

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
FELSEFE ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kuantum Teorisinin Felsefi Temelleri: von Neumann-Birkhoff
Kuantum Mantığı Hakkında Bir İnceleme

Hande KUMBASAR
2501171471

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Yücel YÜKSEL

İSTANBUL – 2022

ÖZ

KUANTUM TEORİSİNİN FELSEFİ TEMELLERİ: VON NEUMANN- BIRKHOFF KUANTUM MANTIĞI HAKKINDA BİR İNCELEME

Hande KUMBASAR

Kuantum teorisi klasik fiziğin açıklamakta yetersiz kaldığı problemlere çözüm sunabilmek için ortaya konulmuş ve hâlen gelişmekte olan bir teoridir. Kimi fizikçiler tarafından kökeni Antik Yunan felsefesine dayandırılan bu teorinin gelişiminde pek çok fizikçinin katkıları bulunur. Teori yalnızca fizik alanında değil, felsefe, matematik ve mantık alanlarında da birtakım gelişmelere ve değişimlere yol açmıştır. Klasik matematik ve mantık kurallarının açıklamakta yetersiz kaldığı kuantum mekaniği, kuantum mantığı olarak adlandırılan yeni bir mantık sisteminin kurulmasını da zorunlu kılmıştır. Tezimizde kuantum teorisinin felsefi temellerini, gelişimini ve sonuçlarını ve bu sonuçlardan birisi olan kuantum mantığını von Neumann ve Birkhoff'un çalışmaları özelinde ve genel hatlarıyla açıklamaya çalıştık.

Anahtar Kelimeler: Antik Yunan Felsefesi, Atomculuk, Kuantum Teorisi, Kuantum Felsefesi, Kuantum Mantığı.

ABSTRACT

PHILOSOPHICAL FOUNDATIONS OF QUANTUM THEORY: A REVIEW ON VON NEUMANN-BIRKHOFF QUANTUM LOGIC

Hande KUMBASAR

Quantum theory is a theory that has been put forward to provide solutions to the problems that classical physics is insufficient to explain and is still developing. Many physicists have contributed to the development of this theory, which is based on Ancient Greek philosophy by some physicists. The theory has led to some developments and changes not only in the field of physics, but also in the fields of philosophy, mathematics and logic. Quantum mechanics, which classical mathematics and logic rules are insufficient to explain, also necessitated the establishment of a new logic system called quantum logic. In our thesis, we tried to explain the philosophical foundations, development and results of quantum theory, and quantum logic, which is one of these results, in particular and in general terms, in the work of von Neumann and Birkhoff.

Keywords: Ancient Greek Philosophy, Atomism, Quantum Theory, Quantum Philosophy, Quantum Logic.

ÖNSÖZ

Kuantum teorisi, 1900'lerin başında klasik fiziğin çözmekte yetersiz kaldığı birtakım fizik problemlerine yanıt bulmaya çalışan bilim insanlarının çabaları sonucu ortaya çıkmıştır. Teorinin kurucusu Max Planck olarak bilinse de gelişiminde, bugün ulaştığı noktaya erişmesinde ve elde ettiği başarılarda pek çok fizikçinin rolü bulunmaktadır. Dolayısıyla bu teorinin başarıları tek bir kişiye atfedilmemelidir.

Teoriyi formülize edebilmek için yapılan matematiksel çalışmalar kuantum teorisinin gelişiminin ikinci evresine geçişine, yani kuantum mekaniğinin ortaya çıkışına zemin oluşturmıştır. Kuantum mekaniğinin mantıksal yapısının ortaya konulmasının bir zorunluluk oluşu kuantum mantığı olarak adlandırılan alanın inşasına yol açmıştır. Klasik matematik sistemlerinin desteğiyle şekillendirilmeye çalışılan bu alan, hâlen gelişmeye devam etmektedir. Kuantum teorisinin gelişim sürecinde çoğu fizikçi, karşılaşılan felsefi problemlere Antik Yunan felsefesi ışığında çözüm bulmayı amaçlamışlardır. Ayrıca bu teoriyi bir temele dayandırma ihtiyacını Antik Yunan felsefesi sağlamıştır. Tezimizde kuantum teorisinin ve mantığının, ortaya çıkış ve gelişimlerinde fizikçilerin karşılaştığı felsefi problemler ve çözüm girişimleri eşliğinde gelişim evrelerini sunmaya çalıştık. Bu amaç doğrultusunda kuantum mantığının başlangıç noktasını oluşturan von Neumann ve Birkhoff'un birlikte gerçekleştirmiş oldukları kuantum mantığı çalışmalarını analiz etmeye çalıştık.

Çalışmamın her aşamasında desteğini ve ilgisini benden esirgemeyen, yol göstericiliği ve titizliği ile bu çalışmanın gerçekleşmesini mümkün kılan kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Yücel Yüksel'e minnettarım.

İhtiyaç duyduğum her konuda yardımlarını ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Uğur Ekren'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmam boyunca bana daima destek olan anne ve babama, kardeşim Sabri Kumbasar'a ve değerli dostum Ayşenur Sancakdar'a teşekkür ederim. Üzerimde emeği bulunan tüm bu değerli insanların katkılarına rağmen tezde karşılaşılabilecek her türlü kusurun sorumluluğu bana aittir.

Hande KUMBASAR

İSTANBUL, 2022

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ANTİK YUNAN'DA DOĞA FELSEFELERİ VE ATOMCULUK

1. Atomculuk Öncesi Doğa Felsefesi	3
1.1. Thales (M.Ö. ~624~548)	3
1.2. Anaksimandros (M.Ö. 610-546)	4
1.3. Anaksimenes (M.Ö. 585-525).....	5
1.4. Pythagoras (M.Ö. 570-495)	6
1.5. Herakleitos (M.Ö. ~535-475).....	7
1.6. Parmenides (M.Ö. 515-460).....	9
1.7. Anaksagoras (M.Ö. 500-428).....	10
1.8. Empedokles (M.Ö. 494-434)	11
2. Atomcu Okul - Leukippos (M.Ö. 5. yy.) ve Demokritos (M.Ö. 460-370).....	12
3. Atomculuk Sonrası Doğa Felsefesi	19
3.1. Platon (M.Ö. 429-347)	19
3.2. Aristoteles (M.Ö. 384-322).....	23

İKİNCİ BÖLÜM

ARİSTOTELES'TEN 20. YY'A KADAR ATOMCULUKLA İLİŞKİLİ TARTIŞMALAR

1. Orta Çağ'da Atomculuk Tartışmaları.....	26
2. 17. yy'dan 18. yy'a Atomculuk Üzerine Felsefi Tartışmalar.....	27
2.1. René Descartes (1596-1650).....	29
2.2. Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716).....	31
2.3. Immanuel Kant (1724-1804).....	38
3. 17. yy'dan 20. yy'a Atom Teorisi Üzerine Bilimsel Tartışmalar.....	42
4. 20.yy'da Atomculuğa İlişkin Felsefi Tartışmalar.....	47

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KUANTUM TEORİSİNİN ORTAYA ÇIKIŞI VE FELSEFİ SORUNLARI

1. Kuantum Teorisinin Tarihçesi.....	53
2. Kuantum Teorisinin Felsefi Sorunları.....	59

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

KUANTUM MANTIĞI

1. Kuantum Mantığı'nın Tarihi	69
1.1. John Von Neumann ve Garrett Birkhoff'un Kuantum Mantığı.....	69
1.2. Kuantum Mantığının Ana Fikri: Boole Olmayan Cebirlerin Mantıksallaştırılması	80
1.3. Hilbert Kafesleri.....	81
1.4. Modülerite ve Olasılık	85
1.5. Von Neumann Kafeslerinde Modülerite	88
SONUÇ	93
KAYNAKÇA	95

Giriş

1800'lerin sonlarına gelindiğinde fizik biliminin artık tamamlanmış olduğu ve karşılaşılabilecek her problemin mevcut kurallar vasıtasıyla çözülebileceği düşünülmektedir. Fizikçilerin aşına olduğu basit bir problem olarak bilinen kara cisim ışıması ele alındığında durumun böyle olmadığı, klasik fiziğin söz konusu problemi açıklamakta başarısız olduğu görüldü. Max Planck 1895 yılında bu problemi farklı bir bakış açısıyla ele alarak fizikte daha önce öngörülememiş bir dönüşümün başlatıcısı oldu.

Kuantum teorisi Max Planck'ın öncülüğünü yaptığı, Born, Bohr, Einstein, Schrödinger, Heisenberg, de Broglie gibi pek çok fizikçinin ortak veya bağımsız olarak yaptıkları çalışmalar neticesinde gelişmiş ancak günümüzdeki çalışmaların sonuçları itibarıyla hâlen gelişmeye devam eden bir alandır. Bu teori ile fizikte elde edilen birtakım başarıların yanı sıra çözülmesi gereken bazı felsefi ve mantıksal problemler de ortaya çıkmıştır. Fizikçiler, matematikçiler ve felsefecilerin yoğun ilgisine mazhar olan bu teoriyi temellendirme çabaları, fizikçi filozofların bakışlarını Antik Yunan'a çevirmelerine yol açmıştır. Kimi fizikçiler tarafından ilk kuantum fizikçileri olarak adlandırılan Demokritos ve hocası Leukippos'un felsefi düşünceleri, bu bilim insanlarına, karşılaştıkları problemleri çözme konusunda yol gösterici olmuştur. Antik Yunan felsefesi birikimli olarak ilerlediğinden bir filozofun felsefi kuramını diğerlerinden bağımsız olarak ele almak mümkün olmamaktadır. Bu nedenle tezimizin birinci bölümünü, kuantum mekaniğinin temelini oluşturan atom kavramının ilk ortaya çıktığı yere, yani Antik Yunan felsefesine ayırdık. Antik Yunan filozoflarının "madde"ye ilişkin görüşlerini tarihsel sırası içerisinde inceleyerek atomculuğun kurucuları Leukippos ve Demokritos'un felsefesini incelemeye çalıştık. Ne var ki bu atomcu felsefe, Leukippos ve Demokritos'un ardından yerini Platon ve bilhassa Aristoteles'in felsefesine bırakmıştır. Bu sebeple tezimizin ikinci bölümünde madde kavramına ilişkin olarak, Aristoteles'ten itibaren 20. yüzyılın başına gelene dek ortaya konulan hem felsefi hem de bilimsel çalışmaları derleyip inceledik.

Tezimizin üçüncü bölümü, esas konumuzu oluşturan kuantum teorisinin tarihi gelişimini ve felsefi sorunlarını içermektedir. Varsaydığı mantıksal kavramların yeniliğiyle dikkat çeken kuantum teorisi, yeni bir mantık sisteminin kurulmasını zorunlu kılmıştır. Çalışmamızın dördüncü bölümünü ise, kuantum teorisinin felsefi sorunlarından birisi olduğunu söyleyebileceğimiz kuantum mantığı problemine ayırdık. Söz konusu mantık dalının doğuşu, Garrett Birkhoff ve John von Neumann tarafından yazılan 1936 tarihli bir makaleye dayandırılmaktadır. Bu bölümde söz konusu mantıkçıların ilgili metnini inceleyerek kuantum mantığının esas fikrinin ne olduğunu, neyi amaçladığını ve hangi noktalarda başarısız olduğunu ortaya koymaya çalıştık.

BİRİNCİ BÖLÜM

ANTİK YUNAN'DA DOĞA FELSEFELERİ VE ATOMCULUK

1. Atomculuk Öncesi Doğa Felsefesi

Sokrates (M.Ö. 469-399) öncesi filozofların düşüncesinde özdek ve tin ayrımı bulunmamaktadır. Bu sebepten, onlar için varlığın kaynağı olan özdek, canlılık içeren bir şeydir.¹

Antik Yunan filozoflarının her biri, evreni oluşturan temel ilke arayışında farklı tezler öne sürmüş olsalar da genel kabulleri evrenin ilksel bir birlikten oluştuğuydu. Bu temel ilke, farklı formlara ve görünümlere bürünmesine rağmen evrenin temelini oluşturan ilke olma özelliğini kaybetmiyordu. Filozoflar, bu değişimlerin maddenin kendi içinde barındırdığı canlılıktan kaynaklandığını, bu sayede maddenin sürekli bir devinim içinde olduğunu düşünmekteydiler. Canlı maddecilik (hylozoism) adı verilen bu görüş, devinimin kaynağının dışsal bir neden olduğu görüşünü yadsıyordu.²

1.1. Thales (M.Ö. ~624~548)

Evrenin doğası hakkında öne sürülen görüşlerden ilki Thales'e aittir. Thales'e göre, bütün şeylerin kendisinden oluştuğu ilke yani arkhe sudur ve dünya suyun üzerinde yüzmektedir. Denkel'e göre Thales'in arkhe olarak suyu seçmesinin sebebi, onun yaşadığı çağda başka formlara (katı, sıvı ve gaz) dönüşümünü gözlemleyebildiği tek maddenin su olmasıydı.³

Aristoteles Thales'in arkhe seçimini şöyle açıklar: Döneme hâkim olan anlayışın bir sonucu olarak, canlı olan her şeyin yaşamını su sayesinde sürdürüyor olması, her şeyin besininin, tohumların yapısının nemli olması, canlılığın sıcaklıkla ve sıcaklığın da nemli olmak ile özdeşleştirilmesi Thales'in arkhe düşüncesinin kaynağı olmuştur. Çünkü o dönemde, bir şeyi meydana getirenin onun ilkesi olduğu

¹ Guthrie, W.K.C. İlkçağ Felsefesi Tarihi. Çeviren Ahmet Cevizci. Ankara: Gündoğan Yayınları, 1999, s. 39.

² Guthrie, W.K.C. Yunan Felsefe Tarihi-I Sokrates Öncesi İlk Filozoflar ve Pythagorasçılar. Çeviren Ergün Akça. İstanbul: Kabalcı Yayınevi, 2011, s. 21.

³ Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 21.

düşünülmekteydi, dolayısıyla Thales de tüm nemli şeylerin ilkesinin su olduğunu düşünmüştür.⁴

1.2. Anaksimandros (M.Ö. 610-546)

Thales'in öğrencisi ve izleyicisi olarak adlandırılan Anaksimandros, evreni oluşturan ilk ilkenin, arkhe'nin Sonsuz (Apeiron) olduğunu öne sürmüştür:

“Apeiron (belirsiz, sınırsız), var olan şeylerin ilk ilkesidir. (Nesne ve nitelikler) varlığa bundan gelir; yok olduklarında da buna dönerler.”⁵

Dört ögenin birbirine dönüşebildiğini gözlemleyen Anaksimandros, arkhe'yi bunlardan biri olarak kabul etmemiş çünkü bunlardan herhangi birinin diğerlerine önceliğinin olmadığını düşünmüş, dolayısıyla da arkhe olan şeyin bunlardan farklı olarak ezeli ve ebedi olması gerektiği sonucuna varmıştır.⁶ Ancak Anaksimandros'un Apeiron'u⁷, günümüzde anlaşılan şekliyle sonsuzluk kavramıyla ilişkilendirilebilecek derecede bir soyutluğa sahip değildir.⁸ Anaksimandros'a göre Apeiron'dan önce toprak, su, ateş ve hava gibi karşıtlar vardır ve bunlar doğaları gereği birbirleriyle çatışma içerisindeyler. Her birinin, Denkel'in tabiriyle, öbürlerini gerileterek kendi alanını genişletmek istediğini söyler ve bunun doğada gözlemlenebilir örnekleri olduğunu belirtir.⁹

Anaksimandros'a göre bu çatışma, dört temel ögenin dengeli bir şekilde var olması gerektiğini göstermektedir. Aksi takdirde birinin üstünlüğü diğerlerinin yok olmasına neden olurdu. Temel öğeler Apeiron'dan ayrılarak ortaya çıkmış ve var olan diğer her şey de söz konusu sıcak-soğuk, kuru-nemli ve diğer karşıtların birleşmesi ve ayrılması sonucu meydana gelmiştir.¹⁰

Anaksimandros'un apeiron'u kendisinden sonraki ilk çağ filozoflarından Parmenides'in önemli bir varsayımına da mantıklı bir zemin hazırlamıştır: Ex nihilo

⁴ Aristoteles. Metafizik. Çeviren Ahmet Arslan. İstanbul: Sosyal Yayınlar, 2010, s. 91.

⁵ Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 22.

⁶ Guthrie, W.K.C. Yunan Felsefe Tarihi-I Sokrates Öncesi İlk Filozoflar ve Pythagorasçılar. Çeviren Ergün Akça. İstanbul: Kabalcı Yayınevi, 2011, s. 91.

⁷ Apeironun Türkçe karşılıklarından birisi de “sonsuz”dur. Bkz.: Capelle, Wilhelm. Sokrates'ten Önce Felsefe. Çeviren Oğuz Özügül. İstanbul: Pencere Yayınları, 2011, s. 56.

⁸ Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 22.

⁹ A.e.

¹⁰ A.e.

nihil fit (Hiçlikten hiçbir doğar). Apeiron'un bir nitelikler deposu¹¹, her şeyin kendisinden çıktığı temel öge olarak kabulü bu tezi destekler. Yoktan var olur gibi görünen şeyler aslında Apeiron'dan gelir ve görünüşte yok olan şeyler de aslında yok olmayıp Apeiron'a döner. Ona göre, Apeiron'dan ayrışarak varlığa gelen nesneler, henüz ayrışmamış olan karşıtlarına haksızlık etmektedirler ve nihayetinde bu haksızlığın cezasını çekerek Apeiron'a dönecek, karşıtlarının ortaya çıkmasına imkân sağlayacaklardır.¹²

Heisenberg, teorik fizikte, elementer parçacıkların ve onların özelliklerinin matematiksel yöntemle saptanabilmesi için bir temel yasa bulmak üzerine çalışmalar yapıldığını belirtir.¹³ Fizikçilerin amacının, maddenin hareketinin temel yasalarını bulmak olduğunu söyler. Heisenberg'e göre bu konuda iki görüş bulunmaktadır: Bunların ilki, maddenin hareketinin proton ve mezon dalgalarıyla veya bilinenlerin dışında bir dalga türüyle ilgili olduğunu iddia eder. Bu iddia doğru ise, bütün elementer parçacıkların birkaç tür "temel" elementer parçacığa indirgenebilmesinin mümkün olduğu düşünülmektedir. İkinci görüş ise bütün elementer parçacıkların "enerji" olarak adlandırılan evrensel bir ana maddeye indirgenebileceğini iddia eder. Bu görüşe göre elementer parçacıkların birbirine üstünlüğü bulunmadığından aralarından biri öne çıkartılıp onun ana öge olduğu iddia edilemez. Heisenberg'e göre bu görüş Anaksimandros'un savına karşılık gelmektedir. Ayrıca Heisenberg, kendisinin de bu görüşü savunduğunu belirtir.¹⁴

1.3. Anaksimenes (M.Ö. 585-525)

Milet filozoflarından bir diğeri ve Anaksimandros'un öğrencisi olan Anaksimenes, hocasından farklı olarak, Thales gibi, ilk ilkenin duysal bir töz olması gerektiğini düşünmüş ve onun "hava" olduğunu öne sürmüştür.

Onun havayı seçmesinin sebebi, yeryüzünün bir kısmını örten suyun aksine havanın sınırsız gibi görünmesidir. Sınırsız bir arkhe arayışı, onun, Anaksimandros'un ilk ilkenin sonsuz olması gerektiği düşüncesinden etkilendiğini göstermektedir.

¹¹ A.e., s. 23.

¹² A.e.

¹³ Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993, s. 40.

¹⁴ A.e.

Capelle'ye göre Anaksimenes'in ilk ilkenin hava olduğuna inanışının altında, insan nefesini oluşturan hava ile insana can veren ilke olan "ruh"u (Psyche) bir tutması yatar. Şeylerin oluşması ise, ilkenin yoğunlaşması ve seyrekleşmesi ile gerçekleşir.¹⁵ Bu devinimin sonucunda yani hava yer yer seyrelip yoğunlaşarak Anaksimenes'in ifadesiyle "tekbiçimli" hâlini kaybeder ve böylece farklı formlara girer.¹⁶

Heisenberg'e göre, Anaksimenes'in arkhe olarak hava'yı seçmesinde dönemin şartlarından kaynaklanan bir bilgi eksikliği etkili olmuştur:

"Anaximenes, suyun yoğunlaşması ve buharlaşmasının, ana maddenin öbür tözlere dönüşmesine yol açtığı düşüncesini ortaya attı. Su buharının bulutlar hâlinde yoğunlaşması herkesçe bilinen bir örnekti ve o zamanlar, su buharı ile hava arasındaki fark henüz bilinmiyordu."¹⁷

1.4. Pythagoras (M.Ö. 570-495)

Miletos okulu dışında felsefeye sunulan diğer önemli katkılar, İ.Ö. 529 yılında İtalya'ya göç ederek orada "Pythagorasçılık" olarak adlandırılan bir felsefe okulunu kuran Pythagoras öncülüğünde sağlanmıştır. İ.Ö. 5. yüzyılın ikinci yarısındaki varlık felsefelerinde arkhe olarak seçilen öğeler somut fiziksel varlıklardı.¹⁸ Pythagorasçılar ise, Aristoteles'in tabiriyle, Atomcu filozofların hem önceli hem de çağdaşı olup kendilerini matematiğe adanmış ilk insanlar olarak, geliştirmek için yoğun çaba sarf ettikleri, diğer bir deyişle içinde yetiştikleri disiplin olan matematiğin ilkelerinin, her şeyin ilkeleri olduğunu öne sürmüşlerdir.¹⁹ Pythagorasçılara göre, nesneyi ve nesnedeki değişimleri meydana getiren ilke, sayıdır; her şey sayıların bir araya gelmesi ile oluşur.²⁰ Aristoteles'in ifadesiyle Pythagorasçılar için sayı, şeylerin maddesi, "değişim"lerini (pathe) ve "hâller"ini (hekseis) meydana getiren şeydir; onların maddi ve fail nedenidir. Soyut matematiksel varlıklar olan bu ilkeler genlik ve büyüklük gibi

¹⁵ Capelle, Wilhelm. Sokrates'ten Önce Felsefe. Çeviren Oğuz Özgül. İstanbul: Pencere Yayınları, 2011, s. 65-66.

¹⁶ Guthrie, W.K.C. Yunan Felsefe Tarihi-I Sokrates Öncesi İlk Filozoflar ve Pythagorasçılar. Çeviren Ergün Akça. İstanbul: Kabalcı Yayınevi, 2011, s. 137.

¹⁷ Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe: İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru: Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993, s. 40.

¹⁸ Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 27-28.

¹⁹ Aristoteles. Metafizik. Çeviren Ahmet Arslan. İstanbul: Sosyal Yayınlar, 2010, s. 99-100.

²⁰ Denkel, a.g.e., s. 28.

nitelikleri de taşımaktadırlar.²¹ Pythagorasçılar, nesnelerin sayılardan, sayıların da soyut birimlerden oluştuğunu belirtmelerinin yanında onlara büyüklük gibi uzaysal özellikler de atfetmeleri Aristoteles için çelişik bir durumdur.²² Aristoteles'e göre ilk ilkenin soyut nitelikteki sayılardan oluşması mümkün değildir çünkü soyut şeylerin büyüklüğü yoktur; büyüklükleri olmadığından bölünemez ve bir varlık meydana getiremezler.²³

Guthrie Pythagorasçıların, şeylerin birer sayı olduklarını kanıtlamak için, "1 sayısı bir nokta, 2 sayısı bir çizgi, 3 sayısı bir yüzey, 4 sayısı bir katıdır ve böylelikle, sayılardan meydana gelmiş katı cisimlere sahip olursunuz" dediklerini aktarır. Guthrie'ye göre bu savı, matematiğin soyut anlaksal kavramlarından, doğanın katı gerçekliklerine pek de haklı kılınamayacak ve gerçekte anlaşılmaz olan bir sıçrama olarak görmek mümkündür. Çünkü onların "4 sayısından oluştuğunu öne sürdükleri piramit, taş ya da tahtadan oluşan bir piramit değil, anlının özdeksel olmayan katışıksız bir kavramıdır".²⁴ Bu nedenle Aristoteles de bu savın kendine özgü güçlüklerinden bahsetmiş, Guthrie'nin deyimiyle, "ağırlığı olmayan varlıkları, ağırlığı olan varlıkların öğeleri yapmalarından" yakınmıştır.²⁵

Denkel'e göre, Pythagorasçıların savı, varlığın doğasına ilişkin yapılan parçacıkçı açıklamaların ve (hatta) atomculuğun ilk örneğidir fakat onlar nesnelerin değişimini de aynı şekilde açıklayan bir öneri getirmemişlerdir.²⁶

1.5. Herakleitos (M.Ö. ~535-475)

Pythagoras sonrası en önemli filozoflardan birisi Ephesos'lu (Efes) Herakleitos'tur. Herakleitos için varlığın temel doğası, sürekli değişimi simgeleyen varlık olan "ateş"tir.²⁷ Cevizci'ye göre onun arkhe olarak ateşi seçmesinin nedeni oluş, değişim ve birlikten çokluğa geçişi en iyi açıklayan öge olduğunu düşünmesidir.²⁸ Ateşin Herakleitos düşüncesindeki anlamını açıklayan fragman şöyledir:

²¹ A.e.

²² A.e., s. 28-29.

²³ Aristoteles. Metafizik. Çeviren Ahmet Arslan. İstanbul: Sosyal Yayınlar, 2010, s. 560.

²⁴ Guthrie, W.K.C. İlkçağ Felsefesi Tarihi. Çeviren Ahmet Cevizci. Ankara: Gündoğan Yayınları, 1999, s. 21.

²⁵ A.e.

²⁶ Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 29.

²⁷ A.e., s. 31.

²⁸ Cevizci, Ahmet. Felsefe Tarihi. İstanbul: Say Yayınları, 2010, s. 49.

“Bütünün kendisi olan bu kosmos’u ne bir tanrı ne de bir insan meydana getirmiştir. O, daima belli ölçülere göre yanan, belli ölçülere göre sönen ezeli ve ebedi ateştir.”²⁹

Bu fragmandan da anlaşılacağı üzere, Herakleitos felsefesindeki değişim rastgele değil, belirli bir ölçüye ve yasaya bağlı olarak gerçekleşir.³⁰ Bu yasa, Herakleitos’un düşüncesinde “yasa, kural, ilke ve ölçü” anlamlarına karşılık gelen logos’tur. Evrendeki her şey logos’a göre olup biter.³¹ Tüm bu değişme sürecinde sabit kalan tek şey ise ateşin kendisidir; onun miktarı hiç değişmez.³²

Denkel’in Diogenes Laertios’tan aktardığına göre Herakleitos, Anaksimenes’in yoğunlaşma teorisini de benimsemiştir. Bu sayede nesneler arasındaki katılık gibi farkları açıklamaya çalışmış olsa da bu teori, Herakleitos’un, nesnelerin renk, biçim ve tat gibi farklılıklarını açıklamasında yetersiz kalmıştır. Ancak Denkel’in açıklamasına göre yoğunlaşma teorisi, Herakleitos sonrası, bu farklılıkları da açıklayabilecek şekilde geliştirilmiştir.³³

Herakleitos’a göre evren birdir. Bu birlik karşıtlardan oluşur. Karşıtlar gece-gündüz, yaz-kış, savaş-barış gibi şeylerdir. Bunlar her ne kadar bir arada bulunamaz şeyler gibi düşünülürse de bir tür birlik, bir uyum (harmonia) oluştururlar. Çakmak’a göre Herakleitos uyum (harmonia) kelimesini “uzlaşmaz olanların birliği” anlamında kullanır.³⁴ Herakleitos’un karşıtlarla ilgili görüşünü aktaran fragman şöyledir: “*Karşıt olan şeyler bir araya gelir ve uzlaşmaz olanlardan en güzel uyum doğar*”.³⁵

Herakleitos, karşıtların birliği, diğer bir ifadeyle özdeşliği ilkesini savunduğu için Aristoteles tarafından eleştirilmiştir. Herakleitos bu ilkeyi, değişim olgusunu açıklayabilmek, mantıksal bir düzleme oturtabilmek için ortaya koymuştur. Herakleitos’a göre nitelikler nesnelerin içinde hep vardır. Yalnızca varlığa gelme sıraları değişir. Bu nitelikler sırayla ortaya çıkarlar. Islak bir nesne kurur; bu nesne başlangıçta içinde kuruluğu da barındırmaktadır.³⁶

²⁹ Çakmak, Cengiz. Herakleitos Fragmanlar . İstanbul: Kabalcı Yayınevi, 2009, s. 89.

³⁰ A.e., s. 129.

³¹ A.e., s. 29.

³² Cevizci, a.g.e., s. 49.

³³ Denkel, Arda. İlkçağ’da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 31-32.

³⁴ Çakmak, a.g.e., s. 45.

³⁵ A.e.

³⁶ Denkel, Arda. İlkçağ’da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 32.

Heisenberg'e göre Herakleitos'un felsefesinin temel kavramı "oluşma"dır. Bununla birlikte Heisenberg'e göre, Herakleitos'un felsefesi ile modern fizik arasındaki ilginç bir benzerlik bulunmaktadır. Bu benzerlik, Herakleitos'un "ateş"i yerine "enerji" sözcüğü kullanıldığında açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Nitekim tüm temel parçacıkların, atomların yani her şeyin kendisinden oluştuğu; değişimin ve hareketin kaynağı olan madde, enerjidir.³⁷

1.6. Parmenides (M.Ö. 515-460)

Öne sürdüğü görüşler nedeniyle Herakleitos'un tam karşısı olarak nitelendirilen Parmenides, devinim ve değişimin imkânını yadsımış, onun devinimsiz ve değişmez tek bir özdekten oluştuğunu savunmuştur.³⁸ Parmenides gerçek ile görünüş yani aklın bilgisi ile duyu bilgisi arasında bir ayrım yapar. Gerçek olanın bilgisine salt düşünme ile ulaşılabileceğini öne sürerek duyu bilgisi ile elde edilenin yalnızca "sanı" olduğunu savunur. Bu nedenle de onun, "gerçek olan" olarak nitelendirdiği "var olan", düşünülebilir olandır; diğer bir deyişle o düşünce ile varlığı özdeş kabul eder. Bu kabulün sonucu olarak düşüncenin konusu olmayan şeylerin var olamayacağını öne sürer çünkü düşünmek bir nesnenin varlığını zorunlu kılmaktadır.³⁹

Parmenides'e göre var olan bir şey yok olamaz; yok olan bir şeyin de var olması düşünülemez. Dolayısıyla o, Herakleitos'un karşıtların birliği ilkesini de varlık ile yokluğu tek bir nesnede birleştirerek çelişki meydana getirdiği için yadsır. Ona göre herhangi bir nesne veya niteliğin hem var olması hem de var olmaması mümkün değildir. Şimdi yok olan hiçbir zaman var olmamıştır.⁴⁰

Parmenides varlığı cisimsel, parçaları bulunmayan, bölünemez, sürekli ve homojen bir bütün olarak tasarlamıştır. Onun boşluğun varlığını reddi, değişimi de reddetmesinin sebebidir.⁴¹ Varlığın bölünemez olduğu savı, boşluğu yadsımasından

³⁷ Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993, s. 42.

³⁸ Guthrie, W.K.C. İlkçağ Felsefesi Tarihi. Çeviren Ahmet Cevizci. Ankara: Gündoğan Yayınları, 1999, s. 52.

³⁹ Denkel, a.g.e., s. 36-37.

⁴⁰ A.e., s. 40-41.

⁴¹ Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993, s. 43.

ileri gelir. O, evrenin varlık ile dolu olduğu düşüncesiyle felsefe ve fizikteki doluluk (plenum) teorisinin (doğa boşluğa izin vermez) temelini oluşturmuştur.⁴²

Aristoteles'e göre Parmenides varlıkların çokluğunu yani duyuşal çokluğun varlığını açıklayabilmek için diğer filozoflardan farklı olarak, varlıkla özdeşleştirdiği "sıcak olan" ve yoklukla özdeşleştirdiği "soğuk olan" olmak üzere, bir değil iki ilkenin varlığını kabul etmiştir. Parmenides iki ilkenin varlığı savı ile, evrenin birliğini kabul eden filozoflar arasında fail nedeni keşfetme başarısını elde eden tek filozof olmuştur.⁴³ Onun kurduğu varlık felsefesi nedeniyle, kendisinden sonra gelen filozoflar pluralist görüşler ortaya koymuşlardır.⁴⁴

1.7. Anaksagoras (M.Ö. 500-428)

Atom kavramının ortaya çıkış sürecinde atılan önemli adımlardan bir diğeri Anaksagoras'ın felsefesidir. O, varlıkların çeşitliliğini açıklamakta bir veya birkaç öğeyi yetersiz bulduğundan her şeyin "tohum"lardan oluştuğunu öne sürmüştür. Tohum olarak adlandırılan bu arkheler, çok küçük, her türden şekil, koku ve renge sahip yani sayılamayacak kadar çok çeşitlilikte, sonsuzca bölünebilir, ezeli ve de sonsuz sayıdadır. Anaksagoras böylece evrendeki çeşitliliğin izahını da yapmış olmaktadır. Ona göre, varlıkların oluş ve bozuluşu, bu tohumların karışımı ve ayrışımı ile meydana gelir.⁴⁵ İlginç bir husus, Anaksagoras bu değerlendirmelerinde, öncellerinin aksine "varlığa gelmek" ve "yok olmak" kavramlarını kullanmamıştır.⁴⁶

Capelle'nin madde sorunu ve hareket ettirici ilke sorunu olarak iki kısımda ele aldığı Anaksagoras felsefesinde, nous, hareket ettirici ilke konumundadır. Düşünmek yani idrak etmek ve hareket ettirmek olmak üzere iki temel işlevi bulunan nous, evrendeki oluş ve bozuluşu, diğer bir deyişle değişimi başlatandır.⁴⁷

⁴² Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 45.

⁴³ Aristoteles. Metafizik. Çeviren Ahmet Arslan. İstanbul: Sosyal Yayınlar, 2010, 94-105.

⁴⁴ Guthrie, W.K.C. İlkçağ Felsefesi Tarihi. Çeviren Ahmet Cevizci. Ankara: Gündoğan Yayınları, 1999, s. 56.

⁴⁵ Cevizci, Ahmet. Felsefe Tarihi. İstanbul: Say Yayınları, 2010, s. 59.

⁴⁶ Denkel, a.g.e., s. 62.

⁴⁷ Capelle, Wilhelm. Sokrates'ten Önce Felsefe. Çeviren Oğuz Özügül. İstanbul: Pencere Yayınları, 2011, s. 186-187.

Heisenberg, Anaksagoras'ın kullandığı “karışım” kavramının geometrik bir yorum içerdiğini belirtir. Çünkü Anaksagoras'ın savına göre olağanüstü küçüklükteki tohumlar, her bir varlıkta, farklı oranlarda ve konumlarda bulunmaktadır.⁴⁸

1.8. Empedokles (M.Ö. 494-434)

Kranz'e göre atom kavramı Leukippos ve Demokritos ile ortaya çıkmıştır fakat atomculuğun doğuşu Empedokles'e dayanmaktadır.⁴⁹ Empedokles, varlığı tek bir ilkeye dayandırarak evrendeki çeşitliliği açıklamanın mümkün olmadığını düşünerek, her şeyin hava, su, ateş ve toprak olarak adlandırılan dört temel öğeden oluştuğunu öne sürmüştür.⁵⁰ Bu sava göre var olan, bu dört öğenin farklı oranlarda bir araya gelmesi sonucu oluşmakta veya ayrışmasıyla yok olmaktadır. Empedokles, evreni oluşturan bu dört öğenin değişmez (sabit) bir yapıya sahip olduklarını, bu öğelere bir şey ilave edilemeyeceğini ve de içlerinden bir şey çıkarılamayacağını belirtmiştir.⁵¹ Bu öğelerin bir araya gelmesini ve ayrışmasını sağlayan “sevgi” ve “nefret” ilkeleridir.⁵² Empedokles için “sevgi” ve “nefret” cisimseldirler; evrendeki sonsuzluğun da sebebidirler.⁵³ Kranz bu kavramların modern fizikteki “çekme” ve “itme” kuvvetlerine karşılık geldiğini belirtir.⁵⁴ Empedokles'in düşüncesinde bu dört öğe, cisimlerde çok küçük parçalar hâlinde ve yanyana dizilmiş olarak tasvir edilir. O, atom kavramı yerine “parçacık, kısımcık” anlamına gelen “morion” kavramını kullanmıştır. Sürekli hareket hâlinde olan ve ilahi bir unsurun parçası olarak “sevgi” ve nefret” ile hareket eden bu parçacıklar hem maddi hem de manevi olarak canlıdır. Kranz bu sebeple onların psiko-fizik birlikler olduklarını belirterek Empedokles'in düşüncesini “psikofizik atomculuk” olarak adlandırır.⁵⁵

⁴⁸ Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993, s. 44-45.

⁴⁹ Kranz, Walter. «Atomculuğun Doğuşu.» Felsefe Arkivi 1, no. 1 (1945): 155-160.

⁵⁰ Heisenberg, a.g.e., s. 44.

⁵¹ Kranz, Walter. «Atomculuğun Doğuşu.» Felsefe Arkivi 1, no. 1 (1945): 155-160, s. 156.

⁵² Bu iki ilkeyi Aristoteles dostluk ve nefret, Denkel buna ilaveten çekiş ve itiş olarak ifade etmektedir. Heisenberg ise nefret yerine çatışkı sözcüğünü tercih etmiştir. Aristoteles. Metafizik. Çeviren Ahmet Arslan. İstanbul: Sosyal Yayınlar, 2010. Arslan. İstanbul: Sosyal Yayınlar, 2010, s. 98.; Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 57; Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993, s. 43.

⁵³ Heisenberg, a.g.e., s. 44.

⁵⁴ Kranz, a.g.e., s. 156.

⁵⁵ Kranz, Walter. «Atomculuğun Doğuşu.» Felsefe Arkivi 1, no. 1 (1945): 155-160., s. 156.

2. Atomcu Okul - Leukippos (M.Ö. 5. yy.) ve Demokritos (M.Ö. 460-370)

Varlığı oluşturan ilk ilke sorununa ilişkin felsefeleriyle modern fiziğe ilham vermiş Leukippos ve Demokritos'a değinmeden önce, Denkel'in atom kavramının doğuşu hakkındaki şu ilginç kurgusunu hatırlamak yerinde olacaktır:

“İki bin dört yüz küsür yıl önce bilge kişinin biri elindeki elmayı kesip bölerken, aklına bölmeyi böylece sürdürüp götürürse sonuçta ne olacağı sorusu takılıyor. Bir süre düşündükten sonra, bu işin sonsuza dek süremeyeceği, her şeyin bir sınırı olduğundan, sonunda artık bölünmesi olanaksız bir parçaya ulaşılacağı kanısına varıyor. Sonuçta ulaşılacağını düşündüğü bu parçaya ‘bölünmez’ anlamına gelen ‘a-tome’ diyor. İşte atomculuk da böylece doğuyor...”⁵⁶

Denkel'in konuyla ilgili bir başka önemli değerlendirmesi de şu şekildedir:

“Atomculuk, bir yandan Parmenides'in durağan tekçiliğine, öbür yandan da Anaksagoras'ın, her özelliğe ayrı bir açıklayıcı ilke bağlayan aşırı niteliksel yaklaşımına tepkidir. Empedokles'ten saltık ve göreceli değişim ayrımını, ayrıca da nesne-nitelik ayrımını alıp geliştirir. Leukippos'un Miletos'lu olmasının onun Anaksimenes'teki yoğunlaşım kuramından esinlenmesine de olanak verdiği öne sürülebilir.”⁵⁷

Kranz'a göre Empedokles, Anaksagoras ve Leukippos ile Demokritos, atom teorisinin ortaya çıkışı ve gelişiminin üç temel basamağını oluşturmuştur.⁵⁸ Ancak bir varlıkbilimi teorisi olarak, somut anlamda atomcu düşüncüyü başlatan ilk filozofun Leukippos olduğu kabul edilmektedir.⁵⁹ Leukippos, Parmenides'in öğrencisi olan Zenon'un öğrencisidir. Leukippos, Parmenides'in bir olan, yaratılmamış, sınırlı, devinimsiz evren tasavvurundan yani var olmayanın araştırma konusu dahi edilmediği varlık felsefesinden farklı bir yol izlemiştir.⁶⁰

Leukippos'un öğrencisi olan Demokritos ise zaman içinde bu kuramın mâl edildiği esas filozof olarak anılmaya başlanmış ve Leukippos'u arka planda

⁵⁶ Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 71.

⁵⁷ A.e., s. 73.

⁵⁸ Kranz, a.g.e., s. 161.

⁵⁹ Denkel, a.g.e., s. 72.

⁶⁰ Kranz, Walther. Antik Felsefe. Çeviren Suat Y. Baydur. İstanbul: Sosyal Yayınlar, 2009, s. 163-164.

bırakmıştır.⁶¹ Demokritos, hocasının öğretisini geliştirip tamamlayarak onun bazı kısımlarında da değişiklikler yapmıştır.⁶²

Kranz'ın tanımıyla “*Grekçe **atomos** kesilip bölünmez şekil demektir, bundan başka **atomon** da denir ki, bölünmeyen şey anlamına gelir.*”⁶³ Atomların bölünmezliği yalnızca fiziksel anlamdadır. Buna karşın matematiksel olarak onlar bölünebilir büyüklüklerdir. Nitekim atomların büyüklük olarak birbirlerinden ayırt edilmeleri imkânını veren de bu özelliktir. Leukippos atomları, som yani sıkı sıkıya dolu olarak nitelendirilmiştir. Görülemeyecek küçüklükte olan atomların içlerinde boşluk bulunmadığından bölünmeleri mümkün değildir.⁶⁴ Atomlar içlerinde boşluk barındırmadığından onların yok olmaları da mümkün değildir. Atomlar ezeli, ebedidir, içsel yapılarında devinim yoktur. Parmenides'teki gerçek-görünüş ayrımını Leukippos ve Demokritos'un da kabul ettiği anlaşılmaktadır. Nitekim atomlar gözle görülemeyecek ölçüde küçük olduklarından onların bilgisine duyular ile ulaşamaz. Atomlar yalnız akıl ile kavranabildikleri içindir ki gerçek varlıklardır.⁶⁵

Daha önce ifade ettiğimiz üzere Kranz, atom kuramının başlangıç noktası olarak her ne kadar Empedokles'e işaret etmişse de Capelle'ye göre, öğrencisi Leukippos'un düşünceleri üzerindeki derin etkisi nedeniyle bu kuramın ortaya çıkışına yol açan filozof Zenon'dur. Leukippos, Zenon'un, Elealı filozofların sonsuz küçüklükte arkhe anlayışını benimsemelerine sebep olan “şeylerin sonsuza dek bölünebilirliği” anlamına gelen dikotomi ilkesine tamamen zıt bir varlık öğretisi ortaya koymuştur. Leukippos'a göre, bir cismin sonsuza dek bölünebilmesi için, o cismin içinde sonsuz küçüklükte boş kısımların bulunması gerekmektedir. O hâlde cisimler yalnızca birbirine değmekte olan boş kısımlardan ibaret olan, hiçbir katılık barındırmayan şeyler olmak durumundadırlar ki bu tözün varlığını, diğer bir deyişle varlığın imkânını ortadan kaldırmaktadır. Bu nedenle Leukippos, Zenon'un iddiasının

⁶¹ Cevizci, Ahmet. Felsefe Tarihi. İstanbul: Say Yayınları, 2010, s. 60.

⁶² Capelle, Wilhelm. Sokrates'ten Önce Felsefe. Çeviren Oğuz Özügül. İstanbul: Pencere Yayınları, 2011, s. 295.

⁶³ Kranz, a.g.e., s. 181.

⁶⁴ A.e.

⁶⁵ Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 76-77.

fiziksel anlamda mümkün olmadığını savunmuş ve cisimlerin kurucu öğelerinin atomlar olduğunu öne sürmüştür.⁶⁶

Leukippos, Parmenides'in aksine, var-olanın yanısıra var-olmayanın da gerçekliğini kabul etmiştir. Onun var-olmayan olarak adlandırdığı "boşluk"tur. Atomları ise "dolu" olarak adlandıran Leukippos nesnelerin bu ikisi sayesinde meydana geldiğini öne sürer. O, var olmak yani gerçeklik ile yer kaplama yani cisimselliğin birbirinden ayrı düşünüldüğünde boşluğun var oluşunun da (var-olmayanın gerçekliğinin de) mantıksal bir şekilde açıklanabileceği iddiasındadır.⁶⁷ Leukippos'un boşluğun varlığını yadsıyamamış olmasının sebebi devinimi, değişimi yadsıyamamış olmasıdır.⁶⁸ Onun akıl yürütmesini Denkel şu şekilde özetlemiştir:

- “1. Varlık boşluğu dışlar.
2. Boşluk olmadan devinim de olamaz.
3. Devinim vardır.

Demek ki diye sonuçlandırmış olmalı Leukippos uslamlamayı,

4. Varlık yanı sıra, varlığın içinde devindiği bir boşluk da vardır.
5. Varlığın içinde devinim olanaksızdır.”⁶⁹

Demokritos'a göre atomlardan hiçbir bir diğerinin varoluş nedeni değildir, diğer bir deyişle atomlar birbirlerinden çıkmazlar. Bunun yanında her birinin özü olan arkhe ortaktır; atomlar birbirlerinden yalnız biçimleri ve büyüklükleriyle ayrılırlar.⁷⁰ Sivri, kancalı, içe veya dışa bükük gibi sonsuzca farklı biçimlerde ve farklı büyüklüklerde atomlar bulunmaktadır. Bunlar ezeli ve ebedi devinimleri sırasında, bu devinimin doğal bir sonucu olarak, birbirlerine değme, itme ve çarpışma gibi kuvvetler uygulayarak birleşir veya ayrılırlar. Varlıkların oluş ve yok oluşu bu şekilde yani tamamen mekanik yasalara göre meydana gelmektedir.⁷¹

Aristoteles'e göre Leukippos ve Demokritos, varlıklar arasındaki niteliksel farklılıkları atomların “biçim”, “sıra” ve “durum” bakımından farklı oluşları ile açıklamışlardır. Bununla birlikte onlar, atomları, nesnelerin maddi nedeni olarak kabul

⁶⁶ Capelle, Wilhelm. Sokrates'ten Önce Felsefe. Çeviren Oğuz Özgül. İstanbul: Pencere Yayınları, 2011, s. 211-212.

⁶⁷ Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 73-74

⁶⁸ A.e., s. 75.

⁶⁹ A.e.

⁷⁰ Capelle, Wilhelm. Sokrates'ten Önce Felsefe. Çeviren Oğuz Özgül. İstanbul: Pencere Yayınları, 2011, s. 298.

⁷¹ Denkel, a.g.e., s. 81.

etmiş fakat atomlardaki hareketin kaynağının ne olduğu sorusunu yanıtsız bırakmışlardır.⁷² Ancak Capelle'ye göre Leukippos ezeli ve ebedi olan atomların hareketlerinin de ezeli ve ebedi olduğu ve ayrıca hareket ve maddenin birbirlerinden ayrı şeyler olmadıkları kanaatindedir. Bu nedenle atomların hareketini maddenin kendi özelliği şeklinde ele alarak, bunun başka bir nedene dayandırılmasına gerek olmadığını düşünmüştür.⁷³

Leukippos'a göre nesneler boşlukta hareket eden atomların bir araya gelmesiyle var olur ve ayrılmasıyla bozuluşa uğrarlar. Ancak atomların bu hareketi rastgele değildir.⁷⁴ Heisenberg, onun atomların hareketlerini determinist bir yaklaşımla açıkladığını belirtir ve sözüne ondan yaptığı şu alıntıyı ilave eder: “Hiçlikten hiçbir şey doğmaz, her şey belirli bir neden ve zorunluktan meydana gelir”.⁷⁵ Bununla birlikte, atomcu filozofların atomların ilk hareketi üzerine hiçbir açıklama yapmamalarının sebebinin bunu nedensellik ilkesine dayandırmak istemeleri olduğunu söyler. Çünkü atomcular, atomları ezeli ve ebedi olarak nitelendirmektedirler. Nedensellik ilkesi ise yalnızca sonraki olayları, nedenini önceki olaylara dayandırarak açıklamaktadır.⁷⁶ Ezeli olan bir şeyin, başlangıcı olmayan bir şeyin hareketini açıklamak mümkün değildir.

Demokritos'a göre atomların yalnızca büyüklük ve biçimleri vardır.⁷⁷ Atomların kaynağı olan madde yalnızca “varolma” özelliğine sahiptir. Ancak, boşluk içinde hareket ederler ve farklı konumlara sahip olabilirler. Genelde hareketsizdirler ancak aldıkları “darbe”ler sonucu hareket ederler.⁷⁸ Renk, koku, tat gibi fiziksel özellikleri de yoktur; duyularla algılanan bu özellikler atomların boşluktaki hareketleri ve birikimleri sonucunda oluşmaktadır. Heisenberg bunu Demokritos'tan şöyle alıntılar:

⁷² Aristoteles. Metafizik. Çeviren Ahmet Arslan. İstanbul: Sosyal Yayınlar, 2010, s. 99.

⁷³ Capelle, Wilhelm. Sokrates'ten Önce Felsefe. Çeviren Oğuz Özgül. İstanbul: Pencere Yayınları, 2011, s. 214-215.

⁷⁴ Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993, s. 46.

⁷⁵ A.e., s. 47.

⁷⁶ A.e.

⁷⁷ Capelle, a.g.e., s. 303.

⁷⁸ A.e., s. 304.

“Bir şey ancak görünüşte renklidir, tatlı ya da acı oluşu sadece görünüştedir. Aslında gerçek olan sadece atomlar ve uzay boşluğudur.”⁷⁹

Heisenberg’e göre, Demokritos’un boşluk ile ifade etmek istediği, “hiçlik” veya “yokluk”, diğer bir deyişle “olmamaklık” değildir; Demokritos bu kavramı atomların değişim ve hareketlerini mümkün kılan “uzay boşluğu” anlamında kullanır. Felsefe tarihinde sıklıkla tartışılan bir mesele olan uzay boşluğu kavramı, geometri ve kinematik biliminin de konusudur. Heisenberg’e göre, Demokritos ile tarihte ilk kez, bugün elementer parçacık denilen, maddenin en küçük yapıtaşlarından “atom” adıyla söz edilmeye ve bunların var olduğu düşünölmeye başlanmıştır.⁸⁰

Heisenberg’e göre, 17. yüzyılda, doğa bilimlerinin yeniden canlanmaya başladığı dönemde, “atom” sözcüğü, yanlış bir biçimde, kimyasal bir elemanın en küçük parçasını tanımlamak için kullanılmaktaydı. Günümüzde kimyasal elemanların atomlarının elementer parçacıklar denilen daha küçük birimlerden oluştuğu bilinmektedir. Buna göre Demokritos’un atomunun modern fizikteki karşılığı proton, nötron, elektron, meson gibi elementer parçacıklardır.⁸¹

Demokritos’un atomu, duyularla algılanabilir özelliklere sahip olmaması nedeniyle maddenin soyut bir parçası niteliğindedir. Bu soyut niteliğine rağmen atom, Demokritos’a göre, ontolojik anlamda “varolan”dır; uzay boşluğunda hareket, uzam ve biçim gibi özelliklere sahip bulunan bir varlıktır. Bu özellikler atomun gerçek bir varlık olmasının koşuludur. Heisenberg doğal olarak atom kavramının, onunla oluşan maddenin uzamını, geometrik formlarını ve varoluşunu açıklayamadığını düşünmektedir. Ona göre Demokritos atomların yukarıda sıralanan özelliklere sahip oluşunu daha kökensel bir nedene indirgeyemediğinden varsaymak zorunda kalmıştır. Heisenberg, bu sebeptendir ki elementer parçacıkların modern fizikte daha tutarlı ve kesin bir anlama sahip olduklarını düşünmektedir. Örneğin bir nötron’un ne olduğu açıklanmaya çalışıldığında onun ne anlamına ne de görüntüsüne ilişkin kesin bir tanım yapılabilir; elementer parçacıklar ancak olasılık fonksiyonları olarak yorumlanabilirler. Bu parçacıklar tat, koku, renk gibi niteliklere sahip olmamaları

⁷⁹ Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm’den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık’tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993, s. 46.

⁸⁰ A.e., s. 45.

⁸¹ A.e., s. 49, 50.

yönünden Demokritos'un atomlarıyla benzerdir. Heisenberg'e göre "varolma" yalnızca olma imkânı veya eğiliminden ibarettir. Bu nedenle modern fiziğin elementer parçacığı antik çağdaki "atom" kavramından daha soyut bir anlam ihtiva eder.⁸²

Demokritos'un atomlarının aynı tözden meydana geldiğini belirtmiştik. Heisenberg'in ifade ettiği gibi, modern fiziğin elementer parçacıkları da birer "kütle"den oluşmaktadır. Görelilik teorisi ile kütle ve enerjinin aynı şeyler olduğunun gösterilmesi sonucunda elementer parçacıkları meydana getiren tözün de enerji olduğuna kanaat getirilmiştir. Heisenberg evrenin temel tözünün enerji olduğunu kabul edenlerle hemfikirdir. Heisenberg bu noktada modern fizik ile Herakleitos felsefesi arasındaki benzerliğe dikkat çeker. Ona göre, enerjinin korunumu yasası, diğer bir deyişle enerjinin tüm değişim ve dönüşümlerin fail nedeni olması; maddeye, ısıya yahut ışığa dönüşebilir olması, Herakleitos felsefesindeki "karşıtlar arası mücadele" konusuna açıklık getirmektedir.⁸³

Demokritos, atomların ezeli ve ebedi olduklarını ve birbirlerine dönüşmelerinin mümkün olmadığını düşünmekteydi. Modern fizik bu düşüncenin doğru olmadığını göstermiştir. Nitekim, elementer parçacıklar birbirleriyle çarpıştırıldıklarında birbirlerine dönüşebilmekte, aynı türden yeni elementer parçacıklar meydana getirebilmekte veya söz konusu parçacıklar çarpıştırıldıklarında ortadan kaybolabilmektedirler. Heisenberg'e göre bu durum maddenin tözünün enerji olduğunu kanıtlamaktadır.⁸⁴

Reichenbach'a göre Demokritos'un atom teorisi "*aklın kendi başına neyi başarabileceğini, neyi başaramayacağını gösteren iyi bir örnektir*".⁸⁵ Demokritos ve Leukippos, atom teorisini empirik metodlarla denetleyemedikleri için yeni teorilerle pekiştirip güçlendirmişlerdir.⁸⁶

Andrew van Melsen'e (1912-1994) göre Anaksagoras, Empedokles ve Demokritos'un sistemleri birbirleriyle kıyaslandığında şu üç ortak özellik dikkat

⁸² Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993, s. 50, 51.

⁸³ A.e., s. 51, 52.

⁸⁴ A.e.

⁸⁵ Reichenbach, Hans. Bilimsel Felsefenin Doğuşu. Çeviren Cemal Yıldırım. İstanbul: Fol Kitap, 2019, s. 187.

⁸⁶ Reichenbach, Hans. Bilimsel Felsefenin Doğuşu. Çeviren Cemal Yıldırım. İstanbul: Fol Kitap, 2019, s. 188.

çekmektedir: 1) Her üç düşünür de Parmenides'in varlığın değişmez olduğu düşüncesini kendi sistemleri içerisinde savunmuşlar, 2) değişimi anlaşılır kılmak için ise varlığın birliği fikrini terk etmişler ve ayrıca 3) ilk maddelerin ayrışması ve karışımını daha basit bir şekilde açıklamışlardır. Ancak bu düşünürlerin aralarında da önemli farklılıklar vardır: Anaksagoras düşünceleriyle değişim sorununa farklı bir çözüm sunduysa da mantıksal tutarlılığı göz ardı edişi, deneysel kanıtlara yeterince itibar etmeyişi nedeniyle üçü arasında en keyfi şekilde değerlendirme yapma olarak karşımıza çıkmaktadır. Onun takipçileri de belli ki bu sebeplerle ciddiye alınmadılar. Empedokles, dört element teorisi yüzyıllar boyunca fizik biliminin gelişimini geciktirmesine rağmen, bu düşünürler arasında deneyime en yakın yerde durmaktaydı. Demokritos ise varlığın birliği ve değişmezliği konusunda orijinal Eleacı görüşe yakın durmuş, en rasyonel sistemi oluşturmuştur. Fizik bilimindeki sonraki başarısına rağmen, diğer ikisinden daha az deneysel olsa da matematiksel spekülasyonlar için daha fazla olasılık ortaya koymuştur.⁸⁷ Melsen her ne kadar Empedokles'in fikirlerinin büyük ölçüde Demokritos'unkilerle örtüştüğünü düşünmekteyse de mantık konusunda Anaksagoras'a benzer bir tutumdadır yani Demokritos'un mantıksal yaklaşımından bir hayli uzaktır.⁸⁸

Denkel, varlık felsefesinin ulaştığı doruk noktası olarak nitelediği atomculuğun, ilk çağda hak ettiği değeri görmeyerek, Demokritos'un ölümüyle birlikte iki bin yıl kadar bir süre boyunca arka plana itilmiş olmasının üç sebebi olduğunu öne sürmektedir. İlk sebep, filozofların doğa felsefelerini bir kenara bırakarak felsefeye yeni bir bakış açısı kazandırmalarıdır.⁸⁹ Felsefi çalışmalarda “doğa”nın yerini “insan”, “evren” ve “varlıkbilim”e ilişkin soruların yerini ise insan yaşamı ve eylemine ilişkin meseleler almıştır. M.Ö. 5. yüzyıla denk gelen bu dönemde felsefede hâkim görüş hümanizm olmuştur.⁹⁰

Denkel'in de işaret ettiği üzere Demokritos'un çağdaşları olan Protagoras, Gorgias ve Sokrates gibi filozoflar tarafından, başarılı bir sonuca ulaşamayacak, gereksiz ve hatta Sokrates'in deyimiyle zararlı olarak nitelendirilen varlık ve doğa

⁸⁷ Melsen, Andrew G. van. *From Atomos To Atom: The History of the Concept Atom*. Dover Publications, 2004, s. 25.

⁸⁸ A.e., s. 23.

⁸⁹ Denkel, Arda. *İlkçağ'da Doğa Felsefeleri*. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 89.

⁹⁰ Cevizci, Ahmet. *Felsefe Tarihi*. İstanbul: Say Yayınları, 2010, s. 63.

alanlarına ilişkin soruşturmalar, felsefi bir etkinlik olarak görülmemiştir. Bu filozofların, insana ilişkin problemler etrafında şekillendirdikleri felsefi araştırmalarına Demokritos da uyum sağlayarak atomculuğun yanında ahlak, kültür gibi konularda söz konusu filozof çağdaşlarından bile fazla sayıda eser vermiştir.⁹¹

Denkel'e göre ikinci sebep Demokritos'un 30 yaş genç bir çağdaşı olan, varlık felsefesini doğa üzerine değil idealar üzerine kurmuş olan Platon'dur.⁹² Denkel, Sokrates ve diğerlerinin, yetenekleri, felsefi çalışmalarının niteliği ve (yapıt üretmedeki) verimliliği konusunda Demokritos ile boy ölçüşemeyecek düzeyde olduklarını ancak Platon'un, felsefesiyle Demokritos'un atom kuramını yüzyıllar boyu gölgede bırakacak kadar güçlü bir etki yarattığını düşünmektedir.⁹³

Platon, her ne kadar M.Ö. 4. yüzyılın ortalarında, doğa felsefesi tartışmalarını canlandıran kişi olsa da 17. yüzyıla gelinceye kadar bilimde atomculuğun benimsenmesinin önüne geçen en büyük etken olmuştur.⁹⁴ Demokritos'un atomculuğu bilimsel bir kuramdır. Varlığın temel yapısını açıklayan bir bilimsel kuramı gölgede bırakacak kadar güçlü bir isim olan Platon'un felsefi görüşleri ise bilimin ilerlemesine, doğanın daha iyi kavranmasına katkı sunabilecek bir mahiyette değildir.⁹⁵

3. Atomculuk Sonrası Doğa Felsefesi

3.1. Platon (M.Ö. 429-347)

Platon, Herakleitos ve Parmenides'in gerçek ve görünüş konusundaki düşüncelerinden etkilenecek, onlardan farklı bir şekilde bu ikisini iki ayrı evren olarak tasarlamıştır.⁹⁶ Ona göre duyu bilgisi güvenilmezdir; duyular ile hakikatin bilgisine erişilemez, hakikat ideaların bilgisidir. İdealar dünyası Parmenides'in gerçekler dünyasına benzer şekilde, değişmez, devinimsiz ve saltıkken görünüş dünyası Herakleitos'un düşüncesine benzer şekilde sürekli değişim hâlinde olan, birtakım eksiklikler ve çelişkiler barındıran, idealar dünyasının gölgesi konumundaki bir

⁹¹ Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 91.

⁹² A.e., s. 89.

⁹³ A.e., s. 91.

⁹⁴ A.e., s. 90-92.

⁹⁵ A.e., s. 90-91.

⁹⁶ A.e., s. 92-93.

ortamdır. Platon’a göre nesneler, ancak ideallardan pay alma yoluyla varlık kazanırlar.⁹⁷

Duyular ile algılanan nesneler yani tikellerin var oluş, yok oluş ve devinimleri uzaysal yer içinde yani belirli bir yerde gerçekleşir. İdealar ise tikellerden farklı olarak uzayda yani belirli bir yerde bulunmazlar. Uzaysal yer, kendiliğinden hiçbir niteliğe sahip değildir; o yalnızca içinde bulunan nesnenin niteliğine bürünmektedir. Diğer bir deyişle, belirli bir nesnenin belirli bir zamanda uzaysal yerin içinde bulunması ile uzaysal yer o nesnenin biçimini almaktadır. Ezeli ve ebedi olan uzaysal yer, var olan tüm nesneler için bir konum oluşturmaktadır.⁹⁸

Heisenberg’e göre, atomcu filozofların görüşleri, kendilerinden sonraki filozoflar tarafından bazı yönleriyle benimsenmelerinin yanında birtakım değişikliklere de uğratılmışlardır. Heisenberg bu noktada, modern atom fiziğiyle karşılaştırma yapabilmek için Platon’un Timaios diyalogunda maddenin doğası hakkında ortaya koyduğu görüşlerini ele almıştır. Platon, bu diyalogunda Demokritos’un atom teorisini temel fikirlerinin bir kısmını değiştirerek Pythagoras’ın sayıların uyumu teorisiyle birleştirmiştir.⁹⁹ Heisenberg’in ifade ettiği üzere Platon’un, Leukippos ve Demokritos’un görüşlerini kabul etmemesine rağmen, onların öğretisini Pythagorasçıların ve de Empedokles’in öğretileriyle bağdaştırması, kimi yönlerden atomculara benzer görüşler öne sürmüş olması önemlidir.¹⁰⁰

Heisenberg, matematiksel biçimlendirme gücünün temelinde yatan yaratıcı kuvvetin Pythagorasçılar tarafından keşfedildiğini düşünmektedir.”¹⁰¹ Platon, Pythagorasçıların keşfetmiş olduğu küp, düzgün sekizyüzlü, düzgün dörtyüzlü, düzgün oniki yüzlü olmak üzere beş düzgün cismi (“düzgün” ile “eşit yüzlü” kastedilmektedir) Empedokles’in dört temel ögesiyle bağdaştırmıştır. Buna göre küp, Toprak’ın; düzgün sekizyüzlü, Hava’nın; düzgün dörtyüzlü, Ateş’in; düzgün yirmi yüzlü ise Su’nun en küçük yapıtaşını oluşturmaktadır. Düzgün on iki yüzlüye karşılık

⁹⁷ A.e.

⁹⁸ A.e., s. 108-109.

⁹⁹ Heisenberg, Werner. Nuclear Physics. New York: Philosophical Library, 1953, s. 4.

¹⁰⁰ A.e., s. 47.

¹⁰¹ A.e.

gelen hiçbir öge olmaması sebebiyle Platon onun, “Tanrının evreni ölçmek için kullandığı beşinci yüzey formu” olduğunu söylemiştir.¹⁰²

Heisenberg’e göre, evrenin kurucu dört ögesini temsil eden bu düzgün cisimler bir bakıma Demokritos’un atomlarıyla karşılaştırılabilirler ancak Platon bunların bölünebilir olduklarını belirterek Demokritos’la farkını ortaya koymuştur. Platon, bu düzgün cisimlerin eşkenar ve ikizkenar dik üçgenlerden meydana geldiğini belirtir. Buna göre eşkenar ve ikizkenar dik üçgenler bir araya gelerek veya düzgün cisimlerin parçalanması sonucunda ayrılarak yeni düzgün cisimler oluştururlar. Heisenberg, Platon’un bu savını şu örnekle daha anlaşılır bir ifadeye dönüştürür:

“Örneğin bir düzgün dörtyüzlü ve iki düzgün sekizyüzlü, yirmi tane eşkenar üçgene parçalanabilir ve bunları tek bir cisme tamamlarsak, bir düzgün yirmiyüzlü meydana gelir ki böylece, bir atom ateş, iki atom hava ile birleşince bir atom su meydana getirir, demektir.”¹⁰³

Heisenberg’e göre Platon, üçgenlerin iki boyutlu olmaları sebebiyle uzayda üç boyutlu maddelerin sahip olduğu yayılımdan (extension) yoksun olduklarını bu nedenle onların madde sayılamayacağını, sadece düzgün bir cisim hâlinde bir araya geldiklerinde maddenin en küçük parçaları olma niteliğine eriştiklerini düşünmektedir. Dolayısıyla bu düzgün cisimler Demokritos’un atomlarının aksine başlangıçta var olan şeyler değildir; onlar yalnızca matematiksel biçimlerdir. Heisenberg için bu durum, formun, formu taşıyan maddeden daha önemli bir konumda olduğunu kanıtlar niteliktedir.¹⁰⁴ Öner’e göre bu ifadelerden çıkan başka bir sonuç da Platon’un, geometri sayesinde salt uzay ile madde arasındaki ilişkiyi keşfetmiş olduğudur. Platon’un bu savı, yani salt uzaysal biçimlenişin maddeyi biçimlendiren faktör olduğu düşüncesi 19. yüzyıl düşünürleri tarafından da savunulmuştur. Öner, Aristoteles’in bunu “form” olarak adlandırdığını ayrıca belirtir.¹⁰⁵

Elementer parçacıkların ezeli ve ebedi olmaması, birbirlerine dönüşebilir olması ve soyut nitelikte olması sebebiyle Heisenberg, Platon’un ve Pisagorcuların ilk ilke uslamasının modern fiziğe Demokritos’un atom kavramından daha uygun

¹⁰² A.e., s. 48.

¹⁰³ A.e., s. 48-49.

¹⁰⁴ A.e., s. 49.

¹⁰⁵ A.e., s. 49.

olduğunu düşünmektedir. Bununla birlikte, kuantum teorisi göstermiştir ki elementer parçacıklar, Antik Yunan filozoflarının tasarladığı statik geometrik formlardan ziyade daha karmaşık yapıda ve soyut türden formlardır.¹⁰⁶ Heisenberg'e göre, Antik Yunan filozoflarının maddenin özüne ilişkin ortaya koydukları fikirler, modern bilimin binlerce yıl süren bilgi birikimi ve deneylerle ulaştığı sonuçlara oldukça yakın görünmektedir. Bununla birlikte o, modern bilime hâkim olan empirist tutumun Antik Yunan filozoflarında görülemediğini belirtir. Örneğin Platon'un temel öğeleri oluşturduğunu öne sürdüğü “düzgün cisimler” ile ne kastettiği anlaşılamamaktadır: Platon, “Ateş”i oluşturan en küçük parçacığın düzgün dörtyüzlü olduğunu söylediğinde, ateş ile düzgün dörtyüzlü arasındaki bağıntının sembolik olup olmadığının ya da temel öğeleri üçgenlere ayıran kuvvetin ne olduğu konusunda bilimsel ve anlaşılır bir açıklaması yoktur.¹⁰⁷ Denkel Heisenberg'in bu görüşünde haklı olduğunu belirtir; deneysellik temeline dayanan ve doğaya ilişkin muazzam deney, açıklama ve doğrulama birikimine sahip modern bilimin antik felsefeye olan üstünlüğüne vurgu yapar.¹⁰⁸

Heisenberg, Platon ve Pythagoras'ın görüşleriyle hemfikir olduğunu açıkça belirterek, modern fiziğin parçacıklarının soyut yani matematiksel nitelikte olduklarını öne sürmüş, parçacıkların belirli bir tanımlamasının yapılamadığını, onlarla ilgili olarak ancak dalga, dalga paketi gibi farklı betimlemeler yapılabileceğini değerlendirmiş ve parçacıkların soyut nitelikte olmalarını da bununla gerekçelendirmiştir.¹⁰⁹

Denkel, parçacıkların somut olarak gözlemlenemez olmaları sebebiyle varılan bu iddianın “kavrayış” ile “kavrayışın konusu”nu birbirine karıştırmak anlamına geldiğini ve bu nedenle geçerli olamayacağını öne sürmektedir. Böyle bir iddianın, soyut parçacıkların bir araya gelerek somut varlıkları nasıl meydana getirebildikleri sorusuna da yol açacağını ifade etmektedir. Denkel'e göre, soyut ve sınırlılıklara sahip bir kavrayışa sahip olmamız, onun bu özelliklerini kavramaya çalıştığımız şeye yüklememizi anlamlı ve geçerli kılmaz. O, böyle bir iddianın geçerli olabilmesi için

¹⁰⁶ A.e., s. 52.

¹⁰⁷ A.e., s. 56.

¹⁰⁸ Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 284.

¹⁰⁹ Heisenberg, a.g.e., s. 52.

kavrayıştan ayrı ve bağımsız bir temellendirme yapılması gerektiğini düşünmektedir. Aksi hâlde elde edilen sonuç, bir “karıştırma” ya da bir “döngüsellik”ten başka bir şey olmayacaktır.¹¹⁰

3.2. Aristoteles (M.Ö. 384-322)

Akademia’daki felsefi etkinliklerin doğaya ve doğadaki değişimlere yöneldiği dönemde, burada öğrenci olan ve tam anlamıyla bir doğa filozofu olarak nitelendirilebilecek Aristoteles, Denkel’e göre, atomculuğun uzun yıllar boyunca arka plana itilmesinin üçüncü sebebidir.¹¹¹ Nitekim Aristoteles, derin, ayrıntılı ve üstün açıklayıcı bir güce haiz öğretisiyle, atomculuktan daha etkili bir doğa felsefesi ortaya koymuştur. Aristoteles, Leukippos ve Demokritos’u saygı ve övgüyle ansa da onlarla kendisi arasındaki farkı ortaya koymak için birtakım eleştiriler yapmıştır. Denkel, onun bu eleştirilerinin atomcu filozofların görüşlerinin onaylanmaz düşünceler olarak nitelenerek yadsınmalarına bir sebep olduğu görüşündedir.¹¹²

Hakikatin bilgisine ulaşma sürecinde duyu bilgisinin vazgeçilmez bir yeri olduğunu düşünen Aristoteles bu yönüyle Parmenides ve Platon’dan ayrılarak, eleştirel anlamdaki deneyciliğin ilk adımları olarak nitelendirilebilecek bir tutum sergiler. Ona göre görünüş ve hakikat ayrımsızdır. Bu nedenle onun, görünür olanı çözümleyerek hakikate ulaşmak gibi bir amacı bulunmamaktadır.¹¹³

Aristoteles var olan her şeyi somut bir tikel olarak adlandırır bir başka deyişle onun için somut tikeller en temel anlamda varlık, yani “töz”dürler; tözün değişmeyen ve onu başka tözlerden ayırt eden yönüne ise “madde”¹¹⁴ der. Bir maddenin herhangi bir nesne yani töz oluşturabilmesi bir form kazanmasıyla mümkündür. Dolayısıyla hiçbir madde form olmadan var olamayacağından formsuz bir tikelden de bahsedilemez. Nesnenin tikel, değişmeyen yönü madde iken, tümel yani genellenebilir yönü ise formdur. Form, nesnedeki niteliklerin toplamıdır ve değişim nesnenin maddesi üzerinde olsa da formunda gerçekleşen bir olgudur.¹¹⁵

¹¹⁰ Denkel, Arda. İlkçağ’da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 288.

¹¹¹ A.e., s. 90.

¹¹² A.e., s. 89-90.

¹¹³ A.e., s. 95.

¹¹⁴ Denkel, “madde” yerine “özdek” sözcüğünü kullanmaktadır.

¹¹⁵ Denkel, a.g.e., s. 95-96.

Aristoteles Platon’u, tümelleri tözleştirdiği gerekçesiyle eleştirmiş, nesne ve nitelik ayrımsızdır diyen Parmenides’e ise, atomcu filozoflar gibi karşı çıkmış, bunların birbirinden ayrı şeyler olduklarını savunmuştur.¹¹⁶ Platon’daki uzaysal yer ile Aristoteles’in madde kavramları arasında çok önemli bir fark bulunmaktadır. Platon’un uzaysal yer kavramı nesnenin içerisinde var olduğu bir ilke iken Aristoteles’in öğretisinde madde kavramı nesnenin kendisinden ortaya çıktığı bir ilkeye işaret etmektedir. Aristoteles’e göre madde ile uzaysal yer kavramları özdeşdir.¹¹⁷ Denkel’e göre onun bu düşüncesinin bir benzeri, ileride Descartes’in maddeyi uzam ile özdeşleştiren tutumunda da görülecektir.¹¹⁸

Aristoteles, tözün parçacıklarını oluşturan şeyleri “minima” olarak adlandırmıştır. Denkel’e göre onun bu düşüncesi, Demokritos ve Anaksagoras’ın öğretilerinin bir birleşimi olarak görülebilir. Minimalar, birtakım nitelikler taşımakla birlikte söz konusu nitelikler sonsuz sayıda değildirler ve sonsuza kadar bölünemezler. Denkel’in ifadesiyle Aristoteles bu noktada bir tutarsızlığa düşmüş ve tözün bölünemeyen temel bir parçasına ulaşılabilceğini öne sürmemiştir. Atomlardan farklı olarak minimalar, maddenin bölünmeyen en küçük parçacıkları değildirler; bölünebilme özelliğine sahiptirler. Ancak bölünmesi sonucunda bir minimumun niteliği değişmekte ve o bölünmeden önceki hâliyle eştörsel olmamaktadır.¹¹⁹

Aristoteles doğaya ilişkin yorumların doğanın kendi ilkeleriyle, diğer bir deyişle bir fizik teorisi aracılığıyla yapılması gerektiğini savunur. Bu nedenle kendisinden önceki filozofların yapmış oldukları her türden fiziki indirgemeciliği ve yine bu nedenle Platon’un Timaeos’taki matematiksel atomculuğunu yadsımıştır.¹²⁰ Demokritos’un fiziksel atomculuğu her ne kadar doğada olanı yine doğadaki bir şeyle açıklıyor olmasına karşın Aristoteles için bu kuramın temel sorunu mekanizmi ve zorunlulukçuluğudur.¹²¹

Aristoteles’in düşüncesinde değişim, devinim, büyüme, başkalaşım ve tözsel değişim olmak üzere dörde ayrılır. Niteliksel bir değişim olan tözsel değişimde

¹¹⁶ A.e.

¹¹⁷ A.e., s. 112.

¹¹⁸ A.e.

¹¹⁹ A.e., s. 144.

¹²⁰ Cevizci, Ahmet. Felsefe Tarihi. İstanbul: Say Yayınları, 2010, s. 123.

¹²¹ Denkel, a.g.e., s. 98.

nitelikte birlikte nesne de ortadan kalkmaktadır. Aristoteles'den önceki hiçbir filozofun keşfedemediği tözsel değişim hariç geri kalan üç değişim türünü, Denkel'e göre, atomcu görüşe uygun bir şekilde açıklamak mümkündür.¹²²

Aristoteles'e göre nesnelerin geçirdikleri değişimde değişmeyen olarak kalan madde potansiyellik, değişime uğrayan form ise aktüellik ilkesidir. Değişme, potansiyel durumdan aktüel duruma geçiş süreci olarak tanımlanır. Buna göre her bir nesne başka bir şeye dönüşme potansiyeline sahiptir.¹²³ Denkel Aristoteles'teki potansiyellik kavramının atomların bir araya gelişi olgusuna uygulanabileceği düşüncesindedir: *“Bu yolla, nesnenin gelecekte kazandığı aktüel niteliklerin atomsal temeldeki karşılıkları, nesnenin şu anda taşıdığı potansiyeller olarak değerlendirilebilir.”*¹²⁴ Aslında Denkel'e göre atomculuk ile Aristoteles'in öğretisi hiçbir bakımdan çelişki ya da karşıtlık içermez çünkü Demokritos'un öğretisi bilimsel, Aristoteles öğretisi ise felsefi bir kuramdır. Denkel için bu iki kuram birbirlerini tamamlar mahiyettedirler.¹²⁵

Aristoteles, Empedokles, Anaksagoras ve Platon'a benzer bir görüşle, atomculara karşı boşluğu yadsımış, onların bu savına karşılık antiperistasis (yer değiştirme) teorisini savunmuştur. Ona göre devinimin gerçekleşmesi için boşluk gerekmemektedir. Nitekim ona göre uzay kavramı 5. yüzyıl felsefelerindeki gibi içinde bir şey bulunmayan yer anlamına gelmemektedir. Aristoteles yeri yani uzayı da bir varlık olarak görmektedir. Denkel bu durumu şu şekilde değerlendirmiştir:¹²⁶

“(Aristoteles'in) Boşluğu yadsıyışı yer kuramıyla tutarlı ve birbirini tamamlayıcıdır. Çünkü, eğer bir nesne algılanabilir bir şeye uzayda bulunmalıdır; uzayda bulunmak da Aristoteles'e göre onu çevreleyen başka bir şeyin iç yüzeyinde bulunmak olduğuna göre, algılanabilir olan her nesne başka bir şeye çevrili olmak zorundadır. Yine Aristoteles'e göre boşluk, içinde bir şey olmayan yer demek olduğuna göre, her yer dolu olmalıdır.”¹²⁷

¹²² A.e., s. 96.

¹²³ Cevizci, Ahmet. Felsefe Tarihi. İstanbul: Say Yayınları, 2010, s. 129.

¹²⁴ Denkel, a.g.e., s. 97.

¹²⁵ A.e., s. 101.

¹²⁶ A.e., s. 119-121.

¹²⁷ A.e., s. 119.

İKİNCİ BÖLÜM

ARİSTOTELES'TEN 20. YY'A KADAR ATOMCULUKLA İLİŞKİLİ TARTIŞMALAR

1. Orta Çağ'da Atomculuk Tartışmaları

Aristoteles sonrasında Demokritos'un atom teorisi Antik Yunan filozoflarından Epiküros (M.Ö. 341-270) ve onun takipçilerinden Romalı şair ve filozof Lucretius (M.Ö. 95-55) tarafından benimsenmiştir. Demokritos'un fikirlerinin Yeniçağ'a aktarılması da bu filozofların yapıtları aracılığıyla gerçekleşmiştir. Demokritos'un öğretisini neredeyse olduğu gibi benimseyen Epiküros, ondan iki noktada ayrılmıştır: (1) Atomların biçimleri sınırlı sayıda olmakla birlikte bu miktar belirlenememektedir. (2) Atomlar, insan algısından bağımsız olarak, ağırlık taşımaktadırlar.¹²⁸

Epikürcüler, temel kavramlarını benimsedikleri atom teorisine “doğal gereklilik” (natural necessity) teorisini eklemiştir. Onların bu fikri, ilerleyen zamanlarda doğa biliminde önemli bir rol oynamıştır. Bu teoriye göre atomların hareketleri Sevgi veya Nefret gibi güçler tarafından bir zar atımı gibi rastgele değil, doğa yasaları veya kör zorunlulukla belirlenmektedir.¹²⁹

Aristoteles öğretisinin hâkim olduğu Orta Çağ'da, Melsen'in belirttiği üzere, atomculuk çok az destekçi bulabilmiştir. Bunlar arasında en iyi bilineni ise Autrecourt Nicholas'dır (1299-1369). Melsen'e göre Orta Çağ'da atomculuğun fazla etki yaratamamasının iki nedeni vardır: 1) Demokritos'un sistemi, Hristiyan karşıt materyalizmle ilişkili görülmekteydi. 2) Orta Çağ'da fiziksel açıklamaya ihtiyaç duyulduğunda Aristoteles'in minima teorisi atomculuk kadar çok olasılık sunuyor olduğundan yeterince tatmin edici bulunuyordu. Diğer bir ifadeyle, Orta Çağ düşünürlerinin atomculuğu minima teorisine tercih etmeleri için yeterli bir neden bulunmamaktaydı. Nitekim 17. yüzyılda atomculuğun yeniden canlanmasının nedeni

¹²⁸ Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 275-276.

¹²⁹ Heisenberg, Werner. Nuclear Physics. New York: Philosophical Library, 1953, s. 4.

de korpüsküler (parçacıkçı) teorilerden yararlanma arzusu değildir.¹³⁰ Öyle anlaşılmaktadır ki bu gelişme Aristoteles fiziğine karşı duruşun bir sonucudur.

16. yüzyılda, Rönesans dönemi filozoflarından Giordano Bruno (1548-1600) içinde hem Demokritos'un atom teorisinden hem de Aristoteles'in minima teorisinden izler taşıyan, özgün felsefi sistemi içerisinde geliştirdiği teorisiyle saf bir atomculuğun temsilcisi olarak nitelendirilemez ancak atomculuğun yeniden canlandırılmasına imkân sağlamış değerli bir isimdir.¹³¹ Ayrıca daha sonra incelenecek olan Leibniz'in monodolojisine de ilham verdiği düşünülmektedir. Melsen için Bruno'nun çalışmaları, her ne kadar tarihte iz bırakmamışlarsa da sadece, binlerce yıldır hâkim olan Aristotelesçi düşünce çerçevesinin kırılmasına sunduğu katkı nedeniyle bile önemli sayılmalıdır. Yine 16. yüzyılın sonu ile 17. yüzyılda yaşamış ve atomculuğun yeniden canlanmasının önünü açmış bir başka düşünür filolog Eilard Lubin (1565-1631) olmuştur. Lubin çoğunlukla peripatetik argümanların çürütülmesine yönelik eserler kaleme almış, felsefi atomculuğu desteklemiştir.¹³²

2. 17. yy'dan 18. yy'a Atomculuk Üzerine Felsefi Tartışmalar

Başlangıcı Antik Yunan'a dayanan atom kavramının tarihsel gelişiminde 17. yüzyıl iki sebepten dolayı büyük öneme sahiptir: İlk neden bu yüzyılda Demokritos'un atomculuğunun iki bin yıl süren uzun bir aradan sonra yeniden canlandırılmış olması ve ardından Descartes'ın, Demokritos'un atom teorisine ile birtakım ortak özellikler taşıyan özgün bir korpüsküler (parçacık) teorisinin ortaya çıkışıdır. Bu sayede yaklaşık iki bin yıl etkisini sürdürmüş olan Aristotelesçi varlık öğretisinin hâkimiyetini yitirdiği söylenebilir. Bu yüzyılı önemli kılan ikinci ve esas neden ise deneysel temellere sahip bilimsel bir atom teorisinin ortaya çıkışının başlangıç noktasını oluşturmasıdır.¹³³ Leukippos ve Demokritos için dünyanın bir bütün olarak anlaşılmasına ve gözlemlenebilir gerçekliğin izahının yapılmasına olanak sağlayan bir araç olan atom

¹³⁰ Melsen, Andrew G. van. *From Atomos To Atom: The History of the Concept Atom*. Dover Publications, 2004, s. 78.

¹³¹ A.e.

¹³² A.e.

¹³³ A.e., s. xi.

kavramı, 17. yüzyıldan itibaren yapılan çalışmalar ile cansız maddenin davranışını anlamının bir aracı hâline gelmiştir.¹³⁴

Orta Çağ'da, Aristoteles felsefesinin Hristiyan bakış açısına göre yorumunun şekillendirdiği ve bir süre sonra artık tartışılmaz hâle gelen gerçeklik anlayışı nedeniyle maddi doğa, uzun bir süre insanlığın ilgisini çekmemiştir. Antikçağın ihmal edilmiş düşünce eğilimlerini canlandırmaya yönelik çalışmalar ortaya koyan ilk filozoflardan birisi Pierre Gassendi'dir (1592-1655). O hem Galileo Galilei'nin (1564-1642) hem de Johannes Kepler'in (1571-1630) çağdaşı olarak fikirlerinin etkisini, yeniden canlanmakta olan bir doğa biliminin ilk başarılarını görme imkânına da sahip olmuştur.¹³⁵

Gassendi de dâhil olmak üzere yeni doğa biliminin ilk temsilcileri, Aristoteles'in otoritesine karşı çıkmış ve klasik dönemin diğer filozoflarına yönelmişlerdir. Gassendi, Demokritos'un materyalist bir zemine oturan öğretisini benimsemiş, o da dünyanın bölünmez birimlerden, görünmeyecek kadar küçük parçalardan yani atomlardan inşa edildiğini savunmuştur. Evrendeki çeşitliliği atomların diziliş ve hareketlerinin bir ürünü olarak gören Gassendi, atom teorisi yardımıyla, fiziksel fenomenlerin daha somut ve anlaşılabilir hâle getirilebileceğini iddia etmiştir.¹³⁶ Denkel ise onun, molekül kavramını ortaya atmak dışında bir katkısı olmadığını düşünmektedir. Gassendi, Leukippos ve Demokritos'tan farklı olarak atomların devinimini başlatan gücün Tanrı olduğunu öne sürmüştür.¹³⁷

Dönemin bir diğer filozofu Rene Descartes (1596-1650) her ne kadar atomculuk konusunda gelişmekte olan anlayışa bazı eleştiriler getirmişse de asıl ününü modern bilimin inşasında oynadığı rolden almıştır. Batı düşüncesinde 1680'li yıllara kadar Descartes'in fizik teorisi hâkim olmuştur.¹³⁸ Öyle ki klasik fizikte evren, kartezyen düşünceye bağlı kalınarak, var olan her şeyin uzay içindeki konumlarının ve

¹³⁴ Heisenberg, Werner. Nuclear Physics. New York: Philosophical Library, 1953, s. 6.

¹³⁵ A.e., s. 5.

¹³⁶ A.e.

¹³⁷ Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 277.

¹³⁸ Çevikbaş, Selahattin. Leibniz ve Felsefesi Mantık, Fizik ve Metafizik. Konya: Çizgi Kitabevi, 2006, s. 237.

zaman içindeki değişimlerinin tam bir kesinlikle belirlenebileceği, böylece eldeki verilerle tüm olguların öngörülebileceği şekilde, tıpkı bir makine gibi tasarlanmıştır.¹³⁹

2.1. René Descartes (1596-1650)

Descartes'ın düşünceleri incelendiğinde, Aristoteles'in varlık öğretisiyle büyük benzerlikler taşıdığı görülmektedir. Descartes'a göre asıl cisimlerin, maddesel şeylerin tözünü, uzunluk, enlilik ve derinlikçe uzamlılık niteliklerini taşıyan bir töz oluşturmaktadır.¹⁴⁰ Uzamlı bir cisim, sertlik, ağırlık gibi, duyularla algılanan niteliklerin hiçbirine sahip olmasa dahi var olma özelliğini kaybetmez. Yani bir cismin var olmasının şartı, duyularla algılanan özellikleri değildir: “... özdek ya da cismin özünü sert, ağır, renkli olması değil, yalnız uzunluk, enlilik ve derinlikçe uzamlı olması oluşturur”.¹⁴¹ Bir cismin uzamını kaybetmesi mantıksal ve metafizik olarak imkânsızdır çünkü bu kabul cismin yok olması anlamına gelmektedir. Madde ve uzam (yani uzay), tıpkı Aristoteles'in öğretisinde olduğu gibi Descartes'ın öğretisinde de cisimlerin en temel belirlenimi durumundadır.¹⁴²

Descartes cisimlerin özüne dair ortaya koyduğu fikirlerinin, yani kendi deyimiyle cisimlerin özüne dair gerçeğin, apaçık bir şekilde anlaşılmasının önünde iki engel olduğunu söyler: Bunlar, cisimlerin yoğunluğuna ve boşluğun varlığına dair kanılardır: (1) Yoğunluğa ilişkin kabul: fazla olan cisimler daha az uzama sahiptir; yoğunluğu az olan yani seyrek cisimler daha fazla uzama sahiptir. (2) Boşluğun (boş yerin) var olduğuna ilişkin kabul: “Yalnız uzunluk, enlilik ve derinlikçe bir uzam olduğu söylenilen bir yerde, bir cisim değil, ancak yalnızca bir yer (mekân) ve hatta hiçbir şey olmadığı kolayca anlaşılabilen, boş bir yer bulunduğu belirtiliyor.”¹⁴³

Descartes için yer¹⁴⁴ (lieu/place/point) ve mekân (espace/space) kavramları birbirinden farklı anlamlar taşır. Bunu şu şekilde ifade eder: “Yer, büyüklük ve şekilden

¹³⁹De Broglie, Louis. Yeni Fizik Kuvantumları. Çeviren Yakup Şahan. İstanbul: Kabalcı Yayınevi, 1992, s. 14.

¹⁴⁰Descartes, René. Felsefenin İlkeleri. İstanbul: Say Yayınları, 2007, s. 104.

¹⁴¹A.e., s. 105.

¹⁴²Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 248-249.

¹⁴³Descartes, a.g.e., s. 105-106.

¹⁴⁴Newton yeri, bir cismin doldurduğu bir uzay parçası olarak tanımlar. Bkz. Newton, Isaac. Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri. Çeviren Aziz Yardımlı. İstanbul: İdea Yayınevi, 1998, s. 71.

*çok, daha kesin olarak, durumu gösterir; hâlbuki mekân deyince, tam tersine daha çok büyüklük ve şekli düşünürüz.”*¹⁴⁵

Descartes, mekân ile cismin uzamının aynı şeyler olduğunu düşünür ve bu sebeple boşluğun varlığını Aristoteles gibi hatta ondan daha kuvvetli bir şekilde reddeder: “*Filozofların anladığı anlamda bir mekân, yani içinde bir töz bulunmayan bir mekânın dünyada var olmadığı açıktır*”. Descartes cisimlerin töze sahip oluşlarını uzamlı oluşlarıyla, mekânın töze sahip oluşunu ise içerisinde uzam oluşuyla açıklamış,¹⁴⁶ Aristoteles gibi o da nesnenin uzamının nesneden ayrılamaz bir tekillik olduğunu öne sürmüştür.¹⁴⁷

Descartes’a göre boşluk kelimesinin kullanım amacı ile anlamı farklıdır. Çünkü bir yer boştur şeklindeki bir ifade, o yerin gerçekten boş olduğu yani o yerde hiçbir şey bulunmadığı anlamına gelmez. Örneğin boş olduğu söylenen bir bardağın içi aslında hava ile doludur. Bir cismin içinde hava gibi duyularla algılanmayan bir madde olduğunda o cismin boş olduğunun söylenmesi yani havanın bir cisim olduğu veya bir töze sahip olduğunun yadsınması Descartes’a göre büyük bir yanlışlıştır.¹⁴⁸

Evrendeki hareketin kaynağının yani hareketin ilk nedeninin Tanrı olduğunu öne süren¹⁴⁹ Descartes’ın düşüncesine göre evreni oluşturan uzamlı madde sınırsızdır; tüm evren aynı maddeden oluşmuştur.¹⁵⁰ Descartes, atomların bölünmez olduğu düşüncesine karşı çıkar. Ona göre uzamlı olan her şey, ne kadar küçük olursa olsun, bölünebilme özelliğini zorunlu olarak taşımaktadır.¹⁵¹ Melsen’in aktardığına göre, Descartes, cismin nihai doğasının duyular ile algılanamayacak kadar küçük, farklı büyüklük ve şekiller taşıyan hareketli parçacıklar olduğunu öne süren Demokritos’un atom teorisinin önemini yadsımamıştır. O, Demokritos’un teorisine, atomların bölünmezliği, boşluğun varlığının kabulü ve atomlara ağırlık atfettiği için karşı çıkmıştır. Ona göre Demokritos’un teorisi, tek tek (individual) şeylerin, parçacıkların bir araya gelmesi sonucunda nasıl ortaya çıktığını göstermemekte, onun öne sürdüğü

¹⁴⁵ Descartes, a.g.e., s. 110.

¹⁴⁶ A.e., s. 110-111.

¹⁴⁷ Denkel, Arda. İlkçağ’da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 249.

¹⁴⁸ Descartes, a.g.e., s. 111.

¹⁴⁹ A.e., s. 125.

¹⁵⁰ A.e., s. 113.

¹⁵¹ A.e.

sebepler arasında kısmen de olsa iç uyumu bulunmamaktadır.¹⁵² Bu düşünceleri onu, evrenin başlangıcında tüm maddelerin eşit büyüklükte parçacıklara bölünmüş olduğu, sürekli hareket hâlinde ve tüm boşluğu dolduran parçacıkların kabulüne dayanan bir parçacık teorisine götürmüştür.¹⁵³

2.2. Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)

Orta çağda Aristotelesçi filozoflar, maddi dünyanın tözlerden oluştuğunu ve bunların ayırt edici özellikleri ile davranışlarının kaynağının formları olduğunu düşünmekteydiler. Diğer bir deyişle, bu filozoflara göre cisimler ancak belirli bir tözsel form ile varlık kazanmaktaydılar.¹⁵⁴

17. yüzyılda felsefede hâlâ skolastik öğreti önemini korumaktaysa da dönemin bazı bilim insanları ve filozofları için Aristotelesçiliğin yerine geçebilecek yeni bir felsefe geliştirmek önemli bir hedef durumundaydı.¹⁵⁵ Bu hedefe bağlı çalışmaların bir sonucu olarak değerlendirilebilecek ve skolastik öğretinin yavaş yavaş yerini almaya başlayacak olan mekanistik anlayışa göre cisimlerin varoluşlarını formları değil uzayda kapladıkları yer belirlemektedir.¹⁵⁶

Gottfried Wilhelm Leibniz de skolastik felsefe ağırlıklı bir eğitim almış fakat 1680'lerde kurmaya başladığı felsefi sisteminde mekanik atomizmi seçerek skolastik felsefeyi terk etmiştir.¹⁵⁷ Leibniz, kendisini Aristoteles'in etkisinden kurtardığında, akla en yatkın görünen düşünce olan atomları ve boşluğu kabul ettiğini fakat bu konu üzerine çokça çalıştıktan sonra gerçek bir birliğin ilkelerini maddede ya da edilgin olanda bulmanın imkânsız olduğuna kanaat getirdiğini belirtmiştir. Çünkü edilgin ve sonsuza değin bölünebilir olan madde, yalnızca içindeki sonsuzca bölünebilen parçaların toplamıdır. Leibniz'e göre söz konusu gerçek birliklere ulaşabilmek için tözsel formlara sahip olan formel atomlara başvurmak gerekmektedir.¹⁵⁸

¹⁵² Melsen, Andrew G. van. *From Atomos To Atom: The History of the Concept Atom*. Dover Publications, 2004, s. 98.

¹⁵³ A.e., s. 95

¹⁵⁴ Çevikbaş, Selahattin. *Leibniz ve Felsefesi Mantık, Fizik ve Metafizik*. Konya: Çizgi Kitabevi, 2006, s. 216.

¹⁵⁵ A.e., s. 17.

¹⁵⁶ A.e., s. 216.

¹⁵⁷ A.e., s. 59.

¹⁵⁸ Russell, Bertrand. *A Critical Exposition of the Philosophy of Leibniz*. New York: Routledge, 1992, s. 290.

Leibniz, klasik atom görüşünü, boşluğu ve uzaktan hareketi (action at a distance) reddetmiştir. Russell, onun atomları reddetme gerekçesini oldukça geçerli bulduğunu belirtir. Leibniz'e göre, uzamlı atom (extended atom) parçalardan oluşur, uzam (extension) ise bir yineleme (repetition) olduğundan, maddenin bileşiminin (composition of matter) metafizik bir çözümünü karşılayamaz. Atomun mükemmel bir şekilde katı olması hareket yasalarına ters düştüğünden Leibniz atomun mükemmel bir şekilde elastik olması ve "ince sıvı" (subtle fluid) içermesi gerektiğini öne sürer.¹⁵⁹

Boşluğun reddi konusunda Leibniz'in dayanağı metafizik mükemmellik olarak adlandırdığı argümanıdır. Leibniz boşluğun varlığının akla yatkın olduğunu itiraf etmekle birlikte, Tanrı'nın maddeyi boş yer (room) bulunan her yere, başka hiçbir şeye zarar vermeden yerleştirmiş olabileceğini de öne sürmüştür. Leibniz'e göre varlıkların miktarı ne kadar çok artarsa o kadar iyi olacağından Tanrı yaratma fırsatını asla ihmal etmeyecektir. Bu nedenle her yerde madde vardır; her yer varlıkla doludur.¹⁶⁰ Russell'ın aktardığına göre John Locke (1632-1704), maddenin hareket edebilmesi için boş uzayın var olması gerektiğini, aksi takdirde hareketin, yersizlikten ötürü mümkün olamayacağını belirtmiştir. Buna karşılık Leibniz, eğer madde akışkan olursa bu zorluğun ortadan kalkacağını savunmuştur.¹⁶¹

Leibniz'e göre atomcu filozoflar atomların cisimleri nasıl oluşturduğunu açıklamakta başarılı olamamışlardır. Evrende yalnız atomların ve boşluğun var olduğunu savunan atomcu düşünce, atomların birbirlerine nasıl bağlandıklarını çekim kuvveti ve atomların sahip oldukları çengel, kanca benzeri parçalar ile açıklamaya çalıştığında, ortaya çözülmesi gereken yeni problemler çıkmaktadır. Atomların birbirlerine tutunmalarını sağlayan parçalarının olması, onların bölünemez olduğu iddiasıyla çelişmektedir. Nitekim atomların, atomcuların iddia ettiği gibi farklı biçimlere sahip olduğunun kabulü, atomların ayırt edilebilir parçalara sahip olduğu anlamına geldiğinden tanımladıkları şekliyle atomun varlığını imkânsız kılmaktadır. Bu nedenlerledir ki Leibniz, maddenin sonsuza değin bölünebilir olduğunu savunarak

¹⁵⁹ A.e., s. 108.

¹⁶⁰ A.e.

¹⁶¹ A.e., s. 109.

maddi atomculuğa karşı çıkmıştır. Nitekim Leibniz, varlığı meydana getiren tözlerin uzayda varolamayacaklarını düşünmektedir.¹⁶²

Mükemmel bir katılıkta olan atomun girilemezlik, bölünemezlik gibi özellikleri, onu elastikiyetten yoksun kılması sebebiyle herhangi bir çarpışma durumunda aniden yön değiştirecek ve süreklilik ilkesini ihlal edecektir. Doğanın atlamalar ve sıçramalarla hareket etmediğini düşünen Leibniz, evrendeki sürekliliği açıklamak için gerçekliğin uzamsız monadlardan kurulduğu şeklindeki metafiziksel teorisini oluşturmuştur.¹⁶³

Leibniz'in **Monadoloji**¹⁶⁴'sinde evrenin tözünü ifade etmede kullandığı "monad" kavramı ilk olarak İtalyan filozof Giordano Bruno tarafından 16. yüzyılda "şeylerin ögeleri"ni nitelemek için kullanılmıştır.¹⁶⁵ Leibniz'in anladığı biçimiyle "monad" ile atomcu filozofların "atom"u arasında birtakım benzerlikler olsa da bu iki kavram birbirine karıştırılmamalıdır. Leibniz için monadlar, atomlara benzer olarak bölünmez ve parçasızdır fakat herhangi bir biçim ve uzam taşımamaktadırlar.¹⁶⁶ Uzamsız metafiziksel noktalar olarak tanımladığı monadların nasıl olup da uzamlı cisimleri oluşturabildiği sorusuna o, uzamın indirgenebilir ve görelî bir kavram olduğu ve bu sayede çokluk, süreklilik gibi şeylere indirgenebilir olduğu şeklinde, pek de net olmayan bir yanıt vermiştir.¹⁶⁷

Leibniz, Descartes'ın varlık anlayışını eleştirmiş ve birçok noktada ona karşı çıkmıştır. Çevikbaş'a göre Leibniz'in fizik felsefesi, onun Descartes eleştirisinin bir sonucudur. Leibniz, uzamın, cisimlerin temel niteliklerinden biri olduğunu kabul etmesine karşın Descartes'ın uzamın cismin özünü oluşturduğu savını reddetmiştir.¹⁶⁸ Leibniz'e göre, maddenin özünü "uzam" değil "güç" oluşturmaktadır.¹⁶⁹

Leibniz'in neden ve sonuç eşitliği ilkesini ihlal ettiği gerekçesiyle Descartes'a yönelik eleştirisini içeren "A Brief Demonstration of Notable Error of Descartes's and

¹⁶² Çevikbaş, Selahattin. Leibniz ve Felsefesi Mantık, Fizik ve Metafizik. Konya: Çizgi Kitabevi, 2006, s. 247-248.

¹⁶³ A.e., s. 251.

¹⁶⁴ Leibniz, G. W. (2011). Monadoloji/Metafizik Üzerine Konuşma. Çev. Atakan Altınörs, Ankara: Doğu Batı Yayınları. Ayrıca İngilizcesi

¹⁶⁵ Timuçin, Afşar. Leibniz'in Felsefesi Metafizik Üzerine Konuşma. Bulut Yayınları, 2010, s. 37.

¹⁶⁶ Copleston, Frederick. Leibniz. Çeviren Aziz Yardımlı. İstanbul: İdea Yayınevi, 2013, s. 39.

¹⁶⁷ A.e., s. 43.

¹⁶⁸ Çevikbaş, a.g.e., s. 239.

¹⁶⁹ Timuçin, a.g.e., s. 37.

Others Concerning a Natural Law”¹⁷⁰ adlı eseri, vis viva (canlı kuvvet) tartışmasına yol açmıştır.¹⁷¹ Leibniz’in vis viva teorisi, kinetik enerji kavramının ve termodinamiğin kurulmasını sağlamıştır.¹⁷² Leibniz, maddedeki vis viva’nın karşılığını monadada bulduğundan, teorisini bu fikir üzerine kurmuş, maddenin temel ögesinin monad olduğunu savunmuştur. Nutku’ya göre, Leibniz’in teorileri, içerdiği bu tür metafiziksel savlara rağmen, Newtoncu mekaniğin mutlak uzay kavramına yönelik eleştirileri ve hareketin göreliliği üzerine ortaya koyduğu fikirleri sebebiyle modern fizikteki görelilik teorisinin ve kuantum teorisinin ortaya çıkışında etkili olmuştur.¹⁷³ Agassi’ye göre Reichenbach’ın da fark etmiş olduğu üzere Leibniz Einstein üzerinde derin bir iz bırakmıştır. Bu durum onun 1953’te Max Jammer’in “Concepts of Space” (Uzay Kavramları) adlı kitabına yazmış olduğu önsözde açık bir şekilde görülmektedir.¹⁷⁴ Einstein bu önsözde, Leibniz’in teorilerinin Newton’a olan üstünlüğünü açıklamış, ancak onun teorilerini, sezgisel olarak iyi kurulmuş olmalarına rağmen Newton’a göre yeterli olmayan argümanlarla desteklenmiş olmaları sebebiyle eleştirmiştir.¹⁷⁵

Yaşadığı dönemde bilgi teorilerinin hâkim olmasına karşın Leibniz, ortaya koyduğu monadlar teorisiyle ontolojik bir çalışma gerçekleştirmiş, böylece Nutku’nun ifadesiyle bilgi düzeni ile varlık düzeni arasındaki bağları ortaya çıkarmayı amaçlamıştır.¹⁷⁶

Leibniz’in ifadesiyle monad; birleşik şeylere giren, parçaları olmayan, basit tözdür.¹⁷⁷ O, birleşik şeylerin var olmasından yola çıkarak, bunları oluşturan basit tözlerin de var olması gerektiği sonucuna ulaşmıştır. Monadlar parçasız oldukları için yer kaplama, şekil ve bölünebilirlik gibi özellikleri de yoktur. Dolayısıyla Leibniz

¹⁷⁰ “Descartes ve Diğerlerinin Doğal Bir Yasaya İlişkin Dikkate Değer Hatasının Kısa Bir Gösterimi”

¹⁷¹ Leibniz’in 1676-1689 yılları arasında önerdiği bu canlı kuvvet teorisi, Newton ve Descartes’in savunduğu momentumun korunumu teorisini eleştirmektedir.

¹⁷² Nutku, Uluğ. «Leibniz’in Monadlar Teorisinin Tarihi Önemi.» Felsefe Arkivi 0, no. 22-23 (1981): 143-159, s. 144.

¹⁷³ A.e.

¹⁷⁴ Agassi, Joseph. «Leibniz’s Place in the History of Physics.» Journal of the History of Ideas, 1969: 331-344.

¹⁷⁵ Jammer, Max. Concepts of Space The History of Theories of Space in Physics. New York: Dover Publications, 1993, s. xvi.

¹⁷⁶ Nutku, a.g.e., s. 145.

¹⁷⁷ Leibniz, G. W. Monadoloji ya da Felsefenin İlkeleri. İstanbul: Biblos Yayınları, 2009, s. 7.

için, doğanın esas atomları, şeylerin ögeleri, monadlardır.¹⁷⁸ Monadlar ezeli ve ebedi niteliktedirler; doğaları gereği başlangıcı olmayan ve yok olamayacak unsurlardır. Çünkü başlangıcı olan şeyler, birleşme ile meydana gelen birleşik şeylerdir. Ortadan kalkma ise, şeyin parçalarının ortadan kalkmasıyla gerçekleşir. Basit tözler parçaları olmamaları nedeniyle birleşmeyle bir araya gelmez ve ortadan kalkma ile yok olmazlar.¹⁷⁹ Ancak tanrının dilemesiyle bir anda var olabilir ve yine onun dilemesiyle bir anda yok olabilirler.¹⁸⁰

Monadların herhangi bir varlık tarafından iç yapısının değişikliğe uğratılması mümkün değildir. Dış etkenlerden ve birbirlerinden etkilenmezler çünkü içlerine bir şey girmesine imkân tanıyan pencereleri yoktur. Dış etkenlerle değişikliğe uğrama durumu yalnızca birleşiklerde olur. Leibniz, skolastik filozofların töz iline ayrımına da değinir: Ona göre ilinekler ne tözlerden ayrılabilir ne de tözlerin dışında var olabilir. Buna göre monadlara dışarıdan bir tözün ya da ilineğin etkisi olamaz.¹⁸¹

Nutku'ya göre Leibniz'in monad teorisinin modern bilimle örtüşmeyen birtakım yanları bulunmaktadır. Örneğin, Leibniz'in teorisine göre psişik ve bölünemez bir yapıya sahip olan monad, modern bilimin maddi ve bölünebilir atom kavramıyla uyumsuzdur. Bölünemez olduğu varsayılan evrenin kurucu ögesi atomun, bölündükten sonra ortaya çıkardığı zincirleme reaksiyon ve enerji dönüşümü, ona göre, eski filozofların hiç düşünmediği bir olgudur. Bu olgu, Leibniz'in temel ögeleri olan monadların birbirini etkilemediği savıyla çelişmektedir. Her hâlükârda Leibniz'in felsefesi ile modern bilim arasındaki çelişkiler, onun bilime ve bilim felsefesine sağladığı katkıları gölgeleyememiş, Leibniz dünya felsefe ve bilim tarihinin gördüğü en etkileyici şahsiyetlerden biri olma niteliğini bugüne kadar korumuştur.¹⁸²

Monadlar, her ne kadar biçim ve nicelik bakımından ayırt edilemez olsalar da Leibniz'in ayırt edilemezlerin özdeşliği ilkesi gereğince niteliksel olarak, diğer bir deyişle, sahip oldukları algı (perception) ve itki (appetition) özellikleri açısından birbirlerinden ayrılırlar.¹⁸³ Niteliğe sahip olmayan bir şeye varlık denmesi mümkün

¹⁷⁸ Leibniz, G. W. Monadoloji ya da Felsefenin İlkeleri. İstanbul: Biblos Yayınları, 2009, s. 7.

¹⁷⁹ A.e., s. 7-8.

¹⁸⁰ Nutku, Uluğ. «Leibniz'in Monadlar Teorisinin Tarihi Önemi.» Felsefe Arkivi 0, no. 22-23 (1981): 143-159.

¹⁸¹ Leibniz, a.g.e., s. 8.

¹⁸² Nutku, a.g.e., s. 143.

¹⁸³ Copleston, Frederick. Leibniz. Çeviren Aziz Yardımlı. İstanbul: İdea Yayınevi, 2013, s. 40.

değildir. Doğada aralarında ayırt edici bir fark bulunmayan iki varlık olamayacağına göre monadlar da birbirlerinden farklı olmak zorundadırlar. Monadların niteliksel farkları, şeylerdeki değişimi mümkün kılar.¹⁸⁴

Monadlar her ne kadar birbirlerinden bağımsız olsalar da aralarında mükemmel bir harmoni (mütekabiliyet, karşılıklılık) vardır. Leibniz, yaratılmış her varlık gibi monadların da sürekli değişikliğe uğradıklarını belirtir. Dış etkenler monadların iç yapısında değişikliğe neden olamayacağı için monadlardaki değişimler bir “iç ilke”den kaynaklanmaktadır.¹⁸⁵ Nutku, Leibniz’in monadlarında değişim ilkesiyle ayrışma ilkesinin bir arada bulunmasının her monadın birbirinden nitelik bakımından farklı olmasını ve ayrıca bu monadlar çeşitliliğinde her monadın tekliğini sağladığını belirtir. Monadda gerçekleşen iç değişim, birlikte çokluk anlamını taşır çünkü monadın içindeki değişimler basitin içindeki ayrışmalardır. Bu durumun sonucu olarak her monad, hiçbir parçası olmamasına rağmen kendinde, etkilenebilirlik ve ilgiler çokluğu barındırır.¹⁸⁶

Leibniz’in felsefesindeki önemli kavramlardan biri olan “algı”, birlikteki çokluğu içeren ve onu temsil eden geçici bir hâldir. Leibniz, algı’nın bilinç ile yani tam algıyla karıştırılmaması gerektiğini vurgulayarak, Kartezyen felsefenin en büyük yanlışlığının bu ayrımı yapamamak olduğunu belirtir. Descartesçi düşüncede farkına varılamayan algılar hesaba katılmamış, yalnız ben’i düşünmeyi¹⁸⁷ ele almışlardır. Dolayısıyla Kartezyen düşüncede sadece akıl monad olarak kabul edilir. Bu düşüncenin savunucuları, ne hayvanların ruhlarının ne de başka “entelegkheia”ların olduğuna inanmaktadırlar. Onların, hayvanları birer makine sanmalarının altında bu yanlış yatmaktadır.¹⁸⁸ Aristoteles tarafından geliştirilen fakat tam bir tanımla yapılmamış “entelegkheia” kavramı hakkında Ekren şu açıklamayı yapmaktadır:

“Yunanca ‘amaç’ anlamına gelen **telos** kök sözcüğünden Yunanca’da günlük dilde ‘tam’, ‘yetkin’, ‘bütünüyle gelişmiş’ anlamlarına gelen **enteles** sıfatı türetilmiştir. Bu sıfata yine Yunanca ‘kalmak’, ‘korumak’ yahut ‘varlığını

¹⁸⁴ Leibniz, G. W. Monadoloji ya da Felsefenin İlkeleri. İstanbul: Biblos Yayınları, 2009, s. 8-9.

¹⁸⁵ A.e., s. 9.

¹⁸⁶ Nutku, Uluğ. «Leibniz’in Monadlar Teorisinin Tarihi Önemi.» Felsefe Arkivi 0, no. 22-23 (1981): 143-159, s.145-146.

¹⁸⁷ A.e., s. 146.

¹⁸⁸ Leibniz, a.g.e., s. 10.

sürdürmek’ anlamındaki ‘olmak’ fiili **eksein** eklenerek ‘eksiksizlik’, ‘tamlık’ yahut ‘yetkinlik’ anlamlarına gelen **entelekheia** sözcüğü türetilmiştir.”¹⁸⁹

Bir algıdan başka bir algıya geçiş, appetitio (istek duyma) olarak adlandırılan iç ilke etkinliğiyle gerçekleşir. Bu istek, yöneldiği algının tümüne her zaman ulaşamayabilirse de bir kısmına ulaşır ve böylece ondan bir şeyler elde ederek yeni algılara varır.¹⁹⁰ Algı, makinelerde ya da birleşik tözlerde bulunmaz; yalnızca basit tözlerde bulunur. Bu nedenle Leibniz, algı ve algıya bağlı değişimlerin şekil ve hareket gibi mekanik nedenlerle açıklanamayacağını belirtir.¹⁹¹

Monadlar, kendi içlerinde yetkinliğe (ekhousi to enteles) ve kendine yeterliğe (autarkeia) sahip olduklarından entelegkheia olarak da adlandırılabilirler. Leibniz, monadların iç etkinliklerinin kaynağını kendinde barındırması sebebiyle onları cisimsiz otomatlara benzetir.¹⁹²

Her monad geleceği içinde taşır; monadda gerçekleşen doğal bir sürecin sonucu olarak, monadların her hâli, bir önceki hâlinin devamıdır ve her algı başka bir algıdan, her hareket başka bir hareketten doğar.¹⁹³

Monadlar, seçik algıları olan aktif monadlar ve bulanık algıları olan pasif monadlar olmak üzere ikiye ayrılır. Aktif monadlar diğer varlıklar üzerinde “etkide bulunma” yetkinliğine sahiptir. Pasif monadlar ise bu tür bir yetkinliğe sahip olmaması sebebiyle “etkilenen” varlık durumundadırlar. Leibniz’e göre bir varlık diğer bir varlıkta olup biteni apriori olarak açıklayabilecek şeyi kendinde bulunduruyorsa yetkin olarak adlandırılır. Bir varlıkta olup biteni açıklamak onun üzerinde etkide bulunmak demektir ve bu durum o varlığın diğerinden daha yetkin olduğunu gösterir.¹⁹⁴

Monadlar birbirleri üzerinde sadece Tanrı müdahalesiyle etkide bulunabilirler. Leibniz, varlıklar arasındaki aktiflik ve pasiflik durumunun karşılıklı olduğunu belirtir. Monadlar dış etkilere kapalı olduklarından yani bir monadın iç yapısına dışarıdan fiziksel bir etkide bulunulamayacağından onlar aralarındaki bağ aktiflik ve pasiflik durumları üzerinden sağlanır. Tanrı, monadları yaratırken onları bir arada tutabilmek

¹⁸⁹ Ekren, Uğur. Aristoteles'te Mekân ve Hareket (Doktora Tezi). İstanbul, 2004, s. 59.

¹⁹⁰ Leibniz, G. W. Monadoloji ya da Felsefenin İlkeleri. İstanbul: Biblos Yayınları, 2009, s. 11.

¹⁹¹ A.e., s. 12.

¹⁹² A.e., s. 13.

¹⁹³ A.e., s.13-14

¹⁹⁴ A.e., s. 15.

için her birine zorunlu nedenler yüklemiştir. Buna göre her bir monad belirli yönlerden aktif, belirli yönlerden pasiftir.¹⁹⁵

Monadların birbirlerini açıklayan bağlara sahip olması, her birini evrenin yaşayan bir aynası konumuna getirir¹⁹⁶. Monadların her biri farklı bir bakış açısına sahiptir; her biri evrenin farklı görünümleridir.¹⁹⁷

2.3. Immanuel Kant (1724-1804)

Alman filozof Immanuel Kant'ın profesörlük takdim tezi olarak Latin dilinde kaleme aldığı üç eserden ikincisi olan Fiziksel Monadoloji'dir (Monadologiam Physicam).¹⁹⁸ Bu eser, yayımlandığı dönemde Kant'ın beklediği ilgiyi görmemiş olsa da onun doğa felsefesinin iyi bir şekilde anlaşılması hususunda önemli bir yere sahiptir. Onun bu çalışmasıyla orijinal bir madde teorisi ortaya koyduğu düşünülmektedir.¹⁹⁹ Kant'ın, Leibniz ve onun takipçisi Christian Wolff'un (1679 – 1754) metafizikleri ile Isaac Newton'un doğa felsefesi arasında bağlantı kurduğu bu eserinde, Newton'un etkisinin daha baskın olduğu görülmektedir. Bunun yanında eser, hocası Martin Knutzen'in (1713 – 1751) düşüncelerinden de izler taşımaktadır.²⁰⁰

Kant'a göre, fizik tek başına kendi ilkelerini temellendirememekte, özellikle de geometrinin ve metafiziğin çelişkili teoremlerine çözüm bulmakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle o, monadolojisinde, doğa felsefesindeki uzayın (space) sonlu ya da sonsuz bölünebilirliği, boşluğun varlığı, çekim kuvveti gibi spekülasyonların yalnızca metafiziksel, diğer bir deyişle, matematiksel ve deneysel olmayan bir madde teorisi ile ortadan kaldırılabileceğini, bu sayede de matematiksel ve deneysel bir fiziğin gelişimi için bir temel oluşturulabileceğini göstermeyi amaçlamıştır. Nitekim Kant'a

¹⁹⁵ Leibniz, G. W. Monadoloji ya da Felsefenin İlkeleri. İstanbul: Biblos Yayınları, 2009, s. 23-24.

¹⁹⁶ Nutku, Uluğ. «Leibniz'in Monadlar Teorisinin Tarihi Önemi.» Felsefe Arkivi 0, no. 22-23 (1981): 143-159, s. 147.

¹⁹⁷ Leibniz, a.g.e., s. 25.

¹⁹⁸ Kant, Immanuel. «Physical Monadology.» Theoretical Philosophy 1755-1770 içinde, düzenleyen: David Walford ve Ralf Meerbote, çeviren David Walford ve Ralf Meerbote. Cambridge: Cambridge University Press, 1756/1992.

¹⁹⁹ Pollok, Konstantin. «"Fabricating a World in Accordance with Mere Fantasy..."? The Origins of Kant's Critical Theory".» The Review of Metaphysics (Philosophy Education Society Inc.) 56, no. 1 (2002): 61-97., s. 61-62.

²⁰⁰ Güven, Özgüç. "Kant'ın Eleştiri Öncesi Bilgi ve Bilim Görüşü" (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul, 2006, s.33.

göre bu tür problemlerin çözümü, doğa biliminin, a priori bir doğa metafiziği ile desteklenmesi sayesinde mümkün olacaktır.²⁰¹

Kant, Fiziksel Monadoloji’de cisimlerin ilkel (primitive) parçalarını ifade etmek için basit tözler, monadlar, maddenin öğeleri (element) ve cismin temel (fundamental) parçaları (part) kavramlarını kullanmıştır. Kant’a göre cisimler, birbirinden bağımsız, kalıcı bir varlığa sahip olan parçalardan oluşur. Bu tür parçaların bileşimi (composition) ise yalnızca bir bağıntıyı (relation) ifade eder. Bu bileşim, kendi içinde olumsal olan ve bu bağıntıya sahip şeylerin varlığını ortadan kaldırılmaksızın reddedilebilecek bir belirlenimden başka bir şey olmadığı için, bir cismin tüm bileşiminin ortadan kaldırılması durumunda dahi, önceden bir araya getirilen tüm parçalar var olmaya devam edeceklerdir. Tüm bileşim ortadan kaldırıldığında, geriye kalan kısımlar bileşik olmayan basit varlıklardır. Dolayısıyla, Kant’a göre, tüm cisimlerin basit temel parçalardan yani monadlardan oluştuğu açıktır.²⁰²

Kant, monadların varlığına ilişkin kanıtlamasına Leibniz’in ünlü yeter sebep ilkesini dâhil etmediğinin altını çizerek, amacının bu ilkeyi reddeden filozofların da kabul edebileceği bir kanıtlama sunmak olduğunu, bu sebeple argümanlarını tüm filozofların üzerinde hemfikir olduğunu düşündüğü kavramlar aracılığıyla oluşturduğunu belirtmiştir.²⁰³ Kant, Leibniz’in monadların birbiriyle etkileşimde bulunmamalarına rağmen aralarında mükemmel bir harmoni (mütekabiliyet, karşılıklık) olduğunu belirten “önceden kurulmuş uyum” savına karşın Knutzen’in fiziksel etkileşim görüşünü benimsemiştir. Dinamik birlikler olan monadlar, birbirleri ile etkileşimde bulunurlar. Uzayın monadlar ile dolu olduğunu öne süren Kant, maddenin sürekliliğini de bu şekilde açıklar. Monadların kendisi uzamsızdır; monadlar ancak itme ve çekme kuvvetleri ile yer kaplamaktadırlar. Güven’in ifadesiyle, Kant’a göre “*monadlardaki uzamsal büyüklük ve kütle, itme ve çekme kuvvetlerinin bir*

²⁰¹ Pollok, Konstantin. «"Fabricating a World in Accordance with Mere Fantasy..."? The Origins of Kant's Critical Theory".» The Review of Metaphysics (Philosophy Education Society Inc.) 56, no. 1 (2002): 61-97., s. 62.

²⁰² Kant, Immanuel. «Physical Monadology.» Theoretical Philosophy 1755-1770 içinde, düzenleyen: David Walford ve Ralf Meerbote, çeviren David Walford ve Ralf Meerbote. Cambridge: Cambridge University Press, 1756/1992, s. 53.

²⁰³ A.e.

fonksiyonudur".²⁰⁴ Monadlar, yalnızca uzayın içinde bulunuyor değildir, onlar aynı zamanda uzayı doldururlar. Bu durum onların basit tözler olmalarını etkilememektedir.²⁰⁵

Kant'a göre, cisimler ile dolu olan uzay sonsuza değin bölünebilir olduğundan basit parçalardan oluşmamaktadır. Sonsuzca bölünebilir olan bileşikler, tözsel varlıklar değildir, monadlardan oluşmazlar. Uzay, tözsellikten tamamen arınmıştır; o yalnızca monadlar arasındaki bağıntıların görünümüdür.²⁰⁶ Dolayısıyla, uzayın bölünmesi monadların değil, monadlar arasındaki dışsal bağıntıların bölünmesidir.²⁰⁷ Bu noktada Kant da Leibniz gibi, Descartes'ın cisimleri belirleyen uzay olduğu şeklindeki uzayı tözselleştiren görüşüne karşı çıkmıştır.²⁰⁸

Kant, bir monaddaki değişimin nedeninin, başka bir monadla etkileşimi olduğunu düşünmektedir. Değişimin, zihinsel bir çaba ya da dış bir kuvvetten kaynaklandığını öne sürerek Leibniz'in önceden kurulmuş uyum görüşüne karşı çıkar.²⁰⁹

Kant'ın Fiziksel Monadoloji dışındaki eserlerinde de maddenin doğasına, atomlara ilişkin Newton fiziğinin etkili olduğu görüşler ortaya koymuştur. Örneğin, *"Evrensel Doğa Tarihi ve Gökler Kuramı: Tüm Evrenin Oluşumu ve Mekanik Kökeni Konusunda Newton İlkeleri Uyarınca Bir Deneme"* adlı eserinde, Tanrının evreni boşluk ve atomlar ile yarattığını öne sürerek, bu evrenin yasalarını Newton'un keşfetmiş olduğunu belirtmiştir. Diğer bir deyişle, Kant'a göre, evrene Newton'un keşfetmiş olduğu mekanik yasalar hâkimdir. Evreni yaratan metafizik bir Tanrı kabulü, onun Antik Yunan atomcularından farkını ortaya koymakla birlikte, Leibniz'in Kant ve onun evren teorisi üzerindeki etkisini de göstermektedir.²¹⁰

²⁰⁴ Güven, Özgüç. "Kant'ın Eleştirisi Öncesi Bilgi ve Bilim Görüşü" (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul, 2006, s. 33-34.

²⁰⁵ Kant, Immanuel. «Physical Monadology.» Theoretical Philosophy 1755-1770 içinde, düzenleyen: David Walford ve Ralf Meerbote, çeviren David Walford ve Ralf Meerbote. Cambridge: Cambridge University Press, 1756/1992., s. 56.

²⁰⁶ A.e., s. 54-55.

²⁰⁷ A.e., s. 56.

²⁰⁸ Güven, Özgüç. "Kant'ın Eleştirisi Öncesi Bilgi ve Bilim Görüşü" (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul, 2006, s. 83-84.

²⁰⁹ A.e., s. 44.

²¹⁰ Aşık, Buşra. "Kant'ta Doğa Bilimi Anlayışının Metafizik Temelleri" (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul, 2016, s. 11-12.

Güven'e göre Antik Yunan filozoflarının evren tasavvuru ile Kant'ın evren tasavvuru arasındaki en önemli fark, Antikçağ filozoflarının evrendeki düzenin rastlantısal olduğunu düşünmeleridir. Örneğin, Antik Yunan atomculuğunun takipçilerinden olan Epikuros'a göre atomların hareketleri nedensizdir. Bu durum var oluşu rastlantısal kılmasının yanında, tanrının evrenin oluşumu üzerindeki etkisini de yadsımaktadır. Kant'a göre ise evrendeki düzen, kesin yasalara bağlı olarak oluşmuştur. Buna göre, evreni oluşturan ilk madde de, zorunlu olarak, Tanrının belirlediği yasalara göre ve belirli bir plan doğrultusunda hareket etmekte,²¹¹ oluş ve bozuluş böylece gerçekleşmektedir.

Kant, gençlik yıllarında Leibniz'in uzay ve zaman anlayışının etkisiyle onları görelî şeyler olarak değerlendirmiştir. Nitekim Leibniz'e göre uzay ve zaman, kendi başına gerçekliği bulunmayan soyutlamalardır. Leibniz'in uzayın üç boyutlu olduğu görüşüne karşı çıkarak bunun temellendirilemez olduğunu öne sürmesine karşın, Leibniz'in uzamın monadlar (tözler) arasındaki etkileşimin bir sonucu yani fonksiyonu olduğu görüşünü benimsemiştir.²¹² Güven bu görüşü Kant'tan şu şekilde aktarmıştır:

“Tözlerin birbirlerine dıştan kuvvet uygulama güçleri olmasa ne uzam ne de uzanım olurdu. Çünkü bu kuvvet olmadan tözler arasında bağıntı olmazdı, bağıntı olmadan da düzen olmazdı, düzen olmadan ise uzam olmazdı.”²¹³

Kant, Antik Yunan filozoflarının ve Newton'un katı, sert atom görüşünün aksine, dinamik, elastik ve sıkıştırılabilir bir atom görüşüne sahiptir. Kant'a göre monadların içerisine dışarıdan bir kuvvet nüfuz edemez yani monadlar klasik atom teorisinde olduğu gibi girilemezlik özelliğine sahiptir fakat üzerlerine baskı yapan bir dış kuvvet olduğunda, dinamik yapılarından dolayı sıkıştırılabilirler. Kant, eter ve ateş gibi cisimlerin elastikiyetini monadların bu özelliğiyle açıklamıştır.²¹⁴

²¹¹ Güven, Özgüç. "Kant'ın Eleştiri Öncesi Bilgi ve Bilim Görüşü" (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul, 2006, s. 54-55.

²¹² A.e., s. 82,83

²¹³ A.e., s. 83.

²¹⁴ Kant, Immanuel. «Physical Monadology.» Theoretical Philosophy 1755-1770 içinde, düzenleyen: David Walford ve Ralf Meerbote, çeviren David Walford ve Ralf Meerbote. Cambridge: Cambridge University Press, 1756/1992, s. 65-66.

3. 17. yy'dan 20. yy'a Atom Teorisi Üzerine Bilimsel Tartışmalar

Bilim insanları içerisinde atom teorisinin gelişiminde önemli bir rol oynamış ilk isimlerden biri, kimyager ve fizikçi Robert Boyle (1627-1691) olmuştur. Boyle madde ile, bölünebilen ve girilemez yani katı ve uzamlı tözü ifade etmiştir.²¹⁵ Kimya bilimine, diğer önemli keşiflerinin yanında modern anlamda “kimyasal element” kavramını kazandırarak önemli bir katkı sağlamıştır. Boyle, elementleri yani parçacıkları, materyalist bir yaklaşımla, kimyasal süreçlerle ilişkilendirip açıklamaya çalışmıştır.²¹⁶

Boyle, maddi dünyanın, atomların hareketi ve düzeni ile bağlantılı olarak açıklanması gerektiğini düşünmüştür. Atomlar değişmez şekil ve boyutlara sahiptir; her biri tek bir maddeden oluşmuştur, atomlar bölünemez ve girilemezdir. Atomların hareketlerinin, Antikçağ filozoflarının “gereklilik” açıklamasına benzer şekilde, doğa yasalarına bağlı olduğunu öne sürmüştür. Bununla birlikte o, atomların hareketlerini düzenleyen yasaların ne olduğunu açıklamamıştır.²¹⁷

Fizik biliminde bir devrim yaratmış olan Isaac Newton'ın (1643-1727) mekanik atomculuğun farklı bir versiyonu olarak nitelendirebilecek atom teorisine göre madde, sertlik, girilemezlik, uzamlı olma, devinimli olma (devingenlik) ve eylemsizlik (inertia) gibi özelliklere sahiptir.²¹⁸ Newton bu parçacıkların bir araya gelişlerinin bir tür çekim kuvveti ile gerçekleştiğini öne sürmüştür fakat bu çekim gücünün kesin bir açıklamasını yapmamıştır.²¹⁹

Alexandre Koyre'ye (1892-1964) göre, Newton'ın, temel öğelerin bölünemez, sert ve girilemez atomlar olduğunu öne süren atomcu görüşü kabul etmesi, dinamik bilimi de dâhil olmak üzere, birtakım zorluklara yol açan hatalı bir seçimdir. Çünkü atomcu görüş, iki sert cismin veya atomun çarpışması sonucu ne olacağını açıklayamamaktadır. Bu nedenle, örneğin bu cisimler çarpıştıklarında, sert cisimlerde görüldüğü gibi birbirlerinin hareketini durduracaklar mı veya yumuşak cisimlerde

²¹⁵ Melsen, Andrew G. van. *From Atomos To Atom: The History of the Concept Atom*. Dover Publications, 2004, s. 100.

²¹⁶ Heisenberg, Werner. *Nuclear Physics*. New York: Philosophical Library, 1953, s. 7.

²¹⁷ Chalmers, Alan. «Retracing Ancient Steps to Atomic Theory.» *Science & Education* (Kluwer Academic Publishers), no. 7 (1998): 69-84., s. 72.

²¹⁸ Newton, Isaac. *Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri*. Çeviren Aziz Yardımlı. İstanbul: İdea Yayınevi, 1998., s. 108-109.

²¹⁹ Koyré, Alexandre. *Kapalı Dünyadan Sonsuz Evrene*. Çeviren Aziz Yardımlı. İstanbul: İdea Yayınevi, 2014., s. 160.

görüldüğü gibi birbirlerine çarpıp sekecekler mi? soruları yanıtızsız kalmaktadır.²²⁰ Koyre bu konuda ortaya çıkan sorunu şu şekilde ifade eder: “(...) Eğer birbirlerini durduracaklarını, eş deyişle her çarpışmada devimin yittiğini kabul edersek, dünya-makinesi çabucak yavaşlamaz ve çabucak bir duruşa gelmez mi?”²²¹

Ona göre atomcu görüşün yarattığı zorluklardan kaçınmak için, bu görüşü bir kenara bırakıp, maddenin nihai parçacıklarının sonsuzca bölünebilir şeyler olduklarını veya atomların sert değil, yumuşak ve esnek parçacıklar olan “fiziksel monadlar” olduğunu kabul etmek gerekmektedir.²²²

Modern kimyanın kurucusu olarak nitelendirilen Antoine Lavoisier’in (1743-1794) bilime sunduğu önemli katkılardan biri, 1774’te formüle ettiği, kimyasal değişimlerde maddelerin toplam kütesinin sabit kaldığını, diğer bir ifadeyle dönüştürülen maddenin toplam miktarının dönüşümden sonra tam olarak önceki kadar olduğunu belirten “kütle korunumu yasası”dır. Modern kimyanın başat noktası olarak nitelendirilen bu yasa, Boyle’un parçacık teorisi ile Gassendi’nin atom teorisi arasında da bir bağlantı oluşturmıştır.²²³

Demokritos’un empirik gözlemden yoksun teorisinin deneyle temellendirilmesi 19. yüzyılın başlarında kimyager John Dalton’un (1766-1844) çalışmaları ile başlamıştır. 1792 yılında, Jeremias Benjamin Richter (1762-1807) kimyasal bileşikler oluşturan elementlerin her zaman belirli niceliksel oranlarda birleştiğini keşfetmiş,²²⁴ sabit oranlar yasası olarak adlandırılan bu olgu, 1803 yılında Dalton (1766-1844) sayesinde temel bir kimya yasası hâline dönüşmüştür. Dalton’ın bu yasaya katkısı, ona geometrik bir yorum kazandırması ve daha kesin bir tanım vermesidir. Dalton, Richter’in bileşimleri oluşturan elementlerin ağırlık oranlarının her bileşimde sabit kaldığına ilişkin tespitine yönelik çalışmalarıyla, tam sayılarla ifade edilebilen bu oranların atom teorisiyle açıklanabilir olduğunu keşfetmiştir. Bu sayede, maddenin en küçük yapıtaşı olan atomların değişmez oranlarda birleştikleri

²²⁰ Koyré, Alexandre. Kapalı Dünyadan Sonsuz Evrene. Çeviren Aziz Yardımlı. İstanbul: İdea Yayınevi, 2014., s. 161.

²²¹ A.e..

²²² A.e., s. 161-162.

²²³ Heisenberg, Werner. Nuclear Physics. New York: Philosophical Library, 1953., s. 7-8.

²²⁴ Reichenbach’ın örneğine göre; suyu oluşturan hidrojen ve oksijen daima bire sekiz oranında birleşir. Maddelerden biri başlangıçta fazlaysa, fazla olan kısım bileşiğe girmez. Bkz: Reichenbach, Hans. Bilimsel Felsefenin Doğuşu. Çeviren Cemal Yıldırım. İstanbul: Fol Kitap, 2019, s. 188.

anlaşılmıştır. Dalton'ın moleküller hâlinde geometrik gösterilebilecek şekilde birleşen atomlar teorisi birkaç yıl içinde yerleşik bir bilimsel varsayım statüsüne yükselmiş, elde ettiği bu deneysel başarıdan sonra atom teorisi, uygulandığı her alanda başarılı sonuçlar vermeye devam etmiştir. Reichenbach'a göre, bilhassa kimya biliminde elde edilen başarılarda atom teorisinin büyük payı bulunmaktadır.²²⁵

1811 gibi erken bir tarihte Amedeo Avogadro (1776 - 1856), bugün atomların kimyasal teorisi olarak bildiğimiz teorinin temellerini bir hayli iddialı bir varsayım ile ortaya koymuştur. Bu hipoteze göre aynı sıcaklık ve basınçta, tüm gazların eşit hacimlerinin aynı sayıda molekül içermektedir. Her ne kadar deneysel kanıtı ihtiyaç duyuyorsa da atom ağırlıklarının belirlenmesine imkân sağlayan bir varsayım olduğunun anlaşılmasıyla Dalton'un atom teorisi için de güçlü bir zemin sağlamıştır. Çünkü bu varsayıma göre belirli bir gaz miktarında bulunan atomların veya moleküllerin sayısı bilinirse, örneğin, bir su molekülünün gerçekte bir oksijen atomu ve iki hidrojen atomundan oluşup oluşmadığı gibi bir soruya yanıt verilebilir yani tek bir molekülün bileşimi tam olarak belirlenebilir. Bu düşünce, atomların ağırlık veya kütle oranlarının niceliksel olarak belirlenmesinin yolunu açmıştır.²²⁶

Hemen sonra İsveçli bilim insanı Jöns Jakob Berzelius (1779 – 1848) pek çok molekülün atom ağırlıklarını belirlemiş ve moleküllerin tek tek atomlardan nasıl oluştuğuna dair teoriler geliştirmeyi başarmıştır. Berzelius ayrıca atomları birbirine bağlayan kuvvetin doğasını da incelemiş ve onun elektriksel nitelikte olması gerektiği sonucuna varmıştır.²²⁷

Heisenberg'in değerlendirmesine göre atom teorisinin 120 yıl önceki durumu şu şekildeydi:²²⁸ Muazzam sayıda kimyasal bileşiğin, hepsi olmasa da önemli bir kısmı bilinen nispeten az sayıdaki kimyasal elementlere indirgenebileceği bilinmekteydi. Bu elementlerin atomlarının kütle oranları da oldukça doğru bir şekilde tespit edilebiliyordu. Elde edilmiş bu başarılarla rağmen hâlâ cevapsız pek çok soru vardı. Örneğin atomların mutlak boyutu veya belirli bir uzay hacmi içindeki sayıları

²²⁵ Reichenbach, Hans. Bilimsel Felsefenin Doğuşu. Çeviren Cemal Yıldırım. İstanbul: Fol Kitap, 2019., s. 189.

²²⁶ Heisenberg, Werner. Nuclear Physics. New York: Philosophical Library, 1953., s. 9.

²²⁷ Heisenberg, Werner. Nuclear Physics. New York: Philosophical Library, 1953., s. 9-10.

²²⁸ Heisenberg'in, kitabının 1953 yılında yayımlandığı dikkate alınırsa, 120 yıl öncesiyle 1830'ları kastettiği anlaşılmaktadır.

hakkında hiçbir şey bilinmiyordu. Bu konuyla ilgili bilinen tek şey, aynı sıcaklık ve basınçtaki gazlarda molekül sayısının aynı olduğuydu. Demokritos'un inandığı biçimiyle atomlar, güneş ışığında dans eden toz zerreciklerine benzemekteydiler. Oysa modern yaklaşım onların son derece küçük unsurlar olduklarını ortaya koymuştu ancak örneğin şekli veya aralarında işleyen kuvvetler vb. konular hakkında ise çok az şeyi belirleyebilmişti. Elbette atomların, kimyasal olarak maddenin nihai yapı taşları olması gerektiği düşünülmekteydi ancak hiç kimse bu atomların diğer yöntemlerin uygulanmasıyla daha fazla alt bölümlere ayrılabilir ve birbirlerine dönüştürülebilir olup olmadığı hakkında bir bilgiye sahip değildi.²²⁹

İngiliz kimyager William Prout'un (1875-1850) çalışmaları, 1815 yılında atomların mutlak bölünmezliği düşüncesine aykırı sonuçlar vermiştir. Prout'un çalışmaları, atomların ağırlıklarının tam sayıya eşit olduğunu göstermiştir. Bu ağırlıklar hidrojen atomunun ağırlığının tam katına eşittir. Bu buluş, hidrojen atomunun tüm maddelerin tek ve nihai yapı taşı olduğunu ortaya koymuştur. Prout'un ulaştığı bu değerli sonuç, tüm büyüleyici yanlarına rağmen yüz yıldan fazla bir süre boyunca ihmal edilmiştir. Bunun temel nedeni, daha ağır atomların atom ağırlıklarının yaklaşık olarak tam sayılar olduğunun kanıtlanamamasıydı. Yine de bu hipotez aslında hatırı sayılır derecede önemli bir doğruluk payı içermekteydi. Nitekim sonraki yıllarda atomların ağırlıklarının tam sayıya yakın bir değerde olduğu ispatlanmıştır. Prout'un bu buluşu, modern nükleer fizikte temel bir rol oynamaktadır.²³⁰

Atom teorisinde yeni bir dönem, bu teoriyi elektrik teorisiyle birleştiren Faraday'ın (1791-1867) çalışmalarıyla başlamıştır. Faraday, belirli bir miktarda elektrikle dönüştürülen maddelerin kütlelerinin, sözde "eşdeğer ağırlıklar" ile ve dolayısıyla en basit durumlarda maddelerin atom ağırlıklarıyla ilişkili olduğunu keşfetmiştir. Böylece elektriğin de atomik bir yapıya sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır.²³¹

Atom teorisinin bir sonraki adımındaki en önemli gelişmeler, James Clerk Maxwell (1831-1879), Ludwig Boltzmann (1844-1906) ve hepsinden önemlisi Rudolf Clausius'un (1822-1888) çabalarının bir sonucu olarak kesin bir bilim statüsüne

²²⁹ Heisenberg, Werner. Nuclear Physics. New York: Philosophical Library, 1953., s. 10.

²³⁰ Heisenberg, Werner. Nuclear Physics. New York: Philosophical Library, 1953., s. 10-11.

²³¹ Heisenberg, Werner. Nuclear Physics. New York: Philosophical Library, 1953., s. 11.

yükselen gazlar teorisi alanında ortaya çıkmıştır. Hızlı hareket hâlindeki moleküllerden oluşan bir şey olarak gaz kavramının katı matematiksel ilkelere uygun olarak sağlam bir temel kazanması, bu araştırmacıların çalışmaları sayesinde olmuştur.²³²

1865 yılında kayda değer öneme sahip yeni bir başarılı çalışma, Avusturyalı lise öğretmeni Johann Josef Loschmidt (1821-1895) tarafından gerçekleştirilmiştir. Loschmidt, atomların büyüklüğünü ve dolayısıyla belirli bir hacimde bulunan moleküllerin sayısını ilk kez ve yaklaşık olarak belirlemeyi başarmıştır. Loschmidt, kendinden önceki Robert Mayer (1814-1878) gibi, gazların iç sürtünmesini hesaplamak üzere çalışmalar gerçekleştirmiş ve Mayer'in araştırmalarının da yardımıyla bir atomun büyüklüğüne dair ilk ipucunu elde etmiştir. Vardığı sonuçlar yanlış olsa da atomların büyüklük sırasını doğru olarak tespit etmiştir.²³³

Sonraki yıllarda elektrik atomları üzerine yeni çalışmalar yapılmıştır. Johann Wilhelm Hittorf'un (1824-1914) çalışmaları sonucunda elektrik atomlarının serbest hâlde oldukları ortaya çıkmıştır. Bu serbest elektrik atomları, ilk olarak George Johnstone Stoney (1826-1911) tarafından önerilen bir isim olan elektron adını almıştır.²³⁴

Elektronların şu veya bu şekilde atomları oluşturan parçalar olabileceği görüşü, takip eden yıllarda yavaş yavaş gelişmiş, 20. yüzyıla gelindiğinde atomların yapısını oluşturan proton adında bir parçacık daha keşfedilmiştir. 1932 yılına gelindiğinde bu parçacıkların arasına nötron da eklenmiştir. 1950-1960 yıllarına gelindiğinde ise temel parçacıkların sayısının 400 civarında olduğu düşünülmekteydi fakat sonrasında yapılan çalışmalarla bunun doğru olmadığı anlaşılmıştır. 1970'li yıllardan itibaren ise, moleküller, atomlar, çekirdekler, hadronlar ve kuarklar olmak üzere beş temel madde düzeyi kabul edilmiştir.²³⁵

²³² Heisenberg, Werner. Nuclear Physics. New York: Philosophical Library, 1953., s. 12.

²³³ Heisenberg, Werner. Nuclear Physics. New York: Philosophical Library, 1953., s. 12.

²³⁴ Heisenberg, Werner. Nuclear Physics. New York: Philosophical Library, 1953., s. 13.

²³⁵ Karakale, Ramazan. Atomun İçinde: Kuantumdan Kuarka Doğa Biz ve Bilgimiz. Güncel Yayıncılık, 2006., s. 576.

4. 20.yy'da Atomculuğa İlişkin Felsefi Tartışmalar

20. yüzyılın başından itibaren fizikte, bu bilimin gözlemciler ve onların manipölasyonlarıyla ilgili olduğu görüşü hâkim olmaya başlamıştır. Bu görüşe göre gözlem aygıtları ve işlemlerinden başka bir şeyden bahsetmek anlamsızdır; fizik yasaları dış dünyadan çok insanın bilgisini ilgilendirmektedir. Felsefe tarihinde daha önceleri de karşılaşılan, fizik biliminin doğasına ilişkin bu görüş, 19 ve 20. yüzyıllara gelindiğinde Ernst Mach'ın öncülük ettiği, felsefeyle ilgilenen bazı fizikçiler tarafından yeniden canlandırılmıştır. Söz konusu bilim insanları bazı felsefe okullarından ve metafizik ya da deneysel olarak kontrol edilemez gördükleri mutlak hareket, eter, elektromanyetik alan ve molekül gibi kavramlardan rahatsız olmaktaydılar. Bu bilim adamlarının istediği şey, fiziğin test edilebilir bir alan olarak kalmasıydı. Bu amacı gerçekleştirebilmek için, gözlemlenemeyen her unsuru fizikten uzak tutma yöntemini benimsemişlerdir. Bunge'a göre onlar bu yolla test edilemeyen spekülasyonlarla karşılaşma riskini önlemiş olsalar da teorik buluşların faydalarından da yararlanamamışlardır. Dahası onlar, metafizikten kaçınmaya çalışırken fizik felsefesinde yarım yüzyıl hâkim olan yeni bir metafizik kurduklarının farkında değillerdi. Bu yeni metafiziğe göre dünya, duyu deneyiminden oluşmaktadır.²³⁶

Fizikçiler açısından felsefede yeni olan bu felsefi görüş ile 1900'lerin başında, gözlemlenemeyen olguları içeren tüm derin teoriler şüpheli olarak görülüp itibarsızlaştırılmıştır. Özellikle atom teorisi, bilimde yalnızca gözlemlenebilir olguların ele alınması şartına uymadığı için ihmal edilmiş ve hatta bu teoriyle alay edilmiştir.²³⁷ Örneğin atomculuğa keskin bir şekilde karşı çıkan Ernst Mach'a göre atomlar, varlığı bulunan entiteler değildir. Diğer bir deyişle Mach'a göre atomlar, matematiksel fonksiyonlar gibi, maddenin yapısını anlamak için kullanılan bir araç konumundadır. Mach atom sözcüğünün bilimde kullanılmasına karşı değildir. Fakat onun bilimsel bir kuram olarak görülmesine karşıdır. O, atom kuramının çeşitli bakımlardan yararlı sonuçlar verebildiğini düşünse de bu kuramın yalnızca bir inanç

²³⁶ Bunge, Mario, ed. Quantum theory and reality. Vol. 2. Springer Science & Business Media, 2013., s. 1.

²³⁷ Bunge, Mario, ed. Quantum theory and reality. Vol. 2. Springer Science & Business Media, 2013., s. 1.

olduğu kanısındadır.²³⁸ Bu dönemin önemli fakat çalışmaları antiatomist ve fenomenalist Mach'ın gölgesinde kalmış bilim insanlarından Ludwig Boltzmann, atomcu düşünceyi büyük bir kararlılıkla savunmuş ve atom teorisinin fizikteki önemini vurgulayan çok sayıda eser kaleme almıştır. Ancak Boltzmann'ın, Planck'ın ve onlar gibi birkaç açık sözlü realistin, görüşlerini, baskın görüşe karşı olmaları nedeniyle, yine de savunmacı bir ruh haliyle ortaya koydukları görülmektedir.²³⁹

Bu dönemde fiziksel teori, gözleme bağlı kalmakla, deneysel verileri birbiriyle ilişkilendirmekle ve deneylerin olası sonuçlarını öngörmekle mükellef görülmüştür. Bu düşünceye göre, gizli yani gözlemlenemeyen varlıklara ilişkin varsayımlarsa bir tabu haline gelmiştir. Diğer yandan, Galilei tarafından fizikten kovulan gözlemlenebilirlik gibi duyulabilir nitelikler, yeniden saygı duyulur hâle gelmiştir.²⁴⁰

Bu dönemde gazların kinetik teorisi de çeşitli eleştiriler almıştır. Bu eleştiriler doğrudan teorinin kendisine değil, onun yorumlarına yöneliktir. Bu noktada, “Gaz fenomenini ifade eden matematiksel formüller nedeniyle molekülleri ve atomları kabul etmek gerçekten gerekli miydi?”, “Yalnızca gazların kinetik teorisini kuran matematiksel formülleri kabul etmek yeterli değil miydi?” soruları sorulmuştur. Kimse onları gözlemleyememişken, moleküllerin hareketinin gerçekten var olduğunun kabulünün gerekli olup olmadığı tartışılmıştır. Kimyasal ve fiziksel süreçlerin doğru bir tanımını parçacıkların hareketlerine indirgemeye gerek duymadan veren formüllerin olup olmadığı sorgulanmıştır. “Termodinamik yasaların da geçerli olduğu katılarda bu parçacıklar ve hareketleri nasıl düşünülmelidir?” sorusu da bu dönemde fizikçiler arasında tartışılan meselelerden biri olmuştur. Atomlar ve moleküller her zaman gözlemden kurtuldukları ve yalnızca varsayımsal olarak kabul edildikleri için, belki de metafizik dönemin yalnızca son bir kalıntısı olabilirler diye düşünülmüştür.²⁴¹

²³⁸ Soykan, Ö. N. (2017). Bilgi ve Betimleme Pozitivizm ve Ernst Mach Üstüne. İstanbul: Bilge Kültür Sanat., s. 74.

²³⁹ Bunge, Mario, ed. Quantum theory and reality. Vol. 2. Springer Science & Business Media, 2013., s. 1.

²⁴⁰ Bunge, Mario, ed. Quantum theory and reality. Vol. 2. Springer Science & Business Media, 2013., s. 1-2.

²⁴¹ Melsen, Andrew G. van. From Atomos To Atom: The History of the Concept Atom. Dover Publications, 2004, s. 149-150.

Fizik bilimi, 19. yüzyıldaki muazzam ilerlemesinin yalnızca ampirik verilere dayanmış olmasına borçlu görüldüğünden deneyime tabi olmayan her şeyi dışarı atması gerektiği düşünülmüştür. Bu dönemde Kirchhoff'un ünlü, "fizik biliminin amacı, doğada meydana gelen fenomenleri mümkün olduğu kadar mükemmel ve basit bir şekilde tanımlamaktır" ifadesinin doğruluğu savunulmuştur. İtirazlar, atom ve molekül terimlerinin buluşsal kavramlar olarak kullanılmasına ya da birçok verinin kolayca türetilebileceği basit bir model olarak atomik hipoteze karşı değildi. Daha çok, atom teorisinin, atomların ve moleküllerin doğada gerçekten var olarak kabul edilmek zorunda olmasındaydı. Bazı fizikçi ve kimyagerler için atom teorisi, maddenin gerçek yapısı hakkında bir fikir verdiği için değerli bir teori iken, diğerleri için maddelerin davranışlarını tanımlamada az çok başarılı bir yardımcı olarak görülmekteydi.²⁴²

Kranz'a göre, atom kavramının kökeni her ne kadar Antik Yunana dayanıyor olsa da, modern fiziğin geldiği son noktada, atom fiziği ile antik yunan atomculuğu arasında ilişkiyi anlamak (tanımak) güç bir durumdur. Bunun sebebi modern fizikteki atomun yörüngesinde hareket eden elektronların bir gezegen sistemine benziyor olmasıdır.²⁴³ Bu belki de Antik Yunan'ın atom anlayışının modern fiziğinki yanında bir hayli basit/ilkel kalıyor olmasındandır. Ona göre modern fizikte atom kavramının kullanılması, antik yunana duyulan saygıdan ileri gelmektedir.²⁴⁴

Chalmers'a göre atomculuğun tarihçesinin incelenmesi ile modern bilimin mahiyetine dair bilgi edinmek mümkündür. Bu incelemenin amacı atomculuğun ilk versiyonunun modern bilimin kavram ve argümanlarını ne ölçüde öngörebildiğini görmek değil; geçmiş kavramlar ve uygulamalar ile modern bilim (modern teori ve uygulamalar) arasındaki niteliksel farklılıkları (birbirlerinden hangi noktalarda ayrıldıklarını) görmektir. Chalmers'a göre Demokritos'un atom teorisi, modern atom teorisinden farklıdır. Demokritos'un atomculuğu 17. yüzyılda Boyle ve Newton tarafından yeniden canlandırılmış olsa da bu çalışmalar Demokritos'un atomculuğunu modern atom teorisine önemli ölçüde yaklaştıramamıştır. Atomların varlığına ilişkin

²⁴² Melsen, Andrew G. van. From Atomos To Atom: The History of the Concept Atom. Dover Publications, 2004, s. 149-150.

²⁴³ Kranz, Walter. «Atomculuğun Doğuşu.» Felsefe Arkivi 1, no. 1 (1945): 155-160., s. 155.

²⁴⁴ A.e.

ilk deneysel çalışma daha önce ifade edildiği gibi 19. yüzyılda John Dalton tarafından gerçekleştirilmiştir.²⁴⁵

Kimi fizikçi ve filozoflara göre atomculuk tarihine ilişkin çalışmalar, bu teorinin önceki versiyonlarındaki argümanları ile modern atom teorisi arasındaki benzerlikleri ortaya koyması açısından öneme sahiptir. Bu nedenle atom teorisinin geçmiş argümanlarının incelenmesinin modern teoriyi aydınlatacağını düşünmektedirler. Örneğin Erwin Schrödinger'e göre kuantum mekaniği, atomculuğun son biçimidir. O, kuantum mekaniği ile atomculuğu birbirinden ayrılmaz olarak görmektedir. Nitekim Schrödinger, modern atom teorisinin Leukippos ve Demokritos'un atom teorisinden doğduğunu düşünmektedir.²⁴⁶ Chalmers ise, modern atom teorisinin eski atom teorisinden üstün olduğunu, iki versiyon arasında önemli farklılıklar bulunduğunu belirterek, bu konuda yapılacak çalışmaların modern teori ile eski teorisinin ayırt edici niteliklerinin ortaya çıkarılmasına hizmet edeceğini öne sürmüştür. Chalmers için Dalton öncesi atomculuk bilimsel değil felsefi bir teoridir; bunların aralarındaki farkı kavramak ise bilimin önemini ortaya koymaktadır. Chalmers'a göre Demokritos'un atom teorisi, çok az empirik desteğe sahip olmasının yanında birçok problematik özellik barındıran spekülatif metafiziktir. Bu durum onun modern bilimden farkını açıkça ortaya koymaktadır. Demokritos'un teorisi üzerine 17. yüzyılda Gassendi, Boyle ve bunlardan daha nitelikli bir biçimde Newton tarafından yapılan yeni yorumlar önemli katkılar olarak değerlendirilemez.²⁴⁷

Chalmers'ın işaret ettiği gibi atomizmin ilk örneği John Dalton'un kimyasal atom teorisiydi. Bu teorisinin deneysel başarısı güçlü bir argüman oluşturmuş, teori 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyılın başlarında bilimdeki yerini sağlamlaştırmış ve böylece atomla ilgili çalışmaların Demokritos'un teorisiyle ilgisi neredeyse ortadan kalkmıştır. Chalmers'a göre Demokritos'un atom teorisi, modern bilimi öngören bir teoriden çok modern bilimin önünde bir engel olmuştur.²⁴⁸

²⁴⁵ Chalmers, Alan. «Retracing Ancient Steps to Atomic Theory.» Science & Education (Kluwer Academic Publishers), no. 7 (1998): 69-84.

²⁴⁶ Schrödinger, E. (1950). What Is An Elementary Particle? Annual Report of the Board of Regents of The Smithsonian Institution, 183-196.

²⁴⁷ Chalmers, Alan. «Retracing Ancient Steps to Atomic Theory.» Science & Education (Kluwer Academic Publishers), no. 7 (1998): 69-84.

²⁴⁸ A.e.

Denkel'e göre Heisenberg İlkçağ filozoflarının ilk ilkeye ilişkin savlarını iki biçimiyle ele almaktadır: Birincisi, ilk ilkenin doğada bulunan, dolayısıyla gözlemlenebilen fiziksel bir varlık olduğu ve diğer varlıkların da onun birer dönüşümü olduğu düşüncesidir. İkincisi ise, ilk ilkenin doğadaki gözlemlenebilir varlıklardan farklı bir öge olduğu ve diğer varlıkların da onun birer dönüşümü olarak meydana geldiği düşüncesidir. Denkel, ilk görüşü savunan filozoflara Thales'i, ikinci görüşü savunan filozoflara ise Anaksimandros'u örnek gösterir. Denkel de daha önce de belirttiğimiz gibi, Heisenberg'in, modern fiziğe en uygun ve takip edilmesi gereken yolun Anaksimandros'un ki olduğu düşüncesine dikkat çeker.²⁴⁹ Heisenberg, modern fiziğe göre temel ögenin, varolan her şeyin kendisinden dönüştüğü ilk ilkenin enerji olabileceğini ve bunun da Herakleitos'un ateş ilkesiyle benzerliğini ortaya koymuştu. Denkel, ilk ilkeye ilişkin hem Anaksimandros'un hem de Herakleitos'un düşüncesine uygun bir sonuca varılamayacağını belirterek Heisenberg'in bu konudaki saptamasını daha tutarlı bir hâle getirmeye çalışır. Çünkü Denkel'e göre Herakleitos ve Anaksimandros farklı yaklaşımlar içindedirler. Denkel, Herakleitos'un "ateş"inin diğer ögeler gibi doğada bulunan bir öge olduğunu ve diğer ögelerle karşılıklı dönüşüm içinde bulunduğunu belirtir. Anaksimandros'un "Apeiron"u ise, varolanların kendisinden geldiği fakat kendisi doğada bulunmayan, bu nedenle de belirsiz nitelikte bir ilk ilkedir.²⁵⁰ Denkel'e göre Heisenberg'in, Anaksimandros'un görüşüne uygun olduğunu düşünerek şu an mevcut olan tüm varlığın, evrenin başlangıcındaki enerji olduğunu öne sürmesi yanlıştır.²⁵¹

Denkel, enerjinin Apeiron'dan farklı olarak, doğada saf hâliyle bulunmakta olduğunu yani hiçbir dönüşüm geçirmeden, diğer varlıklara dönüşmeden de doğada bulunmakta olduğunu belirtir.²⁵² Oysa Apeiron'un doğanın mevcut hâlinde bulunan bir öge olmadığı belirtilmişti. Denkel'e göre "enerji" de "ateş" gibi somut bir "varlık"tır. Bunun yanında O, "enerji" ve "ateş" in varolsalar bile bir madde türü olamayacakları düşüncesindedir. Bu nedenle de Herakleitos'un, "ateş" in su, toprak gibi bir varlık olduğu iddiasında yanıldığı inancındadır. Şu hâlde Heisenberg'in

²⁴⁹ Denkel, Arda. İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 284.

²⁵⁰ A.e., s. 285.

²⁵¹ A.e.

²⁵² A.e.

“enerji”si, Anaksimandros’un “Apeiron”u gibi soyut nitelikte görünmektedir ancak Denkel’e göre bu noktada da “enerji” “Apeiron”a karşılık gelmez. Yukarıda belirtildiği gibi bunun sebebi, enerjinin her ne kadar su, toprak ya da benzerleri gibi somut bir öge olmasa da doğada mevcut bir varlık olması ve ayrıca her şeyin kendisinden geldiği ve kendisine döneceği bir varlık olmamasıdır.²⁵³

Denkel’e göre, enerjinin Apeiron’a benzer olduğu savını destekleyebilmenin önünü kapatan Heisenberg’in kendisidir. Çünkü Heisenberg, enerjiyi hem bir töz hem de “kütle” ile anlamdaş olarak ele almaktadır. Bununla birlikte Heisenberg için ilk ilke olmaklık, Denkel’in tabiriyle, toplam niceliğin değişmemesi ile eşanlamlıdır. Bu düşünceye göre Heisenberg’in töz kavrayışı, tarih boyunca öne sürülen töz kavramından anlamca farklılık taşımaktadır.²⁵⁴

Ayrıca Heisenberg bu düşüncesiyle, dönüşebilirlik ilkesini özdeşlik ilkesiyle bir tutma hatasına düşmektedir. Denkel’e göre, Heisenberg’in de belirtmiş olduğu gibi, görelilik ilkesine göre enerji ile kütle arasında birtakım koşullara bağlı olarak karşılıklı dönüşüm gerçekleşebilirse de bu durum onların özdeş oldukları anlamına gelemeyiz ve hatta onların içerdikleri anlamlarda dahi özdeşlik söz konusu olamaz. Çünkü Denkel’e göre dönüşüm, özdeşliğin ortadan kalkması demektir. Özdeş olan bir şey, kendisiyle özdeş kaldığı sürece başka bir şeye dönüşemez. Bir varlık başka bir varlığa dönüştüğünde, zorunlu olarak yani doğası gereği ondan farklı olmak durumundadır. Bu nedenle Denkel, Heisenberg’in iddiasının çelişik bir ifade olduğunu düşünmektedir.²⁵⁵ Denkel’e göre, dönüşüm kavramı, tözsel bir değişimi ifade etmeyen, daha yüzeysel ve onun tabiriyle yumuşak bir anlamda, yalnızca görünüşteki bir değişimi ifade edecek şekilde kullanılabilir. Ancak Denkel bu kullanımın kendisi dâhil pek çok düşünürün, özellikle de Heisenberg’in kabul etmeyeceği bir durum olduğunu belirtir. Çünkü dönüşümün bu anlamda kullanılması, varlığın zorunlu niteliklerinin enerjide de bulunduğu kabulüne neden olacaktır. Yani, örneğin uzam, biçim ve girilmezlik gibi niteliklerin enerjiye de atfedilmesi gerekecektir.²⁵⁶

²⁵³ A.e., s. 285-286.

²⁵⁴ Denkel, Arda. İlkçağ’da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 286.

²⁵⁵ A.e.

²⁵⁶ A.e., s. 287.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KUANTUM TEORİSİNİN ORTAYA ÇIKIŞI VE FELSEFİ SORUNLARI

1. Kuantum Teorisinin Tarihçesi

Kuantum teorisinin ortaya çıkış zemininde, atom fiziğinin merkezi konularıyla ilgisi olmayan fakat klasik fizikte oldukça iyi bilinen bir olgu olan “kara cisim ışıması” (black-body radiation) bulunmaktadır.²⁵⁷ 1800’lerin sonlarında fizikçilerin üzerinde çalıştıkları temel problemlerden birisi, ısıtılan bir metalden radyant enerjinin yayılma sebebini ve bu yayılımın nasıl gerçekleştiğini yorumlamaktır. Gustav Kirchhoff (1824-1887) bu problem üzerinde çalışıp onu formüle etmeye çalışan ilk fizikçidir.²⁵⁸ Kara cisim ifadesi ilk olarak 1860’da yayınladığı makalesinde²⁵⁹ Gustav Kirchhoff tarafından kullanılmıştır ancak bu konudaki çalışmaların başlangıcı Kirchhoff öncesine dayanmaktadır. Söz konusu makalesinde Kirchhoff, üzerine düşen tüm ışıyı emen cisimleri “tamamen kara” ve “kara bir cisim” olarak ifade etmiştir. Kara cisim, üzerine düşen her elektromanyetik ışımayı soğururken etrafına bir ışıma yaymaktadır.²⁶⁰ Kirchhoff, bir kap (container) içerisindeki ışıma ile kabın, ışıyı tamamen emen duvarları arasındaki termal dengeyi araştırmıştır. Kara cismin yaydığı ışımlar, kabın duvarları tarafından emildiği için Otto Lummer ve Wilhelm Wien, bu kabın üzerinde radyasyonun dışarı çıkmasını sağlayacak küçük bir deliği olan bir kovuğa (cavity) ihtiyaç olduğunu öne sürmüş ve böyle bir aygıtla başarılı bir deney gerçekleştirmişlerdir.²⁶¹

Kara cisim ışıması olgusunda, cisim sabit bir T sıcaklığına ulaşınca, diğer bir deyişle termodinamik bir dengeye erişinceye kadar ısıtılır. Isısı arttıkça ışı

²⁵⁷ Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993, s. 7.

²⁵⁸ Parker, Barry. Kuantumu Anlamak. Çeviren Elif Alkın. İstanbul: Güncel Yayıncılık, 2006, s. 39.

²⁵⁹ Kirchhoff, G. (1860). I. On the relation between the radiating and absorbing powers of different bodies for light and heat. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 20(130), 1-21.

²⁶⁰ Cushing, James T. Fizikte Felsefi Kavramlar: Felsefe ve Bilimsel Kuramlar Arasındaki Tarihsel İlişki. 1. Çeviren B. Özgür Sarıoğlu. Cilt 2. İstanbul: Sabancı Üniversitesi Yayınları, 2006, s. 137.

²⁶¹ https://www1.itp.tu-berlin.de/brandes/public_html/qm/umist_qm/node3.html

yaymaya başlayan bu cisim önce kırmızı, daha sonra turuncu, sarı, sarı-beyaz ve giderek mavi-beyaz (akkor) durumuna gelir. Nihayetinde termodinamik sıcaklığa ulaştığında, cisim, mor-ötesi (ultraviyole) frekansta elektromanyetik dalgalar yaymaya başlar ve bu esnada siyah renkte görünür.²⁶² Cismin ısıtılma sürecinde büründüğü renkler yüzeyiyle değil, ulaştığı sıcaklık derecesiyle ilgilidir. Heisenberg'e göre, kara cisim ışıması, fizikteki bilinen ışıma ve ısı yasaları ile kolaylıkla açıklanması beklenen bir olaydı.²⁶³ Fakat, kovuğun üzerindeki delikten dışarı yansıyan elektromanyetik ışımanın ölçümü konusunda klasik fiziğin yöntemleri yetersiz kalmıştır çünkü klasik fizikte kullanılan ölçümün yöntemi, enerjinin eşbölüşümü teoremine²⁶⁴ dayanmaktaydı.²⁶⁵

19. yüzyıl sonlarında Lord Rayleigh (1842-1919) ve Sir James Jeans'in (1877-1946) bu olguyu açıklamaya yönelik girişimlerinin başarısızlıkla sonuçlanması peşi sıra olgunun anlaşılması konusunda da ciddi zorlukları beraberinde getirmiştir. Max Planck (1858-1947) ise 1895'te bu alandaki çalışmalarına başladığında, problemi "ışıma" olarak değil, "ışyan atom" olarak ele almıştır. Planck'ın bu yaklaşımı, ışıma probleminin doğasındaki zorlukları ortadan kaldıramamasına karşın empirik gerçeklerin yorumlanmasını kolaylaştırmıştır.²⁶⁶

Kara cismin yaydığı elektromanyetik dalgaların kesin ölçümü ise 1900'de Ferdinand Kurlbaum (1857-1927) ve Heinrich Rubens (1865-1922) tarafından yapılmıştır. Planck, onların deneylerinin sonucunu öğrendiği zaman bu sonucu matematiksel formüllerle ifade çabasına girişmiştir. Rubens ve Planck, konuyu tartışmak üzere biraraya geldiklerinde, Planck'ın formülüyle deney sonuçlarının

²⁶² <https://sarkac.org/2019/04/planck-sabiti-nedir/>

²⁶³ Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993, s. 7-8.

²⁶⁴ Enerjinin eşbölüşümü teoremi, 19. yüzyılın ikinci yarısının başlarında Maxwell ve Clausius'un geliştirdiği Gazların Kinetik Kuramı'nın etkisiyle Ludwig Boltzmann (1844-1906) ve J. Willard Gibbs (1839-1903) tarafından kurulan istatistiksel mekanik'in bir sonucudur. Louis De Broglie bu teoremi şöyle açıklamıştır: "Çok sayıda yapıcı ögesi olan, düzgün sıcaklıkta ısı dengedeki bir dizgede ısı kaynaşma enerjisi dizgenin çeşitli serbestlik basamakları arasında eşit olarak bölüşülüp dağılır." Bkz.: De Broglie, Louis. Yeni Fizik Kuantumları. Çeviren Yakup Şahan. İstanbul: Kabcacı Yayınevi, 1992. s. 59, s.108.

²⁶⁵ Cushing, James T. Fizikte Felsefi Kavramlar: Felsefe ve Bilimsel Kuramlar Arasındaki Tarihsel İlişki. 1. Çeviren B. Özgür Sarioğlu. Cilt 2. İstanbul: Sabancı Üniversitesi Yayınları, 2006., s. 138.

²⁶⁶ Heisenberg, a.g.e., s. 8.

birbirine tamamen uyduğunu görmüşlerdir. Planck'ın "ısı ışımaları yasası" bu şekilde keşfedilmiştir.²⁶⁷

Planck bu aşamadan sonra, bulduğu formülün fiziksel yorumunu yapmaya girişmiştir. Buna göre Planck, formülüyle, ısıyan atomun yani osilatörün enerjisinin kesintisiz olarak değil, yalnızca kesikli (discrete) enerji kuantaları içeriyormuş, ayırık enerji basamaklarında bulunuyormuş gibi göründüğünü ifade etmiştir. Planck'ın ortaya koyduğu bu yeni formül ve açıklama, o güne kadar doğanın yorumlanmasında kullanılan klasik fizik yöntemlerini temelinden sarsmıştır.²⁶⁸ Planck, o zamana kadar kesintisiz bir yapıya sahip olduğu varsayılan radyasyonun "kuanta"lardan oluştuğu savı ile, klasik fizikle açıklanamayan grafik eğrilerinin açıklanabilmesini sağlamıştır.²⁶⁹ Bilimsel çalışmalarında tutucu bir bakış açısına sahip olan Planck'ın bulduğu yeni teoriyi klasik fiziğin eski yöntemleriyle ilişkilendirmek için yaptığı denemelerse başarısız olmuştur.²⁷⁰

Planck, ulaştığı sonuçlardan hoşnut olmasa da söz konusu çalışmalarını 1900 yılının Aralık ayında yayımlamıştır. Bu sonuçların yayımlanmasından 5 yıl kadar sonra Albert Einstein (1879-1955), ortaya koyduğu iki yeni probleme Planck yasasını başarıyla uygulamıştır. Bu problemlerin ilki, foto-elektrik olay olarak adlandırılan, ışık etkisi altında kalan metallerden elektronların kopması olayıdır. Philipp Lenard'ın (1862–1947) bu alandaki deney sonuçları, metalden kopan elektronların enerjisinin ışığın şiddetine değil, ışığın frekansına veya dalga boyuna bağlı olduğunu göstermiştir. Einstein, klasik ışıma teorisi ile açıklanamayan bu durumu Planck yasasından hareketle, ışığın "ışık kuantaları", diğer bir ifadeyle "foton" olarak adlandırdığı, uzayda küçük parçacıklar şeklinde hareket eden enerji kuantalarından oluştuğu savıyla çözümlenmiştir. Bu ışık kuantalarının her birinin enerjilerinin, Planck yasasına uygun olarak, ışığın frekansı ile Planck sabitinin çarpımına eşit olması gerektiği şeklinde açıklamıştır.²⁷¹

²⁶⁷ Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993., s. 8.

²⁶⁸ A.e., s. 8-9.

²⁶⁹ Parker, Barry. Kuantumu Anlamak. Çeviren Elif Alkın. İstanbul: Güncel Yayıncılık, 2006., s. 12.

²⁷⁰ Heisenberg, ag.e., s. 8-9.

²⁷¹ A.e., s. 9-10.

Einstein'ın ortaya koyduğu problemlerin ikincisi ise katı cisimlerin özgül ısısı problemidir. Klasik fizik, cisimlerin özgül ısılarını yüksek ısılar söz konusu olduğunda başarılı bir şekilde açıklamakta iken, düşük ısılarda aynı başarıyı sağlayamıyordu. Einstein bu probleme de Planck'ın kuantum teorisini uygulayarak çözüme ulaşmıştır. Einstein'ın ortaya koyduğu bu iki problemde ulaştığı sonuçlar, Planck yasasının, ısı ışıması olayıyla doğrudan ilişkisi olmayan alanlardaki problemlere de çözüm sağlayabildiğini göstermesi nedeniyle büyük öneme sahiptir. Einstein'ın bu çalışmaları, Planck'ın kuantum teorisinin temelinde yatan devrimci özelliğin de ortaya çıkmasını sağlamıştır. Einstein'ın çalışmalarının etkisiyle kuantum teorisi, fizikte Huygens'ten beri hâkimiyetini sürdüren geleneksel ışık tanımını da değiştirmiştir. Böylelikle ışık, Hertz'in deneyleriyle doğruluğu kanıtlanmış olan Maxwell'in dalga teorisiyle, yani elektromanyetik bir dalga hareketi olarak yorumlanmasının yanı sıra uzayda yüksek hızla hareket eden ışık kuantalarından, diğer bir deyişle enerji paketlerinden oluştuğu şeklinde de yorumlanmaya başlamıştır.²⁷²

Bunun bir sonucu olarak ışığın dalga ve parçacık özelliklerinin ikisine birden sahip olup olamayacağı sorusu ortaya çıktı. Heisenberg'e göre Einstein bu sorunun farkındaydı yani ışığın kırınımı ve girişimi olgularının yalnızca Maxwell'in dalga tasarımı temelinde açıklanabileceğini biliyordu. Einstein, kuantum teorisinin meydana getirdiği bu çelişkiyi, olgunun daha iyi anlaşılması durumunda ortadan kalkabilecek bir sorun olarak kabul etmiş, o aşamada konuyla ilgili tartışmalara dâhil olmamıştır.²⁷³

Bu yıllarda Henri Becquerel (1852-1908), Pierre Curie (1859-1906) ve Ernest Rutherford'un (1871-1937) atom yapısını açıklamak üzere gerçekleştirdikleri deneyler, atomun en karakteristik özelliği olan muazzam istikrarlı yapısını açıklayamamaktaydı. Örneğin Rutherford'un 1911'de sunduğu, minyatür bir gezegen sistemini²⁷⁴ anımsatan atom modeline göre, pozitif elektrik yüklü olan atomun bütün kütlelerini, çekirdek ile bu çekirdeğin yörüngesinde dönen elektronlar oluşturmaktaydı.

²⁷² Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993., s. 10.

²⁷³ A.e., s. 10-11.

²⁷⁴ De Broglie, Louis. Yeni Fizik Kuvantımları. Çeviren Yakup Şahan. İstanbul: Kabalcı Yayınevi, 1992., s. 65.

²⁷⁵ Bir başka ifadeyle negatif yüklü elektronların küçük ve yoğun yapıdaki pozitif yüklü çekirdek yörüngesinde döndüğü bu atom modeli, elektronların biçimlerini ve bir araya geliş tarzlarını açıklamaktan uzaktı.²⁷⁶ Newton mekaniğinin yasalarına uygun bu atom modeli temel alınarak, örneğin bir karbon atomunun başka bir atomla çarpışması veya kimyasal etkileşime girmesi sonucunda yine aynı karbon atomu olarak kalabilmesi olgusunu açıklamak da mümkün değildi.²⁷⁷

Hertz'den beri, bir kural olarak, yüklü parçacıkların ivme etkisiyle elektromanyetik dalgalar yaydığı bilinmekteydi. Klasik mekaniğe göre tasarlanan, bir çekirdek ve onun yörüngesinde dönen elektron şeklinde özetlenebilecek Rutherford'un atom modeli, çekirdeğin etrafında dönen elektronun yayacağı elektromanyetik dalgalar konusunu da açıklayamıyordu. Klasik yasaya göre, çekirdek çevresinde ivmelenen elektron çok hızlı bir şekilde ısınım yayarken enerji kaybetmeye başladığı anda büyük bir hızla çekirdeğe düşecektir. Bu da atomun o anda çökmesi anlamına geleceğinden, Rutherford'un teorisi bu konuda bir hata barındırıyordu. Omnes'e göre bu problemin bir benzeriyle, kara cisim ısınımı olgusunda karşılaşılıyordu.²⁷⁸ Bu konuda klasik yasalar ile yapılan açıklamalar, yüzlerce santigrad dereceye kadar ısıtılarak nihayetinde termodinamik dengeye ulaşacak tüm cisimlerin, örneğin küçük bir parça metal ya da kömür parçasının, sonsuz miktarda ısınım enerjisi yayacakları şeklinde mantıksız bir sonuca sebebiyet vermiştir.²⁷⁹

Kara cisim ısınımı olgusundaki problemde başarılı sonuç veren Planck'ın kuantum teorisini, hocası Rutherford'un atom teorisiyle birleştiren bilim insanı Niels Bohr'a (1885-1962)²⁸⁰ göre atomun enerjisi yalnızca ayrık enerji miktarları ölçüsünde değişmektedir. Bu, atomun yalnız ayrık durağan durumlar (state) içinde var olduğu ve bu durumlar arasında enerji olarak en zayıf olan durumun atomun normal durumu olduğu anlamına gelmektedir. Böylece atom, etkileşim içine girdiği her durumdan

²⁷⁵ Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993., s. 11.

²⁷⁶ Parker, Barry. Kuantumu Anlamak. Çeviren Elif Alkın. İstanbul: Güncel Yayıncılık, 2006., s. 13.

²⁷⁷ Heisenberg, a.g.e., s. 11.

²⁷⁸ Omnes, Roland. Kuantum Felsefesi, Çağdaş Bilimi Anlamak ve Yorumlamak. Çeviren Ercüment Akat. İstanbul: Alfa, 2018., s. 166-167.

²⁷⁹ <https://sarkac.org/2019/04/planck-sabiti-nedir/>

²⁸⁰ Reichenbach, Hans. Bilimsel Felsefenin Doğuşu. Çeviren Cemal Yıldırım. İstanbul: Fol Kitap, 2019., s. 192.

sonra yine söz konusu normal durumuna dönecektir. Heisenberg'e göre, Bohr'un bu savıyla atomun kararlı yapısı açıklığa kavuşmuştur. Bohr'un atom modeli, atomun kararlılığına getirdiği açıklamanın yanında örneğin elektrik yükü boşalımı veya ısısal hareketler sonucunda atomların yaydığı spektrum çizgileri gibi birtakım olguların yorumlanmasına da imkân sağlamıştır²⁸¹ ancak yalnızca tek elektronlu yani en basit durumdaki atomlar için geçerli olduğundan ve de bazı yönleriyle bir takım tutarsızlıklar barındırdığından geliştirilmesi gereken bir model durumundaydı.²⁸²

Atomların özelliklerini açıklamak için 1913-1925 yılları arasındaki dönemde Bohr, Sommerfeld ve Hendrik Anthony Kramers (1894-1952) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar “eski kuantum teorisi” olarak adlandırılmaktadır.²⁸³ Cushing söz konusu dönemi ve atomlara ilişkin bu dönemde gerçekleştirilmiş olan çalışmaların kurallarını şu şekilde ifade eder:

“Atomları incelemek için evrilen kurallar kümesinden günümüzde ‘eski kuantum mekaniği’ diye söz edilir ve bunlar klasik betimlemeden kuantum olanına geçmek için asıl olarak üç basamak içerirler. Sistemin olası hareketlerini belirlemek için klasik mekanik kullanılırdı; gerçekte izin verilen yörüngeleri seçmek için kuantum koşulları konur; son olarak, elektronun izin verilen (ya da kararlı) bir yörüngeden bir diğerine geçişleri sırasında verilen ya da alınan kuantanın frekanslarını sabitlemek için enerjinin korunumu kullanılırdı.”²⁸⁴

Bohr'un elektronların devinimini açıklamaya yönelik çalışmalarında klasik yasalara ek olarak geliştirdiği kuantum koşulları, sonraki yıllarda Arnold Sommerfeld (1868-1951) tarafından matematiksel formüllerle ifade edilmiştir.²⁸⁵ Bohr'un 1913 yılında yayımladığı makalesinin ardından onun ve Arnold Sommerfeld'in bu teoriyi geliştirme yönündeki çabaları sonuçsuz kalmış, hidrojen atomunda elde edilen başarı daha karmaşık yapılı atomlar söz konusu olduğunda yerini başarısızlığa bırakmıştır.²⁸⁶

²⁸¹ Heisenberg, Werner, ve Yılmaz Öner. Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993., s. 11-12.

²⁸² Cushing, James T. Fizikte Felsefi Kavramlar: Felsefe ve Bilimsel Kuramlar Arasındaki Tarihsel İlişki. 1. Çeviren B. Özgür Sarioğlu. Cilt 2. İstanbul: Sabancı Üniversitesi Yayınları, 2006., s. 148.

²⁸³ Haar, Dirk Ter. The Old Quantum Theory. Pergamon Press, 1967., s. vii.

²⁸⁴ Cushing, James T. Fizikte Felsefi Kavramlar: Felsefe ve Bilimsel Kuramlar Arasındaki Tarihsel İlişki. 1. Çeviren B. Özgür Sarioğlu. Cilt 2. İstanbul: Sabancı Üniversitesi Yayınları, 2006., s. 148.

²⁸⁵ Heisenberg, a.g.e., s. 12.

²⁸⁶ Omnès, Roland. Kuantum Felsefesi, Çağdaş Bilimi Anlamak ve Yorumlamak. Çeviren Ercüment Akat. İstanbul: Alfa, 2018., s. 169.

Reichenbach'ın, atomculuğun yeni bir zaferi olarak nitelendirdiği Planck'ın kuantum teorisinin temel ilkeleri, elektrik dalgalarının oluşumunu açıklayan klasik teori ile optikteki girişim olayına uymayan sonuçlar vermesiyle fizik biliminin bütünlüğünü ve tutarlılığını bozmuştur. Kuantum teorisiyle birlikte kimi olgular ışığın parçacık teorisiyle, kimi olgular ise ışığın dalga teorisiyle açıklanmaya çalışılmış, o yıllarda bu iki görüşü birleştirme çabaları ise uzun bir süre sonuçsuz kalmıştır.²⁸⁷

1923 yılına gelindiğinde Louis de Broglie'nin (1892-1987) çalışmaları sayesinde madde ve ışık teorilerinde çok önemli bir gelişme yaşanmıştır. De Broglie, fizikçilerin, ışığın dalga veya parçacık olarak yorumlanması gerektiği konusundaki kararsızlıklarına ışığın hem dalga hem de parçacıklardan oluştuğu görüşüyle karşılık vermiştir.²⁸⁸ Bunun yanında o, yalnızca ışığın değil, maddenin, elektron gibi elementer parçacıklarının da dalga ve parçacık özelliği taşıdığını öne sürmüştür.²⁸⁹ Fizikçilerin deneyleri ile doğruladıkları bu çalışmasını doktora tezinin bir kısmında da yayımlayan Louis de Broglie'nin fikirleri Einstein tarafından kusursuz olarak nitelendirilmiştir.²⁹⁰

1925-26 yıllarına gelindiğinde, Heisenberg'in matris mekaniği ve Schrödinger'in dalga mekaniği ile kuantum teorisinin ikinci dönemi olarak bilinen kuantum mekaniğine geçiş gerçekleşmiştir.

2. Kuantum Teorisinin Felsefi Sorunları

Kuantum teorisinin felsefi sorunları arasında, nedensellik yasasının atomik alanda geçerliliğini yitirdiği iddiası önemli bir yere sahiptir. Bu iddia çeşitli biçimlerde karşımıza çıkar. Nedensellik yasasının fizik biliminde değişen koşullar ve yeni gelişmeler sebebiyle uygulanabilirliğini yitirdiği ve bu nedenle artık geçersiz olduğu öne sürülmektedir. Bu iddialara karşı olarak Kant'tan bu yana felsefi gelenekte yer alan önemli bir yaklaşım olan nedensellik yasasının a priori geçerliliği hakkında argümanlar da öne sürülmüştür. Tüm bunların sonucunda nedensellik yasasının a priori geçerliliği varsayımı ile kuantum teorisiyle ortaya çıkan fizikteki yeni

²⁸⁷ Reichenbach, Hans. Bilimsel Felsefenin Doğuşu. Çeviren Cemal Yıldırım. İstanbul: Fol Kitap, 2019., s. 191-193.

²⁸⁸ A.e., s. 193.

²⁸⁹ Parker, Barry. Kuvantumu Anlamak. Çeviren Elif Alkın. İstanbul: Güncel Yayıncılık, 2006, s. 13.

²⁹⁰ A.e., s. 69-70.

gelişmelerin birbiriyle uygun bir şekilde nasıl bağdaştırılabileceği sorusu gündeme gelmiştir.²⁹¹

Peter Mittelstaedt'e göre nedensellik kavramının temelleri, şeylere dört nedenin atfedildiği Aristoteles felsefesine kadar uzanmaktadır. Maddi neden (causa materialis), ereksel neden (causa finalis), fail neden (causa efficiens) ve formel neden (causa formalis) olarak sıraladığı dört neden arasından fail neden, modern doğa bilimi açısından öneme sahiptir. Tikel (particular) neden ile ilgilenen nedensel yasa, meydana gelen her şeyin bir nedeni olması gerektiğini ve bunun daha sonra bir sonuç olarak ortaya çıktığını belirtir. Sonuç ile neden arasındaki bağlantı sıradan görülür; herhangi bir zamanda ve herhangi bir yerde benzer nedenler benzer sonuçlar doğurur. Modern fiziğin diliyle, neden ve sonuç ilişkisini kuran yasanın, bir olayın zamanını ve yerini bağımsız değişkenler olarak içermesi gerektiği söylenebilir.²⁹²

Reichenbach'a göre nedensellik kavramı, modern çağlarda ortaya çıkan her bilgi teorisinin temel sorunlarından biri olmuştur. Başlangıçta şans oyunlarının sonuçlarına ilişkin olarak gözlenen istatistiksel yasalar zamanla başka alanlara da uygulanmaya çalışılmış, bu uygulamalar 19. yüzyılda fizik alanında da kendisini göstermeye başlamıştır. Örneğin, bir gazın, her yöne üşüşen, birbiriyle çarpışan ve akıl almaz bir hızla zikzaklar çizerek devinen çok sayıda küçük parçacıktan oluştuğunu söyleyen gazların kinetik teorisi, istatistiksel hesaplamalar aracılığıyla kurulmuştur. İstatistiksel yöntem termodinamiğin ikinci yasası ile ifade edilen “geriye çevrilemezlik (tersinmezlik)” olgusunu açıklayarak büyük bir başarı elde etmiştir. Bunu gerçekleştiren bilim insanı ise Viyana'lı fizikçi Ludwig Boltzmann'dır (1844-1906).²⁹³

Termodinamiğin birinci yasası yani “enerjinin korunumu”, bütün termik değişimlerde sabit kalan miktarı, ikinci yasa yani “tersinmezlik” ise söz konusu değişimin hangi istikamette yürümesi gerektiğini tayin eder. “Tersinmezlik”le ifade bulan iki cisim arasında ısının daha sıcak olandan daha soğuk olana geçeceği. Boltzmann'a göre burada dar bir nedensellik yasasından söz edilemez. Bu alandaki

²⁹¹ Mittelstaedt, Peter; Riemer, W. Philosophical problems of modern physics. Dordrecht: D. Reidel, 1976., s. 133.

²⁹² Mittelstaedt, Peter; Riemer, W. Philosophical problems of modern physics. Dordrecht: D. Reidel, 1976., s. 134.

²⁹³ Reichenbach, Hans. Bilimsel Felsefenin Doğuşu. Çeviren Cemal Yıldırım. İstanbul: Fol Kitap, 2019., s. 178-181.

olguları açıklamada kullanılan bir istatistik yasası, nedenselliğe tabi olan yasaların sağladığı kesinliği veremez, sadece ortalama doğruluklar tesis edebilir. Böyle bir yasa zorunluluk kavramıyla değil, ancak farklı bir mantıksal yapıya işaret eden olasılık kavramıyla izah edilebilir.²⁹⁴

Örneğin, birinde oksijen diğerinde azot bulunan, aynı büyüklükteki iki kısma ayrılmış bir kap düşünelim. Kapların arasındaki duvarlar kaldırıldığında gazların birbirine karışması olayı, atomlar mekaniğinin kesin yasalarından çok farklı olan yasalara göre, sadece istatistik yasası, tesadüf yasası sonucunda meydana gelir. Bu nedenle gazların aksi yöndeki bir hareketine imkânsız değil, fakat yalnız olasılık dışı denilebilir.²⁹⁵

Reichenbach'ın değerlendirmesine göre tersinmezlik yasasının istatistiksel yorumunu çok önemli kılan husus, bundan doğan teorik sonuçların daha önce “kesin” diye bilinen bir doğa yasasının aslında istatistiksel nitelikte olduğunu göstermiş olmasıdır. Bu durum, “kesin” olarak adlandırılan diğer doğa yasalarının mahiyetinin sorgulanmasına, bunların da kesinliği ile anlaşılması gerekenin ne olduğuna ilişkin tartışmalara sebep olmuştur. Reichenbach'ın tespit ettiği üzere bu tartışmalar iki zıt görüşü ortaya çıkarmıştır: Birinci görüşe göre, istatistiksel yasaların kullanılmasının gerekçesi olarak fizikçilerin bilgisizliği gösterilmelidir. Şayet fizikçiler her molekülün bireysel davranışını gözlemeyi ve hesaplamayı gerçekleştirebilselerdi bu istatistiksel yasalara başvurmaya ihtiyaç duymayacak ve termodinamik süreçleri “kesin” nedensel yasalarla belirleyebileceklerdi. Bu görüşü savunanlar için böyle bir kesinlik Laplace'ın tasavvur ettiği türden bir üstün zekâ sahibince elde edilebilirdir.²⁹⁶

İkinci görüş ise, tam tersi bir bakış açısı ortaya koymuştur: Moleküllerin hareketlerinin rastlantısal olmaları sebebiyle kesin nedensel yasalarla izah edilemeyeceğini, kesin nedensellik diye ifade edilen şeyin dahi istatistiksel nitelikte olduğunu iddia eden bu görüşe göre nedenselliği mikroskobik düzeye indirgemek için elimizde yeterli bir neden, moleküllerin kesin yasalara göre davrandığını düşünmek için sağlam bir dayanak yoktur. Başlangıç koşulları eş olsa da iki molekülün

²⁹⁴ Reichenbach, Hans. *Fizik Felsefesine Giriş* İstanbul Konferansları. Çeviren Halil Vehbi Eralp ve Nusret Hızır. İstanbul: Fol Kitap, 2020., s. 29.

²⁹⁵ A.e.

²⁹⁶ Reichenbach, Hans. *Bilimsel Felsefenin Doğuşu*. Çeviren Cemal Yıldırım. İstanbul: Fol Kitap, 2019., s. 182-183.

davranışları ve sonraki durumları tümüyle farklı olabilir. Dahası Laplace'ın üstün zekâsı bile bir molekülün hareketini önceden belirleyemez.²⁹⁷

Reichenbach için esas sorun şudur: Nedensellik temel, evrensel bir ilke midir yoksa yalnızca makroskobik düzeyde geçerli ama atomlar düzeyinde uygulanamayan, istatistiksel yasaların yerine geçen bir ilke midir? Bu sorunun yanıtı, kuantum kavramının yol açtığı atom altı olaylara ilişkin çözümlemeleri içeren 20. yüzyıl fiziğinde verilmiştir.²⁹⁸

Fizikte elde ettiği bilimsel başarıların yanında yeni ve önemi gün geçtikçe artan bir felsefi sistem ortaya koyan kuantum teorisiyle, Reichenbach'ın işaret ettiği üzere nedensellik kavramının artık eskisi gibi değerlendirilmesi imkânı kalmamıştır.²⁹⁹ Klasik fizikte aslında idealize edilmiş bir ilişki biçimi olarak karşımıza çıkan nedensellik yasası ile gerçek oluşumların, son derece karmaşık olabilen yapıların izah edilmeye çalışılması sorunludur. Yine Reichenbach'ın örneğiyle bir fizikçi namludan çıkan bir merminin izleyeceği yolu hesaplarken, barut yükü ve namlunun eğilimi gibi bir takım temel etkenleri göz önünde bulundurmak durumundadır ancak hesaba katamadığı havadaki nem miktarı veya esintinin yönü gibi etkenler de vardır. Bu nedenle merminin isabet edeceği yeri kesin olarak tayin edemez. Ancak belirli bir olasılık dâhilinde bir belirleme yapılabilir.³⁰⁰

Anlaşılan odur ki Reichenbach'a göre, nedenselliğin, insanların gerek günlük hayatta gerekse bilimde binlerce yıldan beri topladıkları tecrübelerin genelleştirilmesinin bir sonucu olarak ortaya çıktığını ve zorunlu olmadığını iddia eden felsefi anlayışa uygun olarak kesin nedensellik arayışından vazgeçilmelidir. Nedensel yasaların, yerlerini olasılık yasalarına bırakmaları gerekmektedir.³⁰¹

Bu gibi durumlarla önemi anlaşılan ve kuantum mekaniğiyle daha da önem kazanan olasılık kavramı, bilgilerimizin yapısını anlamaya çalışan filozoflar için artık göz ardı edilemez bir yapıya kavuşmuştur.³⁰² Kuantum teorisiyle ortaya çıkan ışığın parçacık mı yoksa dalga mı olduğu sorusuna getirilen yanıtlardan biri de Born'a aittir.

²⁹⁷ A.e., s. 183-184.

²⁹⁸ A.e., s. 184.

²⁹⁹ A.e.

³⁰⁰ A.e., s. 185.

³⁰¹ Reichenbach, Hans. Bilimsel Felsefenin Doğuşu. Çeviren Cemal Yıldırım. İstanbul: Fol Kitap, 2019., s. 184.

³⁰² A.e., s. 185.

Broglie'nin ışığın hem parçacık hem dalga özelliği gösterdiği iddiasına karşılık Max Born³⁰³ dalganın maddesel bir nitelikte olmadığı, sadece bazı olasılıkları ifade ettiği düşüncesini ileri sürmüştür. Heisenberg de Born'un bu düşüncesini savunmuş, atomik oluşumların nedensellik ile ifade edilemeyeceğini, çünkü bunların olasılık yasalarına tabi olduklarını iddia etmiştir. Born ile Heisenberg atomik düzeydeki olguların açıklanışında nedensel yorumundan ayrılmışlar, bu alana ilişkin değerlendirmelerin olasılığı esas alan istatistik bilimi üzerinden yapılmasına zemin hazırlamışlardır.³⁰⁴

Heisenberg'in 1925'te ortaya koyduğu matris mekaniği çalışmasını izleyen çalışmalarının sonucunda 1927 yılında ortaya koyduğu "belirsizlik ilkesi" de kuantum mekaniği dönemine geçişe katkı sağlayan etkenlerden biridir. Fizikte devrim niteliğinde etkisi bulunan belirsizlik ilkesi, çok sayıda sıra dışı özellik taşımaktadır. Uçar'a göre bu özelliklerden bilhassa üç tanesi felsefi yansımaları açısından özel bir yere sahiptir. Bu özelliklerden ilki, belirsizlik ilkesinin gerektirdiği yeni matematiksel yapıdır. Nitekim Heisenberg, oluşturduğu matris cebri olarak adlandırılan bu yapıyı, belirsizlik ilkesi aracılığıyla fizik bilimi dünyasına tanıtmıştır.³⁰⁵

İlkenin ikinci özelliği kuantum teorisiyle ortaya çıkan, evrenle ilgili bilginin sınırlarının olduğu şeklindeki sonuçla ilgilidir. Söz konusu sınırlar içerisinde elde edebileceğimiz bilgiler ise olasılıklar dâhilindedir. Çünkü kuantum mekaniği olasılık yasaları ile yönetilmektedir. Bu nedenle kuantum mekaniği klasik mantık ile değil çok değerli mantık ile denetlenebilmektedir. Uçar bu durumu, belirsizlik ilkesiyle ortaya çıkan felsefi sorunların üçüncüsü olarak değerlendirir. Uçar'a göre, belirsizlik ilkesiyle ortaya çıkan bu problemler, bilim felsefesinde epistemolojik ve ontolojik bakımdan yeni bir döneme girildiğinin işareti olarak görülebilir.³⁰⁶

Heisenberg'in belirsizlik ilkesi, bir atom parçacığının konumunun ve hızının aynı anda, istenilen zamanda ve kesinlikle gösterilmesinin mümkün olmadığını ifade eder. Bir atom parçacığının konumu kesinlik ile ölçülebilir fakat bu esnada ölçüme etki eden gözlem araçları, parçacığın hızının da tam bir kesinlik ile ölçülmesinin önüne

³⁰³ Heisenberg bir dönem Born'un altında çalışmıştır.

³⁰⁴ Reichenbach, a.g.e., s. 195.

³⁰⁵ Uçar, S. (2020). Heisenberg Belirsizlik İlkesindeki 'Belirsizlik'. Temaşa Felsefe Dergisi(14), 72-82.

³⁰⁶ Uçar, S. (2020). Heisenberg Belirsizlik İlkesindeki 'Belirsizlik'. Temaşa Felsefe Dergisi(14), 72-82.

geçer. Benzer şekilde ilk olarak hız ölçülürse bu kez de parçacığın konumu tam bir kesinlik ile belirlenemeyecektir.³⁰⁷

Hareket hâlindeki bir elektronun konumunun tam olarak belirlenebilmesi için üzerine belli bir dalga boyunda ışık düşürüldüğünde elektron bu ışınların boyutu nedeniyle hareket eder. Böylece elektronun hızı kontrol edilemeyecek ölçüde değişir. Ne kadar kısa dalga boyunda ışık ışını kullanılırsa elektronun konumunu da o ölçüde yüksek bir kesinlikle belirlemek mümkün olmaktadır. Fakat kısa boylu ışık ışınlarının enerjisi çok yüksek olduğundan bu ışınlar elektronun mevcut hızından daha yüksek bir hız kazanmasına neden olacak şekilde parçacığı hareket ettirmektedir. Bu durum sonucunda bir elektronun hızını ve konumunu aynı anda kesinlikle belirlemeye yönelik bir belirsizlik ortaya çıkmaktadır. Planck sabiti ise bu durumda ortaya çıkan belirsizliğin alt sınırını belirlemektedir.³⁰⁸

Heisenberg ilkesindeki belirsizlik ifadesi, herhangi bir kuramın doğruluğuna ilişkin belirsizlik anlamında değil, bir fizik sistemini tarif ederken kullanılan parçacık gibi kavramların meydana getirdiği bulanıklık anlamındadır. Heisenberg'in belirsizlik ilkesi enerji ve zaman durumlarına ilişkin belirsizliği de ifade etmektedir. Buna göre zaman ile ilgili bilginin kesinliği arttıkça enerji ile ilgili bilgi o oranda belirsizleşecektir. Bu durum ölçüm aletlerinin ve yöntemlerinin hassaslığından bağımsız bir durumdur; gözlemleyebildiklerimizin bir sınırı olduğunu ortaya koymaktadır.³⁰⁹

Heisenberg belirsizlik ilkesinin öznesi elektrondur. Hareket hâlindeki bir elektronun konumu ve momentumu yani hızı, ölçümü yapılacak büyüklüklerdir. Bu büyüklükler ölçülmeden önce tanımlı değildir. Diğer bir deyişle, bir elektronun konumu ve momentumu ölçülmeye karar verildiğinde bu büyüklüklerin varlığı belirlenmiş olmaktadır. Uçar'ın ifadesiyle: “*Elektronun fiziksel özellikleri mutlak anlamda onun kendi doğal özünde var olan şeyler değil fakat gözlemciyi de işin içine dâhil eden özelliklerdir.*”³¹⁰

³⁰⁷ Uçar, S. (2020). Heisenberg Belirsizlik İlkesindeki 'Belirsizlik'. Temaşa Felsefe Dergisi(14), 72-82.

³⁰⁸ Uçar, S. (2020). Heisenberg Belirsizlik İlkesindeki 'Belirsizlik'. Temaşa Felsefe Dergisi(14), 72-82.

³⁰⁹ Uçar, S. (2020). Heisenberg Belirsizlik İlkesindeki 'Belirsizlik'. Temaşa Felsefe Dergisi(14), 72-82.

³¹⁰ Uçar, S. (2020). Heisenberg Belirsizlik İlkesindeki 'Belirsizlik'. Temaşa Felsefe Dergisi(14), 72-82.

Bu ifade ölçüm ile gözlemcinin birbirinden ayrılmadığı anlamına gelmektedir. Böylece elektron ile ilgili ontolojik yapı da değişime uğramaktadır. Uçar'ın aktardığına göre Heisenberg, elektronların her zaman var olmadığını, onların yalnızca onlara bakıldığında ya da başka bir şeyle etkileştiklerinde var olduklarını düşünmekteydi. Kuantum mekaniğine göre cisimler başka bir cisimle çarpıştığında belirli bir konuma sahip olurlar.³¹¹ Heisenberg'e göre elektronların bir etkileşimden diğerine geçişini sağlayan sıçramalar öngörülebilir değildir. Bu durum rastlantısal bir şekilde gerçekleşmektedir ve burada olasılık hesabı devreye girer. Uçar'a göre belirsizlik ilkesinde görülen durum ontolojik bir gerçeklik değil, gözlem aletlerinin yetersizliğinden kaynaklanan bir eksikliktir. Ölçüm aletlerinin kendilerinin de elektronlardan oluşması sebebiyle yapılacak ölçüm yeterince hassas olamamakta, bunun sonucunda epistemolojik bir belirsizlik ortaya çıkmaktadır.³¹²

Heisenberg'in belirsizlik (uncertainty) ilkesine göre, bir parçacığın konumunun belirlenmeye çalışılması, momentum ölçümünü etkilemektedir; dolayısıyla bir parçacığın yörüngesi tespit edilemez. Öyleyse yeni mekanik için “yörünge” kavramı artık bir anlam taşımamaktadır.³¹³ Popper'a göre burada bir sorun ortaya çıkmaktadır:

“Belirsizlik bağıntıları, parçacığın yalnızca ölçüm sonrası büyüklükleriyle ilgilidir; ölçüm anına kadar, bir elektronun yerini ve momentumunu sınırlandırılmamış bir kesinlikle ilkesel olarak saptayabiliriz. Bu amaçla ardışık birçok ölçüm yapılabilir; buna göre (a) iki konum ölçümü, (b) momentum ölçümü öncesindeki konum ölçümü ve (c) momentum ölçümünü izleyen konum ölçümü sonuçlarını birleştirerek, iki ölçüm arasındaki zaman aralığı için (en azından bu iki zaman için) yer ve momentum koordinatlarını kesin olarak hesaplayabiliriz. Ne var ki, bu biçimde yapılan kesin hesaplamalar Heisenberg'e göre, bunları test etmek olanaksız olduğu için kestirimde kullanılamazlar; çünkü hesaplama yalnızca, aralarında başka bir büyüklüğün ölçülmediği, birbirini doğrudan izleyen iki deney arasındaki yörünge için geçerlidir (öngörülen başka bir büyüklüğün sınanması amacıyla hazırlanan deney, elektronun yörüngesini etkileyecek ve bu nedenle bulgularımız geçersiz olacaktır)”.³¹⁴

³¹¹ Uçar, S. (2020). Heisenberg Belirsizlik İlkesindeki 'Belirsizlik'. *Temaşa Felsefe Dergisi*(14), 72-82.

³¹² Uçar, S. (2020). Heisenberg Belirsizlik İlkesindeki 'Belirsizlik'. *Temaşa Felsefe Dergisi*(14), 72-82.

³¹³ Popper, Karl R. *Bilimsel Araştırmanın Mantığı*. Çeviren İlknur Aka ve İbrahim Turan. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 1998, s. 252.

³¹⁴ Popper, Karl R. *Bilimsel Araştırmanın Mantığı*. Çeviren İlknur Aka ve İbrahim Turan. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 1998, s. 252.

Popper’a göre Heisenberg, elektronun geçmişine ilişkin değerlendirmelerde herhangi bir fiziksel gerçeği hesaba katıp katmamanın keyfi olduğu iddiasıyla, aslında sınanamayan yörünge hesaplamalarının fiziksel açıdan anlamsız olduğunu söylemek istemiştir.³¹⁵ Yine Popper’ın aktarımından anladığımız üzere Schlick de atomik düzeyde bir parçacığın yerine ilişkin bir önermenin, doğrulanamaması durumunda anlamsız olacağını, bir parçacığın “yörüngesi”nden³¹⁶ söz etmenin ise mümkün olamayacağını düşünmektedir. Ancak Popper bu “anlamsız” görünen değerlendirmelerin yeni mekanik dâhilinde hesaplamanın mümkün olduğunu, bu sebeple de Heisenberg’in, temel iddiasını, olması gerektiği gibi neticelendirmediğini iddia etmektedir.³¹⁷

Popper bu konuyu şu şekilde açıklık getirmeye çalışır:

“...burada yalnızca şu iki yoruma yer verilmiştir: Bunlardan biri; parçacığın tam doğru bir yeri ve tam doğru bir momentumu (böylece de tam doğru bir yörüngesi) olduğu, ama onları aynı anda ölçemeyeceğimiz yaklaşımdır. Bu durumda doğa, hâlâ bazı fiziksel büyüklükleri gözlemlerimizden gizlemektedir -gözlemleyemediğimiz, parçacığın yeri ya da momentumu değil, her iki büyüklüğün birlikte oluşturduğu, “yer-momentum”dur. (Bu yorumlamayla belirsizlik bağıntıları, bilgilerimizdeki kısıtlanmışlık olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle de öznel dir.) Diğer i ise nesnel bir bakıştır; buna göre, parçacığa böyle kesin bir “yer-momentum” ya da bir “yörünge” yüklemek, tamamıyla yasaktır, yanlıştır, metafiziktir- nedeni çok basit: parçacığın yörüngesi yoktur, bunun yerine parçacığın yalnızca tam kesin olmayan bir momentumuyla birlikte tam kesin bir yeri vardır ya da tersi. Kuramı bu biçimde yorumladığımızda, formüller metafizik öğeler taşımaktadır; çünkü “yer-momentum”, daha önce gördüğümüz gibi -ilkesel olarak gözlemlerle sınanamayan iki zaman aralığı için- kuramın yardımıyla kesin olarak hesaplanabilmektedir.”³¹⁸

Popper’a göre, belirsizlik bağıntıları bilgilerimizin kısıtlandığını ifade eder, bu nedenle öznel bir yapıya sahiptir. Belirsizlik ilkesi ayrıca bir parçacığın yalnızca ya konumunun ya da momentumunun kesinlik ile bilinebileceğini belirttiği için,

³¹⁵ A.e., s. 253.

³¹⁶ Popper’a göre yörünge ifadesi konum ve momentumun aynı anda tam bir kesinlikle ölçümü anlamına gelmektedir. Bkz.: Uçar, Semra (2020). Popper ve Heisenberg belirsizlik ilkesi. Kaygı. Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Felsefe Dergisi, 19(2), 518-541.

³¹⁷ Popper, Karl R. Bilimsel Araştırmanın Mantığı. Çeviren İlknur Aka ve İbrahim Turan. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 1998, s. 253.

³¹⁸ A.e.

parçacığın bir yörüngesinin bulunmadığı anlamına gelir. Popper’a göre bu, nesnel bir yaklaşımdır. Fakat kuantum teorisi bu şekilde yorumlandığında formüller metafizik öğeler içerir ve Popper Heisenberg’in belirsizlik ilkesinin söz konusu metafizik öğeleri ortadan kaldırma konusunda başarılı olup olmadığının belli olmadığını belirtir. Ona göre Heisenberg, kuantum teorisini metafizik öğelerden nasıl arındırması gerektiği sorununu çözümsüz bırakmıştır.³¹⁹

Denkel’e göre “kavrayış” ile “kavranan şey”i karıştırma yanlıgısı nasıl ki Platoncu idealist gerçekçiliğe sebebiyet vermişse, 19. yüzyılda da onun epistemizm olarak da adlandırdığı “pozitivizm”in ortaya çıkmasına yol açmıştır.³²⁰ Varlıkbilimsel bir yaklaşım olan epistemizm, Descartes ile başlamış ve deneyciliğin ortaya çıkışıyla daha derin bir anlam kazanmış, gerçekliğin ancak onu bilebildiğimiz ölçüde ve onun bilgisi çerçevesi içinde var olabileceğini savunan bir düşünce sistemidir.³²¹

Denkel Heisenberg’in de epistemist bir bakış açısına sahip olduğu iddiasındadır. Kuantum fiziğinde önemli bir yeri bulunan “belirsizlik ilkesi”ni de ortaya koymuş olan Heisenberg, atomaltı parçacıkların fiziğinin, kesinlikten uzak belirsiz hâlinin, kuantum kuramı dolayısıyla değil, kuramın açıkladığı olguya özgü bir belirsizlik olduğunu düşünmektedir.³²² Denkel’e göre Heisenberg’in belirsizlik ilkesi mutlak değil dilemmatik bir belirsizliktir. Bu ilke bir parçacığın yerinin hiçbir zaman belirlenemez olduğu anlamına gelmez; tek bir zamanda yalnızca ya momentumunun ya da yerinin belirlenebilir olduğunu belirtir. Denkel, Heisenberg’in belirsizlik ilkesinin sağladığı faydaları ve başarısını kabul etmekle birlikte, onun tarif ettiği belirsizliğin, olguya mı özgü olduğu yoksa ölçümü gerçekleştiren insanın sınırlarından mı kaynaklandığı sorusunu yanıtsız bıraktığını düşünmektedir.³²³ Denkel’e göre bu tür belirsizlikleri konu alan olasılıkçı hesaplar, betimlemeler ve tahminlerin başarılı olmaları onların gerçeği betimlediklerini göstermez. Nitekim ona göre gerçekliğe uygun olmayan pek çok önerme, tutarlı ve faydalı sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir.³²⁴ Bu sebeple Denkel, kuantum fiziğinin başarılı bir teori

³¹⁹ Popper, Karl R. Bilimsel Araştırmanın Mantığı. Çeviren İlknur Aka ve İbrahim Turan. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 1998, s. 254.

³²⁰ Denkel, Arda. İlkçağ’da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011, s. 288.

³²¹ A.e.

³²² A.e., s. 289.

³²³ A.e.

³²⁴ A.e., s. 289-290.

olmasının, belirsizliğin gerçeklikte bulunduğunun bir kanıtı olamayacağını düşünmektedir: “Çünkü miyop bir gözle izlenen filmin net olmamasının geçerli bir açıklaması bu gözün verileriyle sağlanamayacaktır”.³²⁵



³²⁵ A.e., s. 290.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

KUANTUM MANTIĞI

1. Kuantum Mantığı'nın Tarihi

1.1. John Von Neumann ve Garrett Birkhoff'un Kuantum Mantığı

Macar matematikçi John von Neumann'ın (1903-1957) “Kuantum Mekaniğinin Matematiksel Temelleri”³²⁶ adını verdiği, Hilbert uzayını temel alarak kuantum mekaniğinin matematiksel biçimciliğini ortaya koymaya çalıştığı kitabı 1932 yılında yayımlanmıştır.³²⁷ Bu kitabın üçüncü bölümünün son kısmında kuantum mantığı fikri ilk kez ortaya konulmuştur.³²⁸

“... Bir yanda fiziksel bir sistemin özellikleri ve diğer yanda izdüşümler arasındaki bağıntı, bunlarla bir tür mantıksal hesabı mümkün kılmaktadır.”³²⁹

Söz konusu kitapta bu fikre ilişkin ayrıntılara yer verilmemesi sebebiyle kuantum mantığının doğuşu, von Neumann'ın Amerikalı matematikçi Garrett Birkhoff'la (1911-1996) birlikte yayımladıkları 1936 tarihli "Kuantum Mekaniğinin Mantığı"³³⁰ adlı makaleye tarihlenmektedir. Bu makale, kuantum mantığı için bir önermeler hesabı geliştirmek amacıyla yapılan sistematik bir girişimin başlangıcı olarak kabul edilir. Kuantum mantığı kavramı yalnızca Birkhoff ve von Neumann'ın makalesine dayanarak anlaşılması çok zor olduğundan, makalenin yayımlanmasından sonra 1950'lerin sonlarına kadar kuantum mantığı alanında çalışmalar

³²⁶von Neumann, John. Mathematical Foundations of Quantum Mechanics. Princeton: Princeton University Press, 1955.

³²⁷ Engesser, Kurt, Dov M. Gabbay, ve Daniel Lehmann. A New Approach to Quantum Logic. London: College Publications, 2007., s. 49.

³²⁸ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 205.

³²⁹von Neumann, a.g.e., s. 253.

³³⁰ von Neumann, John, ve Garrett Birkhoff. «The Logic of Quantum Mechanics.» The Annals of Mathematics, 1936: 823-843.

yapılmamıştır.³³¹ Bu durumun bir istisnası olarak Reichenbach'ın kuantum mekaniğinin mantığı üzerine çalışmalarını içeren 1934 tarihli Olasılık Teorisi ve 1944 tarihli Kuantum Mekaniğinin Felsefi Temelleri adlı eserleri örnek gösterilebilir. Kuantum mantığının matematikçilerin, fizikçilerin ve filozofların ilgisini çekmesiyle birlikte konuyu farklı yönleriyle ele alan çalışmalar hız kazanmış ve zaman içerisinde zengin bir literatür oluşmuştur.³³²

Söz konusu makalenin yayımlandığı tarihlerde von Neumann eşzamanlı olarak, bugünkü terminolojide von Neumann cebirleri olarak adlandırılan "operatör halkaları" (rings of operators) teorisi üzerinde çalışmaktaydı. Von Neumann, Birkhoff ile olan makalesini yayınladığı yıl ayrıca Murray'le birlikte, von Neumann cebirlerinin sınıflandırma teorisini kuran ortak makalelerini de yayınlamıştır. Bu sınıflandırma kuramının sonuçlarının, von Neumann'ın kuantum mantığı kavramıyla yakından ilişkili olduğu belirtilmektedir.³³³ Bununla birlikte, von Neumann'ın kuantum mantığı fikrinin görünüşte mantık dışı bazı özelliklerini daha iyi anlamak için, von Neumann'ın daha önceki çalışmalarının sonuçlarını ve fikirlerini de hesaba katmak gerekir.

Von Neumann 1927 yılında kuantum mekaniğinin temellerine ilişkin üç önemli makale³³⁴ kaleme almıştır. Bunlar sırasıyla, "Kuantum Mekaniğinin Matematiksel Temeli"³³⁵, "Kuantum Mekaniğinin Teorik Yapısı"³³⁶ ve "Kuantum Mekanik Varlıkların Termodinamiği"³³⁷dir. Söz konusu üç temel makalenin ikincisinde, von Neumann, olasılığın frekans yorumu altında olasılık hesabının kuantum mekaniksel bir türevini ortaya koymuştur.³³⁸ Bu türev, 1932 tarihli kitabının IV. Bölümünde küçük fakat açıklayıcı değişikliklerle yeniden kaleme alınmıştır. Söz

³³¹ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 205.

³³² Rédei, Miklós. «The Birth of Quantum Logic.» History and Philosophy of Logic, 2007: 107-122., s. 107.

³³³ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei., a.g.e., s. 205.

³³⁴ Von Neumann, 1927 yılında kuantum mekaniğinin temellerine ilişkin üç önemli makale kaleme almıştır.

³³⁵ J. von Neumann, Mathematische Begründung der Quantenmechanik, Göttinger Nachrichten (1927), 157, in [von Neumann, 1962], pp. 151-207.

³³⁶ J. von Neumann, Wahrscheinlichkeitstheoretischer Aufbau der Quantenmechanik, Göttinger Nachrichten (1927), 245272, in [von Neumann, 1962], pp. 208-235.

³³⁷ J. von Neumann, Thermodynamik quantenmechanischer Gesamtheiten, Göttinger Nachrichten (1927), 245272, in [von Neumann, 1962], pp. 236-254.

³³⁸ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei., a.g.e., s. 205.

konusu işlem, von Neumann'ın az çok farkında olduğu kavramsal tutarsızlıklar içerdiği için oldukça sorunlu bir yapıdadır. Karşılaştığı kavramsal problemler, onu kuantum mekaniğinin standart Hilbert uzay³³⁹ formalizmine karşı eleştirel bir tavır almaya yöneltmiştir. Bununla birlikte bu zorluklar onun, önerdiği kuantum mantığını içerisinde barındıran matematiksel formalizmin, kuantum mekaniği için (kuantum mekaniğine) standart Hilbert uzay formalizminden daha tatmin edici bir çerçeve olarak hizmet edeceğini düşünmesine sebep olmuştur. Önerilen formalizm, von Neumann cebirleri teorisi, özellikle de tip II faktör von Neumann cebirleri olarak adlandırılan teoridir.³⁴⁰

Kuantum teorisinin iki önemli ismi Von Neumann ve Birkhoff'un birlikte kaleme aldıkları söz konusu makalede, Hilbert uzayının kapalı alt uzaylarının kafesi, kuantum mantığının temel cebirsel yapısı olarak ele alınmaktadır.³⁴¹

Makale başlangıcındaki giriş ve sonundaki ek bölümleri haricinde fiziksel arka plan, cebirsel analiz ve sonuçlar olmak üzere üç bölüme ayrılmaktadır.

Von Neumann ve Birkhoff makalenin giriş bölümünde, kuantum teorisinin en çok dikkat çeken yönlerinden birinin, varsaydığı mantıksal kavramların yeniliği olduğunu belirtmişler, daha sonra bu tür "yeni mantıksal kavramlar" için iki örnek vermişlerdir. İlk örnek Heisenberg'in belirsizlik ilkesi, ikinci örnek ise yazarların gözlemlerin değişmezliği ilkesi olarak adlandırdıkları ilkedir. Bir S fiziksel sisteminin tam bir matematiksel tanımıyla bile genel olarak S üzerindeki bir deneyin sonucunun kesin olarak tespit edilebilmesi mümkün olmamaktadır. Ayrıca, Heisenberg'in belirsizlik ilkesi gereğince S'nin aynı anda hem konumunun hem de momentumunun kesin olarak tespit edilemeyeceği iddia edilir. Bununla birlikte, gözlemlerin değişmezliği ilkesi gereğince çoğu gözlem çiftinin aynı anda S üzerinde

³³⁹ John von Neumann'ın hocası David Hilbert'in adıyla anılan Hilbert uzayı kavramı, Öklit uzayını kuantum mekaniğiyle uyumlu biçime dönüştüren soyut vektör uzayına denilmektedir.

³⁴⁰ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 206.

³⁴¹ John Von Neumann ve Garrett Birkhoff'un ünlü makalesi "The Logic of Quantum Mechanics" bu alanın ilk çalışmasıdır. Kurt Engesser, Dov M. Gabbay ve Daniel Lehmann'ın birlikte kaleme aldıkları ve 2007 yılında basılan "A New Approach to Quantum Logic" adlı kitabın "Birkhoff- von Neumann 1936" başlıklı bölümünde, anlaşılması çok zor olan bu makalenin bir değerlendirmesini yapmışlardır. Söz konusu zorluk sebebiyle makalenin (kendisi incelenmiş olsa da) buradaki değerlendirmesi için ilgili kitap bölümünden yararlanılmıştır.

gözlemlenemeyeceği öne sürülür.³⁴² Burada ilginç olan, Birkhoff ve von Neumann'ın açıkça bu ilkeleri, şüphesiz oldukları gibi sadece yeni fiziksel ilkeler olarak değil, aynı zamanda yeni mantıksal kavramlar olarak görmeleridir. Bu düşünce dikkate şayandır.³⁴³

Yazarlara göre makalenin amacı, kuantum mekaniği gibi, klasik mantığa uymayan fiziksel teorilerin temelindeki mantıksal yapıyı keşfetmektir. Sezgisel argümanlara dayanan hedeflerinin, küme çarpımına, doğrusal toplamlara ve ortogonal tümleyenlere göre, “ve, veya, değil” ile kurulu önermelerin olağan hesaplamasına benzer bir önerme hesabı bulmaktır.³⁴⁴

Kurt Engesser, Dov M. Gabbay ve Daniel Lehmann'ın birlikte kaleme aldıkları³⁴⁵ ve yukarıda sözü edilen kitabın ilgili (5.) bölümünde bu görüşün üzerinde düşünmeye değer olduğu belirtilmiş, “Birkhoff ve von Neumann kuantum mekaniğinin klasik mantığa uymadığını söyleyerek ne demek istemiştir?”, “Neden klasik mantığa uymuyor?”, “Fizikçilerin kuantum sistemleri hakkında akıl yürütmede klasik mantığı kullanması niçin doğru değildir?” soruları sorulmuştur. Bu sorular sorulmalıdır çünkü örnek olarak Popper, kuantum mekaniğinin klasik mantığa “uymadığı” görüşünü paylaşmamaktadır ve ona göre “...Kuantum Mekaniği de dâhil olmak üzere fiziksel teoriler, Birkhoff ve von Neumann'ın önerisine göre dahi klasik mantığa uygundur.”³⁴⁶

İlgili bölüme göre makalenin girişi, Birkhoff-von Neumann girişiminin anlaşılması için çok önemlidir. Modern bakış açısından, bunun şu şekilde yeniden inşa edilebileceği düşünülür: Klasik mekanik hakkında açıklama yapmamıza izin veren formel bir L_1 dili göz önüne alındığında, bu ifadelerin (önergeler) klasik mantığa uyması beklenir. Böyle bir dilde, önergelerin uyumluluğu veya uyumsuzluğu veya eşzamanlı (eşzamanlı olmayan ölçülebilirlik) hakkında konuşmaya gerek yoktur, çünkü tüm önergeler uyumludur ve 'eşzamanlı olmayan ölçülebilirlik' diye bir husus

³⁴² von Neumann, John, ve Garrett Birkhoff. «The Logic of Quantum Mechanics.» The Annals of Mathematics, 1936: 823-843.

³⁴³ Engesser, Kurt, Dov M. Gabbay, ve Daniel Lehmann. A New Approach to Quantum Logic. London: College Publications, 2007., s. 50-51.

³⁴⁴ von Neumann, John, ve Garrett Birkhoff. «The Logic of Quantum Mechanics.» The Annals of Mathematics, 1936: 823-843.

³⁴⁵ Engesser, Kurt, Dov M. Gabbay, ve Daniel Lehmann. A New Approach to Quantum Logic. London: College Publications, 2007.

³⁴⁶ A.e.

yoktur. Bununla birlikte, kuantum mekaniğinde, bu ayrım gerçekten önemlidir. O hâlde kuantum mekaniğinde, uyumlu ve aynı anda ölçülebilirlikle ilgili ifadelere izin verecek olan ancak önermelerin eşzamanlı olmayan ölçülebilirliğini de yansıtan ek operatörler sunarak daha zengin bir dil oluşturmak hedeflenmelidir. Kitabın yazarlarına göre bu tür ifadelerin, en azından onları birleştiren önerme bağlaçlarının klasik olarak davranması anlamında, klasik mantığa 'uymaması' gerektiğine inanmak için hiçbir neden yoktur ve aslında fizikçilerin kuantum sistemleri hakkında akıl yürütürken kullandıkları (gayri resmî) dil de böyledir ve kullandıkları (önermesel) mantık klasik mantıktır.³⁴⁷

Anlaşılan o ki Birkhoff ve von Neumann da bu durumun farkındadırlar ve "kuantum mekaniğinin mantığı"nı inşa ederken önermeler mantığının dilini korumak arzusundadırlar.³⁴⁸ Modern terminolojiyle bu, Birkhoff ve von Neumann'ın, "ve, ya da, değil" ile ilgili olarak alışılmış önermeler hesabını andıran bir hesapla kastettikleri şeydir. Bahsedilen "yeni mantıksal kavramlar", oluşturulacak önermesel kuantum mantığına yansıtılacaktır. Ancak bu mantığın klasik olması elbette beklenmemelidir.³⁴⁹

Bölümde, "hesap" teriminin modern anlamda açıkça kullanılmadığının altı çizilmektedir. Değerlendirildiği üzere, makalenin ileriki kısımlarında, yazarların aklında olan şeyin muhakkak tümdengelimli bir sistem olmadığı anlaşılmaktadır. Bu daha ziyade, mantığın cebirsel yapılar kullanılarak tanımlanabileceği cebirsel mantığı andırmaktadır ve bunun bir örneği Boole cebiridir. Genel olarak, makale, modern mantıksal sistemlerin sunumunda yaygın olan sentaks ve semantik arasındaki ayrımı göstermemektedir.³⁵⁰

Ancak her hâlükârda, ilgili değerlendirmeye göre, Birkhoff ve von Neumann, gözlemlerin sırabagımlı-olmayışı (non-commutativity of observations) veya eşzamanlı-olmayan ölçülebilirlik (non-simultaneous measurability) gibi ilk bakışta mantıkla hiçbir ilgisi olmadığı düşünülen kavramların dâhil edilebileceği bir mantıksal bir sistem tasarladıkları anlaşılmaktadır. Belirtildiği gibi, kuantum mekaniğinin bu

³⁴⁷ Engesser, Kurt, Dov M. Gabbay, ve Daniel Lehmann. A New Approach to Quantum Logic. London: College Publications, 2007., s. 51.

³⁴⁸ A.e., s. 51-52.

³⁴⁹ A.e., s. 52.

³⁵⁰ A.e.

yeni özellikleri, mantık dilinin değil, mantığın bir parçası olmalıdır. Görünen o ki, belirsizlik ilişkilerinin, doğası gereği mantıksal olduğu (as being logical in nature) görüşü, Birkhoff-von Neumann makalesinin temel görüşüdür.³⁵¹

Makalenin "Fiziksel Arka Plan" başlıklı bölümünde yazarlar deneysel bir önerme kavramını açıklamaya, bunu da çeşitli başka kavramlar üzerine inşa ederek yapmaya çalışırlar. Burada öncelikle problemsiz ve verili kabul edilen bir fiziksel sistem varsayılır. Diğer bir temel kavram, bir dizi uyumlu ölçümdür. Bu, modern terminolojide, karşılıklı olarak yer değiştiren Hermit operatörleri tarafından temsil edilen, "karşılıklı uyumlu gözlemlenebilirler kümesi" olarak adlandırılan "tek bileşik ölçüm" (single composite measurement) olarak düşünülebilir. Daha sonra S üzerinde bir gözlem tanımlanır: " $\mu_1, \dots, \mu_n$ " ifadesi $x_1, \dots, x_n$ sonuçlarıyla uyumlu n sayıda ölçümler olduğunda gözlem, bu değerleri belirtmek anlamına gelmektedir. Uyumlu ölçümlerde değerler olarak ortaya çıkabilecek tüm n-elemanlı küme sistemin bir gözlem uzayı olarak adlandırıldığında gözlem alanı kavramının, sonlu sayıda uyumlu gözleme göre olduğuna dikkat edilmelidir. Yani, $n = 1$ durumunda, sadece bir tane gözlemlenebilir vardır ve bu gözlemlenebilire karşılık gelen gözlem uzayı, bir deney sonucunda alabileceği tüm olası değerlerin kümesi durumundadır. O zaman deneysel bir önermeyi gözlem uzayının bir alt kümesi olarak tanımlamak doğaldır.³⁵²

Böyle bir deneysel önerme, belirli bir deneyde elde edilen gözlemlenebilirin değerinin, gözlem uzayının belirli bir alt kümesine ait olduğunu söyleyen bir tür tahmin olarak düşünülebilir. Bununla birlikte, makalede, gözlem uzayının her alt kümesinin bunun için uygun bir aday olmadığı açıkça belirtilmiştir. Örneğin, Birkhoff ve von Neumann tarafından belirtildiği gibi, dünyanın güneş etrafındaki açısal momentumunun, klasik fizikte kullanılan vektörel bir büyüklük olması açısından, belirli bir anda rasyonel bir sayı olduğu iddiasını deneysel bir önerme olarak adlandırmak saçma olur. Bununla birlikte, klasik fizikte, deneysel önermeleri temsil eden gözlem uzayının bu alt kümelerinin, olağan küme işlemlerine göre bir Boole cebiri oluşturması gerektiğini belirtmek önemlidir. Bu, klasik mekaniğin klasik mantığa 'uyuma' gerekliliğini yansıtır. Deneysel önermeleri gerçekten temsil eden

³⁵¹ A.e.

³⁵² Engesser, Kurt, Dov M. Gabbay, ve Daniel Lehmann. A New Approach to Quantum Logic. London: College Publications, 2007., s. 52.

gözlem uzayının bu alt kümeleri daha sonra “Borel ölçülebilir kümeleri” olarak tanımlanmıştır.³⁵³

Bir sonraki önemli kavram, bir faz uzayıdır³⁵⁴. Klasik mekanikte faz uzayı şu anlama gelir: Örneğin n tane parçacıktan oluşan bir fiziksel sistem verildiğinde, bu sistemin “durumu” bu parçacıkların konumları ve momentumları ile karakterize edilir. Birkhoff ve von Neumann'ın ifadesiyle: "Dolayısıyla, klasik mekanikte, Σ 'nin her noktası bir n -konum ve momentum koordinatı seçimine karşılık gelir... Dolayısıyla bu durumda Σ , $2n$ boyutlu uzayın bir bölgesidir."³⁵⁵

Birkhoff ve von Neumann'a göre kuantum mekaniğinde bunun benzerinin ne olduğu sorusu makaleden yapılan şu alıntıyla cevaplanmış olacaktır: "Benzer şekilde, kuantum teorisinde, Σ noktaları sözde dalga fonksiyonlarına karşılık gelir ve bu nedenle Σ yine bir Hilbert uzayı olarak kabul edilen bir fonksiyon alanıdır."³⁵⁶

Kuantum mekaniğinde faz uzayı olarak Hilbert uzayı burada benzetme yoluyla sahneye girer. Høristik argüman şudur: Klasik bir sistemin durumları, bir dizi konum ve momentum tarafından belirlenir ve bu nedenle sistemin faz uzayı, bu demetlerin (tuples/değişkenler grubu) kümesidir. Kuantum mekaniğinde sistemin durumu bir dalga fonksiyonu tarafından belirlenir ve bu nedenle faz uzayı, Hilbert uzayı olan dalga fonksiyonlarının uzayıdır.³⁵⁷

Bölümdeki değerlendirmeye göre, kavramsal bakış açısından, makalenin ilk bölümünün özü, Birkhoff-von Neumann'ın kuantum mantığına yaklaşımının temel mantıksal yapısını tanıttıkları "Kuantum mekaniği için bir önerme hesabı" başlıklı 6. kısımdır. Bu paragrafın okunması hiç kolay değildir. Bu nedenle, yazarların tam olarak ne düşündüklerinin net bir resmini elde etmek için incelikli akıl yürütmelere ihtiyaç vardır.³⁵⁸

³⁵³ A.e., s. 52-53.

³⁵⁴ Fizikte ve matematikte faz uzayı kavramı, içerisinde bir sistemin tüm olası durumlarının temsil edildiği bir uzay anlamına gelir. Bir fiziksel sistemin her olası durumuna karşılık faz uzayında bir tek nokta bulunmaktadır. Çalışmamızın devamında belirtileceği gibi faz uzayı, Hilbert uzayı olan dalga fonksiyonlarının uzayıdır.

³⁵⁵ Engesser, Kurt, Dov M. Gabbay, ve Daniel Lehmann. A New Approach to Quantum Logic. London: College Publications, 2007., s. 53.

³⁵⁶ A.e.

³⁵⁷ A.e.

³⁵⁸ A.e.

İlgili bölüme göre, burada ilk olarak yapılması gereken gözlem uzayının bir alt kümesi olarak tanımlanan deneysel bir önerme kavramı ile faz uzayı arasında bağlantı kurmaktır. Başka bir deyişle, Hilbert uzayının hangi alt kümelerinin (matematiksel olarak) deneysel önermeleri temsil ettiği sorusu yanıtlanmalıdır. Deneysel bir önermenin, matematiksel olarak Hilbert uzayının kapalı bir alt uzayı olarak temsil edilişi bu soru için aşına olunan bir yanıttır.³⁵⁹ Birkhoff ve von Neumann'ın bu sonuca nasıl vardıkları şöyle değerlendirilmektedir:

Von Neumann ve Birkhoff, makalelerinin altıncı başlığını böyle bir bağlantıyı tanımlamaya, onunla ilgili bazı gerçekleri kanıtlamaya ve kuantum mekaniği için makul bir postula (plausible postulate), bir önerme hesabı sunarak ondan buluşsal olarak elde etmeye ayırmışlardır. Bu ifadeye göre von Neumann ve Birkhoff'un, argümanların hōristik olduğunu ve makul varsayımların bu argümanlarda rol oynadığını düşündükleri anlaşılmaktadır.³⁶⁰

Makalenin 12. paragrafında von Neumann ve Birkhoff, kuantum mekaniğinin önermesel hesabının soyut projektif (yansıtmalı) geometri ile aynı yapıya sahip olduğu sonucuna ulaştıklarını ifade ederler. Bu sonucu ise Hilbert uzayını yalnızca dolaylı olarak içeren bir şekilde, hesabın iç özelliklerinin analiz edilmesiyle elde ettiklerini belirtmişlerdir.³⁶¹ Klasik mekanikte tüm fiziksel nicelikler, Birkhoff ve von Neumann terminolojisinde olduğu gibi, konum ve hız gibi belirli temel niceliklerden hesaplanabilir. Engesser'e göre burada "hesaplanabilir" (computable) yerine "çıkarılabilir" (deducible) ifadesi konulursa, yukarıdaki ifade, kuantum mekaniğinin önermelerinin "hesabının" klasik mantıktaki gibi tūmdengelimli bir sistem (hesap) olmadığı anlamına gelmektedir. Bunun yerine, noktalar, çizgiler, hiperdüzlemler arasındaki yansıtmalı bir geometride sahip olduğumuz ilişkilere benzer, durumlar ve önermeler arasındaki ilişkileri tanımlayan (yansıtmalı) bir geometri yapısına sahip olduğu sonucuna ulaşılır. Diğer bir deyişle, kuantum mekaniksel hesabın tūmdengelimden ziyade geometrik olduğu söylenebilir.³⁶²

³⁵⁹ A.e.

³⁶⁰ A.e., s. 54.

³⁶¹ von Neumann, John, ve Garrett Birkhoff. «The Logic of Quantum Mechanics.» The Annals of Mathematics, 1936: 823-843.

³⁶² Engesser, Kurt, Dov M. Gabbay, ve Daniel Lehmann. A New Approach to Quantum Logic. London: College Publications, 2007., s. 56-57.

Von Neumann ve Birkhoff'un makalelerinin ikinci bölümü, ilk bölüme kıyasla daha teknik bilgiler içermekle birlikte daha az sezgiseldir. Bu bölümde ilk olarak deneysel önermelerinin hesabının bir içeriminin olması gerektiği ve bu içermenin de küme içermesi olması gerektiği yazarlarca önerilmektedir. Sonrasında yazarlar bir kafes kavramı tanımlarlar. Neumann ve Birkhoff, deneysel önermelerin bir kafes oluşturması gerektiği düşüncesindedir. Bu nedenle de deneysel önermelerin, birleşim (join), kesişim (meet) ve birleşme özelliğinin (associativity) yer değiştirilebilirliği gibi herhangi bir kafeste geçerli olan yasaları karşılaması gerektiğini öne sürerler.³⁶³

Yazının devamında, bir Hilbert uzayının kapalı alt uzayları durumunda tümlemenin ortogonal tümleyen oluşumu olduğu belirtilerek tümleyen bir kafes kavramı tanımlanır. Engesser, makalenin 10. paragrafında tartışılan konunun önemine vurgu yapar. Bu paragrafta kuantum mekaniği hesabının von Neumann ve Birkhoff'un gösteriminde ve onun ikili biçiminde dağılma özdeşliğini karşılaması gerekip gerekmediği sorusu tartışılmaktadır.³⁶⁴

$$L6 \quad a \cup (b \cap c) = (a \cup b) \cap (a \cup c)^{365}$$

Bu ifade ile kuantum mekaniksel hesabın dağıtım özdeşliğini (distributive identity) karşılamadığı iddia edilmektedir. Bu durum, klasik mantık ve kuantum mekaniğinin mantığı arasındaki temel fark olarak kabul edilir. Von Neumann ve Birkhoff, L6'nın a ve b ve c'de meydana gelen gözlenebilirlerin uyumluluğunun mantıksal bir sonucu olmasını ilginç bulmaktadır. Bu durumun onlara, kuantum mekaniğinde dağılım yasasının bozulabileceğini düşündürdüğünü belirtirler.³⁶⁶

Engesser bu paragrafın biraz belirsiz olduğunu, metinde geçen "...da meydana gelen uyumlu gözlemlenebilirler" ifadesinin ne anlama geldiğinin yeterince açıklanmadığını düşünmektedir. Ayrıca Engesser, bu argümanın sezgisel olduğunu öne sürmektedir. Ayrıca von Neumann ve Birkhoff'un, bir kafesteki öğelerin uyumluluğu kavramına henüz sahip olmadıklarını da belirttiklerinin altını çizer.

³⁶³ A.e., s., 57.

³⁶⁴ A.e.

³⁶⁵ A.e.

³⁶⁶ Engesser, Kurt, Dov M. Gabbay, ve Daniel Lehmann. A New Approach to Quantum Logic. London: College Publications, 2007., s., 57.

Bununla birlikte metinde, dağıtım yasasının zayıflamış bir formunun, yani von Neumann ve Birkhoff'un notasyonunda modülerlik olarak adlandırılan aşağıdaki özdeşliğe sahip olması gerektiği ileri sürülmektedir:³⁶⁷

L5 Eğer $a > b$ ise, o hâlde $a \cup (b \cap c) = (a \cup b) \cap c$ 'dir.³⁶⁸

Bu ifadeyle, Hilbert uzayının sonlu boyutlu alt uzaylarının modüler özdeşliği sağladığına dikkat çekilmiştir. Ayrıca Engesser metinde, bunun sonsuz boyutlu kapalı altuzaylar için geçerli olmadığına bir karşı örnekle gösterilmekte olduğunu belirtir. Von Neumann ve Birkhoff, modüler özdeşliğin bir "sayısal boyut fonksiyonu" olan d 'nin, yani aşağıdaki özelliklere sahip bir fonksiyonun varlığından çıktığını gözlemleyerek Engesser'e göre ilginç bir matematiksel gözlemde bulunmuşlardır.³⁶⁹

D1: Eğer $a > b$ ise, o hâlde $d(a) > d(b)$ 'dir.³⁷⁰ ve

D2: $d(a) + d(b) = d(a \cap b) + d(a \cup b)$ 'dir.³⁷¹

Engesser'e göre bu noktada modüler özdeşliğin ortomodüler özdeşlikten daha güçlü olduğuna dikkat edilmelidir. Von Neumann ve Birkhoff'un, daha önce belirtildiği gibi, bir Hilbert uzayının sonsuz boyutlu kapalı alt uzayları için zorunlu olarak geçerli olmayan bu daha güçlü versiyonda ısrar etmesi Engesser için ilginç bir durumdur. Engesser, von Neumann'ın, olasılık fonksiyonuna benzeyen böyle bir boyut fonksiyonunun kuantum mekaniğinin olasılıksal doğasını anlamada faydalı olabileceğini umduğunu belirtir.³⁷²

Kuantum mantığı üzerine kaleme alınmış birçok yayında, Birkhoff-von Neumann makalesinin, bir Hilbert uzayının kapalı alt uzaylarının kafesini "kuantum mekaniğinin mantığı" olarak tanıttığı aktarılır. Engesser, bu ifadenin, Birkhoff ve von Neumann'ın makalelerinin "Sonuçlar" kısmında söylediklerine bakıldığında asılsız olduğunun anlaşılabilirliğini öne sürmektedir. Çünkü von Neumann ve Birkhoff

³⁶⁷ A.e.

³⁶⁸ A.e.

³⁶⁹ A.e.

³⁷⁰ A.e.

³⁷¹ A.e., s., 58.

³⁷² Engesser, Kurt, Dov M. Gabbay, ve Daniel Lehmann. A New Approach to Quantum Logic. London: College Publications, 2007., s., 58.

makalenin sonuç kısmında "Önceki cebirsel düşüncelerden çıkarılabilecek bir sonuç, kuantum mekaniğinin önermesel bir hesabı için bilinen kriterlerle ayırt edilemeyen birçok farklı modelin oluşturulabileceğidir" şeklinde bir açıklamaya yer verirler.³⁷³

Engesser, von Neumann ve Birkhoff'un, sonsuz boyutlu durumda bile - Hankel'in "biçimsel yasaların kalıcılığı" ilkesinin ruhuyla- modüler yasayı korumayı arzu edilir bulduklarını belirtir. Ancak bu durum, Engesser'e göre, kuantum mekaniğinin mantıksal hesabının uygun bir "sınırsız-boyutlu modeli" olarak sonsuz boyutlu Hilbert uzayının kapalı alt uzaylarını dışarıda bırakmaktadır. Engesser bu durumun, von Neumann'ın "Sürekli (continuous) Geometri"sini geliştirmesine neden olduğunu belirtir.³⁷⁴

Chiara vd. belirttiği üzere 1936'da ortaya koyulan Birkhoff ve von Neumann kuantum mantığı kavramı, 1930'ların ortalarındaki derin matematiksel keşiflerle, 1920'li yıllarda kuantum mekaniğinin tarihiyle ve kuantum olasılığının frekans yorumuyla bağlantılı kavramsal zorluklarla ilişkilidir. Bu, anlaşılması güç ve karmaşık bir sorun olarak nitelendirilmiştir. Sorunun karmaşıklığını ortaya koyan durumlardan biri de von Neumann'ın kendisinin kuantum mantığının nasıl çalıştığından hiçbir zaman tam olarak emin olmadığı gerçeğidir. Burada yazarların vurgulamak istedikleri esas nokta, von Neumann'ın kuantum mantığını temsil eden cebirsel yapıyı, değişmeli olmayan bir olasılık teorisi anlamında, rastgele olayların cebiri olarak yorumlamak istemesidir. Burada cevaplanması gereken bir sorun, standart Hilbert uzay formalizminden, tip II von Neumann cebirleri teorisi lehine vazgeçilse bile, eğer olasılıklar göreceli frekanslar olarak görülüyorsa bunun nasıl başarılabileceğidir. Bu muhtemelen von Neumann'ın 1936'dan sonra kuantum olasılığının frekans yorumunu terk etmesinin nedeni olmuştur.³⁷⁵

³⁷³ A.e.

³⁷⁴ A.e.

³⁷⁵ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 206.

1.2. Kuantum Mantığının Ana Fikri: Boole Olmayan Cebirlerin Mantıksallaştırılması

Klasik önermeler mantığının sentaktik ve semantik yönleri Boole cebiriyle tanımlanabilmektedir. Bu ilişki, Macar bir matematikçi olan Halmos'un mecazi olarak mantıkçıyı bir cebircinin ikilisi (duality) olarak nitelendirişiyle açıklanabilir.³⁷⁶ Kuantum mantığı problemi, Boole cebirinin, kuantum mekaniğinin matematiksel biçimciliğinden kaynaklanan diğer ve tipik olarak daha zayıf cebirsel yapılarla değiştirilmesi durumunda, yukarıda belirtilen dualitenin de elde edilip edilemeyeceği meselesi olarak ifade edilebilir. Birkhoff-von Neumann'ın makalesi, Boole olmayan bir kafesin mantıksallaştırılması önerisinin ortaya konulduğu ilk makalelerden biri olarak görülebilir ancak temel sorun Boole olmayan kafeslerin birkaç türünün olması ve bunlardan hangisinin mantıksallaştırılacağıdır.³⁷⁷

Kuantum mantığının doğuşu sırasında, dağıtıcı olmayan (nondistributive), orto kafeslerin kanonik örneği olan Hilbert kafesleri biliniyordu ve bu yapı kuantum mekaniğinin Hilbert uzay formalizminden doğal olarak ortaya çıktığından, Hilbert kafesleri 1935'te kuantum mantığının önerme sistemi için en uygun seçenektir.³⁷⁸

Birkhoff ve von Neumann, Hilbert kafeslerini kuantum mantığının olası bir önerme sistemi olarak düşünmüşlerdir fakat Chiara vd.'e göre bu kafes onların seçimi değildir. Birkhoff von Neumann makalesindeki ana önerme, “Soyut projektif geometrilerle ilişki” başlıklı bölümde formüle edilmiştir.³⁷⁹

“Dolayısıyla, kuantum mekaniğinin önermeler hesabının soyut bir projektif geometri ile aynı yapıya sahip olduğu sonucuna varıyoruz.”

Soyut projektif geometrinin yapısının ne olduğu ve Birkhoff ve von Neumann neden onun kuantum mantığını temsil eden uygun cebirsel yapı olduğunu

³⁷⁶ A.e.

³⁷⁷ A.e.

³⁷⁸ A.e.

³⁷⁹ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 207.

varsaydıkları sorularını yanıtlamak için öncelikle Hilbert kafeslerinin temel özelliklerini açıklamak gerekmektedir.³⁸⁰

1.3. Hilbert Kafesleri

Von Neumann'ın kuantum teorisi aksiyomatizasyonuna (QT) göre, herhangi bir S kuantum sisteminin matematiksel yorumu, karmaşık bir bölünebilir H Hilbert uzayı'dır. Gözlemcinin sistem hakkındaki maksimum bilgisine karşılık gelen herhangi bir saf durum, matematiksel olarak ve H uzayının bir birim ψ vektörü olarak gösterilir. Zorunlu olarak maksimum bilgiye karşılık gelmeyen durumlara “bileşimler” (mixtures) denir ve matematiksel olarak H'nin yoğunluk operatörlerince temsil edilirler.³⁸¹

Görünüşe göre, H Hilbert uzayı, QT için, klasik parçacık mekaniğinde olduğu gibi (noktaları incelenmekte olan fiziksel sistemin olası saf durumları temsil eden) faz uzayı tarafından belirlenen bir role sahiptir. Klasik durumda, fiziksel sistemde meydana gelebilecek olayların matematiksel olarak S faz uzayının alt kümeleriyle temsil edildiğini varsaymak oldukça doğaldır. Bu, küme teorik işlemlerinin $\cap$, $\cup$, ^{c} sırasıyla klasik olayların kesişimi, birleşimini, ve değillenmesini temsil ettiği Boole kümeleri $\langle F(S), \cap, \cup, ^c, \emptyset, S \rangle$ alanının oluşumuna sebebiyet verir.³⁸²

H'nin alt kümeleri, faz-uzay durumunda olduğu gibi kuantum olayları için yeterli matematiksel temsilciler değildirler. Bunun nedeni, kuantum ve klasik durum arasındaki temel ayrım çizgilerinden birini temsil eden süperpozisyon ilkesine³⁸³ bağlıdır. Klasik mekaniğin aksine kuantum mekaniğinde, saf durumların lineer bir kombinasyonu olan herhangi bir birim vektör, yeni bir saf duruma yol açar. İki saf durumun ψ_1, ψ_2 ortogonal olduğunu ve saf bir ψ durumunun ψ_1, ψ_2 'nin lineer bir birleşimi olduğu varsayıldığında, diğer bir deyişle:³⁸⁴

³⁸⁰ A.e.

³⁸¹ A.e.

³⁸² A.e.

³⁸³ Süperpozisyon ilkesi, iki dalganın üst üste gelmesi şeklinde örneklendirilebilir.

³⁸⁴ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 208.

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2 \quad (|c_1|^2 + |c_2|^2 = 1)^{385}$$

QT'nin Born kuralı olarak adlandırılan temel aksiyomlarından birine göre, bu, ψ durumundaki bir kuantum sisteminin, ψ_1 durumu için kesin olan (ve ψ için kesin olmayan) olayları $|c_1|^2$ olasılıkla ve ψ_2 durumu için kesin olan (ve ψ için kesin olmayan) olayları $|c_2|^2$ olasılıkla doğrulayabileceği anlamına gelecektir. Her bir ψ_i 'nin belirli bir olaya olasılık 1'i atadığı bir ortonormal saf durumlar kümesinin $\{\psi_i\}_{i \in I}$ olduğu varsayıldığı ve saf bir durum olduğu ortaya çıkan lineer kombinasyon düşünüldüğünde³⁸⁶

$$\psi = \sum_i c_i \psi_i \quad (c_i \neq 0 \text{ ve } \sum_i |c_i|^2 = 1)^{387}$$

olacak ve ardından, ψ 'de aynı olaya olasılık 1'i atayacaktır. Sonuç olarak, olayların matematiksel temsilleri, sonlu ve sonsuz lineer kombinasyonlar altında kapatılmalıdır. Böyle bir rolü tam anlamıyla gerçekleştirebilen matematiksel nesneler H 'nin kapalı alt uzaylarıdır.³⁸⁸

Chiara vd. kuantum olayları aleminde değilme, kesişim ve birleşimin anlamlarının ne olacağı konusuna da açıklık getirilmesi gerektiğini ifade ederken, öncelikle Birkhoff ve von Neumann'ın makalesine atıfta bulunarak değilmeyi ele almışlardır.³⁸⁹

“Herhangi bir deneysel önermenin değilinin matematiksel temsilcisi, önermenin kendisinin matematiksel temsilcisinin ortogonal tümleyenidir.”

Kapalı bir A alt uzayının A' ortogonal tümleyeni, A 'nın tüm elemanlarına dik olan tüm vektörlerin kümesi olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle, $\psi \in A'$ eğer $\psi \perp A$

³⁸⁵ A.e.

³⁸⁶ A.e.

³⁸⁷ A.e.

³⁸⁸ A.e.

³⁸⁹ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007.

eğer, herhangi bir $\phi \in A$ için, iç çarpım $\psi|\phi$ 0'dır. Fiziksel yorum açısından, ortogonal tümleyen özelliikle ilginçtir çünkü şu özelliği karşılar: Saf bir ψ durumu bir A olayına ancak ve ancak ψ , A olayına (1'e göre) olasılık 0'ı atıyorsa, (0'a göre) olasılık 1'i atar. Sonuç olarak, doğruluk ve yanlışlık doğruluk değerlerine (değillemenin klasik doğruluk tablosunda olduğu gibi) karşılık gelen iki uç olasılık değerini değilleyen bir işlemle uğraşılmaktadır.³⁹⁰

Birkhoff ve von Neumann, bir diğer işlem olan “birlikte evetleme”nin, klasik durumda olduğu gibi, küme teorisindeki kesişim ile temsil edilebileceğine dikkat çekmektedirler.³⁹¹ Çünkü iki kapalı alt uzayın $A \cap B$ kesişimi yine kapalı bir alt uzaydır. Bu nedenle, eklem için olağan doğruluk tablosu kullanıldığında şu durum ortaya çıkar:³⁹²

“ ψ , $A \cap B$ 'yi ancak ve ancak ψ her iki üyeyi de tasdik ettiğinde tasdik etmiş olur.”

Bununla birlikte “alternatif ilişki”, küme teorisindeki birleşimle temsil edilemez. Genel olarak, iki kapalı alt uzayın birleşimi ($A \cup B$), özel durumlar dışında kapalı bir alt uzay değildir. Buna rağmen, “veya” bağlacı için başka bir temsilci bulunmaktadır: İki kapalı alt uzayın en yüksek AVB'si, hem A hem de B 'yi içeren en küçük kapalı alt uzaydır. Elbette AVB, $A \cup B$ 'yi içerecektir.³⁹³ Sonuç olarak, $\wedge$ 'nin küme teorisindeki kesişimle, “ $\vee$ ” ile “ $\cup$ ”in yukarıdaki gibi tanımlanması durumunda 0 ve 1 sırasıyla boş alt uzayı (mümkün olan en küçük alt uzay olan boş vektörden oluşan tekil) ve H uzayının tamamını temsil ettiğini ifade eden şu yapı elde edilir:³⁹⁴

$$\langle C(H), \wedge, \vee, ', 0, 1 \rangle^{395}$$

³⁹⁰ A.e., s. 208.

³⁹¹ A.e.

³⁹² A.e.

³⁹³ Dalla Chiara, Maria Luisa, Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 209., s. 209.

³⁹⁴ A.e.

³⁹⁵ A.e.

Bu durumda $\langle C(H), \wedge, \vee, ', 0, 1 \rangle$ 'nin tam bir ortokafes olduğu kanıtlanabilir. Bu tür yapılara Hilbert kafesleri denir. Tüm kapalı alt uzayların $C(H)$ kümesi ile H 'nin tüm izdüşümlerinin $\Pi(H)$ kümesi arasındaki bire bir eşleşmeyle, $\Pi(H)$ 'ye dayalı kafes, $C(H)$ 'ye dayalı kafese eşbiçimli olur. Dolayısıyla, projeksiyonlar da bir Hilbert kafesine yol açar. $L(H)$, ya $C(H)$ ya da $\Pi(H)$ 'yi temsil ettiğinde,³⁹⁶ herhangi bir Hilbert kafesi $L(H)$ bir ortomodüler kafestir, yani aşağıdaki denklem tüm $A, B, C \in L(H)$ için geçerlidir. Ortomodülerite:³⁹⁷

Eğer $A \leq B$ ve $A' \leq C$ ise $A \vee (B \wedge C) = (A \vee B) \wedge (A \vee C)$ 'dir.

Ortomodülerlik olarak adlandırılan bu özellik, (Hilbert kafesinde geçerli olmayan) aşağıdaki dağılım yasasının zayıf bir halidir:

Dağılım:³⁹⁸

$$A \vee (B \wedge C) = (A \vee B) \wedge (A \vee C)$$

Ancak ortomodülerlik özelliği, dağılımın en iyi zayıf hâli değildir.

Modülerite:³⁹⁹

Eğer $A \leq B$ ise $A \vee (B \wedge C) = (A \vee B) \wedge (A \vee C)$ 'dir.

Modülerlik özelliği, ortomodülerlikten kesinlikle daha güçlüdür. Bir $L(H)$ Hilbert kafesinin modüler olduğunu kanıtlamak, H lineer bir uzay olarak sonlu boyutluysa zor değildir. Soyut bir projektif geometri, modüler bir ortokafestir.⁴⁰⁰ Sonsuz boyutlu Hilbert uzayının izdüşümlerinin kafesinin modüler olmadığı, sadece ortomodüler olduğu vurgulanmalıdır.⁴⁰¹

³⁹⁶ A.e.

³⁹⁷ A.e.

³⁹⁸ A.e.

³⁹⁹ A.e.

⁴⁰⁰ Dalla Chiara, Maria Luisa, Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 209.

⁴⁰¹ A.e.

Chiara vd.'ne göre von Neumann ve Birkhoff bunun ve ayrıca bir kuantum mekanik sistemi tanımlamak için gereken Hilbert uzayının tipik olarak sonsuz boyutlu olduğunun tamamen farkındaydılar. Sonuç olarak, kuantum önerme sisteminin modülerliği üzerinde ısrar ederek, standart Hilbert kafesinin kuantum mantığı için uygun olmadığını düşünmüşlerdir. Birkhoff-von Neumann önerisinin vehameti ve sezgilere aykırı doğasının farkına varılmalıdır: Kuantum önerme sisteminin modülerliğinde ısrar ederek kuantum mekaniğinin standart Hilbert uzay formalizmini de dolaylı olarak reddetmeleri, 1936 yılında çok radikal bir davranıştı ve muhtemelen bu, matematiksel fizikçiler topluluğunun Birkhoff ve von Neumann'ın kuantum mantığı fikrine ilgi duymamasının bir başka nedeniydi.⁴⁰²

Bu noktada Chiara vd., kuantum mekaniğinin standart Hilbert uzay formalizmini reddetmesi durumunda, onun yerine neyin konulması gerektiği hususunda 1936'da von Neumann'ın ortaya koyduğu önerinin daha iyi anlaşılabilmesi için, Birkhoff ve von Neumann'ın modülerliği neden önemli gördüklerini açıklamaya çalışmışlardır.⁴⁰³

1.4. Modülerite ve Olasılık

Chiara vd. için, von Neumann'ın kuantum mantığının modülerliği üzerinde neden ısrar ettiğini anlamak için, onun kuantum mantığının yalnızca bir kuantum mekanik sisteminin önermeler hesabı olmasını değil, aynı zamanda olasılık teorisi dâhilinde bir hizmet görmesi isteğini anlamak gerekmektedir. Başka bir deyişle, von Neumann'ın amaçladığı şey, Boole cebirinde bir ek normalleştirilmiş ölçü olma olasılığı ile, bir Boole cebirinin hem klasik bir önerme mantığının önerme cebiri olarak hem de klasik bir olasılık teorisinin rastgele olaylarını temsil eden cebirsel yapı olarak yorumlanabileceği klasik durumun kuantum analogunu kurmaktır.⁴⁰⁴

Güçlü ekleme özelliği:

⁴⁰² A.e., s. 210.

⁴⁰³ A.e.

⁴⁰⁴ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 210.

$$\mu(A) + \mu(B) = \mu(A \vee B) + \mu(A \wedge B).^{405}$$

Von Neumann'ın 1927-1932 yıllarında olasılığın frekans yorumundaki ısrarı, neden güçlü toplamsallığı olasılığın temel bir özelliği olarak gördüğünü anlaşılır kılmaktadır. $p(X)$ olasılığının (burada X bir olaydır) aşağıdaki anlamda görelî frekans olarak yorumlanacağını varsayalım:⁴⁰⁶

1. N olaydan oluşan sabit bir E topluluğu vardır, öyle ki
2. her X olayı için kişi açık bir şekilde karar verebilir ve
3. X 'in söz konusu olup olmadığı topluluğu değiştirmeden;
4. $p(X) = \frac{\#(x)}{N}$ burada, $\#(X)$, X 'in N durumu olduğu E 'deki olayların sayısıdır.

(1)–(4) varsayımları altında, güçlü toplamsallık önemsiz derecede geçerlidir; bu nedenle güçlü toplamsallık, bir olasılık ölçüsü p için (1)–(4) anlamında nispi frekans olarak yorumlanabilmesi için gerekli bir koşuldur.⁴⁰⁷

1936'da von Neumann, kuantum mantığı üzerinde "a priori" bir olasılık ölçüsünün varlığını gerekli kılmıştır. Bu, güçlü katkı olmasının yanı sıra, sıfırdan farklı her olayın sonlu, sıfırdan farklı bir olasılık değerine sahip olması anlamında da güvenilir olan bir olasılık ölçüsüdür. Dolayısıyla, von Neumann'a göre, kuantum mantığının, üzerinde sonlu bir "önsel kuantum olasılığı" bulunan bir kafes L olduğu varsayılır, yani sonlu, negatif olmayan değerlere ve aşağıdaki iki özelliğe sahip bir d haritasıdır:

$$(i) \ d(A) < d(B), \text{ if } A < B;$$

$$(ii) \ d(A) + d(B) = d(A \vee B) + d(A \wedge B)^{408}$$

İki özelliği (i)–(ii) olan bir kafes üzerindeki negatif olmayan bir d haritasına boyut fonksiyonu denir. Kanıtlanması kolaydır ve hem Birkhoff hem de von Neumann zaten çok iyi biliyorlardı ki, eğer bir kafes L sadece sonlu değerler alan bir boyut fonksiyonunu kabul ediyorsa, o zaman L modülerdir. Dolayısıyla, bir L kafesinin

⁴⁰⁵ A.e.

⁴⁰⁶ A.e., s. 211.

⁴⁰⁷ A.e.

⁴⁰⁸ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 211.

modülerliği, olasılığın göreceli frekans olarak yorumlanması gerekiyorsa, bir kafes üzerinde bir olasılık ölçüsünün var olması için gerekli bir koşuldur. Bir Hilbert kafesi $\Pi(H)$ genel olarak modüler olmadığından, $\Pi(H)$ üzerinde sonlu boyut fonksiyonu yoktur, yani Hilbert uzay formalizmi tarafından belirlenen kuantum mantığı üzerinde önsel bir olasılık yoktur.⁴⁰⁹

Von Neumann, bu gerçeği Hilbert uzay formalizminin patolojik bir özelliği olarak görmüştür. Von Neumann'ın standart Hilbert uzay formalizminin yerini, kuantum mekaniği için daha uygun olacağını umduğu bir matematiksel teorinin almasını beklemesinin nedeni büyük ölçüde bu patolojiydi.⁴¹⁰

Ancak, bir Hilbert uzayının izdüşümlerinin kafesinde tam olarak bir (sabit çokluya kadar) d fonksiyonu vardır ve bu fonksiyon hem (i) hem de (ii)'yi sağlar: bu olağan boyut fonksiyonu d , sayı $d(A)$ lineer alt uzay A 'nın lineer boyutudur. (Eşdeğer olarak: $d(A) = \text{Tr}(A)$, burada Tr iz fonksiyoneldir.⁴¹¹

Ancak Hilbert uzayı sonlu boyutlu değilse, d sonlu değildir. Böylece, (i)(ii) koşullarının sonlu bir d ile karşılanabileceği anlaşılır, eğer d olağan boyut fonksiyonuysa ve L sonlu boyutlu Hilbert uzayının izdüşüm kafesiye. Sonlu boyut fonksiyonunun varsayımı (apriori olasılık) bu nedenle, kafesin dağılmayan olduğu varsayımıyla tutarlıdır; sonuç olarak, iyi davranan bir sonlu a priori olasılığın varlığının gerekli olması, klasik olmayan olasılık yapılarının varlığını dışlamaz.⁴¹²

Ancak, ayrık boyut fonksiyonuna sahip sonlu boyutlu doğrusal uzayların modüler kafesleri, kuantum mekaniğine uyum sağlamak için sonsuz boyutlu Hilbert uzaylarına ihtiyaç duyulduğundan, Hilbert uzayı kuantum teorisi için bir çerçeve olarak kesinlikle yeterli değildir (örneğin, Heisenberg komütasyon ilişkisi, sonlu bir boyutta temsil edilemez). Bu durumun farkında olan Birkhoff ve von Neumann ayrıca

⁴⁰⁹ A.e.

⁴¹⁰ A.e., s. 211-212.

⁴¹¹ A.e., s. 212

⁴¹² Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 212.

ayrık olmayan bir boyut fonksiyonuna sahip kuantum mantığı modellerini bulmanın arzu edilir olacağına dikkat çekmişlerdir.⁴¹³

Bu nedenle, Birkhoff ve von Neumann'ın modüler, dağıtıcı olmayan bir kafes olarak kuantum mantığı fikrinin kaderi, sonlu boyutlu bir doğrusal uzayın modüler izdüşüm kafesine izomorfik olmayan sonlu bir boyut fonksiyonuna sahip modüler kafeslerin bulunup bulunmadığına bağlıdır. Bununla birlikte, bu tür modüler kafeslerin var olup olmadığı sorusu 1936'daki Birkhoff ve von Neumann makalesinde cevapsız kalmaktadır. Kuantum mantığının "sürekli boyutlu bir modelinin" üzerinde çalışıldığı iddia edilen Murray ve von Neumann'ın makalesine yalnızca bir referans bulunmaktadır.⁴¹⁴

1.5. Von Neumann Kafeslerinde Modülerite

Murray ve von Neumann, 1936 makalesi, sonlu boyutlu bir Hilbert uzayının Hilbert kafesinden farklı, dağılmayan, modüler kafeslerin var olduğunu göstermektedir. Böyle bir yapının varlığını kanıtlamak, 1936'dan beri operatör cebirleri teorisinde klasik bir bölüm hâline gelen “von Neumann cebirlerinin sınıflandırma teorisi” olarak bilinen matematiksel dizgenin bir parçasıdır. Bu sınıflandırma teorisinin ilgili sonucu, sonsuz boyutlu bir Hilbert uzayı üzerinde sonlu olmayan (doğrusal) boyutlu izdüşümlerin modüler bir kafesinin var olduğu ve bu kafes üzerinde $[0, 1]$ aralığındaki her değeri alan bir d boyut fonksiyonunun var olduğudur.⁴¹⁵

Bu projeksiyonlar tarafından üretilen von Neumann cebiri, "tip II faktör von Neumann cebiri" N olarak adlandırılır. Ayrıca, bir tip III faktörün izdüşüm kafesindeki benzersiz boyut fonksiyonunun a 'dan (benzersizden sabite kadar) geldiği gösterilebilir. Faktörün kendisinde tanımlanan iz τ - tıpkı boyut fonksiyonunun da iz fonksiyonel izdüşüm kafesiyle sınırlandırılması olduğu sonlu boyutlu durumda olduğu gibi. Tr ve

⁴¹³ A.e.

⁴¹⁴ A.e.

⁴¹⁵ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 212-213.

τ arasındaki fark şudur: Tr , tüm üniter operatörlere göre üniter değişmezlik gerekliliği ile belirlenir (sabit katına kadar).⁴¹⁶ Diğer bir deyişle;

$$\text{Tr}(VAV^*) = \text{Tr}(A),^{417}$$

sonlu boyutlu uzay H üzerindeki tüm üniter operatörler V için (burada V^* , V 'nin ekidir). Bunun yerine τ izi, cebire ait her bir üniter operatöre göre üniter değişmezlik ile belirlenir (sabit çarpana kadar):⁴¹⁸

$$\tau(VAV^*) = \tau(A), \text{ her üniter operatör için } V \in N.$$

τ işareti ayrıca şu özelliğe sahiptir:

$$\tau(AB) = \tau(BA) \text{ for all } A, B \in N.$$

Bu nedenle, kuantum mantığı için kazanan aday olarak Birkhoff ve von Neumann için II. tip cebirin modüler izdüşüm kafesi ortaya çıkmış olmalıdır. Böylece bu kafesin Birkhoff von Neumann makalesinde kuantum mantığının önerme sistemi olarak bildirilmesi beklenebilir. Ancak durum tam olarak böyle değildir. Birkhoff ve von Neumann, kuantum önermeler hesabının soyut bir yansıtımlı geometriye eşbiçimli olduğunu varsaymaktadırlar. Yayınlanan makale, modülerlik varsayımını desteklemek için von Neumann cebirlerinin Murrayvon Neumann sınıflandırma teorisinin sonuçlarına atıfta bulunmaz.⁴¹⁹

Bunun nedeni von Neumann'ın Birkhoff'a yazdığı yayınlanmamış mektuplarına dayanarak açıklanabilir. Von Neumann ve Birkhoff, 1936 tarihli makalelerinin hazırlanması sırasında yoğun bir teknik yazışmaya girişmişlerdi. Yazışma 1935'te gerçekleşti ve von Neumann'ın mektuplarındaki ipuçları, 1936 Birkhoff ve von Neumann makalesinin ana fikirlerine yol açan düşünce sürecindeki ana adımları yeniden yapılandırmayı mümkün kılmaktadır.⁴²⁰ Birkhoff ve von Neumann makalesinin gelişiminin ayrıntılı bir yeniden inşası, von Neumann'ın

⁴¹⁶ A.e., s. 213.

⁴¹⁷ A.e.

⁴¹⁸ A.e.

⁴¹⁹ A.e.

⁴²⁰ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 213-214.

zihninin von Neumann cebirlerinin soyutluk seviyesinden sürekli geometriler tarafından temsil edilen soyutluk seviyesine son derece hızlı bir şekilde geçtiğini ve bu hareketin tam olarak kuantumun hazırlanması sırasında gerçekleştiğini göstermektedir.⁴²¹

Birkhoff'a yazdığı 6 Kasım 1935 tarihli mektubunda von Neumann, tip II von Neumann cebirlerinin temel yapısal özelliği olarak gördüğü, tamamlanmış, modüler kafeslerde genel bir boyut teorisi geliştirmenin hem arzu edilir hem de mümkün olacağını yazıyor. Bir hafta sonra yazdığı mektubunda, von Neumann sürekli geometri üzerindeki sonuçlarının ayrıntılı bir tanımını verir. Buna göre, her projektif geometride (i) ve (ii) özelliklerine sahip bir d boyut fonksiyonu bulunur.⁴²²

Ancak kısa süre sonra von Neumann, bir geçiş olasılığını kabul eden tüm sürekli geometrilerin sonlu von Neumann cebirlerinin izdüşüm kafeslerine eşbiçimli olduğunu kanıtlamıştır. Bu nedenle, sürekli geometriler, operatör halkalarında hâlihazırda mevcut olanların ötesinde, kuantum mekaniksel fenomenlerin yeni yararlı matematiksel tanımlarını sağlamaz.⁴²³

Bir projektif geometri üzerindeki sonlu boyut fonksiyonu, özellikle tip II faktör von Neumann cebiri tarafından tanımlanan sürekli projektif geometri üzerindeki $[0, 1]$ aralığına sahip boyut fonksiyonu, von Neumann için çok önemlidir; o bunu bir olasılık olarak yorumlamıştır. Bu, Boole cebirinin hem bir önerme sistemi hem de üzerinde olasılık ölçülerinin tanımlandığı rastgele bir olay yapısı olduğu klasik mantık ve olasılık teorisi ile bir analogi yaratmıştır.⁴²⁴

Birkhoff ve von Neumann makalesi, boyut fonksiyonunun (ii) özelliğinin, olasılığın güçlü toplamsallık özelliğini tanımladığını belirtir. Bir ölçünün olasılık olarak yorumlanması için güçlü toplanabilirlik, görelî frekans olarak anlaşılabilirliği için gerekli bir koşuldur, bu nedenle kuantum önerme sisteminin modülerlik özelliği, von Neumann izdüşüm kafesi olarak anlaşılır. II tipi von Neumann cebiri, kuantum

⁴²¹ A.e., s. 214.

⁴²² A.e.

⁴²³ A.e.

⁴²⁴ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 214.

olasılığının göreceli frekans olarak yorumlanması ve bu noktanın ayrıntılı bir tartışması için gerekli bir koşulu sağlamıştır.⁴²⁵

Öyle görünüyor ki Birkhoff ve von Neumann, hem kuantum önermeli hem de kuantum olay yapılarını temsil etmeye uygun cebirsel yapıyı, olay yapısı üzerindeki olasılığı göreceli frekans olarak yorumlama olasılığı ile izole etmeyi başarmışlardır. Yine de von Neumann, modüler bir kafes olarak kuantum mantığı fikrinden tamamen memnun değildi. 2 Temmuz 1945'te Washington Felsefe Derneği Başkanı F.B.'ye yazdığı bir mektupta hayal kırıklığını dile getirmiştir. Von Neumann'ın 1945'te kuantum mantığı üzerine bir makale yazmaya söz vermesine karşın bu makaleyi hiçbir zaman yazmamıştır.⁴²⁶

Von Neumann 1936'dan sonra kuantum mantığı konusunda herhangi bir makale yayınlamadığı için, yapılabilecek tek şey von Neumann'ın yayınlanmış çalışmalarını yorumlamaya çalışmak ve onun çabalarını neden yetersiz bulduğunu anlamaya çalışmaktır.⁴²⁷

Von Neumann'ın 1935-36 yıllarında kuantum mantığı arayışında amaçladığı şey, bir Boole cebirinin hem klasik bir önerme mantığının önerme cebiri hem de rastgeleliği temsil eden cebirsel yapı olarak yorumlanabileceği klasik durumun kuantum analogunu kurmaktır.⁴²⁸ Sorun şu ki, bu durumun "düzgün değişmeyen" versiyonları yoktur. Olasılıkları göreceli frekanslar aracılığıyla yorumlanabilen değişmeli olmayan olasılık uzaylarının tek (indirgenemez) örnekleri, kanonik iz ile sonlu (faktör) von Neumann cebirlerinin modüler kafesleridir; bununla birlikte, bu örneklerin değişmezliği bir şekilde yanıltıcıdır, çünkü değişmezlik, izin tam olarak temel cebirin değişmeyenliğine karşı duyarsız olan işlevsel olduğu gerçeğiyle bastırılır (bkz. denklem $\tau(AB) = \tau(BA)$). Öyle görünüyor ki, hem klasik olmayan (kuantum) bir mantığa hem de matematiksel olarak kusursuz değişmeyen bir ölçü teorisine sahip olunabilirken, bu iki yapının kavramsal ilişkisi klasik, değişmeli durumda olduğu gibi

⁴²⁵ A.e.

⁴²⁶ A.e.

⁴²⁷ A.e., s. 215.

⁴²⁸ A.e., s. 216.

aynı olamaz. 1936'dan sonra von Neumann'ın olasılığın göreceli frekans görüşünü terk etmesinin ana nedeninin bu olduğu düşünülmektedir.⁴²⁹

Bunun yerine, 1936'dan itibaren ve III tipi von Neumann cebirinin von Neumann kafesi olarak kuantum mantığı kavramına dayanan von Neumann, "mantıksal yorum" olarak adlandırılabilir seçeneği tercih etmiştir. Von Neumann tarafından 1954 Uluslararası Matematikçiler Kongresi'nde yaptığı konuşmada açıkça savunulan bu yorumda, kuantum mantığı (kuantum) olasılığı belirler: Bir kez tip II von Neumann cebiri ve kuantum belirlediği mantık verilir, olasılık da $\tau(VAV *) = \tau(A)$ formülü ile belirlenir; yani von Neumann, mantık ve olasılığın aynı anda ortaya çıktığını görür.⁴³⁰

Bununla birlikte, von Neumann, bu oldukça soyut fikrin kendisi tarafından olması gerektiği kadar eksiksiz olarak geliştirildiğini düşünmemekteydi. Bunun yerine, birleşik mantık, olasılık ve kuantum mekaniği teorisinde daha da geliştirilmesi gerektiğini düşündüğü bir problem alanı görmüştür.⁴³¹ Ne von Neumann ne de Birkhoff, 1936'dan sonra kuantum mantığı üzerine herhangi bir makale yayınlamamıştır ve bu alan, sonraki yirmi yıl boyunca tümüyle hareketsiz kalmıştır.⁴³²

⁴²⁹ Dalla Chiara, Maria Luisa , Roberto Giuntini, ve Miklos Redei. «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007., s. 216.

⁴³⁰ A.e.

⁴³¹ A.e.

⁴³² A.e., s. 217.

SONUÇ

Kuantum teorisinin doğuşu fizik alanındaki pek çok probleme çözüm getirdiği gibi felsefe, matematik ve mantık alanlarında birtakım problemlere de neden olmuştur. Teorinin yarattığı kuramsal ve kavramsal sorunlara çözüm bulma çabaları bizi Antik Yunan felsefesine kadar götürmüştür. Çalışmamızda söz konusu teorinin meydana getirdiği bazı problemlere Antik Yunan filozoflarının felsefelerinden yararlanarak çözüm bulmanın imkânını tartıştık.

Antik Yunan'da Demokritos ve hocası Leukippos ile başlayan atomculuk, tarih içerisinde iki bin yıllık bir süre boyunca arka planda kalsa da nihayetinde hak ettiği değeri ve ilgiyi filozof bilim insanlarından görerek, bilimde çok önemli gelişmelerin yaşanmasına ön ayak olmuştur. Tamamlanmış bir bilim dalı olarak görülen klasik fiziğin açıklayamadığı problemler, söz konusu atomcu düşüncenin yardımıyla çözümlenmiş ve böylece fizik biliminde yeni bir dönem başlamıştır. Leukippos ve Demokritos zaman içerisinde kimi fizikçiler tarafından ilk kuantum mekanikçileri olarak adlandırılmış ve kuantum mekaniğinin başlangıcı atomcu felsefeye dayandırılmıştır. Atomcu felsefenin bilimde elde ettiği başarılarla rağmen, bu düşünceyi bilimin ilerlemesinin önünde bir engel olarak gören, Ernst Mach gibi düşünürler de bulunmaktadır. Her hâlükârda atomculuğun ve onun devamı olarak görülen kuantum mekaniğinin, bilimde ve felsefede önemli etkilerde bulunduğu yadsınamaz bir gerçektir.

Kuantum teorisinin ortaya çıkışı yalnızca fiziği değil, matematik, mantık ve felsefe gibi alanları da etki altında bırakmış, bu alanlarda önemli problemlere ve değişimlere yol açmıştır. Bu problemlerin biri de mantık alanında ortaya çıkmıştır. Kuantum teorisi ve mekaniğini açıklama çabaları yeni bir mantık sisteminin kurulmasını zorunlu kılmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalar 1932 yılında başlamış ve günümüzde de devam etmektedir. Kuantum mantığı kavramını ilk kez ortaya atan ve bu alanda ilk çalışmayı yapan John von Neumann ve Garrett Birkhoff, 1936'da yayınladıkları makale ile mantıkta yeni bir dönemin başlangıcını yapmıştır. Kuantum mantığı, kuantum mekaniğinin matematiksel biçimciliğinin Hilbert uzayı temel alınarak kurulma çabasıdır. Ancak von Neumann tarafından kuantum teorisinin en çok

dikkat çeken yönlerinden biri olarak nitelenen teorinin varsaydığı mantıksal kavramların yeniliği, yalnızca yeni bir mantık sistemini değil yeni bir matematik sistemini de gerektirmektedir. Birkhoff ve von Neumann'ın kuantum mantığı, sadece bir kuantum mekaniksel sistemin önermeler hesabı olarak değil ayrıca olasılık teorisi dâhilinde kullanılabilmesi istenen bir sistem olarak tasarlanmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın temel görüşü, belirsizlik bağıntılarının, doğaları gereği mantıksal bir yapıya sahip olduğudur. Von Neumann ve Birkhoff'un çalışması, kuantum mekaniğini serimleyebilecek bir matematik sisteminin yetersizliği nedeniyle von Neumann'ın istediği başarıya ulaşamamış, bu sebeple de söz konusu alan uzun yıllar boyunca fizikçilerin ve matematikçilerin ilgisini çekememiştir. 1936 tarihli makaleden sonra bu konu üzerinde başka bir çalışma yapmayan von Neumann ve Birkhoff'un eseri, kuantum mantığı üzerinde 1950'lerden başlayarak günümüze kadar oluşan geniş literatürün başlangıcını oluşturmuştur. Bu nedenle kuantum mantığı ve genel olarak mantık çalışmaları içerisinde oldukça önemli ve değerli bir yere sahiptir.

KAYNAKÇA

- Agassi, Joseph: «Leibniz's Place in the History of Physics.» Journal of the History of Ideas, 1969: 331-344.
- Aristoteles: Metafizik. Çeviren Ahmet Arslan. İstanbul: Sosyal Yayınlar, 2010.
- Aşık, Buşra: "Kant'ta Doğa Bilimi Anlayışının Metafizik Temelleri" (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul, 2016.
- Bunge, Mario: The Turn of the Tid. M. B. ed. içinde, Quantum Theory and Reality (s. 1-6). Springer-Verlag, 1967.
- Capelle, Wilhelm: Sokrates'ten Önce Felsefe. Çeviren Oğuz Özügül. İstanbul: Pencere Yayınları, 2011.
- Cevizci, Ahmet: Felsefe Tarihi. İstanbul: Say Yayınları, 2010.
- Chalmers, Alan: «Retracing Ancient Steps to Atomic Theory.» Science & Education (Kluwer Academic Publishers), no. 7 (1998): 69-84.
- Copleston, Frederick: Leibniz. Çeviren Aziz Yardımlı. İstanbul: İdea Yayınevi, 2013.
- Cushing, James T.: Fizikte Felsefi Kavramlar: Felsefe ve Bilimsel Kuramlar Arasındaki Tarihsel İlişki. 1. Çeviren B. Özgür Sarıoğlu. Cilt 2. İstanbul: Sabancı Üniversitesi Yayınları, 2006.
- Çakmak, Cengiz: Herakleitos Fragmanlar . İstanbul: Kabalcı Yayınevi, 2009.
- Çevikbaş, Selahattin: Leibniz ve Felsefesi Mantık, Fizik ve Metafizik. Konya: Çizgi Kitabevi, 2006.
- Dalla Chiara, Maria Luisa, Roberto Giuntini, ve Rédei, Miklós: «The History of Quantum Logic.» Handbook of the History of Logic. Volume 8: The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic içinde, düzenleyen: D. M. Gabbay ve J. Woods. 2007.

- De Broglie, Louis: Yeni Fizik Kuvantumları. Çeviren Yakup Şahan. İstanbul: Kabalcı Yayınevi, 1992.
- Denkel, Arda: İlkçağ'da Doğa Felsefeleri. İstanbul: Doruk Yayınları, 2011.
- Descartes, René: Felsefenin İlkeleri. İstanbul: Say Yayınları, 2007.
- Ekren, Uğur: Aristoteles'te Mekân ve Hareket (Doktora Tezi). İstanbul, 2004.
- Engesser, Kurt, Dov M. Gabbay, ve Daniel Lehmann: A New Approach to Quantum Logic. London: College Publications, 2007.
- Guthrie, W.K.C.: İlkçağ Felsefesi Tarihi. Çeviren Ahmet Cevizci. Ankara: Gündoğan Yayınları, 1999.
- Guthrie, W.K.C.: Yunan Felsefe Tarihi-I Sokrates Öncesi İlk Filozoflar ve Pythagorasçılar. Çeviren Ergün Akça. İstanbul: Kabalcı Yayınevi, 2011.
- Güven, Özgüç: "Kant'ın Eleştirisi Öncesi Bilgi ve Bilim Görüşü" (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul, 2006.
- Haar, Dirk Ter.: The Old Quantum Theory. Pergamon Press, 1967.
- Heisenberg, Werner: Nuclear Physics. New York: Philosophical Library, 1953.
- Heisenberg, Werner; Yılmaz Öner: Fizik ve Felsefe : İdealizm Determinizm'den Olasılığa Doğru : Diyalektik Olasılık'tan Determinizme Doğru. Çeviren Yılmaz Öner. İstanbul: M.Y. Öner Yayınları, 1993.
- Herakleitos: Fragmanlar. Çeviren Cengiz Çakmak. İstanbul: Kabalcı Yayınevi, 2009.

- Jammer, Max: Concepts of Space The History of Theories of Space in Physics. New York: Dover Publications, 1993.
- Kant, Immanuel: «Physical Monadology.» Theoretical Philosophy 1755-1770 içinde, düzenleyen: David Walford ve Ralf Meerbote, çeviren David Walford ve Ralf Meerbote. Cambridge: Cambridge University Press, 1756/1992.
- Karakale, Ramazan: Atomun İçinde: Kuantumdan Kuarka Doğa Biz ve Bilgimiz. Güncel Yayıncılık, 2006.
- Koyré, Alexandre: Kapalı Dünyadan Sonsuz Evrene. Çeviren Aziz Yardımlı. İstanbul: İdea Yayınevi, 2014.
- Kranz, Walter: «Atomculuğun Doğuşu.» Felsefe Arkivi 1, no. 1 (1945): 155-160.
- Kranz, Walther: Antik Felsefe. Çeviren Suat Y. Baydur. İstanbul: Sosyal Yayınlar, 2009.
- Leibniz, G. W.: Monadoloji ya da Felsefenin İlkeleri. İstanbul: Biblos Yayınları, 2009.
- Melsen, Andrew G. van.: From Atomos To Atom: The History of the Concept Atom. Dover Publications, 2004.
- Mittelstaedt, Peter & Riemer, W.: Philosophical Problems of Modern Physics. Dordrecht: D. Reidel, 1976.
- Newton, Isaac: Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri. Çeviren Aziz Yardımlı. İstanbul: İdea Yayınevi, 1998.
- Nutku, Uluğ: «Leibniz'in Monadlar Teorisinin Tarihi Önemi.» Felsefe Arkivi 0, no. 22-23 (1981): 143-159.
- Omnès, Roland: Kuantum Felsefesi, Çağdaş Bilimi Anlamak ve Yorumlamak. Çeviren Ercüment Akat. İstanbul: Alfa, 2018.

- Parker, Barry: Kuvantumun Anlamak. Çeviren Elif Alkın. İstanbul: Güncel Yayıncılık, 2006.
- Pollok, Konstantin: «""Fabricating a World in Accordance with Mere Fantasy..."? The Origins of Kant's Critical Theory".» The Review of Metaphysics (Philosophy Education Society Inc.) 56, no. 1 (2002): 61-97.
- Popper, Karl R.: Bilimsel Araştırmanın Mantığı. Çeviren İlknur Aka ve İbrahim Turan. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 1998.
- Rédei, Miklós: «The Birth of Quantum Logic.» History and Philosophy of Logic, 2007: 107-122.
- Reichenbach, Hans: Bilimsel Felsefenin Doğuşu. Çeviren Cemal Yıldırım. İstanbul: Fol Kitap, 2019.
- Reichenbach, Hans: Fizik Felsefesine Giriş İstanbul Konferansları. Çeviren Halil Vehbi Eralp ve Nusret Hızır. İstanbul: Fol Kitap, 2020.
- Russell, Bertrand: A Critical Exposition of the Philosophy of Leibniz. New York: Routledge, 1992.
- Soykan, Ömer Naci: Bilgi ve Betimleme Pozitivizm ve Ernst Mach Üstüne. İstanbul: Bilge Kültür Sanat, 2017.
- Uçar, Semra: Heisenberg Belirsizlik İlkesindeki 'Belirsizlik'. Temaşa Felsefe Dergisi(14), 72-82, 2020.
- Timuçin, Afşar: Leibniz'in Felsefesi Metafizik Üzerine Konuşma. Bulut Yayınları, 2010.
- Schrödinger, Erwin: What Is An Elementary Particle? Annual Report of the Board of Regents of The Smithsonian Institution, 183-196, 1950.
- von Neumann, John: Mathematical Foundations of Quantum Mechanics. Princeton: Princeton University Press, 1955.

von Neumann, John; «The Logic of Quantum Mechanics.» The Annals
Birkhoff, Garrett: of Mathematics, 1936: 823-843.

https://www1.itp.tu-berlin.de/brandes/public_html/qm/umist_qm/node3.html

<https://sarkac.org/2019/04/planck-sabiti-nedir/>

