorisinin matematik üzerinden nasıl oluşturulduğunu anlatarak sunarlar.<sup>530</sup> Bu duruma gerekçe olarak Turok'un şu ifadelerine yer verilebilir: "Dünya zarif bir matematiksel biçimselliğin hükmü altındaydı ancak bunun klasik bir açıklaması henüz yoktu."<sup>531</sup> Çünkü kuantum mekaniğinin odaklandığı fenomenler klasik mekaniğinkinden farklıdır. Kuantum mekaniği atom altı parçacıkların davranışlarını açıklamaya çalışır. Bu durumun teoride yeni bir matematiksel çerçeveye ihtiyaç doğurduğunu Farmelo'nun şu sözlerinden çıkarmaktayız: "Sorun şuydu ki, Newton'ın hareket yasaları ve Maxwell'in elektromanyetizma denklemleri atomların içyapılarına uygulandığında sonuçlar mantıksız geliyordu: bu yasalar, tabiatın bir bölümünü açıklamak konusunda ilk kez kesinlikle başarısız kalmış oluyordu."<sup>532</sup> Zira bir elektronun hareketini anlamak için duyu organları yeterli değildir. Bunun yerine elektronların hareketlerini matematiksel soyutlamalar olarak anlamaya çalışmak gerekir.<sup>533</sup> Bu durumda kuantum mekaniği ile ilgili bilim topluluğu, deneysel çerçeveye uygun yeni

<sup>527</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, ss.291-292.; Kuhn, *Asal Gerilim*, ss. 356-357.

<sup>528</sup> Bozkurt, "Thomas Kuhn'un Paradigma Kavramı ve Dönüşümü", s.69.

<sup>529</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s.292.

<sup>530</sup> Sakar, F. Müge ve Yılmaz, Ali, "Matematik ve Kuantum Fiziği", *Yaşam Bilimleri Dergisi*, 5/2, 2015, ss. 19-32.

<sup>531</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s. 61.

<sup>532</sup> Farmelo, *Evren Sayılarla Konuşuyor: Modern Matematik Tabiatın En Gizli Sırlarını Ortaya Çıkartıyor*, s. 97.

<sup>533</sup> Susskind ve Friedman, *Kuantum Mekaniği: Kuantum Fiziğine Kuramsal Bir Bakış*, s. 17.

matematiksel fonksiyonlar kurmaya çabalar. O halde “Kuantum mekaniği, atom ve atom altı boyutlarda baş gösteren ve sezgisel yöntemlerle anlamlandırılmayan problemlerin çözülebilmesine olanak tanıyan matematiksel bir modeldir.”<sup>534</sup> Görülür ki doğadaki olayları anlamak ve açıklamak için onları uygun bir matematiksel yapı ve bu yapının dili ile açıklamak gerekir. Bundan dolayı Susskind ve Friedman’ın vurguladığı üzere kuantum mekaniği durumları klasik mekanikten farklı matematiksel nesnelere temsil edilirler.<sup>535</sup> Bu görüş Kuhn’un simgesel genellemeler ile ilgili şu düşüncesini destekler gibidir: Bilim topluluğu bir sorun alanından başka bir alana geçtikçe uyguladığı simgesel genellemeler değişir.<sup>536</sup>

Newton teorisinde hareketin yasalarını açıklamak için gerekli matematiksel dil bugün kalkülüs olarak bilinen diferansiyel ve integral hesaptır. “Klasik sistem için, durumların uzayı bir kümedir (olası durumların kümesi) ve klasik fiziğin mantığı Boole mantığıdır. Bu apaçık gibi görünür ve herhangi başka bir olasılığı düşünmek zordur.”<sup>537</sup> Fiziğin gelişimine uygun olarak matematiksel yapılarda gelişim göstermiştir. Buna paralel olarak kuantum mekaniğinde “durumlar uzayı bir matematiksel küme değildir; o bir *vektör* uzayıdır. Bir vektör uzayının öğeleri arasındaki bağıntılar, bir kümenin öğeleri arasındakilerden farklıdır ve önermelerin mantığı da farklıdır.”<sup>538</sup> Yine kuantum mekaniğiyle paralel olarak gelişen matematiksel yapılar arasında lineer uzaylar, bu uzayda işlem yapan işlemciler ve onların oluşturdukları cebirler yer alır.<sup>539</sup> Zira kuantum mekaniksel durum kavramını açıklamak için karmaşık sayılar ve vektör uzayları gibi biraz soyut matematik gerekir.<sup>540</sup>

Belirtmek gerekir ki kuantum mekaniğinin gelişmesiyle birlikte, atomik ve moleküler boyuttaki yapıların çözülmesi amacıyla yeni matematiksel kavramlara ihtiyaç duyulmuştur. Böylece kuantum mekaniğiyle ilgilenen bilim topluluğu paradigmanın güçlü bir matematiksel yapıya kavuşmasına önemli katkılar sunmuşlardır. Bu noktada dikkat çeken ilk iki isim Schrödinger ve Heisenberg’dir. Bu isimler birbirinden bağımsız olarak kuantum teorisini ortaya koymuş ve çalışmaları aynı sonuçları vermiştir. Fakat düşüncelerini farklı matematik tipleri

<sup>534</sup> Mavi, “Kuantum Hesaplamaya Teorik ve Uygulamalı Giriş”, s. 3.

<sup>535</sup> Susskind ve Friedman, *Kuantum Mekaniği: Kuantum Fiziğine Kuramsal Bir Bakış*, s. 18.

<sup>536</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s.299.; Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 359.

<sup>537</sup> Susskind ve Friedman, *Kuantum Mekaniği: Kuantum Fiziğine Kuramsal Bir Bakış*, s. 37.

<sup>538</sup> Susskind ve Friedman, *Kuantum Mekaniği: Kuantum Fiziğine Kuramsal Bir Bakış*, ss. 37-38.

<sup>539</sup> Dereli ve Verçin, *Kuantum Mekaniği*, ss. 33-34.

<sup>540</sup> Susskind ve Friedman, *Kuantum Mekaniği: Kuantum Fiziğine Kuramsal Bir Bakış*, s. 35.

üzerine inşa etmişlerdir. Heisenberg, belirsizlik ilkesinde matris mekaniğini, Schrödinger denkleminde dalga mekaniğini matematiksel yöntem olarak kullanmışlardır. Farmelo'nun belirttiği gibi öncelikle Heisenberg tarafından bir elektronun hareketini tanımlayan konum ve hız gibi niceliklerin her biri kare şeklinde bir dizi veri ile temsil edilmiştir. Bu dizilere matematikçiler “matrisler” adını vermektedir. Bundan birkaç ay sonra Schrödinger atomun enerji düzeylerini hesaplamaya imkan veren bir denklem geliştirir. Hem Heisenberg'in hem de Schrödinger'in çalışmaları karmaşık sayılar adı verilen konuyu içerir.<sup>541</sup> *Classical and Quantum Probability* adlı çalışmasında olasılığın matematiksel gelişimini gözden geçiren Streater'e göre Heisenberg, Kopenhag yorumunun yardımıyla olasılık kavramının bir genellemesini icat etti ve fizikçiler bunun atom ve moleküller tarafından seçilen olasılık modeli olduğunu gösterdiler.<sup>542</sup> 1926 yılında Schrödinger, uzun bir süre yalnızca atomlar, moleküller, parçacıklar gibi küçük şeylerin sahasıyla ilgili olduğu düşünülen kuantum dalgalarının nasıl evrildiğini gösteren denklemi yazar. 1927 yılında Everett bu denklemlerin her şeye uygulanması gerektiğini öne sürer. Çünkü maddi olan her şey büyüklüğü önemli olmaksızın moleküller, atomlar ve atomaltı parçacıklardan oluşur. Bu bakış açısı Everett'i, Kuantum Çoklu Evreni ve kuantum mekaniğinin Çoklu Dünyalar yaklaşımına götürür. Doğru olup olmadığı henüz bilinmese bile kuantum kuramının dayandığı matematiği ciddiye alan yaklaşımıyla Everett, bilim dünyasının önemli buluşlarından birini yapmış olabilir.<sup>543</sup> Turgut, kuantum kuramının matematiksel temellerini von Neumann'ın kurduğunu belirtir. Bu teoreme göre Einstein'in savunduğu herhangi bir gizli değişken kuramı, kuantum kuramıyla aynı deneysel sonuçları veremez.<sup>544</sup> Farmelo'ya göre kuantum mekaniğinin matematiksel yönü en gelişmiş üyesi Dirac'tır. O, yeni temel fizik teorilerin altında yatan matematiğe odaklanmanın teoriyi geliştireceği düşüncesindedir.<sup>545</sup> Çünkü Dirac'a göre matematik, her türden soyut kavramla uğraşmak için özel olarak uygun bir araçtır ve bu alandaki gücünün sınırı yoktur.<sup>546</sup> Dirac, hem matris mekaniğinin hem de dalga mekaniğinin içinden çıkarılabildiği bir

---

<sup>541</sup> Farmelo, *Evren Sayılarla Konuşuyor: Modern Matematik Tabiatın En Gizli Sırlarını Ortaya Çıkartıyor*, ss. 99-100.

<sup>542</sup> R. F. Streater, “Classical and Quantum Probability”, *Journal of Mathematical Physics*, 41/6, 2000, s. 3572.

<sup>543</sup> Greene, *Saklı Gerçeklik: Paralel Evrenler ve Kozmosun Derin Yasaları*, s. 405.

<sup>544</sup> Turgut, “Parçacıklar Telepati Yaparlar mı?”, s. 43.

<sup>545</sup> Farmelo, *Evren Sayılarla Konuşuyor: Modern Matematik Tabiatın En Gizli Sırlarını Ortaya Çıkartıyor*, s. 101.

<sup>546</sup> Dirac, *The Principles of Quantum Mechanics*, s. viii.

denklem geliştirmiştir. Dirac sonraki süreçlerde de teorinin matematiksel formda ifade edilmesinde önemli katkılar sunmuştur. Onun en son gerçekleştirmek istediği “maddeyi büyük ölçekte açıklamak için uzun zamandır kullanılan metotların, atomik dünyayı açıklamak için nasıl adapte edilebileceği konusu” dur. Bu amacı gerçekleştirmek isteyen Dirac’ın çabaları yarım kalır. Daha sonra bu görevi Feynman devralır ve kuantum mekaniğinde yeni bir hesap yapma yoluna imkan veren Şeyi bulur.<sup>547</sup> Genel bir ifadesi verilmek istenen bu matematiksel çerçevenin dışında pek çok matematiksel uygulamanın kuantum mekaniği çalışmalarında çok önemli olduğu bilinmektedir.

Kuantum mekaniğindeki bütün bu matematiksel uygulamaların hem klasik mekanikten farklı bir Şekilde doğa yasalarını formüle etmesi hem de teoride yaygın bir Şekilde kullanılması ilgili bilim topluluğunun simgesel genellemelere yüksek düzeyde bir bağlılık gösterdiğine işaret eder. Simgesel genellemeleri kullanma sıklığı artan bilim dalının daha güçlü bir paradigmaya sahip olduğu tezinden hareketle kuantum mekaniğinin güçlü bir paradigmaya sahip olduğu söylenebilir.

### **3.2.4. Kuantum Mekaniği, Eğitim, Bilimsel Yayınlar**

Paradigmanın daha köklü ve dar anlamına işaret eden “rneklilikler” den hareketle, eğitim ve bilimsel yayınların kuantum mekaniği paradigmasındaki bir başka bağlamı ifade ettiği düşünülebilir. Çünkü eğitim ve ders kitapları, rneklilikler olarak adlandırılan “somut problem çözümleri”nin bilim topluluğuna aktarılmasında önemli bir işleve sahiptir. Kuhn, topluluk üyelerinin somut problem çözümleriyle bilimsel eğitimlerinin başından itibaren ve sonrasında bilimsel araştırmaları sırasında laboratuvar, sınav ve bilim metinlerinin sonlarında karşılaştıklarını belirtir.<sup>548</sup> Bilim adamları tarafından paradigma üzerine uzlaşım kurulduktan sonra bunun eğitim aracılığıyla gelecek nesillere aktarılması oldukça önemlidir.<sup>549</sup> ğrenci, ders kitaplarından mesleğin paradigmalara olarak kabul ettiği somut problem çözümlerini öğrenir. Daha sonra öğrenciden hem yöntem hem de öz bakımından kendine gösterilen probleme çok yakın bir problemi yazılı olarak ya da laboratuvar ortamında çözmesi istenir.<sup>550</sup> Yani bilim topluluğunun gelecekte yesi olmaya aday bir ğrenci,

---

<sup>547</sup> Farmelo, *Evren Sayılarıyla Konuşuyor: Modern Matematik Tabiatın En Gizli Sırlarını Ortaya çıkartıyor*, s. 110.

<sup>548</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 297.

<sup>549</sup> Metcan, *Thomas Kuhn’un Bilim Anlayışı ve Paradigma Kavramı*, s. 63.

<sup>550</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 277.

karşılaştığı bir problemi daha önce öğrendiği somut problem çözümlerine benzeterek çözmeyi öğrenmelidir. Kuhn ancak bu yeterliliği kazanan öğrencilerin farklı durumlar ortaya çıktığında, bu durumların gerektirdiği simgesel formları hemen kağıda dökebileceğini düşünür.<sup>551</sup>

Bilim topluluğunun bilimsel eğitimleri boyunca ve daha sonra bilimsel araştırmaları sırasında, bilimsel yayınlar aracılığıyla edindikleri somut problem çözümleri, üyelerinin uzlaşmasına dolayısıyla paradigmanın sağlamlaşmasına katkı sağlar. Çünkü bilim topluluğu üyeleri, “önemli bir ölçüde aynı literatürü benimseyip özümsemiş ve ondan birbirine benzer dersler çıkarmış” kişilerdir.<sup>552</sup> Dolayısıyla paradigmanın değişmesiyle birlikte literatürün de değişmesi gerekir. Zaten Kuhn’a göre bilimsel devrimlerin karakteristik özelliklerinden biri bilimle ilgili ders kitaplarının yeniden yazılmasıdır.<sup>553</sup> Hatta Kuhn açısından araştırma bildirilerinin dipnotlarındaki teknik yazının dağılımındaki farklılaşma, devrimlerin bir göstergesidir.<sup>554</sup> Yani yaratılan bilim imgesi, ders kitapları ile zihne kazanır.<sup>555</sup> Kuhn’a göre “devrim yapan bir yapıt, hem geçmiş bir geleneğin doruğu, hem de gelecekteki yeni bir geleneğin kaynağıdır.”<sup>556</sup> Başka bir ifadeyle, “geleneğe bağlı bir yapıtın sonal etkisi, yine de şaşmaz bir biçimde geleneği değiştirmek olmuştur.”<sup>557</sup>

Kuhn’a göre fiziğinde içinde bulunduğu doğa bilimleri öğretiminde tek özellik, tümüyle ders kitaplarına yönelik olmasıdır. Buna göre doğa bilimleri alanında eğitim alan öğrencilerin hepsi çalışma alanlarının zenginliğini kendileri için yazılmış kitaplardan kazanırlar.<sup>558</sup> “Ders kitapları ya da bunların eşdeğerleri, modern fizik bilimi araştırmacılarının gerçekleştirmiş başarılarının biricik deposudur.”<sup>559</sup> Bütün bu açıklamalardan hareketle kuantum mekaniği paradigmasının izleri bilim topluluğunun başarılarının depolandığı ders kitapları, makale ve diğer bilimsel yayınlarda; konferans, seminer gibi bilimsel etkinliklerde ayrıca önemli eğitim kurumlarında sürülebilir.

---

<sup>551</sup> Kuhn, “Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim”, s. 345.

<sup>552</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 354.

<sup>553</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 278.

<sup>554</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s. 66.

<sup>555</sup> Elmas, “Thomas Kuhn, Paradigma ve Matematik: Bir “Devrimsel” Şema”, s.8.

<sup>556</sup> Kuhn, *Kopernik Devrimi*, s. 227.

<sup>557</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 282.

<sup>558</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 276.

<sup>559</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 223.

Bu amaçla ilk olarak, kuantum mekaniğiyle ilgili somut problem çözümlerinin sergilendiği düşünülen bazı bilimsel yayınlara bakılabilir. Kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasına neden olan Planck, kuantum kuramına geçmek için bir köprü olarak kullandığı entropi kavramı hakkında Clausius'un yazdığı makalelerden çok etkilenmiştir.<sup>560</sup> Enerji kuantasını keşfeden Planck'a fizikte ilerleme sağladığı hizmetlerinden dolayı 1918 Nobel Fizik Ödülü, verilmiştir.<sup>561</sup> Dolayısıyla kuantum mekaniğinde somut problem çözümlerinin yani örnekliklerin ilk olarak enerji kuantasıyla ilgili olduğu anlaşılmaktadır. Planck'ın önemli çalışmaları arasında *Über eine Verbesserung der Wienschen Spektralgleichung* ve *Zur Theorie des Gesetzes der Energieverteilung im Normalspektrum* vardır. Teorik fizik için yaptığı hizmetler ve fotoelektrik etkiyi keşfetmesiyle Einstein, 1921 Nobel Fizik Ödülü'nü kazandırmıştır.<sup>562</sup> Bu bağlamda bir başka örnekliğin fotoelektrik etki ile ilgili olduğu anlaşılmaktadır. Einstein'in özellikle *Über Einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt* adlı makalesi kuantum mekaniği açısından oldukça önemli yayınlardandır. Kuantum mekaniğinde özellikle yeni bir atom modeli geliştirmesiyle ünlü olan Bohr, çok sayıda makale ve çeşitli yazılar kaleme almasına rağmen hiç kitap yayımlamamıştır. *On the Quantum Theory of Line Spectra, Can the Quantum-mechanical Description of Reality Be Considered Complete?* adlı makaleleriyle kurama önemli katkılar sağlamıştır. Bohr, atomların yapısı ve atomlardan yayılan radyasyon hakkındaki araştırmalara sağladığı hizmetler için 1922'de Nobel Fizik Ödülü'ne layık görülmüştür.<sup>563</sup> Dolayısıyla kuantum mekaniğinde örneklikler, atomaltı parçacıkların davranışlarıyla ilgilidir. Kuantum mekaniğinde “olasılık” ve “istatistik” konularında yayınladığı eserleriyle önemli aşamalar kat edilmesine katkı sağlayan Born, 1954'de özellikle dalga fonksiyonunun istatistiksel yorumundan dolayı Nobel Fizik Ödülü almıştır.<sup>564</sup> Born'un “atom dinamiği problemleri” dersiyle ilgili notları, kuantum mekaniği adına basılan ilk kitap olmuştur. Yine Born'un klasikleşen kitaplarından biri *Optik: Ein Lehrbuch der Elektromagnetische* ve birçok baskısı yapılan ünlü ders kitabı *Atomic Physics* bu

---

<sup>560</sup> James, *Büyük Fizikçiler Galileo'dan Yukava'ya*, s. 263.

<sup>561</sup> The Nobel Prize, [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1918/index.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1918/index.html) (Erişim:7.06.2022).

<sup>562</sup> The Nobel Prize, <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1918/summary/> (Erişim:7.06.2022).

<sup>563</sup> The Nobel Prize, [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1922/index.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1922/index.html) (Erişim:7.06.2022).

<sup>564</sup> The Nobel Prize, [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1954/index.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1954/index.html) (Erişim:7.06.2022).

bağlamda adı verilmesi gereken eserlerdendir.<sup>565</sup> Dalga-parçacık ikiliği denilince akla ilk gelen isimlerden Broglie, kariyerinin ilk yıllarında genç fizikçiler ile birlikte X ışınları ve fotoelektrik etki hakkında yaptıkları laboratuvar çalışmalarla ilgili birkaç makale yazmıştır. Yine Broglie, fotoelektrik etki ve parçacık spektrumu ile ilgili deneylerin kuantum kuramıyla ilgisine yönelik bir dizi makale yazmıştır. Bu çalışmaların birinde görelilik kuramından etkilenen Broglie, serbest bir parçacığın hareketi ile onunla birlikte yayıldığını düşündüğü dalga arasında artık çok iyi bilinen bir bağlantı kurmuştur. Bu yeni fikirlerle Broglie, atomlararası elektronların hareketi için gerekli olan kuantum kararlılığı koşullarının basit bir yorumunu vermiştir. Diğer çalışmalarında bu fikirlerini fotonlara uygulayarak bunlarla uyumlu olacak girişim ve kırınım kuramını geliştirmiştir. En son olarak Planck'ın siyah cisim ışıması kuramına nasıl ulaştığını göstermiştir. Bu notlarını genişleterek dalga mekaniğinin temelini oluşturan doktora tezini yazmıştır. Broglie fotonun dalga-parçacık ikili doğasına anlamaya çalışırken elektronun ikili dalga-parçacık doğasına ulaşmıştır.<sup>566</sup> Broglie elektronların dalga doğasını keşfetmesinden dolayı 1929'da Nobel Fizik Ödülü'ne sahip olmuştur.<sup>567</sup> Yine Broglie'nin otuz üç yıl boyunca Sorbonne'da verdiği derslerden derlediği ve dikkatlice oluşturulmuş kitapları, anlatımı kolaylaştırıp sınıfı aydınlatmıştır.<sup>568</sup> Schrödinger, *Weyl'in Raum-Zeit-Materie* başlıklı eserinden etkilenerek kariyerinin en önemli makalelerinden biri olan *Elektronun Nicemli Yörüngelerinin Önemli Bir Özelliği Üzerine*'yi yazmıştır. Schrödinger'in *Annalen*'de yayımlanan makaleler dizisinin ilk makalesi özellikle Planck tarafından "uzun süredir uğraştığı bir bilmeceyi çözümünü öğrenen bir çocuğun hevesiyle" okunan bir çalışma olmuştur.<sup>569</sup> Atom teorisinin yeni üretken biçimlerini keşfettiği için Schrödinger, 1933 Nobel Fizik Ödülü'nü Dirac ile ortaklaşa paylaşmıştır.<sup>570</sup> Belirsizlik ilkesiyle adı özdeşleşen Heisenberg, kuantum mekaniğinin temellerini oluşturan makalelerden birini 1925 yılında yazmıştır. Bu temeller ardından gelen kuşaklar tarafından ilerletilmiştir.<sup>571</sup> Heisenberg 1932 yılında kuantum mekaniğini yaratması ve bu bağlamda birçok çalışmaya öncülük ettiği için Nobel Fizik Ödülü

---

<sup>565</sup> James, *Büyük Fizikçiler Galileo'dan Yukava'ya*, ss. 364-365.

<sup>566</sup> James, *Büyük Fizikçiler Galileo'dan Yukava'ya*, ss. 416-417.

<sup>567</sup> The Nobel Prize, <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1929/summary/> (Erişim:8.06.2022).

<sup>568</sup> James, *Büyük Fizikçiler Galileo'dan Yukava'ya*, s. 420.

<sup>569</sup> James, *Büyük Fizikçiler Galileo'dan Yukava'ya*, s. 403.

<sup>570</sup> The Nobel Prize, [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1933/index.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1933/index.html) (Erişim:8.06.2022).

<sup>571</sup> James, *Büyük Fizikçiler Galileo'dan Yukava'ya*, s. 465.

almıştır.<sup>572</sup> Kuantum elektrodinamiğinin ortaya çıkmasında önemli isimlerden biri Dirac'tır. Kuantum mekaniğinde klasikleşen ders kitaplarından birisi Dirac'a ait olan *The Principles of Quantum Mechanics*' dir.<sup>573</sup> Dirac 1931'de basılan bu kitapta dalga mekaniği ve matris mekaniğinin eşdeğer olduğunu anlatır.

Kuhn, topluluk üyelerinin belirlenmesinde izlenen yayınlar, meslek derneklerine üyelik, en üst uzmanlıkların konusunu ölçüt olarak verir.<sup>574</sup> Fizikçilerin makalelerinin yayımlandığı dergilere bakıldığında kuantum mekaniği ile ilgili önemli yayınlardan birinin *Annalen der Physik* dergisi olduğu anlaşılmaktadır. 1790 yılında *Journal der Physik* adıyla kurulan yayım günümüze kadar 500'den fazla cilt yayımlamıştır.<sup>575</sup> Kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasına neden olan Planck'ın kuantum mekaniğine giriş makalesi ve birkaç makalesi daha *Annalen der Physik* dergisinde yayımlanmıştır.<sup>576</sup> Adı geçen dergide Einstein'ın dört makalesi yayımlanır. Özemre'nin belirttiği gibi *Annalen der Physik*'de bu makalelerin yayımlandığı 1905 yılı Einstein'ın hayatında "annus mirabilis" (harika yıl) diye anılan önemli bir dönüm noktasıdır.<sup>577</sup> Bu makaleler arasından *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt* adlı fotoelektrik ile ilgili makale kuantum mekaniğinin devrimsel doğuşuna katkı sağlamıştır. Born, Einstein'ın üç makalesinin yayımlandığı *Annalen der Physik*'in 17.cildini "bütün bilimsel literatürün en dikkate değer ciltlerinden biri" olarak nitelendirir.<sup>578</sup> *Annalen der Physik*'de Schrödinger'in Nobel Fizik Ödülü kazanmasını sağlayan makaleler de yayımlamıştır. Kuantum mekaniği paradigmasına katkı sağlayan en eski bilimsel yayınlardan bir diğeri ise 1798'de kurulan *Philosophical Magazine*'dir. Bohr, adı geçen dergide atom tanımının kuantum tanımını verecek olan fikirlerini yayımladığı üç makalede dile getirmiştir.<sup>579</sup> Bilim topluluğunun belirlenmesinde Kuhn tarafından ölçüt olarak gösterilen meslek derneklerine üyelik kapsamında *Alman Fizik Derneği*'nin adı verilebilir. Çünkü Planck ve Einstein'ın gibi kuantum devriminin yaşanmasında önemli yere sahip olan fizikçiler bu dernekte başkanlık yapmıştır. 1900'lerde Planck'ın çalışmalarının

<sup>572</sup> The Nobel Prize, <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1932/summary/> (Erişim:7.06.2022).

<sup>573</sup> James, *Büyük Fizikçiler Galileo'dan Yukava'ya*, s. 477.

<sup>574</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s.285.

<sup>575</sup> Özemre, *XX. Yüzyılda Fiziğe Yön Verenler*, ss.44-45.

<sup>576</sup> Cropper, *Büyük Fizikçiler*, 245.

<sup>577</sup> Özemre, *XX. Yüzyılda Fiziğe Yön Verenler*, s. 44.

<sup>578</sup> Cropper, *Büyük Fizikçiler*, 246.

<sup>579</sup> James, *Büyük Fizikçiler Galileo'dan Yukava'ya*, s. 370.

sonuçları Alman Fizik Derneği'nde sunulmuştur.<sup>580</sup> Yine bu dernek, Heisenberg'e, Planck Madalyası vermiştir. Bilim topluluğunu belirleyen bir başka ölçüt olarak üst uzmanlık konusunu oluşturan içeriklerden bazıları şu şekilde özetlenebilir, enerji kuantası, ışığın oluşumu ve dönüşümü, fotoelektrik etki, atomun yapısı, ışığın dalga-parçacık doğası, parçacık spektrumu, vd.

Yine yukarıda adı geçen fizikçilerin yoğunlukla buldukları eğitim kurumlarının kuantum mekaniğiyle ilgili önemli bilimsel merkezler olduğu söylenebilir. Bunlardan bazıları; Berlin Üniversitesi, İleri Araştırmalar Enstitüsü, Münih Üniversitesi, Kiel Üniversitesi, Kaiser Wilhelm Enstitüsü (bugünkü adıyla Max Planck Enstitüsü), Prusya Bilim Akademisi, Zürih Üniversitesi ve özellikle bu üniversite bünyesindeki Teorik Fizik Enstitüsü, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü, Dublin İleri Araştırmalar Enstitüsü, Sorbonne Paris Üniversitesi, Henri Poincare Enstitüsü, Cambridge Üniversitesi, Lucas Matematik Kürsüsü. Bu fizik merkezlerinden belki de en önemlisi kuantum mekaniğinde çok önemli çalışmaların yapıldığı “Kopenhag Üniversitesi”dir. Özellikle kuantum mekaniği ile ilgili yoğun çalışmalarıyla adını duyuran “Niels Bohr Enstitüsü”, Kopenhag Üniversitesi bünyesindeki. Bu enstitü daha sonra “Kopenhag Okulu” olarak bilinmeye başlanmıştır.<sup>581</sup> Bu enstitünün Beşinci Solvay Konferansı'nda “Kopenhag yorumu” olarak bilinen açıklamaları paradigmaya çok önemli katkılar sağlamıştır. 1927 yılında Brüksel'de elektron ve fotonlar hakkında düzenlenen beşinci “Solvay Konferansı” önemli tartışmalara sahne olmuştur. “Fizikçiler, Solvay Konferansı'na katılmak üzere Brüksel'e vardıklarında dünyaya yönelik klasik bakış açısı yerle bir olmuştu.”<sup>582</sup> Çünkü Turok'un ifadeleriyle: “Dünyanın bu yeni ve soyut tasvirinin temel akabinde toplanan Beşinci Solvay Konferansı fizik üzerine yapılmış en huzursuz konferans sayılabilir.”<sup>583</sup> Bu konferans kuantum mekaniği paradigmasıyla çalışan bilim topluluğunun çok ciddi eleştirilere cevap verme girişimlerine sahne olmuştur. Konferans sonrasında Bohr ve Heisenberg gibi kuantum mekaniğinin önemli isimlerinin tarafı olduğu Kopenhag yorumu, pek çok bilim insanının kuantum mekaniği paradigması çevresinde toplanmasına katkı sağlamıştır.

---

<sup>580</sup> Akyüz, “Kuantum Kuramı 100 Yaşında), s. 34.

<sup>581</sup> James, *Büyük Fizikçiler Galileo'dan Yukava'ya*, s. 373.

<sup>582</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s. 60.

<sup>583</sup> Turok, *İçimizdeki Evren: Kuantumdan Kozmosa*, s. 60.

Bu çalışmada bilim topluluğunun belirlenmesinde ölçüt olarak kullanılan yayınlar, üyelikler ve konular, kuantum mekaniğinin önemli temsilcileriyle sınırlandırılmış olsa bile adı sayılamayacak kadar çok yayın ve kurum, bilim topluluğunun somut bulmaca çözümlerini bilim topluluğuna aktarma hususunda katkı sağlamıştır. Hatta günümüzde hem eğitim alanında hem de ders kitaplarında kuantum mekaniğine genişçe yer verilmesi, ayrıca konunun en iyi şekilde öğretilmesi hususunda yürütülen araştırmalar; halen kuantum mekaniğiyle ilgili somut problem çözümlerinin gelecek nesillere aktarılmaya çalışıldığına işaret etmektedir. Didiş ve diğerlerinin ifadeleriyle: “Kuantum fiziğinin öğrenilmesi ve öğretimi ile ilgili çalışmalar son yıllarda fizik eğitimi araştırmacılarının yoğun olarak ilgilendikleri bir alan haline gelmiştir. Bu konudaki pedagojik çalışmaların kavramsal öğrenme, görselleştirme, matematiksel düşünme ve problem çözme üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir.”<sup>584</sup> Bu bağlamda kuantum mekaniği konularının ortaokul düzeyinden yüksek öğrenime kadar genişçe bir alanda birçok ülkenin eğitim müfredatlarına ve ders kitaplarına girdiği anlaşılmaktadır. Krijtenburg-Lewerissa ve arkadaşları, kuantum mekaniğinin birkaç yıldır İngiltere, Almanya, İtalya ve ABD’de lise müfredatının bir parçası olduğunu son zamanlarda ise Hollanda ve Fransız ortaokul müfredatına dahil edildiğini belirtmiştir.<sup>585</sup> Bøe ve arkadaşları, müfredat değişikliklerinin ortaokul düzeyindeki öğrencilere, modern fizik hakkında bilgi edinme şansı sağlamayı amaçladığını belirtir.<sup>586</sup> Lyons, kuantum mekaniğinin müfredatlara dahil edilmesiyle ortaokullarda öğretilen fizik ile üniversitelerde öğretilen ve medya aracılığıyla iletilen fizik arasındaki artan gerilimin üstesinden gelineceğini varsaymıştır.<sup>587</sup> Stadermann ve arkadaşlarının on beş farklı ülkenin ortaokul kuantum fiziği müfredatını analiz ettikleri çalışmalarında yedi ana kategori belirlenmiştir. Bunlar: ayırık atomik enerji seviyeleri, ışık ve madde arasındaki etkileşimler, dalga-parçacık ikiliği, Broglie dalgaboyu, teknik uygulamalar, Heisenberg’ in belirsizlik ilkesi ve kuantum fiziğinin olasılıksal doğasıdır.<sup>588</sup> Yine

---

<sup>584</sup> Nilüfer Didiş, vd., “Öğrencilerin Bakış Açısıyla Kuantum Fiziği: Nitel Çalışma”, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34/34, 2008, ss. 86-87.

<sup>585</sup> Pol Krijtenburg-Lewerissa, et al., “Insights into Teaching Quantum Mechanics in Secondary and Lower Undergraduate Education”, *Physical Review Physics Education Research*, 13/1. 2017, p.1.

<sup>586</sup> Maria Vetleseter Bøe, et al., “Actual versus Implied Physics Students: How Students from Traditional Physics Classrooms Related to an Innovative Approach to Quantum Physics.”, *Science Education*, 102/4, 2018, pp. 649–667.

<sup>587</sup> Terry Lyons, “Different Countries, Same Science Classes: Students’ Experiences of School Science in Their Own Words.” *International Journal of Science Education*, 28/6, 2006, pp. 591–613.

<sup>588</sup> H. K. E. Stadermann, et al., “Analysis of Secondary School Quantum Physics Curricula of 15 Different Countries: Different Perspectives on a Challenging Topic”, *Physical Review Physics*

Didiş ve diğerlerine göre: “Kuantum fiziğinin üniversitelerin fizik/fizik eğitimi bölümlerinde öğretilmesi ilk olarak “matematiksel yapı ve deneyler”, “Hermityen operatörler”, “zamana bağımlı-zamandan bağımsız Schrödinger dalga denklemi”, “tek boyutta potansiyel kuyu” vs. ile başlar ve bu konular üniversitelerin müfredatları arasında farklılık göstermez.”<sup>589</sup> Bu araştırmalar, kuantum mekaniği ile ilgili somut problem çözümlerinin hangi konu başlıkları altında öğrencilere aktarıldığını göstermektedir. Dolayısıyla bu şekilde bir değerlendirme, kuantum mekaniğinin somut problem çözümleri yani örneklikleri hakkında fikir edinebilmeyi kolaylaştırmaktadır.

Bir öğrencinin gelecekte meslek yaşantısı boyunca karşılaşacağı bulmacaları, bilimsel eğitimi süresince edindiği örnekliklere benzeterek çözüme becerisini kazanması gerekir. Bunun için eğitim süresince paradigma ile ilgili konuların öğretilmesinde varsa eksikliklerin belirlenmesi ve giderilmesi önemlidir. Bazı araştırmalar, kuantum mekaniği ile ilgili konuların öğrenende ne gibi etkiler yarattığı ve hangi konuların öğrencilere aktarılması gerektiği konusunda düzenlemelere ihtiyaç olduğunu göstermiştir. Krijtenburg-Lewerissa ve arkadaşlarının yürüttüğü çalışma, öğrencilerin kuantum fiziğini fiziksel gerçeklikle ilişkilendirmekte zorlandıklarını; zamana bağımlılık, süperpozisyon ve ölçüm problemi gibi karmaşık kuantum davranışlarının orta ve alt lisans seviyesi için neredeyse hiç araştırılmadığını; orta ve alt lisans eğitimi için tüm ana konuları kapsayan ve istatistiksel analize uygun değerlendirme araçlarının gerekliliğini, kuantum mekaniği için öğretim stratejileri ile ilgili çok çeşitli fikirlerin varlığını ve hangi stratejilerin anlamayı desteklediğine dair araştırma eksikliğini; kuantum mekaniği için kavramsal bir yaklaşıma yönelik öğrenci güçlükleri, öğretim stratejileri, etkinlikler ve araştırma araçları hakkında daha fazla ampirik araştırmanın gerekliliğini göstermişlerdir.<sup>590</sup> Yine Bouchée ve arkadaşlarına göre soyut matematiksel modelleri fiziksel dünyadaki deneyimlerle eşleştirmeleri, sezgilere aykırı fenomen ve kavramlarla anlaşmaları, determinist bir dünya görüşünden olasılıklı bir dünya görüşüne geçiş yapmaları ve kuantum fiziği fenomenlerini ve kavramlarını ifade etmek için kullanılan dili anlamaları noktasında öğrenciler kavramsal zorluklar yaşar.<sup>591</sup> Bütün bu araştırmalar

---

*Education Research*, 2019, 15/1, pp.1-25.

<sup>589</sup> Didiş ve diğerleri, “Öğrencilerin Bakış Açısıyla Kuantum Fiziği: Nitel Çalışma”, s. 86.

<sup>590</sup> Krijtenburg-Lewerissa, et al., “Insights into Teaching Quantum Mechanics in Secondary and Lower Undergraduate Education”, p.1.

<sup>591</sup> T. Bouchée, et al., “Towards a Better Understanding of Conceptual Difficulties in Introductory

paradigmanın “somut bulmaca çözümleri” olan örnekliklerini aktardığı bir bilim topluluğunun varlığına ve bu program kapsamında öğrenciler yetiştirilmesi için gerekli çalışmaların tüm hızıyla devam ettiğine kanıttır.

### 3.2.5. Kuantum Mekanikliği ve Kavramsal Çerçeve

Paradigmanın anlaşılmasında dikkate alınabilecek bir diğer bağlam, kuramlara ait kavramsal çerçeve olarak kabul edilebilir. Kuhn, paradigma ve kuramlarda kullanılan kavramsal çerçeve arasında sıkı bir ilişki kurmuştur. Ona göre kuramlar hakkında bir şeyler söylenilmesinin koşulu kavramların incelenmesidir.<sup>592</sup> Bilim topluluğu üyelerinin ortaklaşa kullanabilecekleri bir dile sahip olmaları, onları birbirlerine bağlar ve benzer diğer grup üyelerinden ayırır.<sup>593</sup> Kuhn bilim adamının ancak bir kuramın dilini öğrenmek ve o dile gömülü doğa bilgisini kazanmak kaydıyla bulmaca çözmeye etkinliğiyle meşgul olabileceğini belirtir.<sup>594</sup>

Böyle bir dili öğrenmekte, yeni üyeler topluluklarının çalışmasına katılmak zorunda olduklarından, ilkece, bu dilin kendisi içinde tam olarak çözümlenemeyen bilgisel bir bağlanmalar takımı edinirler. Bu gibi bağlanmalar, dilin terimlerinin, sözcük kümelerinin ve tümcelerinin doğaya uygulanmış olduğu yolların bir sonucudur ve “paradigma”nın özgün, daraltılmış anlamını böylesine önemli kılan da dil-doğa bağlantısına ilgisidir.<sup>595</sup>

Anımsanacağı gibi paradigmanın daha dar ve köklü anlamı “örneklikler” dir.<sup>596</sup> Dolayısıyla paradigmanın değişmesiyle birlikte, bilim topluluğunun ortaklaşa kullanabileceği yeni bir dile ihtiyaç duyulmalıdır. Zaten Kuhn açısından “her bir paradigmatik dönemin farklı kavramsal çerçeveleri”<sup>597</sup> vardır. Yaşın, mantıksal pozitivizmin test edilebilir ve doğrulanabilir gerçeklik algısına karşın Kuhn’un paradigma kavramı bağlamında her bilimsel yaklaşımın kendi kavramsal sistemi olduğunu ve bu sistem içinde açıklanabileceğini öne sürdüğünü belirtir.<sup>598</sup>

“Kavramsal taslaklar, onu kullanan kuşaklarla birlikte yaşlanırlar.”<sup>599</sup> Bu duruma bir örnek, Kuhn’un Newton mekaniğinden sonra ortaya çıkan Einstein düşüncesi hakkında söyledikleri üzerinden verilebilir. Buna göre: “Einstein’ın

---

Quantum Physics Courses”, *Studies in Science Education*, 2021, Vol. 20, issue 1, <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.1963579>, (Erişim: 14.06.2022).

<sup>592</sup> Kuhn, *Kopernik Devrimi*, s. 31.

<sup>593</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s. 22.

<sup>594</sup> Kuhn, “Eleştiriler Üzerine Düşüncelerim”, s. 344.

<sup>595</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s.22.

<sup>596</sup> Kuhn, *Asal Gerilim*, s.357.

<sup>597</sup> Morkoç, ‘Wittgenstein ve Kuhn: Yeni Bir Epistemolojiye Doğru’, s. 6.

<sup>598</sup> Yaşın, ‘İletişim Araştırmalarının Bilgi Bilimsel Temelleri: Bilimsel Bilginin Bilinebilirliği Üzerine’, s. 146.

<sup>599</sup> Kuhn, *Kopernik Devrimi*, s. 174.

evrenine geçiş yapmak için, öğeleri uzay, zaman, madde, güç, vs. olan kavramsal ağın değiştirilmesi ve tümüyle yeniden doğanın üzerine yerleştirilmesi gerekiyordu.”<sup>600</sup> Dolayısıyla paradigmlar, “belirli bir bilim alanı içerisinde belirli bir anda ya da dönemdeki çalışmayı tanımlayan kavramsal çerçeveyi bütünüyle kucaklamaktadır.”<sup>601</sup> O halde kuantum mekaniğinin bağlı olduğu paradigmayı daha iyi anlamak, teorisinin kavramları hakkında bir inceleme yapmayı gerektirir. Orman’ın şu düşünceleri bu incelemenin gerekli olduğunu destekleyen bir ifade olarak kabul edilebilir: Newton mekaniğinden kuantum fiziğine geçiş gibi devrim niteliğindeki aşamalar büyük kavramsal atılımlara karşılık gelir.<sup>602</sup> Benzer şekilde Greene 1930'lara geldiğinde fizikçilerin kuantum mekaniği adı verilen yepyeni bir kavramsal şema ortaya koymak zorunda kaldıklarını söyler.<sup>603</sup> Allori, kuantum dünyasının gizemli nesnelere anlama noktasında, meslekten olmayanların bile bunun modası geçmiş klasik kavramlarla yapılamayacağını fark ettiklerini belirtir.<sup>604</sup> “Kuantum teorisindeki bu klasik olmayan özellikleri aydınlatmak için, fizikçilerin bazıları mevcut kavramları yorumlamaya ya da bu özelliklerin belirli örneklemeler olarak algılanabileceği yeni kavramlar geliştirmeye ve böylece klasik olmayan özellikleri yerleştirmeye çalıştılar.”<sup>605</sup> Greene, zaman kavramından hareketle kuantum mekaniğiyle ilgili kavramların klasik mekanikle ilgili olanlara nazaran günlük yaşamda daha sarsıcı niteliğe sahip olduğunu belirtir. Buna göre günlük varlığımızla bütünleşmiş olan zaman gibi oldukça yaygın kullanılan bir kavram hakkında düşünürken mantığımız, deneyimlerimizin baskısıyla şekillenir. Klasik olarak nitelendirilebilecek bu tarz gündelik deneyimler, Newton yasalarına uyarlar. Ancak, son yüzyılda fizikteki tüm keşifler arasında, klasik fiziğin kavramsal şemasını baltaladığı için kuantum mekaniği açık ara en şaşırtıcı olanıdır.<sup>606</sup> Bütün bu ifadeler açık bir şekilde kuantum mekaniğinin yeni bir kavramsal çerçeveye sahip olması gerektiğini göstermektedir. O halde kuantum mekaniği ile birlikte bilim topluluğunun doğaya bağlanma şeklini anlamamızı kolaylaştıracak bazı kavramlar üzerinde durulabilir.

---

<sup>600</sup> Kuhn, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, s.253.

<sup>601</sup> Yardımcı, “Bilimde Sınır Çizme Problemi: Popper, Lakatos, Kuhn ve Sonrası”, s.61.

<sup>602</sup> Orman, “Paradigm” As a Central Concept in Thomas Kuhn’s Thought”, s. 48.

<sup>603</sup> Greene, *The Fabric of The Cosmos: Space, Time and The Texture of Reality*, s. 10.

<sup>604</sup> Allori, “Quantum Mechanics and Paradigm Shifts”, s. 313.

<sup>605</sup> Kaptan, ‘Kuantum Teorisinin Yorumu ve Doğanın Rolü’, s.22.

<sup>606</sup> Greene, *The Fabric of The Cosmos: Space, Time and The Texture of Reality*, s. 177.

Kuantum mekaniğiyle birlikte doğaya bağlanma şekli değişen bilim topluluğunun kullandığı ortak dilin, daha çok atom-altı evreni ilgilendiren kavramlarla ilgili olduğu söylenebilir. Dereli ve Verçin'in şu ifadeleri bu iddiayı destekler niteliktedir:

...elektronlar, atomlar gibi küçük kütleli cisimlerin ve bunların ışık ile etkileşimlerinin sözkonusu olduğu pek çok olayda, klasik mekanikte yeri olmayan, hemen hemen tüm fiziksel niceliklerin kesikli(kuantumlu) değerler alabilmesi; ışığın parçacık ve kütleli parçacıkların dalga karakteri göstermesi gibi yepyeni kavramlar, temel kavramlar olarak kullanılıyordu.<sup>607</sup>

Teorinin adını almış olduğu “kuantum” kavramı: “Bir ad olarak kullanıldığında bir şeyin sahip olabileceği en küçük miktarı (Latince aslı zaten “miktar” demektir).”<sup>608</sup> Planck, ısıtılan demir çubuktan yayılan radyasyonun kesintili enerji paketleri halinde ortaya çıktığını gösterdiği deneyinde, atom parçacıklarından oluşan enerji paketlerine “kuanta” adını vermiştir.<sup>609</sup> Işık kuantaları ise “foton” kavramı ile karşılanır. Bu kavramlar kuantum mekaniği paradigması hakkında önemli bir prensip içermektedir: “süreksizlik”. Kuantum mekaniğinde süreksizlik fikrini destekleyen kavramlardan biri “kuantum sıçraması”dır. Buna göre elektronlar sürekli değil, kuantalar şeklinde radyasyonu yayar. Pagels, elektron sıçramasını belirleyen bir fizik yasası olmadığını yapılacak tek şeyin sıçrama olasılığını hesaplamak olduğunu belirtir.<sup>610</sup> Kuantum mekaniğinde önemli kavramların ortaya çıkmasına zemin hazırlayan araştırmalardan biri “çift yarık deneyi” dir. Bu bağlamda önemli kavram çiftlerinden biri “dalga-parçacık ikilemi”dir. Bu kuantum varlıklarının “koşullara göre parçacık ya da dalga olarak davranabilmeleri” fikrini ifade eder.<sup>611</sup> Bu ilişkiyi açıklayan “belirsizlik ilkesi” ve “tamamlayıcılık ilkesi” paradigmanın ruhunu yansıtan oldukça önemli ifadelerdir. Belirsizlik ve tamamlayıcılık ilkeleriyle birlikte kuantum paradigmasında “olasılık” ve “gözlemci” kavramları ön plana çıkar. Buna göre konumu tespit edilmek istenen bir elektron ölçme işlemi gerçekleşmeden önce her olasılığı için bir kuantum dalga fonksiyonuna sahipken ölçme gerçekleştiği anda tek bir konuma yerleşir ve diğer dalga fonksiyonları çöker. Bu durumda “gözlemci” elektronun konumunun belirlenmesine etki ederek bir gerçeklik yaratmıştır. Oysa klasik mekanikte durum tam tersidir. Gözlemci gözleme etki etmemektedir. Bu şekilde

<sup>607</sup> Dereli ve Verçin, *Kuantum Mekaniği*, s. 33.

<sup>608</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Giden Kuantum*, s. 267.

<sup>609</sup> İnan, *Kozmos'tan Kuantum'a*, s. 154.

<sup>610</sup> Pagels, *Kozmik Kod*, s. 60.

<sup>611</sup> Gribben, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A'dan Z'ye Giden Kuantum*, s.110.

atomaltı parçacıkların davranışlarını ifade etmek için kullanılan pek çok kavram vardır. Bütün bu bilgilere dayanarak özetle, kuantum mekaniğinin klasik mekanik paradigmasından radikal bir şekilde ayrıldığını gösteren kavramların atomaltı parçacıklar ve bunların davranışlarını ifade eden kavramlardan oluştuğu söylenebilir.

#### 4. SONUÇ

Paradigma, Kuhn düşüncesinde pozitivist bilim anlayışına karşı geliştirilen eleştirilerin temel dinamiklerinden birini oluşturan ve bu bağlamda Kuhn'un yeni bilim imgesinin taşıyıcı konumunda olan bir kavramdır. Dolayısıyla bu kavram, Kuhn'un bilim imgesinde sahip olduğu merkezi konumuyla dikkat çekmektedir. Herhangi bir bilimsel etkinliği, paradigmacı bilim anlayışının sunduğu imkanlar çerçevesinde değerlendirmek, araştırmacıya ele aldığı konuya dair geniş çerçevede bir kavrayış sağlayacaktır. Böyle bir değerlendirme hem bilimsel gelişmenin yapısındaki devrimsel şemayı ortaya koyacaktır hem de bilimsel etkinliği sosyolojik bağlamlarıyla birlikte ele almayı gerektirecektir.

Paradigma kavramı bağlamında bir değerlendirmeyi gerektiren en önemli bilimsel gelişmelerden biri şüphesiz kuantum mekaniğidir. Çünkü bu teori, 20. yüzyılda ortaya çıktığı zaman dünya çapında çok önemli yansımalara neden olmuştur. Bu yansımalar daha çok gelenekten radikal kopuşlar ya da dönüşümler şeklindedir. Felsefe, kozmoloji, eğitim, tarih, sosyal bilimler, ilahiyat ve daha birçoğu kuantum mekaniğiyle birlikte bu tarz dönüşümlerin yoğunlukla yaşandığı alanlardır. Bütün bunların nedeni, kuantum mekaniğinin klasik mekanikte yarattığı sarsıcı etkidir. Newton'la birlikte ortaya çıkan ve 20.yüzyıla kadar dünya görüşüne yön veren klasik mekanik, kuantum mekaniğinin sonuçlarından ciddi bir şekilde etkilenmiştir.

Kuantum mekaniğini paradigma kavramı bağlamında incelemek iki aşamalı bir değerlendirmeyi gerektirmektedir. İlk aşamada paradigma kavramı ekseninde beliren bilimsel gelişim dönemleriyle kuantum mekaniğinin devrimsel şeması çizilmiştir. İkinci aşamada ise paradigmanın anlamına yönelik bir değerlendirme için bilim topluluğunun uzlaştığı bağlamlar üzerinde durulmuştur. Böylece hem paradigmanın bilimsel ilerleme tarzı hem de bilimsel etkinliğin içeriğinin anlaşılması hedeflenmiştir.

Kuantum mekaniğinin paradigma eksenli bilimsel gelişimi, üç döneme ayrılarak incelenmek istenmiştir. Bunlardan ilki, bunalım dönemidir. Kuhn düşüncesinde bunalım, paradigmanın sürekli çözüme direnen bulmacalarla karşılaşması sonucunda bilim topluluğunun paradigmaya karşı kuşkularının

artmasıyla başlar. Aykırılığın başgösterdiği alanın geniş bir şekilde tarandığı keşif sürecini de bunalım dönemi içerisinde değerlendirmek gerekir. Dolayısıyla kuantum mekaniğinin henüz ortaya çıkmadığı bunun zemininin hazırlandığı ve bilimsel keşiflerle yolunun açıldığı bunalım, klasik mekanik paradigmasında ortaya çıkmıştır. Klasik mekanik paradigmasında bunalıma neden olacak gelişmeler, elektromanyetizma ve termodinamik alanlarında yaşanmıştır. Bu gelişmeler daha sonra ışığın doğası hakkında bilim topluluğunun çözmekte zorlandığı aykırılıkların ortaya çıkmasıyla birlikte ciddi sorunlar halini almıştır. Bunlar arasında tayf çizgileri, siyah cisim ışıması ve fotoelektrik etki vardır. Bunalımla birlikte bilim topluluğunun klasik mekanik paradigmasına olan güveni sarsılmıştır. Işığın doğası hakkındaki araştırmaların zorluk derecesi, paradigmayı devrime zorlamış ve bilimsel devrim yaşanmasına neden olmuştur. Bilimsel devrim, Kuhn düşüncesinde bir paradigmanın değişmesiyle meydana gelir. Kuantum mekaniği, böyle bir bilimsel devrim neticesinde ortaya çıkmıştır. Bilimsel devrimin başlatıcısı, Planck'tır. Gerçekleştirdiği siyah cisim ışıması deneyiyle Planck, enerjinin sürekli bir şekilde değil kesikli bir şekilde yayıldığını keşfetmiştir. Bu keşifle birlikte bilim topluluğu, gelenekten yani klasik mekanik paradigmasından radikal bir şekilde ayrılmaya başlamıştır. Planck'ın kuantum varsayımının Einstein'in fotoelektrik etkiyi açıklamasıyla ve Bohr'un yeni bir atom modeli geliştirmesiyle doğrulandığı dönem bilimsel devrimi netleştirmiştir. Son olarak Kuhn, olağan bilim döneminde paradigmanın mükemmelleştirilmesi adına yürütülen araştırma faaliyetlerinden bahsetmektedir. Olağan bilimin görevi paradigmadan beklenen başarının gerçeğe dönüştürülmesidir. Geçmişte kazanılmış bir veya daha fazla bilimsel başarı üzerine sağlam olarak oturtulan her araştırma, olağan bilimi oluşturur. O halde Planck'ın kuantaları keşfi ve Einstein ile Bohr'un bu varsayımı doğrulamaları neticesinde elde edilen bilimsel başarılar üzerine oturtulan her araştırmanın, kuantum mekaniğinin olağan bilim dönemini oluşturduğu söylenebilir. Araştırma faaliyetlerini yürüten bilim topluluğunun uzlaşması ve paradigmaya güvenmesi gerekir. Bu amaçla bilim adamı, meslek yaşantısı boyunca paradigmanın bıraktığı temizlik işleriyle meşgul olur. Bilim adamı bunu olgular hakkındaki bilgiyi genişleterek, olgular ile paradigma arasındaki uyum derecesini artırarak ve paradigmanın ileri düzeyde ayrıştırılmasını sağlayarak gerçekleştirir. Kuantum mekaniğinde paradigmadan beklenen başarının gerçeğe dönüştürülmesi adına bilim topluluğu, atom-altı seviyedeki parçacıkların davranışlarını açıklamaya odaklanmıştır. Kuantum mekaniğinin paradigma eksenli

bilimsel gelişimi, teorinin devrimsel şemasını ortaya çıkarmaktadır. Kuhn bir paradigmadan diğerine geçişin bilimsel ilerlemede kesilmelere neden olduğunu düşünür. Dolayısıyla klasik mekanikten kuantum mekaniğine geçiş, şu sebeplerle kesinlikle devrimsel bilim şemasına sahiptir. Makro boyuttaki cisimlerin hareket yasalarını inceleyen klasik mekanik paradigmasında sürekli değerler alan enerjinin, dalga ya da parçacık davranışlarından sadece birine sahip olduğu düşünülen temel parçacıkların, konum ve momentumları ile tanımlanan parçacıkların ve determinizm ilkesinin yerini; atomaltı parçacıkların davranışlarını inceleyen kuantum mekaniği paradigmasında kesikli değerlere sahip enerji, hem dalga hem de parçacık gibi davranan temel parçacıklar, olasılık ya da dalga fonksiyonu ile tanımlanan parçacıklar ve belirsizlik-olasılık ilkeleri almıştır. Bu sebeple kuantum mekaniği, bilim tarihinde klasik mekanikten radikal bir şekilde ayrılan yeni bir bilimsel devrimin adıdır.

Paradigma bağlamında yapılan bir değerlendirmenin ikinci aşamasını, bilim topluluğunun neleri paylaştığı oluşturur. Böyle bir değerlendirmede çıkış noktası, paradigmanın geniş anlamı olan disipliner matristir. Dolayısıyla kuantum mekaniğiyle ilgilenen bilim topluluğunun neleri paylaştığını bilmek, sahip oldukları paradigmanın çerçevesi hakkında bilgi verir. Bu amaçla bilim topluluğunun mesleki kalıbını gösteren disipliner matris kavramından elde edilen bağlamlar, kuantum mekaniğinde aranmıştır. Bu denemeden bazı sonuçlara ulaşılmıştır. Disipliner matrisin değerler ögesi, kuantum mekaniğini 20. yüzyılın genel atmosferi içerisinde değerlendirmeyi gerektirmiştir. Anımsanacağı gibi değerler, Kuhn düşüncesinde özellikle doğa bilimcilerinin topluluk ruhu kazanmasında önemli bir işleve sahip olmuş olup simgesel genellemeler ve modellere göre farklı bilim toplulukları daha çok paylaşırlar. Dolayısıyla kuantum mekaniğiyle ilgilenen bilim topluluğunun farklı bilim topluluklarıyla paylaştıkları şeyler, paradigmanın taşıdığı değerler hakkında bilgi verecektir. Bu amaçla farklı bilim topluluklarının paylaştığı değerleri belirlemek için özellikle kuantum mekaniğinin diğer alanlardaki yansımalarına başvurulmuştur. Disipliner matrisin modeller ögesi ise bilim topluluğunun ortak ilke düzeyindeki inançlarını temsil eder. Bu inançlar bilim adamına evrenin hangi tür nesnelere içerip hangilerini içermeyeceğini dikte etmiştir. Bu bağlamda kuantum mekaniğinde modellerin atomaltı parçacıklarla ilgili nihai yasalar ile temel açıklamaların nasıl olması gerektiğini gösteren ortak ilke

düzeyindeki inançları ifade ettiği anlaşılmaktadır. Yine bilim topluluğunun matematik ile olan ilişkisi disiplinler matrisin simgesel genellemeleri ışığında kurulur. Çünkü Kuhn'a göre bilim topluluğunun çalışmalarında mantık ve matematiği belli bir yolla uygulamasının nedeni, simgesel genelleme dizgesine ortak bir şekilde bağlanmalarından kaynaklanır. Bu noktada kuantum mekaniğinin çok güçlü bir matematiksel örüntüye sahip olması, bilim topluluğunun çalışmalarında mantık ve matematiği belli bir yolla uygulayabildiklerine işarettir. Disipliner matrisin son ögesi olan örneklikler, somut problem çözümleri anlamına gelir. Somut problem çözümleri, araştırma etkinliklerini yürüten bilim adamlarının uzlaşmasına katkı sağlar. Kuhn açısından bir bilim dalının uygulayıcısı olan bilim topluluğunun uzlaşması, paradigmanın beklentileriyle uyumlu bulgular elde edilmesi için elzemdir. Bu amaçla somut problem çözümleri, bilim topluluğu üyelerine bilimsel eğitimlerinin başından itibaren bilimsel yayınlar aracılığıyla öğretilir. Bu bilgidен hareketle kuantum mekaniğinde bilim topluluğuna somut problem çözümlerinin öğretildiği bilimsel yayınları ve eğitim kurumlarını, paradigmayı oluşturan önemli bağlamlar arasında kabul etmek gerekir. Bu çalışmada paradigmanın anlaşılmasında dikkate alınabilecek son bağlam olarak kuramlara ait kavramsal çerçeve seçilmiştir. Kuhn'a göre değişen her paradigmayla birlikte yeni kavramlara ihtiyaç duyulur. Doğaya bağlanma şekli değişen bilim adamının bunu eski ya da modası geçmiş kavramlarla yapabilmesi çok zordur. Dolayısıyla her yeni paradigma, yeni bir kavramsal çerçeveyi gerektirir. Çünkü bu çerçeve, bilim topluluğuna ortak bir dili konuşmalarını ve bu kavramlardan benzer şeyleri anlamalarını sağlar. Kuantum mekaniğinin kavramsal çerçevesini daha çok atomaltı parçacıklar ve bunların davranışlarını ifade etmekte kullanılan kavramlar oluşturmaktadır.

Bütün bu değerlendirmeler sonucunda kuantum mekaniğinin bilim tarihinde meydana gelmiş önemli bir bilimsel devrim olduğu sonucuna ulaşılır. Klasik mekanikten kuantum mekaniğine geçilmesi paradigma değişikliğinin prototip bir örneğidir. Bilimin ilerleme tarzı bağlamında düşünüldüğünde kuantum mekaniği, klasik mekanikten köklü kopuşlar yaşadığı için devrimsel bir şemaya sahiptir. Yani pozitivist bilim imgesinin birikimci ilerleme fikrinden farklı olarak her teori kendisinden önceki paradigmayla arasına koyduğu mesafe bağlamında bir gelişim örüntüsüne sahiptir. Bir başka sonuca göre kuantum mekaniği paradigması, bilimsel etkinliği yürüten bilim topluluğunun paylaştığı şeylerle ifade edilir. Buna dayanarak

kuantum mekaniğiyle ilgili bilim topluluğunun mesleki kalıbının ya da paylaştıkları şeylerin ortak yönünün atomaltı parçacıklar ve bunların davranışlarıyla ilgili olduğu söylenebilir.

## KAYNAKÇA

- Alikılıç, İnanç, “Pozitivizm ve Postpozitivizm”, *İnsanat: Sanat Tasarım ve Mimarlık Araştırmaları Dergisi*, 1/1, Güz 2021, ss. 39-62.
- Allori, Valia, “Quantum Mechanics and Paradigm Shifts”, *Topoi*, 34/2, 2015, ss.313-323.
- Akyüz, Erdem, *Sürekli Değişkenli Kuantum Dolanıklık ve Kuantum Bilişim Kuramındaki Uygulamaları*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2012.
- Akyüz, R. Ömür, “Kuantum Kuramı 100 Yaşında”, *Bilim ve Teknik*, Tübitak, Sayı: 395, 2000, ss. 34-36.
- Anlı, Ömer Faik, “‘Bir Karşıt-Bilim Tezi Olarak Dilsel Görelilik: Wittgeinstein, Kuhn, Rorty, Feyerabend’”, *Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı: 15, 2013, ss. 145-169.
- Anık, Cengiz, “Yöntembilimsel Boyutuyla Paradigma”, *Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Bilimler Dergisi*, 6/1, 2016, ss. 33-38.
- Arı, Vural, *Rölativite’den Kuantum’a Evrenin Gerçekliği*, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, İstanbul 2015.
- Arslan, Hüsamettin, *Epistemik Cemaat: Bir Bilim Sosyolojisi Denemesi*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul 1991.
- Aydoğan, Şakir, *Fizik Terimleri Sözlüğü*, Aktif Yayın, Erzurum 2007.
- Baker, Joanne, *Gerçekten Bilmeniz Gereken 50 Fizik Fikri*, çev. Çağlar Sunay, ed. Cem Duran, Domingo Yayıncılık, İstanbul 2017.
- Barnes, Barry, *T. S. Kuhn ve Sosyal Bilimler*, çev. Hüsamettin Arslan, ed. Mihriban Şenses, Paradigma Yayınevi, İstanbul 2008.
- Bentli, Fatma, “Evrensel Deha: Michael Faraday”, *Elektik Mühendisliği*, Sayı: 430, 2007, ss. 147-150.
- Bilgili, Münür ve Mehmet Ali Toprak, “Kuantum Mekaniği, Sosyal Bilimler Felsefesi ve Coğrafya”, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18/1, 2020, ss. 369-381.
- Bird, Alexander, “Kuhn and Philosophy of Science in the Twentieth Century”, *Annals of the Japan Association for Philosophy of Science*, 12/2, 2004, pp.61-74.
- Bohr, Niels, “On the Constitution of Atoms and Molecules”, ed. Olivier Darrigol, *Progress in Mathematical Physics*, Cilt: 68, 2016, ss.13-33.
- Bouchée, T., et al., “Towards a Better Understanding of Conceptual Difficulties in Introductory Quantum Physics Courses”, *Studies in Science Education*, 2021, Vol. 20, issue 1, <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.1963579>, (14.06.2022).
- Bozkurt, Erkan, *Thomas Kuhn’un Bilimsel İlerleme Kavrayışının Değerlendirilmesi*, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir 2016.
- \_\_\_\_\_, “Thomas Kuhn’un Paradigma Kavramı ve Dönüşümü”, *Posseible Düşünme Dergisi*, 1/2, 2018, ss. 65-74.
- Bozkurt, Nejat, *20. yüzyıl Düşünce Akımları: Yorumlar ve Eleştiriler*, Sarmal Yayınevi, İstanbul 1998.
- Bransden, B. H. ve Joachain, C. J., *Atom ve Molekül Fiziği*, çev. Fevzi Köksal ve Hasan Gümüş, Bilim Yayınları, Samsun 1999.

- Brogie, Louis-Victor de, “On the Theory of Quanta”, [https://fondationlouisdebroglie.org/LDB-oeuvres/De\\_Brogie\\_Kracklauer.pdf](https://fondationlouisdebroglie.org/LDB-oeuvres/De_Brogie_Kracklauer.pdf), (12.08.2022).
- Bøe, Maria Vetleseter, et al., “Actual versus Implied Physics Students: How Students from Traditional Physics Classrooms Related to an Innovative Approach to Quantum Physics.”, *Science Education*, 102/4, 2018, pp. 649–667.
- Budak, Gökhan ve Abdulhalik Karabulut, *Kuantum Fiziği I*, Nobel Yayın, Ankara 2020.
- Carnot, By Sadi, *Reflections on the Motive Power of Heat*, [https://sites.pitt.edu/~jdnorton/teaching/2559\\_Therm\\_Stat\\_Mech/docs/Carnot%20Reflections%201897%20facsimile.pdf](https://sites.pitt.edu/~jdnorton/teaching/2559_Therm_Stat_Mech/docs/Carnot%20Reflections%201897%20facsimile.pdf), (7.08.2022).
- Cevzici, Ahmet, *Paradigma: Felsefe Sözlüğü*, Paradigma Yayıncılık, İstanbul 2005.
- Clausius, Rudolf, *The Mechanical Theory of Heat*, [https://sites.pitt.edu/~jdnorton/teaching/2559\\_Therm\\_Stat\\_Mech/docs/Claius%20The\\_Mechanical\\_Theory\\_of\\_Heat%201867.pdf](https://sites.pitt.edu/~jdnorton/teaching/2559_Therm_Stat_Mech/docs/Claius%20The_Mechanical_Theory_of_Heat%201867.pdf), (8.08.2022).
- Civelek, Cem, *Temel Elektromanyetik Alan ve Dalga Kuramı*, Seçkin Teknik Yayıncılık, Ankara 2016.
- Crease, Robert P. ve Alfred Scharff Goldhaber, *Kuantum Dönemi*, çev. Vural Arı, İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları, İstanbul 2016.
- Cushing, James T. *Fizikte Felsefi Kavramlar 2*, çev. B. Özgür Sarıoğlu, Sabancı Üniversitesi, İstanbul 2006.
- Çek, Nurettin, “Parçacıklar ve Parçacıkların Enerji Kaynakları Üzerinde Etkileri”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4/7, 2016, ss. 1-8.
- Çelik, Ezgi Ece, “Thomas S. Kuhn”, *1900'den Günümüze Büyük Düşünürler*, ed. Çetin Veysal, C. 3, Etik Yayınları, İstanbul 2010.
- Çetin, Muhammed ve Ahmet Özkaya, “Postmodernizm ve Jeomorfoloji İlişkiselliğine Kuantum Mekaniği Açısından Bir Bakış”, *ASBİDER Akademi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8/24, 2021, ss. 492-509.
- Çeyinkaya, Selim, *Termodinamik*, Nobel Yayıncılık, Ankara 2011.
- Cropper, William H., *Büyük Fizikçiler*, çev. Nurettin Elhüseyni, Oğlak Yayıncılık, İstanbul 2004.
- Darwin, Charles, *Türlerin Kökeni*, çev. Bahar Kılıç, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul 2017.
- Davies, Paul, *Tanrı ve Yeni Fizik*, çev. Barış Gönülşen, Alfa Basım Yayım, İstanbul 2014.
- Dereli, Tekin ve Abdullah Verçin, *Kuantum Mekaniği*, Türkiye Bilimleri Akademisi, Ankara 2009.
- Denktaş, Abdurrahman, “Thomas Kuhn’ un Bilim Anlayışı Üzerine”, *Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3/1, 2015, ss. 25-32.
- Demir, Ömer, *Bilim Felsefesi*, Ağaç Yayıncılık, İstanbul 1992.
- Didiş, Nilüfer, vd., “Öğrencilerin Bakış Açısıyla Kuantum Fiziği: Nitel Çalışma”, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34/34, 2008, ss. 86-87.
- Dirac, Paul, *The Principles of Quantum Mechanics*, Oxford University Press, London 1947.
- Duran, Durgun, *Kuantum Dolanıklık Ve Kuantum Bilişim Kuramındaki Uygulamaları*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2011.

- Einstein, Albert, *Bilim ve Felsefe Yazıları*, çev. Nejat Bozkurt, Sentez Yayıncılık, Ankara 2013.
- \_\_\_\_\_, “Concerning an Heuristic Point of View Toward the Emission and Transformation of Light”, *Annalen der Physik*, <http://web.ihep.su/dbserv/compas/src/einstein05/eng.pdf>, (13.08.2022).
- Einstein, Albert ve Leopold İnfeld, *Fiziğin Evrimi*, çev. Sertaç Turgal, Alter Yayıncılık, Ankara 2015.
- Einstein, Albert, et al., “Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?”, *Physical Review*, 15/47, 1935, pp. 777-780.
- Elmas, Enis, *Thomas Kuhn, Paradigma ve Matematik: Bir “Devrimsel” Şema*, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli 2019.
- Emiroğlu, Kudret ve Suavi Aydın, *Antropoloji Sözlüğü*, Bilim ve Sanat Yayınları, Ankara 2003.
- Erbil, Hüseyin, *Analitik ve Kuantum Mekaniği*, Nobel Yayıncılık, Ankara 2014.
- Erdoğan, Eyüp, *Aristoteles’ten Newton’a Paradigmatik Bilim Tarihi*, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul 2009.
- Farmelo, Graham, *Evren Sayılarla Konuşuyor: Modern Matematik Tabiatın En Gizli Sırlarını Ortaya Çıkarıyor*, çev. Aydın Çavdar, Ayrıntı Yayınları, İstanbul 2021.
- Ford, Kennet W., *101 Soruda Kuantum*, çev. Barış Gönülşen, Alfa Bilim, İstanbul 2016.
- Geçimli, Gözde, *Bilimin Konvansiyonist (Uzlaşımçı) İnşası: Türkiye’de Güncel Bilim-Din Tartışması Örneği*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul 2019.
- Goswami, Amit, *Kendini Bilen Evren*, <https://en.sg1lib.org/book/5567570/e7f693> (01.10.2022).
- Greene, Brian, *Evrenin Zerafeti*, çev. Ebru Kılıç, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara 2001.
- \_\_\_\_\_, *Saklı Gerçeklik: Paralel Evrenler ve Kozmosun Derin Yasaları*, çev. S. Nalan Büyükkantarcıoğlu, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, Ankara 2013.
- \_\_\_\_\_, *The Fabric of The Cosmos: Space, Time and The Texture of Reality*, Random House, USA 2004.
- Gribben, John, *Mikro-Nano Dünya ve Onu A’dan Z’ye Güden Kuantum*, çev. R. Ömür Akyüz, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul 2020.
- Gutting, Garry, “Thomas Kuhn and French Philosophy of Science”, *Thomas Kuhn*, ed. Thomas Nickles, Cambridge University Press, New York 2003.
- Gürgöze, Metin, *Analitik Mekaniğe Giriş*, İTÜ Vakfı Yayınları, İstanbul 2019.
- Güzel, Cemal, *Bilim Felsefesi*, Bilgesu Yayıncılık, Ankara 2013.
- Güzeloğlu, Tuğşat, “Eleştirel Teori ve Pozitivizm Eleştirisi”, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19/1, 2021.
- Hawking, Stephen, *Kara Delikler ve Bebek Evrenler*, çev. Nezihe Bahar, Alfa Bilim, İstanbul 2020.
- Heisenberg, Werner, *Fizik ve Felsefe*, çev. İsmail Arslan, Küre Yayınları, İstanbul 2020.
- Hobson, Art, *Kuantum Öyküleri*, çev. Mihriban Doğan, Say Yayınları, İstanbul 2021.

- Hoof, Gerard't, *Maddenin Son Yapıtaşları*, çev. Mehmet Karaca ve Nazife Özdeş Koca, Tubitak, Ankara 2003.
- Işıklı, Şevki, *Kuantum Mekaniği İlkelerinin Felsefi İçerimleri*, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara 2011.
- İdemen, Mithat, *Elektromagnetik Alan Teorisinin Temelleri*, Literatür Yayınları, İstanbul 2005.
- İnan, Yalçın, *Kozmos'tan Kuantum'a*, Doruk Yayıncılık, İstanbul 2003.
- James, Ioan , *Büyük Fizikçiler: Galileo' dan Yukava'ya*, çev. Sibel Erduman, ed. Cumhuriyet Öztürk Türkiye İş Bankası Yayınları, İstanbul 2015.
- Kaptan, Kubilay, "Kuantum Teorisinin Yorumu ve Doğanın Rolü", *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 1/1, 2017, s. 19-28.
- Karaman, Yasin, *Ontolojinin Sınırları: Platon'un Khôra Kavramı*, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara 2019.
- Koç, Hakan ve Bulut, İhsan, "Gestalt Kuramının Öğrencilerin Harita Okuma ve Yorumlama Beceri Düzeyleri Üzerine Etkisini Belirlemeye Yönelik Bir İnceleme", *Marmara Coğrafya Dergisi*, 0 (30), 2014, ss. 1-19.
- Krijtenburg-Lewerissa, Pol, et al., "Insights into Teaching Quantum Mechanics in Secondary and Lower Undergraduate Education", *Physical Review Physics Education Research*, 13/1,2017, pp. 1-21.
- Kuhn, Thomas S., *Asal Gerilim*, çev. Yakup Şahan, Kabalcı Yayınevi, İstanbul 1994.
- \_\_\_\_\_, *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*, çev. Nilüfer Kuyaş, Kırmızı Yayınları, İstanbul 2008.
- \_\_\_\_\_, "Eleştirilerim Üzerine Düşüncelerim", *Eleştiri ve Bilginin Gelişmesi*, der. İmre Lakatos ve Alan Musgrave, İthaki Yayınları, İstanbul 2017, ss. 288-352.
- \_\_\_\_\_, "Keşif Mantığı mı Araştırma Psikolojisi mi?", *Eleştiri ve Bilginin Gelişmesi*, der. İmre Lakatos ve Alan Musgrave, İthaki Yayınları, İstanbul 2017, ss. 5-36.
- \_\_\_\_\_, *Kopernik Devrimi*, çev. Halil Turan, Dursun Bayrak ve Sinan Kadir Çelik, İmge Kitabevi, Ankara 2007.
- \_\_\_\_\_, *Yapı'dan Sonraki Yol*, çev. Erkan Bozkurt, İletişim Yayınları, İstanbul 2019.
- Kurşunoğlu, Mustafa Said, *Aşk'ın Ne'liği ve Kavramsal Doğası*, Etüt Yayınları, Samsun 2014.
- \_\_\_\_\_, *Doğu-Batı Ekseninde Kapitalizm*, Kadim Yayınları, Ankara 2020.
- \_\_\_\_\_, *İnsan-Evren İlişkisi ve Antropik İlke*, Elis Yayınları, Ankara 2006.
- Lloyd Motz and Jefferson Weaver, *The Story of Physics*, Springer Science+Business Media, US 1989.
- Lyons, Terry, "Different Countries, Same Science Classes: Students' Experiences of School Science in Their Own Words." *International Journal of Science Education*, 28/6, 2006, ss. 591-613.
- Masterman, Margaret, "Paradigmanın Doğası", *Eleştiri ve Bilginin Gelişmesi*, der. İmre Lakatos ve Alan Musgrave, İthaki Yayınları, İstanbul 2017.
- \_\_\_\_\_, "The Nature of a Paradigm", *Criticism and the Growth of Knowledge: Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science*, eds. I. Lakatos and A. Musgrave, Cambridge: Cambridge University Press, London 1965.

- Mavi, Arda, “Kuantum Hesaplamaya Teorik ve Uygulamalı Giriş”, doi: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.11427.99364>, (15.05.2022).
- Merriam-Webster, <https://www.merriam-webster.com/> (23.08.2021).
- Mertbaş, Ömer Samih, *Termodinamik*, Balıkesir Üniversitesi Basımevi, Balıkesir 1997.
- Metcan, İzzet, *Thomas Kuhn’un Bilim Anlayışı ve Paradigma Kavramı*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul 1993.
- Joseph P. Mcevoy, ve Oscar Zarate, *Kuantum Teorisi*, çev. Nedim Çatlı, Say Yayınları, İstanbul 2019.
- Mikailov, Faik ve Sait Eren San, *Termodinamik ve İstatistiksel Fizik*, Papatya Yayıncılık, İstanbul 2008.
- Morkoç, Umut, “Paradigmasız Devrim: Yapı’dan Sonraki Yol Üzerine Bir Değerlendirme”, *ViraVerita E- Dergi*, Sayı:9, 2019, ss. 29-47.
- \_\_\_\_\_, *Wittgenstein ve Kuhn: Yeni Bir Epistemolojiye Doğru*, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir 2016.
- Newton, Isaac, *Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri (Seçmeler)*, çev. Aziz Yardımlı, İdea Yayınevi, İstanbul 1997.
- Orman, Turkan, F., ““Paradigm” as a Central Concept in Thomas Kuhn’s Thought”, *International Journal of Humanities and Social Science*, 6/10, 2016, pp.47-52.
- Özdoğan, Mücahit, “Kuantum Teorisi Absürdizmi (Saçmacılığı) Destekler Mi?”, *Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 20/45, 2019, ss. 39-61.
- Özemre, Ahmed Yüksel, *XX. Yüzyılda Fiziğe Yön Verenler*, Boğaziçi Yayınları, İstanbul 2005.
- Özkan, Cengiz İskender, *Bilim Felsefesi, Bilim Felsefesi*, Say Yayınları, İstanbul 2020.
- Öztürk, Ümit, “Thomas Kuhn’un Paradigma Kavrayışı Üzerine Analitik Bir İrdeleme”, *Kaygı*, Sayı: 19, 2012, ss.173-191.
- Pedrotti, Frank L., vd., *Optik*, ed. Metin Özdemir, Palme Yayıncılık, Ankara 2014.
- Pagels, Heinz R., *Kozmik Kod*, çev. Nezihe Bahar, Doruk Yayıncılık, İstanbul 2003.
- Penrose, Roger, *Evrenin Yeni Fiziğinde Moda, İnanç ve Fantezi*, çev. Zekeriya Aydın, Alfa Bilim, İstanbul 2020
- \_\_\_\_\_, *Fiziğin Gizemi: Kralın Yeni Usu -II-*, çev. Tekin Dereli, Tübitak, Ankara 1997.
- Reid, Struan ve Patricia Fara, *Arkhimedes’ ten Einstein’ a Bilim Adamları*, çev. R. Levent Aysever, Tübitak, Ankara 2007.
- Ronan, Colin A., *Bilim Tarihi*, çev. Ekmeleddin İhsanoğlu ve Feza Günergun, Tübitak, Ankara 2005.
- Rooney, Anne, *Bilimde Parlama Anları*, çev. Duygu Dölek, İnkılap Kitabevi, İstanbul 2019.
- Rosenberg, Alex, *Bilim Felsefesi: Çağdaş Bir Giriş*, çev. İbrahim Yıldız, Dipnot Yayınları, Ankara 2015.
- Sakar, F. Müge ve Yılmaz, Ali, “Matematik ve Kuantum Fiziği”, *Yaşam Bilimleri Dergisi*, 5/2, 2015, ss. 19-32.
- Salgar, Ercan, “Kuhn’ un Bilim Tasarımında Değerlerin Yeri ve Önemi”, *Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı: 22, 2016.

- Salmon, Wesley C., “Rationality and Objectivity in Science or Tom Kuhn Meets Tom Bayes”, *Scientific Theories*, ed. C. Wade Savage, University of Minnesota Press, Minneapolis 1990.
- Samian, Abdul Latif, “The Impact of Kuhn's Structure of Scientific Revolutions on Sociology of Science”, *Akademika*, Cilt: 44, 1994, pp. 125-136.
- Sankey, Howard, "Kuhn's Changing Concept of Incommensurability." *British Journal for the Philosophy of Science*, 1993, 44/4, pp. 759-774.
- Schrödinger, Erwin, “An Undulatory Theory of the Mechanics of Atoms and Molecules”, *Physical Review*, 1926, 28/6, pp. 1049–1070, doi:[10.1103/physrev.28.1049](https://doi.org/10.1103/physrev.28.1049)
- Sever, Tuğba, *Klasik Fizik ve Kuantum Fiziğinin Doğa Tasarımımıza Olan Etkilerinin Karşılaştırılması*, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2019.
- Shapere, Dudley, “The Structure of Scientific Revolutions”, *Philosophical Review*, 73/3, 1964, pp. 383-394.
- Skinner, Quentin, *Çağdaş Temel Kuramlar*, çev. Ahmet Demirhan, Vadi Yayınları, Ankara 1997.
- Smolin, Lee, *Zamanın Yeniden Doğuşu*, çev. Bilge Tanrıseven, Tübitak, Ankara 2017.
- Solak, Ayça, *Thomas Kuhn ve Karl Popper'da Bilimsel Bilginin Değişimi*, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale 2021.
- Streater, R. F., “Classical and Quantum Probability”, *Journal of Mathematical Physics*, 41/6, 2000, pp. 3556-3603.
- Stadermann, H. K. E. , et al., “Analysis of Secondary School Quantum Physics Curricula of 15 Different Countries: Different Perspectives on a Challenging Topic”, *Physical Review Physics Education Research*, 2019, 15/1, pp. 1-25.
- Susskind, Leonard ve Art Friedman, *Kuantum Mekaniği: Kuantum Fiziğine Kuramsal Başlangıç*, çev. Zekeriya Aydın, Alfa Yayınları, İstanbul 2018.
- Taslaman, Caner, *Kuantum Teorisi, Felsefe ve Tanrı*, İstanbul Yayınevi, İstanbul 2016.
- Tekin, Ömer Fatih, “Bilim Felsefesinde İlgi Kayması: Popper –Kuhn”, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5/56, 2017, ss. 473-493.
- The Nobel Prize, [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1918/index.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1918/index.html), (7.06.2022).
- The Nobel Prize, <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1918/summary/>, (7.06.2022).
- The Nobel Prize, [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1922/index.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1922/index.html), (7.06.2022).
- The Nobel Prize, <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1929/summary/>, (8.06.2022).
- The Nobel Prize, <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1932/summary/>, (7.06.2022).
- The Nobel Prize, [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1933/index.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1933/index.html), (8.06.2022).
- The Nobel Prize, [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1954/index.html](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1954/index.html), (7.06.2022).
- Topdemir, Hüseyin Gazi, *Işığın Öyküsü*, Tübitak, Ankara 2007.
- \_\_\_\_\_, “Kuhn ve Bilimsel Devrimlerin Yapısı Üzerine Bir Değerlendirme”, *Felsefe Dünyası*, Sayı: 36, 2002, ss. 45-62.

- Torun, Cem Güney, “Bilim Tarihi Işığında Görelilik Teorileri, Kuantum Mekaniği ve Her Şeyin Teorisi”, <https://docplayer.biz.tr/1454989-Bilim-tarihi-isiginda-gorelilik-teorileri-kuantum-mekanigi-ve-her-seyin-teorisi.html>, (08.05.2022).
- Toulmin, Stephen, “Olağan ve Devrimci Bilim Ayrımı Geçerli Midir?”, *Eleştiri ve Bilginin Gelişmesi*, der. İmre Lakatos ve Alan Musgrave, İthaki Yayınları, İstanbul 2017, ss. 54-70.
- Turgut, Sadi, “Kuantum Kuramında Üst Üste Gelme”, *Bilim ve Ütopya*, <http://www.physics.metu.edu.tr/~sturgut/pop/bu/Kuantum%20Kuramında%20Ust%20Uste%20Gelme.pdf> (7.06.2022), ss. 23-26.
- \_\_\_\_\_, “Parçacıklar Telepati Yaparlar mı?” *Bilim ve Teknik Dergisi*, Sayı: 395, Ekim 2000, ss. 40-43.
- \_\_\_\_\_, ve Yusuf İpekoğlu, “Kuantum Fiziğinin Garip Söylemleri”, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Sayı: 395, Ekim 2000, ss. 46-49.
- Turok, Neil, *İçimizdeki Evren Kuantumdan Kozmosa*, çev. Onur Uygun, Kolektif Kitap, İstanbul 2018.
- Türk Dil Kurumu Sözlükleri, <https://sozluk.gov.tr/> (05.03.2021).
- Uçar, Semra, “Heisenberg Belirsizlik İlkesindeki ‘Belirsizlik’”, *Temaşa Felsefe Dergisi*, Sayı: 14, 2020, ss. 72-82.
- Ural, Şafak, “Newton Fiziği ve Matematik”, *Bilim Tarihi ve Felsefesi*, ed. Ömer Bozkurt, Mardin Artuklu Üniversitesi Yayınları, Mardin 2016, ss. 373-382.
- Vardar, Berke, *Açıklamalı Dilbilim Terimleri Sözlüğü*, Multilingual Yabancı Dil Yayınları, İstanbul 2007.
- Yalçın, Şahabeddin, “Kuhn ve Bilimsel Relativizm”, *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 6, Güz 2001, ss. 1-11.
- Yardımcı, Alper Bilgehan, *Bilimde Sınır Çizme Problemi: Popper, Lakatos, Kuhn ve Sonrası*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İzmir 2018.
- \_\_\_\_\_, “Bilimsel Bilginin Sosyolojisi ve Keşif-Gerekçelendirme Ayrımı Üzerine”, *Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı: 28, 2019, ss. 387-403.
- Yahşi, Uğur, *Problemlerle Klasik Mekaniğin*, Literatür Yayınları, İstanbul 2012.
- Yaşın, Cem, “İletişim Araştırmalarının Bilgi Bilimsel Temelleri: Bilimsel Bilginin Bilinebilirliği Üzerine”, *İstanbul Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*, 0/27, 2012.
- Yeşilmen, Halit, “Tılsımda Tezahür Eden “Mana”nın Kuantum Fiziğiyle Yeniden Okunması: Antropolojik Bir Yaklaşım”, *Türkiye İlahiyat Araştırmaları Dergisi*, 4/1, 2020, ss.126-123.
- Yücebalkan, Benan, “Kuantum Liderlik ile Kuantum Paradigmasının İlişkisi”, *Social Mentality and Researcher Thinkers Journals*, 6/34, 2020, ss. 1357-1366.
- Watkins, John, “Olağan Bilim” e Karşı” *Eleştiri ve Bilginin Gelişmesi*, der. İmre Lakatos ve Alan Musgrave, İthaki Yayınları, İstanbul 2017, ss. 37-53.
- Westfall, Richar S., *Modern Bilimin Oluşumu*, çev. İsmail Hakkı Duru, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul 2015.
- Whitfield, Peter, *Batı Biliminde Dönüm Noktaları*, çev. Serdar Uslu, Küre Yayınları, İstanbul 2008.

## ÖZ GEÇMİŞ

Rasime Yıldırım, Erzurum Atatürk Lisesi'ni bitirdikten sonra Atatürk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Felsefe bölümünden 2012 tarihinde mezun oldu. 2019 yılında OMÜ LEE Felsefe Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. 2013 yılından beri Milli Eğitim Bakanlığı'nda Felsefe Öğretmeni olarak görev yapan Rasime Yıldırım, orta derecede İngilizce bilmektedir. Temel ilgi alanları bilim felsefesi, bilgi felsefesi, ontoloji, mantık, egzistansiyalizm, vd.

### İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-4148-6532

### Yayımlar:

1.Kuhn'un Paradigma Kavramı Ekseninde Kuantum Mekaniğinin Bilimsel Dönemleri