



Makale Geliş | Received: 05.08.2022
Makale Kabul | Accepted: 25.09.2022
Yayın Tarihi | Publication Date: 30.09.2022
DOI: 10.20981/kaygi.1156777

Vural BAŞARAN

Dr. Öğretim Üyesi | Assist. Prof. Dr.
Ankara Üniversitesi, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı, Ankara, TR.
Ankara University, Philosophy of Department, History of Science Section, Ankara, TR.
ORCID: 0000-0002-2721-5234
vbasaran@ankara.edu.tr

Tarık Tuna GÖZÜTOK

Arş. Gör. Dr. | Res. Assist. Dr.
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Felsefe Bölümü, Bilim Felsefesi ve Bilim Tarihi Anabilim Dalı, Karaman, TR.
Karamanoğlu Mehmetbey University, Philosophy of Department, History and Philosophy of Science Section, Karaman, TR.
ORCID: 0000-0003-0525-8214
tunatg@gmail.com

Atom Teorileri Paradigma Değişimi Açısından Değerlendirilebilir mi?

Öz: Önce doğa felsefesinin, sonra ise doğa bilimlerinin en tartışmalı ve ilgi çekici konularından birisi olan atom, antik dönemlerden beri bir şekilde insanların zihinlerini kurcalamıştır. Antik Yunan atomculuğu ile başlayan bu serüvene Orta Çağ'da Müslüman bilginlerinin de katkıları olmuştur. Atomculuk, erken dönemlerde deney yapma olanaklarından uzak olduğundan daha çok aklı muhakeme ile ispat edilmeye çalışılmıştır. XIX. yüzyılda, atom kavramı çağdaş bilimin temel olgularından birisi hâlini almıştır. XX. yüzyıla gelindiğinde ise hem deneysel kanıtlar hem de bilimsel ve teknolojik gelişmeler sayesinde, bölünemez olduğu düşünülen bu temel parçacığın daha temel parçalara ayrılabilirdiği anlaşılmıştır. Hatta atom sayesinde daha önceleri tahayyül dahi edilemeyecek enerjiler elde edilmeye başlamıştır.

Bu çalışmada öncelikle atom fikrinin geçirdiği tarihsel yolculuk kısaca ele alınmıştır. Daha sonra XX. yüzyılın ikinci yarısında bilim tarihi çalışmalarını derinden etkileyen Kuhncu yaklaşım irdelenmiştir. Bunun için öncelikle paradigma ve eş-ölçüştürülemezlik kavramları ele alınmıştır. Sonra Kuhncu bu yaklaşımın çalışmanın ilk kısmında verilen atom tarihindeki yeri tartışılmıştır. Kuhncu paradigma özellikle astronomi tarihini açıklaması bakımından Kuhn ve takipçileri tarafından sıklıkla kullanılmıştır. Bizim çalışmamızda ise bu yaklaşımın atom tarihi incelendiğinde açıklayıcılığının zayıf olduğu ve tadil edilmesi gerektiği gösterilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atomculuk, T. Kuhn, Paradigma Değişimi, Bilimsel İlerleme.

Can Atomic Theories Be Evaluated in Terms of Paradigm Shift?

Abstract: Atom is one of the most controversial and interesting subjects of first natural philosophy and natural sciences. It has preoccupied people's minds since ancient times. This historical adventure, which started with the ancient Greek atomism and Muslim scholars in the Middle Ages also contributed to ideas of atom. Since atomism was far from the possibilities of experimentation in the early periods, it was tried to be proved by rational reasoning. XIX. In the 19th century, the concept of the atom has become one of the fundamental phenomena of modern science. By the 20th century, it was understood that this fundamental particle, which was thought to be indivisible, could be divided into more fundamental parts, thanks to both experimental evidence and scientific and technological developments. In fact, thanks to the atom, energies that could not even be imagined before having begun to be obtained.

In this study, first, the historical journey of the atomic ideas will be briefly discussed. And the Kuhnian approach, which deeply affected the history of science studies in the second half of the 20th century, will be examined. For this, the concepts of paradigm and non-comparability will be discussed. Then, the place of this Kuhnian approach in the history of the atom, which is given in the first part of the study, will be discussed. The Kuhnian paradigm was frequently used by Kuhn and his followers, especially in explanations in the history of astronomy. In our study, it will be shown in the explanatory power of this approach is weak when the atomic history is examined.

Keywords: Atomism, T. Kuhn, Paradigm Shift, Scientific Progress.

Giriş

Nesnenin ya da daha genel anlamda varlığın özü asırlardan beri insanların merak ettiği konuların başında gelmiştir. Her gün gördüğümüz nesnelere nelerden ve nasıl meydana geldikleri hakkında tarih boyunca çeşitli fikirler ortaya atılmıştır. Evreni anlama ve anlamlandırma çabamız içinde önemli bir yere sahip olan bu konu günümüzde en yalın haliyle “maddenin en küçük birimi -yapı taşı nedir?” sorusuna verilebilecek cevaplarla karşılanabilir. Bugün bahsi geçen soruya vereceğimiz yanıtların temellerinde; ilk çağlardan beri süregelen felsefi sorgulamaların ve bilimsel araştırmaların yer aldığını düşünürsek, bu tarihsel serüvene kısaca değinmemiz yerinde olacaktır.

Bu tarihsel serüven sayesinde bilimsel ilerlemenin biçimini sorgulayabilme imkanına sahip olabiliriz. Böylelikle çalışmamızın temel problemi olan atomcu öğretilerin bilimsel gelişme açısından yeri ve önemi ile bu konudaki gelişmelerin devrimsel nitelikler taşıyıp taşımadığı hakkında fikirler edinebiliriz. O halde sorumuza yanıt aramak adına gerekli olan verilere yani atom tarihinin oldukça kısa bir şekilde göz atabiliriz. Bu sorgulama tarihsel süreç içindeki tüm ayrıntıları

gözeterek yapılırsa elbette daha net sonuçlar elde edilebilir. Ancak ilerleyen satırlarda görüleceği üzere temel bazı hususlara değinmek dahi sorumuza cevap vermeye yetebilecek düzeyde sayılabilir. Bu nedenle ilkin bahsi geçen kısa tarihsel sürece değindikten sonra ilerlemenin nasıl olduğuna dair fikirlerimiz sunulacaktır.

Atomcu Öğretinin Oluşum ve Gelişim Serüveni

İlk çağlarda düşünsel zenginliği ile önce çıkan Antik Yunan'da "varlık nedir?", "varlığın özü nedir?" gibi evrene dair soruların yanıtları ile varlık ve oluş sorunu her ne kadar ilkin mitlerde aranmış olsa da zamanla bu durum değişmiştir. Bu değişimin öncüleri arasında genellikle Miletli Thales (MÖ 624/623-548/545) gösterilmiştir. Yüzünü doğaya dönen ilk filozoflar arasında gösterilen Thales, Aristoteles'in *Metafizik* adlı eserindeki ifadelerle göre, varlıkların ilk prensibi olarak suyu göstermiş ve evrendeki her şeyin suyun değişimiyle meydana geldiğini savunmuştur (Aristoteles 1996: 91). Thales sonrasında suyun yerine, hava, ateş gibi temel unsurları koyanlar olduğu gibi Empedokles (MÖ? -434.) de dört temel ögenin tamamını (ateş, hava, su, toprak) ilk prensip (arkhe) olarak önermiştir. Ancak Antik Yunan düşüncesi içinde yer alan ve oldukça kısaca bahsetmiş olduğumuz bu görüşlerden farklı olarak, maddenin atomlardan oluştuğunu benimseyen atomculuğun¹ oldukça farklı bir yeri vardır.

Sınırlı sayıdaki kaynağa dayanan verilere göre Leucippus (MÖ V. yüzyıl) tarafından ortaya atıldığı kabul edilen atomculuk, öğrencisi Demokritos'un (MÖ 460-370) da katkılarıyla bilinmektedir. Demokritos'a göre gerçekte atom ve boşluktan başka bir şey yoktur (Leucippus & Democritus 1999: 9). Atomlar ise boyut ve sayı olarak sonsuzdurlar ve bir girdap içinde bütün olarak taşınarak ana unsurları yani ateşi, suyu havayı ve toprağı üretirler (Leucippus & Democritus 1999: 58).

¹Atomizm ya da atomculuk kavramı günümüzde çoğunlukla, *indirgemeci* anlamını vermek üzere kullanılmaktadır. Örneğin, epistemik atomizm, mantıksal atomizm, biyolojik atomizm, dilbilimsel atomizm vb. Çalışmamız boyunca atomculuk kavramı, fiziksel atomizm çerçevesinde kullanılacaktır.

Aristoteles'in *Demokritos Üzerine* adlı yorumundaki şu kısa alıntı atom hakkındaki görüşlerini ortaya koyabilir:

Demokritos'a göre ezeli şeylerin doğası sonsuz sayıdaki küçük maddeden oluşur ve bunlar mekânda ayrı ve sonsuz ölçüde yer alır. O bu mekâna, "boşluk", "hiçlik", ve "sonsuz" isimlerini vermiştir ve bu şeylerin her birine de "şey", "katı madde" ve "olan" der. Bunlar öyle küçük şeylerdir ki duyularımızla algılanamazlar. Bunlar bütün formlarda, biçimlerde ve büyüklükte dirler ve bunlardan görülebilen ve algılanabilen nesnelere meydana gelir...(Leucippus & Democritus 1999: 77).

Demokritos'un düşüncesinde atomlar her şeyin onlardan çıktığı, her şeyin onlara döndüğü doğanın temel tözleridir. Ancak görülen dünyanın sürekli yok oluşu bir sona varmaz, yeni görünüşler kurulur ama atomun kendisi temel olarak hep aşağıda durur (Marx 2001: 100). Atomun, doğanın tözleri konumunda olması sayesinde, evrenin işleyişine ilişkin pek çok olay da kolayca açıklanabilir. Söz gelimi, tat, koku alma, dokunma, görme ve duyma gibi beş duyumumuzun işleyişi bile atomlarla ilişkilendirilebilir, buna ruh da dâhil edilebilir. Çünkü ona göre ruh, atomlardan meydana gelir ve ölüm denilen şey de ruh atomlarının bedeni terk etmesidir (Leucippus & Democritus 1999: 104).

Atomcu fikirlerin muhaliflerinden büyük Yunan filozofu Aristoteles, *Fizik* adlı eserinin başlarında kan, et, kemik gibi şeylerin oluşması için dört temel unsurun asgari oranda birleşmesi gerektiğini bildirmiştir (Aristoteles 2001: 25). Maddenin tözü ve boşlukla ilgili görüşleri atomculardan hayli farklıdır. Aristoteles'e göre boşluk var olamaz, çünkü bir şeyin varlığa gelebilmesi için bir maddesinin ve bir de formunun olması gerekir (Aristoteles 2001: 167). Kısaca değinmemiz gerekirse Aristoteles üç tür tözden söz eder: madde, form ve madde ile formdan oluşan bileşik varlık. Bir şeyin töz olabilmesi için tüm yüklemelere konu olması ve bağımsız-bireysel bir varoluşa sahip olması gerekir. Töz kavramı ekseninde bir ontoloji kuran Aristoteles'in varlık kavrayışı sonrasında İslam ve Hıristiyan Ortaçağ felsefesi üzerinde hayli etkili olmuş ve dönüşmüştür. Çünkü bu dönemlerde Aristoteles'in töz kavramı Tanrı merkezli varlık kavrayışlarına dahil

edilerek, esas zemininin dışında yeni bir anlam yüklenmiştir (Elmas, 2015: 63-64). Buna karşın, atomcu görüşün karşısına konan Aristotelesçi görüş, hâkim teori ya da anlayış olma özelliğini modern atom teorileri ortaya çıkana kadar sürdürmüştür.

Epikuros'un atoma dair görüşleri atomların ağırlıkları, boşluk içinde rastgele hareket etmeleri gibi faktörlerle Demokritos'tan ayrılmaktadır. Ayrıca Epikuros ruhu kabul etmeyerek, daha mekanik ve maddeci bir görüş ortaya koymuştur (Marx 2001: 84). Epikuros ve Lucretius'tan (MÖ 95-55) sonra Batı'da XVI. yüzyıla kadar atomla ilgili önemli bir düşünce ortaya çıkmamıştır. Bunun nedeni olarak Aristoteles'in Orta Çağ Batı düşüncesindeki etkisi gösterilebilir.

Doğuda ise Eş'arîler, Tanrı ile evren ilişkisini açıklamak için atomculuğa başvurmuşlardır. Başta Seyyid Şerif Cürçânî² (1340-1413) olmak üzere mütekellimler atomcu görüşleri Antik Yunan ve Antik Hint'den gelen etkilerle kendi düşüncelerine uyarlamış ve geliştirmişlerdir.

Antik dönem ve Orta Çağ atomcularının görüşleri deneyden bağımsız akıl yürütme ile ortaya çıkan yaklaşımlardı. XVI. yüzyılda başlayan ve daha sonra bilimsel devrimler olarak adlandırılan gelişmelerin sonuçları atomculuk açısından da çok mühim olmuştur. Avrupa'da Nicolaus Copernicus'un (1473-1543) 1543 yılında yayımladığı *Göksel Kürelerin Devinimi Üzerine*'de (*De revolutionibus orbium coelestium*) güneş merkezli evren modelini önermesiyle başlayan bu bilimsel gelişmeler, XVI. yüzyıl ve sonrasında hız kesmeden devam etmiştir.

Öncelikle, Galileo Galilei (1564-1642), Johannes Kepler (1571-1630) ve Isaac Newton (1643-1727) gibi isimlerle gök ve yer mekaniği alanlarında yapılan bilimsel çalışmalar bilimsel ilerlemenin motoru haline gelmiştir. Daha sonra Pierre Gassendi (1592-1655), atomların asgari bir boyuta sahip olmaları gerektiğine dair fikriyle ve René Descartes (1596-1650), Thomas Hobbes (1588-1679) gibi

² Bu konuda ayrıntılı bilgi için bakınız: (Başaran 2019).

düşünürler de atomculuğa dâhil edilebilecek görüşleri ile bilimsel gelişmelere farklı açıdan katkı sunan önemli isimler olmuşlardır (Whyte 1961: 47).

XVII. yüzyılda, Gottfried Leibniz (1646-1716) ve Isaac Newton atomculuk açısından kayda değer iki önemli isim olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Kütle çekim yasası, hareket yasaları ile fizik ve astronomi alanlarında yeni bir sayfa açan, ayrıca optik alanındaki eşsiz katkılarıyla da bilim tarihindeki en önemli isimler arasında gösterilen Newton ile felsefe tarihinde monadlar adını verdiği sınırsız sayıdaki basit madde ile evrenin oluştuğuna dair düşüncesiyle yer edinmiş olan Leibniz'den atomculuk konusunda kısaca bahsetmemiz gerekir. Bilim tasarımı atomcu mekanik doğa tasarımına dayandıran Newton, Robert Boyle'un (1627-1691) atomcu madde teorisine düşünsel olarak kuvvet faktörünü eklemiş ve benzer şekilde deneysel olmasa dahi atomculuk görüşlerine katkı sağlamıştır (Chalmers 2009: 123). Leibniz ise her ne kadar metafiziksel bir kavram olarak monadları ortaya atmış olsa da başta R. J. Bosovich (1711-1787) gibi isimleri fiziksel atomculuk açısından etkilemiştir (Whyte 1961: 56).

XVIII. yüzyılda artık atoma dair görüşler giderek deneysel düzleme taşınmaya başlamıştır diyebiliriz. J. Joachim Becher (1635-1682) ve George-Ersnt Stahl (1659-1734) ile bilinen Filojiston Teorisi³ ve bu minvalde büyük oranda gazların kimyasına ilişkin çalışmalar ön plana çıkmıştır. Joseph Priestley (1733-1804), Karl Wilhelm Scheele (1742-1786), Antoine- Laurent Lavoisier (1743-1794) gibi önemli isimlerin gazlar üzerine yapmış oldukları deneysel çalışmalar sonrasında oksijen başta olmak üzere çeşitli kimyasal elementlerin bulunması konusunda ciddi adımlar atılmıştır.

Lavoisier sonrasında XIV. yüzyıl atom açısından yeni fikirlerin ve buluşların deneylerle beslenmeye başladığı bir zaman dilimi olarak kabul edilebilir. Bilimsel

³ Filojiston Teorisi, XVIII. yüzyılda yanma olayını açıklamak için birtakım bilim insanları tarafından önerilmiştir. Buna göre yanma olayı sırasında yanan madde filojiston denen bir madde salar. Her ne kadar bu görüş yanlış olsa da teori üzerine çalışanlar daha sonra oksitlenme ve yanma olayının keşfine yol açacak deneyler tasarlamışlardır.

ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle ve bazı temel kanunlar keşfiyle nicel değerlendirmelerle kimyasal olaylar açıklanmaya başlamıştır.

İlkçağlardan beri araştırılan *varlığın özü ve yapısı nedir* sorusunun yanıtı XIX. yüzyıl ile mantıksal akıl yürütmeler ya da hipotezler kurmaktan ziyade bilimsel araştırma yöntemleri vasıtasıyla aranmaya başlanmıştır diyebiliriz. Bir başka deyişle XIX. yüzyılda bu soruya verilen yanıtlar, deneysel ve matematiksel bazı argümanlarla desteklenmeye başlamıştır.

XIX. yüzyılda atom fikri ve atomculuk iki farklı kaynaktan beslenmiştir. Bunlar kimyasal atomculuk ve fiziksel atomculuk olarak isimlendirilmiştir. Adlarından da anlaşılacağı üzere bunların bir kısmı kimyacılar tarafından ortaya atılmış iken diğeri fizikçilerin çalışmaları sonucunda doğmuştur.

Maddenin temel yapı taşının atom olduğuna dair bilimsel argümanlar geliştiren isimlerin başında kimyasal atomculuğun kurucularından İngiliz meteorolog, kimyacı ve fizikçi John Dalton (1766-1784) gelir. Çalışmalarına önce meteorolog olarak başlayan, gazların ve atmosferin yapısının su ile olan ilişkilerini araştıran Dalton, zamanla Lavoisier'in Kütle Korunumu Kanunu'ndan ve Joseph Proust'un (1754-1826) Sabit Kütle Oranı'ndan (elementlerin bileşik oluştururken belirli oranlarda olması) yararlanarak, Katı Oranlar Yasası'nı bulmuştur (Thackray 1970: 256-66). Böylelikle atomların yapısına ilişkin görüşlerini temellendirecek matematiksel bir düzleme sahip olmuştur. Onun atom teorisi ise genellikle şu şekilde özetlenmektedir:

“1. Her element atom adı verilen çok küçük ve bölünemeyen taneciklerden oluşmuştur. Atomlar kimyasal tepkimelerde oluşamazlar ve bölünemezler,

2. Bir elementin bütün atomlarının kütlesi (ağırlığı) ve diğer özellikleri aynıdır. Fakat bir elementin atomları diğer bütün elementlerin atomlarından farklıdır,

3. Kimyasal bir bileşik iki ya da daha çok sayıda elementin basit sayısal bir oranda birleşmesiyle oluşur.” (Petrucci, Herring, & Madura 2008: 34-36).

İtalyan kimyacı Amedeo Avogadro (1776-1856) ise Dalton Yasaları üzerine kaleme aldığı çalışmasıyla gaz halinde bulunan moleküllerinin, birer atomlu değil ikişer atomlu olduklarını ve aynı koşullar altında bulunan gazların eşit hacimde ve eşit sayıda molekül bulunduracağını kabul etmiştir (Avogadro 1811). Çalışmasındaki bazı oranlarda hatalar olsa da ulaştığı sonuç -yani aynı sıcaklık ve eşit basınç altında farklı gazların eşit hacimlerde aynı sayıda parçacığa sahiptir- oldukça önemli bilimsel gelişmelere kapı aralamıştır.

Kimyasal atomcular ile fiziksel atomcular arasında birtakım farklılıklar göze çarpmaktadır. Mesela, kimyacılar için atom hemen hemen dokunulur, elle tutulabilir nitelikleri haiz olmuştur. Onlara göre atom bir şekilde, temsil ettiği özün karakteristiğine sahip olmuş ve kendi niteliklerine göre diğer atomlarla birleşip ayrılabilmiştir. Kimyacılar çoğunlukla atomların hareketsiz bir yığın halinde durduklarını ve bir sandığı dolduran portakallar gibi uzayı doldurduklarını farz etmişlerdir. Buna karşın birazdan anlatacağımız fizikçilerin atomları boş uzayda yüksek hızlarda her yöne uçuşan küçük, sert parçacıklardan meydana gelmiş ve ara sıra birbirlerine çarpıp birbirlerini sektirebilecek niteliklerde olmuştur (Lindley 2008: 14-15).

Fizikçiler, gazların kinetik teorisini açıklamaya çalışırken fiziksel atomculuğa dair ilk deneysel kanıtları da bulmaya başlamışlardır ve gazların kinetik kuramında maddenin çok sayıda atomdan ya da temel parçacıklardan oluştuğu, bunların elektriksel olarak etkileştiği ve mekaniğin yasalarına uydukları kabul edilerek, çeşitli atom yığınlarının davranış şekillerini anlamaya çalışmışlardır (Feynman, Sands, & Leighton 2020: 39).

Söz konusu bu kinetik teori ile hacim, sıcaklık ve basınç arasında ilişki kuran gaz yasaları açıklanabilmiştir. Aynı zamanda Avogadro ve Gay Lussac (1778-1850) yasalarını da izah edebilmiştir. Bunlara ek olarak deneylerle doğrulanabilen

gazların viskozitesi gibi fenomenleri de öngörmüştür. Bu sonuçlar teorinin başarılı bir teori olma yolunda emin adımlarla ilerlemesine sebep olmuştur (Chalmers 2019).

Yukarıda ifade ettiğimiz gazların kinetik teorisi atomculuğa güçlü bir destek sağlamışsa da yüke sahip kütleli parçacıklar için en güçlü deneysel kanıtlar, Joseph John Thomson (1856-1940) tarafından ortaya konulmuştur. Thomson, atomu “üzümü kek modeli” adını verdiği yapı ile izah etmiştir. Elektron veren atomun pozitif yüklü olacağını göstermiş, atom içerisinde proton ve elektronun homojen olarak dağıldığını düşünmüştür. Modelinin üzümlü keke benzemesi atomların içine gömülü olan elektronlardan ve homojen bir şekilde dağılan protonlardan kaynaklanmıştır.

Thomson’un modelinde eksik olan protonlar şu soruyu doğurmuştur: Negatif yüklü elektronlar taneli (üzüm taneleri gibi) olduğu halde pozitif yük neden ve nasıl kesiksiz, gömülü olarak atomik hacmi doldurabiliyor?

“Üzümlü kek”in içinde ne var?” Bunu anlamanın yolu içine bakmak. Ancak daha önce bahsettiğimiz üzere atomlara arası boşluk ile ışığın dalga boyu arasında fark, atomu görmeyi imkânsız hale getirmiştir. Röntgen, X-ışınlarını 1895 yılında keşfetmiştir. Rutherford ise radyoaktif ışımaya yoluyla, *alfa* ve *beta* ışınlarını keşfetmiştir. *Gama* ışınını ise öğrencisi Paul Villard fark etmiştir ancak gama ismini kendisi vermiştir. Nihayet atomun içine bakmayı Ernest Rutherford, X-ışınları sayesinde gerçekleştirmiştir.

Ernest Rutherford’un (1871-1937), 1908 ve 1913 yılları arasında atomun resmini çizmek için tasarlamış olduğu, Saçılma Deneyi (Gold Foil Experiment) temelde dört ana deneyden oluşmaktadır. İlk atomun iç yapısını öğrenmeye yönelik olarak hazırlanmış olan düzeneklerle alfa parçacıklarını inceltilmiş bir altın folyoya gönderilip, folyonun öbür yanına, kendisine alfa parçacığı çarptığı zaman görünür ışık parıltısı veren, hareketli, çinko sülfürlü ekran yerleştirilmiştir ve alfa parçacıklarının büyük bir kısmının folyo içinden doğrudan geçeceği, belki bir

kısımının küçük sapmalara uğrayacağı yönünde sonuç alınması beklemiştir (Manners 2000: 28).

Öğrencileri Geiger (1882-1945) ve Marsden (1889-1970) ise alfa parçacıklarının sapma açısını 0,87 derece olarak hesaplamışlar ve elektronlar çok küçük kütleli olduğu için alfa parçacıklarının hareketinde önemli bir etkide bulunmazlar diye beklemişlerdir (Geiger 1910). Ancak sonuç beklenenden çok farklı olmuştur. -Çünkü atom, Thomson'un "üzümlü kek"i gibi değildi.- yaklaşık 20.000 alfa parçacığından birinin 90 derecelik bir açıyla saçıldığını tespit ettikleri deneyin sonuçları 1911 yılında yayımlanmıştır (Rutherford 1911).

Rutherford'un saçılma için verdiği bağıntı ile ekrana ulaşan, birim yüzölçümü başına, alfa parçacıklarının sayısına ulaşılabilirdi. Bu bağıntı şu şekilde ifade edilmektedir:

$$N(\theta) = \frac{N_g n t Z^2 e^4}{(8\pi\epsilon_0)^2 r^2 K E^2 \sin^4(\theta/2)}$$

İnce bir varaktan geçirilen alfa tanesi bu bağıntıya uygun olarak saçılmaktadır. Burada t varakın kalınlığı, KE alfa parçacıklarının kinetik enerjisi, r toplayıcı ekranın varaktan uzaklığı, Z varak atomlarının atom sayısı, N_g ise ekrana ulaşan alfa parçacıklarının toplam sayısını vermektedir (Rutherford 1911).

Bu bağıntı ve bağıntının yorumu atomun merkezinde protonlardan oluşan bir çekirdek ve çekirdeğin etrafında dolanan elektronlardan oluştuğu sonucunu bildirilmiştir. Atomun iç yapısını, Thomson'dan farklı olarak "Güneş Sistemine" benzeterek resmetmiştir.

Niels Bohr'un (1885-1962) ortaya koyduğu model de Rutherford'un tasvirinden farklı olmuştur. Onun atomun matematiksel formalizmi ve atom tasvirini vermek, çalışmamızın konusunu daha net ortaya koyabilmek adına faydalı olabilir. Şöyle ki tıpkı güneş sistemi gibi elektronların çekirdek etrafında döndükleri varsayılır ve bu elektronun hızını v ve yarıçapını r ile verilir.

Merkezkaç ve Coulomb çekimi arasındaki denge olduğu varsayılır. Böylece hidrojen atomu için

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = m_0 r \omega^2$$

ifadesine sahip olunur. Karşılık gelen enerji kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamıdır:

$$E = E_{kin} + E_{pot}$$

Buradan kinetik enerji ve potansiyel enerji için gerekli ifadeler yazılır ve denklem düzenlenirse toplam enerji:

$$E = \frac{1}{2} m_0 r^2 \omega^2 - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Bu ifade, Rutherford tarafından ortaya konan modelle uyum içindedir fakat klasik fizik açısından sorunlu sayılmaktadır. Çünkü klasik fiziğe göre çekirdek tarafından yörüngede tutulan elektronlar, her ivmelenen yük gibi elektromanyetik dalgalar salarak enerji kaybedecek ve bu yüzden çok kısa bir süre içinde çekirdeğin içine düşecek ve atom yok olacaktır. Bu problemin ortadan kalkması için kuantum fiziğinin açıklamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Öyle ki atomların yapıları ancak elektronların aynı anda hem parçacık hem de dalga oldukları fikriyle açıklanabilmektedir. İşte Danimarkalı fizikçi Niels Bohr'un öne sürdüğü bu yeni atom modeli, atomların özelliklerini ve kararlı olmalarını bu bağlamda açıklayabilmiştir.(Alpar 2019).

Max Planck, 1900'de fizikçilerin gündemini bir süredir meşgul eden kara cisim ışıması probleminde dair ortaya bir hipotez atmıştır. Bu, kuantum fiziğinin başlangıcını ve maddenin temeline dair araştırmamızı derinleştiren bir keşif olmuştur. Ortaya koyduğu bağıntıya göre bir kuantanın enerjisi, verilen ya da alınan ışımının frekansına

$$\epsilon = h\nu$$

şeklinde bağlıdır. Burada h günümüzde Planck sabiti⁴ (değeri $6.62607015 \times 10^{-34}$ Joule/saniye) olarak adlandırılan bir sabittir. Bu bize dalgaların enerjisinin her değeri alamadığını ve kuantumlanan bu parçacıkların enerjisinin dalga frekansı ile orantılı olduğunu söylüyordu. Bu devrimci bir atılımdır ve Bohr'un⁵ atom modelini oluşturmasında önemli bir yere sahiptir. Hem Thomson hem de Rutherford ile çalışma imkânı bulan Bohr kendi adıyla bilinen atom modelini geliştirmekte bu isimlerden fazlasıyla etkilenmiştir. Yukarıda verdiğimiz bağıntıda eğer klasik sınırlarda kalırsa atomun çökeceğini ifade etmiştik. İşte Bohr tam da bu noktada Planck'ın verdiği denklemden faydalanarak bir fotonun $h\nu$ enerjisini son yörüngesindeki elektronun enerjisi cinsinden

$-E = \frac{n}{2} h\nu$ ($n=1, 2, 3, \dots$) olarak kuantumlu bir biçimde ifade etmiştir. Bohr daha sonra gerekli işlemleri yaparak hidrojen atomu için elektronun izin verilen değerlerini

$$E_n = \frac{-2\pi^2 m e^4}{h^2 n^2} \quad (n= 1, 2, 3, \dots)$$

olarak elde etmiştir. Bu denklem hidrojen atomu için Balmer formülünün de elde edilmesine izin verir (Cushing 2003: 144-147).

Böylece Bohr'un tasavvur ettiği atom şu hâli almıştır:

“1. Elektron, protonun çevresinde Coulomb çekim kuvvetinin etkisi altında dairesel bir yörüngede hareket eder.

2. Atomda yalnızca belirli yörüngeler kararlıdır. Bu kararlı yörüngeler, elektronun (dolayısıyla atomun) ışımaya yapmadığı yörüngelerdir. (Enerji sabit ya da kararlı olduğundan elektronun hareketini tanımlamak için klasik mekanik kullanılabilir).

⁴ Bu sabitin değeri $6.62607015 \times 10^{-34}$ Joule/saniyedir.

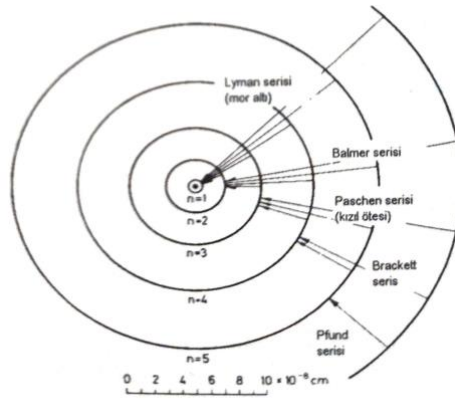
⁵ Bunun tarihsel gelişimi ile ilgili Kuhn'un çok detaylı bir makalesi mevcuttur: (Heilbron ve Kuhn 1969).

3. Işık yaymayan atom, yani en düşük enerjili atom için temel durumdaki atom nitelemesi yapılır. Enerji almış bir atoma ise uyarılmış atom denir. Uyarılmış atomlar, temel duruma geçerken ışık yayınlar. Bu sıçramalı, ani geçiş, klasik olarak gösterilemez ya da ele alınamaz. Bu sıçramalı geçişte fotonun frekansı, elektronun yörüngesel hareketinin frekansından bağımsızdır.

4. Elektron yörüngesinin izin verilen büyüklüğü, elektronun yörüngesel açısal momentumuna dayanan ek bir kuantum koşulu ile belirlenir. Başka anlatımla elektron $n=1, 2, 3, 4...$ gibi özel tamsayılarla gösterilen baş kuant sayılı enerji düzeylerinde bulunabilir” (Karakale 2005: 268).

Bohr’un atom teorisi, çekirdek etrafında belirli bir yörüngede dönen elektronlarla, atomun iç yapısını açıklamıştır. Planck’ın keşfinden faydalanarak elektronların sadece belirli yörüngelerde bulunmalarının mümkün olduğu sonucuna ulaşmıştır (Ronan 2005: 551-552).

Bohr atom modeli bu özellikleri sayesinde bize bir atom tasviri sunmaya yardımcı olur. Bu da aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil I. İlk Beş Spektral Seriyi Gösteren Bohr Atom Modelinin Şematik Gösterimi (Haken & Wolf 2000: 106)

Bohr atomun kuantumlu yani dalga-parçacık ikiliğine dayanan özelliğini yakalayıp kendinden önce gelen bilim insanlarının modellerini geliştirmiştir. Ancak Bohr'un yaklaşımı yani elektronların kuantumlu yaklaşımında dalganın nereden geldiği sonu hâlâ güncelliğini korumuştur. Onun yaklaşımı daha sonra muhtelif fizikçiler tarafından ele alınmış ve geliştirilmiştir. Dalganın tüm özellikleriyle resmedilebilmesi sonraki yıllarda yapılmış, Schrödinger ve farklı bir biçimde Heisenberg kuantum mekaniğinin temel denklemi olan Schrödinger Dalga Denklemini ortaya koymuştur. Bu denklemin çözümü olan $\psi(x, y, z)$ dalga fonksiyonu da elektronun nerede olduğuyla ilgili bilgi verilmiş ve bir dalga ile betimlenen elektron herhangi bir anda belli bir yerde bulunmamış, belli bir hıza ya da momentuma da sahip olmamıştır. Fizikçi Max Born dalga fonksiyonunun mutlak değer karesinin $\psi(x, y, z)^2$ şeklinde elektronun uzayda herhangi bir (x, y, z) noktasında bulunma olasılığını verdiğini öne sürmüştür (Alpar 2019).

Atomcu Öğretilerin Gelişim ve Değişiminin Kuhncu Bilim Anlayışı Açısından Değerlendirilmesi

Atomculuğun tarihsel gelişimine baktıktan sonra aklımıza şu soru gelmektedir. Antik atomculuk ve modern atomculuk birbirlerinden ayrı mı yoksa aynı paradigma içinde mi değerlendirilmelidir? Yani antik atomculuk, modern atomculuğun atası mıdır? Eğer öyleyse Kuhncu bakımdan ele aldığımızda atom tarihi bağlamında bilimde ilerleme kaydedildiği söylenebilir mi? Çalışmamızın bu kısmında bahsi geçen temel problem tarihsel art alanı göz önünde bulundurularak irdelenecektir.

Antik atomculuk ile modern atomculuk farklı paradigmalardır mıdır? Kuhncu bir soruşturmaya tabi tutmadan önce bazı modern filozof ve bilim insanlarının bu iki atomcu görüşe dair fikirlerini kısaca vermek meselenin zorluğunu göstermesi bakımından gereklidir. Örneğin Gomperz, Cournot, Bertrand Russell ve J. Burnet gibi isimler antik atomculuğun modern atomculuğun atası olduğunu iddia etmişlerdir. Benjamin Farrington bazı bakımlardan iki yaklaşımın da pek çok ortak

noktası bulunduğunu belirtmiş, Charles Sherrington ise eski atomculukla modern atomculuk arasında çok temel farklar olduğunu söylemiştir. Schrödinger ise eski ve yeni atomculuk arasında çok fazla ortak nokta olduğunu ifade etmiştir. Şimdi biz de bu meseleyi Kuhncu bir analize tâbi tutarak yukarıdaki düşünürlerden hangisinin bu bağlam içine oturtulabileceğini tartışabiliriz.

Thomas Kuhn, 1962'de *Bilimsel Devrimlerin Yapısı* adlı eseri kaleme aldıktan sonra bilim tarihi araştırmalarında yeni tartışmalara yol açmıştır. Metnin kendi iç problemleri ve bilim tarihine getirdiği yeni yaklaşım *Bilimsel Devrimlerin Yapısı'nı* sosyal bilimlerin en çok atıf yapılan kitaplarından birisi hâline getirmiştir. Yazarın daha sonra yazdığı metinler bu kadar şöhret kazanmasa da felsefi düşüncelerinin derinleştirdiği çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. İlk eserinden itibaren paradigma, olağan bilim, eş-ölçüştürülemezlik ve bilimsel devrim gibi kavramları bilim tarihçilerinin tartışmasına açmıştır.

Kuhn'un kullandığı kavramlar sıklıkla tartışılmıştır. Örneğin daha *Yapı'yı* yayımladığı yıllarda kendine ait olan paradigma kavramını birbirine uymayan biçimde farklı anlamlarda kullandığı ifade edilmiştir. Kendisi de buna karşın yedi sene sonra yazdığı *Sonsözde* eleştirilere cevap vermeye çalışmıştır. Biz de aşağıda bu *Sonsözdeki* paradigma kavramını temele alarak atom tarihine dair bir yorum yapmaya çalıştık.

Paradigma kavramı Kuhn felsefesinde sıklıkla ilerleme bunun felsefesi anlamıyla beraber tartışılmıştır. Buna dair yürütülen tartışmalar sonucunda Kuhn felsefesine göre "1- Bilim ilerlemeci değildir, 2- Bilim ilerlemecidir ama birikimsel değildir, 3- Olağan bilim ilerler ama olağanüstü bilim ilerlemez, 4- İlerleme varsa doğrusal olmak zorundadır ancak Kuhn'a göre bilim doğrusal ilerlemez, dolayısıyla bilimsel ilerleme diye bir şey yoktur" iddiaları ortaya atılmıştır.⁶ Spektrumun bu kadar geniş olması Kuhn felsefesinin kafa karıştırıcı bir özelliğini gösterir. Bunlara ek olarak Tümkeya "Bütün bu sıralanan gerekçeler nedeniyle Kuhncu bilim

⁶ Konuya dair detaylı analiz için bakınız: (Tümkeya: 2018), (Salgar 2015: 250-253).

ingesinde sadece olağan bilimin birikimsel bir ilerlemeci karakter taşıdığını değil ama ayrıca kelimenin biraz rafine edilmiş sınırlı bir anlamında devrimler yoluyla olan ilerlemenin de birikimci olduğu sonucuna varıyoruz.” diyerek hem olağan hem de devrimci dönemde bilimin birikimsel bir ilerleme gösterdiği fikrinin Kuhn’un temel metinlerinden anlaşıldığını göstermeyi amaçlamıştır (Tümkiye 2018: 252). Bu çalışma Kuhn’da ilerleme fikrinin birikimsel olduğuna dair ikna edici argümanlar ortaya koymakla birlikte, paradigmanın diğer bir kardeş kavramı eş-ölçüştürülemezlik meselesi yine de sorun olarak çözülememiş görünmektedir. Bu çalışmadaki amacımız Kuhn’un ilerlemeyi nasıl tanımladığı ya da ilerlemeyi kabul edip etmediğini araştırmak olmadığından bu konu ele alınmamıştır.⁷ Bununla beraber Kuhn’un ilerleme fikrine, birikimsel olsun ya da olmasın, sıcak baktığı Tümkiye’nin metninde açıkça ortaya konduğu kanaatini taşıyoruz.

Kuhn, meşhur çalışmasını yayımladıktan sonra tıpkı ilerleme fikrinde olduğu gibi paradigma kavramı üzerinden de bir tartışma başlamıştır. Her şeyden önce bu kavramın anlamı farklı araştırmacılar tarafından muhtelif biçimlerde verilmiştir. Kuhn karışıklıkları gidermek için kitabın yayımlanmasından yedi yıl sonra paradigma kavramı için verdiği tanımları açıklamak durumunda kalmıştır. Biz de bu çalışmada nihai olarak *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*’na yazılan *Sonsözde* Kuhn’un yaptığı açıklamaları temele alarak⁸ antik atomculuk ile modern atomculuk paradigmalarının Kuhn’cu anlamda aynı mı yoksa farklı paradigmalar mı olduklarını anlamaya çalışacağız.

Kuhn *Sonsözde* paradigma terimini iki ayrı anlamda kullandığının açık olduğunu ifade eder. Bir tarafta terimin belli bir topluluğun üyeleri tarafından paylaşılan inançların, tekniklerin ve değerlerin bütünü temsil ettiğini söylemiştir (Kuhn 2017: 281). Bu terimin sosyolojik anlamıdır. Terimin ikinci anlamının daha felsefi ve daha derinlikli olduğunu ifade etmiştir. Böylelikle “terim bir yanda “belli bir topluluğun üyeleri tarafından paylaşılan inançların, değerlerin,

⁷ Detaylı bilgi için bkz: (Salgar 2015: 247-250)

⁸ Bu konuda yapılan detaylı bir analitik inceleme için bakınız: (Öztürk 2012).

tekniklerin bütünü”nü imlemektedirken, diğer tarafta, bu bütünün içinde bulunan tek bir unsuru göstermekte olup, “model yahut örnek olarak kullanılan” somut başarıları adlandırılmıştır (Öztürk 2012: 187). Paradigma terimi *Sönsözde* Kuhn tarafından ifade edildiği üzere, 1) disiplinler matris ve 2) örneklikler anlamlarında kullanılmıştır.

Disipliner matris Kuhn’un “simgesel genellemeler”, “modeller” ve “değerler”den oluşan üçlü bir yapıdır (Kuhn 2017: 291-95; Öztürk 2012: 187). Bunlardan simgesel genellemeler zaman zaman bilim insanlarının doğa yasası olarak adlandırdığı ve bilimin nicelleşmesinde önemli bir rolü olan $F=ma$ gibi ifade edilebilen yapılardır. Modeller ise esasen ortak ilkeler düzeyindeki inançlardır (Kuhn 2017: 293). “Algılanabilen bütün olaylar, boşlukta nitel olarak nötr olan atomların deviniminden ya da karşılıklı etkileşiminden meydana gelir” (Öztürk 2012: 188) önermesi yine bu inançlara bir örnek olarak gösterilebilir. Söz gelimi değerler, disiplinler matrisin en başat öğelerinden biri olarak gösterilirse bu çerçevede değerler, bilim topluluklarınca disiplinler matrisin diğer bileşenleri olan ‘simgesel genellemelerden’ ve ‘modellerden’ çok daha geniş çapta paylaşılırlar ve bir topluluk ruhu oluşturmada daha etkili olabilirler (Salgar 2016: 401). Diğer ikisine nispetle farklı paradigmlar tarafında ortak olarak daha rahat paylaşılabilen değerler hususunda Öztürk şunları söylemektedir: “Bu değerler farklı bilim toplulukları veya farklı paradigmlara sahip olağan bilimsel etkinlik uygulayıcıları tarafından simgesel genellemeler ve modellere nazaran daha fazla paylaşılırsalar da, aslında Kuhn’a göre somut ve belirli bir durumda belirli bir değer tam olarak ne anlam ifade ettiği veya farklı kuramların belirli değerlere göre karşılaştırılmasının ne şekilde gerçekleştirileceği kimi zaman salt rasyonel bir etkinlik olmayıp problematiktir” (Öztürk 2012: 188).

Paradigma teriminin ilk katmanından sonra Kuhn örneklikler anlamındaki ikinci katmanına geçiş yapar. Kuhn’a göre, bilim öğrencilerinin bilimsel eğitimlerinin başından itibaren, gerekse de mesleğine adım atmış bilim

insanlarının mesleklerini icra ederlerken, bilimsel etkinliğin nasıl gerçekleştirileceğini ve öğrenebileceğini belirleyen “somut bulmaca çözümleri” örneklileri oluşturur (Öztürk 2012: 189). Yani olağan bilim dönemi içinde yapılan bir faaliyettir. Paradigma kavramı üzerine yürütülen tartışmalara çok fazla girmeden biz de hem Öztürk’ün bu analizini hem de Kuhn’un kendi *Sonsözündeki* paradigma teriminden yukarıdaki serimlemeyi anlıyoruz. Yani 1) disiplinler matrkis ve 2) örneklikler. Böylece paradigma kavramı en azından *Sonsözde* anlamını kazanmış sayılabilir.

Kuhn, Batlamyus astronomisinden, Kopernik astronomisine geçişte bilimsel devrim şemasını uygulamıştır. Peki atom fikrinin gelişiminde meseleye nasıl yaklaşmalıyız. Öncelikle şuna karar vermeliyiz. Antik ve modern atomculuklar tek bir paradigma mıdır yoksa iki farklı paradigma mıdır? Burada bahsettiğimiz paradigma Kuhn’un ortaya koyduğu kavramdır. Yine yukarıda bahsettiğimiz üzere Kuhn bu kavramı iki katman içinde incelemiştir. İlk katman olan disiplinler matriste Antik Çağ atomculuğu ile modern atomculuk arasında sadece bir ortaklık görünüyor. O da modeller adı verilen ve esasen ortak temel inancı kapsayan bölüm. Her iki atomculukta da maddenin bölünemez temel yapılardan oluştuğu görüşü vardır. Ancak disiplinler matrisin diğer iki basamağı yani simgesel genellemeler ve değerler iki atomcu yaklaşımda da birbirlerinden çok farklılık arz etmektedir. Bu, yukarıdaki tarihsel serimlemede açıkça görülmektedir.

Örneklikler ve bulmaca çözümü açısından bakınca da eski ve yeni atomculuk arasında ciddi farklılıklar olduğu göze çarpar. Örneğin eski atomculukta henüz oturmuş net bir teori olmadığından öğrencilerin çözebileceği bir bulmaca yoktur. Demokritos, Leukippos ve Epikuros, hatta ondan sonra gelen İslam atomcuları dahi bulmaca çözmekten ya da örnekliler bulmak üzerinden değil de daha çok teorik temel sayılıtlarını yani atom fikrini kendi felsefeleri ile bütünleştirme amacı gütmüşlerdir. Bu da ikinci katman bakımından iki atomcu yaklaşımın da farklı paradigmalardan oluştuğuna işaret etmiştir.

Sonuç

Demokritos, 20. yüzyılın büyük fizikçilerinden Richard Feynman'ın bir dersine girse onun şu sözleriyle karşılaşacaktı:

Bilimsel bilginin tümü büyük bir felakette yok olsa ve gelecek kuşak yaratıklarına sadece tek bir cümle iletebilseydi, en az sözcükle en çok bilgi içeren ifade ne olurdu? Bunun *atom varsayımı* (ya da atom olgusu veya nasıl adlandırırsanız o) olduğuna inanıyorum. *Her şey atomlardan yapılmıştır; sürekli hareket halinde dolanıp duran, aralarında biraz mesafe varken birbirlerini çeken, fakat birbirleri üzerine iyice sıkıştırıldıklarında birbirlerini iten küçük parçacıklardan...* Sadece biraz hayal gücü ve biraz da düşünmeyle, bu tek cümlenin doğa hakkında ne kadar çok bilgi içerdiğini görebilirsiniz.⁹ (Feynman vd. 2020: 29).

Demokritos ya da başka bir antik atomcu bu sözü sevinçle dinleyebilirdi. Şüphesiz kendisi Caltech'te Feynman'ın bir dersine giremez, ancak yukarıdaki sözleri kendilerine atfedilen bir fragmana göre Yunan atomcularının şu görüşleri ile mukayese edebilir:

Demokritos, onun öğrencileri ve sonra Epikuros hepsi aynı doğaya sahip olan bölünemez elementlerin ağırlığı olduğunu, ancak bazılarının daha ağır, bazılarının ise daha hafif olmakla birlikte diğerleri tarafından itilerek yukarıya çıktığını söyler. Onların yaptığı bu açıklamaya göre bazılarının hafif, bazılarının ağır olduğu görülmektedir (Leukippos & Demokritos 2019: 30).

Yukarıdaki iki alıntı arasında iki bin yılı aşkın bir süre vardır. Bu da Thomas Kuhn'un disipliner matrisindeki modeller kısmına tekabül edebilir. Demokritos her ne kadar bu modellerden mutlu olsa da Feynman'ın dersini takip ederken disipliner matrisin diğer bir yanıyla karşılaşabilir. Formül ve sayılar. Yani simgesel genellemeler. Yukarıda Rutherford ve Bohr'da kısaca verdiğimiz denklemler bu türden genellemeler ve bağıntılardır. İşte bu simgesel genellemeler onun canını çok sıkabilir. Çünkü anlamakta güçlük çekmesi kuvvetle muhtemeldir. Matematikselleşme ve simgesel genellemeler, bilim insanlarının uzunca süre uğraştığı ancak Galileo ve Newton'dan sonra bilimin en temel yöntemlerinden ve

⁹ Vurgular yazara aittir.

dillerinden birisi olmuştur. Bu yüzden Feynman'ın elinde yaklaşık beş yüz yıllık bir birikim varken Demokritos bunlardan mahrum olmuştur. Disipliner matrisin en son ayağı değerler aşamasıdır. Antik atomcular ve modern atomcular birbirlerinden hayli farklı değerlere sahip olmuşturlar. Birincilerin temel amacı bir kozmogoni kurmak iken ikinciler doğayı anlamaya ve açıklamaya heves etmişlerdir.

Kısaca Kuhn'un *Sonsöz*'de verdiği paradigma tanımı bir disipliner matrise işaret edebilir. Bu da üç dayanağa sahip olarak sunulabilir. Antik atomculuk ile modern atomculuk belki bunlardan sadece biri olan modeller konusunda fikir birliği içinde olabilir. Bu da bize bu iki atomculuğun birbirlerinden farklı paradigmlar olduğu sonucuna götürebilir. Biz de bunların sonucu olarak antik ve modern atomculuğun farklı iki paradigma olduğu sonucuna ulaşıyoruz. Öte yandan Kuhn son dönem çalışmalarını ele aldığı *Yapı'dan Sonraki Yol*'da görüşlerini biraz daha yumuşatmıştır. Özellikle bilimsel devrimleri ve paradigma değişimlerini daha çok dilsel bir analize tâbi tutmak istemiştir. Burada ortak-ölçsüzlük ya da eş-ölçüstürülemezlik olarak ifade edilen kavram üzerindeki tartışmanın tümünün "asıl itibariyle doğru fakat genelde yorum fazlası olan, iki kuramın ortak-ölçsüz olmasının, karşılıklı olarak çevrilemez iki dilde ifade edilmeleri gerektiğine dayanmakta" olduğunu söyler (Kuhn 2019: 49). Burada Kuhn'un bu çalışması üzerinden atomcu paradigmları değerlendirmedik ancak Kuhn burada her ne kadar bazı düzeltmelere gitse de meselenin özü korunmaktadır ve *Yapı'dan Sonraki Yol*'da ele aldığı konular bakımından da bu iki atomculuk farklı birer paradigmaya işaret eder.

Öte yandan bu paradigmlar mukayese edildiğinde atom kavramının teorik ve pratik olarak antik dönemlerden çok daha ilerde olduğu da aşikardır. Bu hem deneyler yoluyla hem de atom enerjisi gibi pratik uygulamalar vasıtasıyla hemen gösterilebilir. Böylece eğer Kuhn'cu yaklaşım Tümkaya'nın iddia ettiği gibi hem olağan bilim döneminde hem de devrimler döneminde ilerlemeyi savunuyor ise bu atom teorisinin gelişimini açıklamada yardımcı olabilir. Gerçekten de Kuhn'un son

dönem çalışmalarında “bilimsel gelişimin büyük çoğunluğu bu normal birikimsel türdendir” (Kuhn 2017: 25) diyerek olağan bilimin döneminin birikimselliğini açıklar. Bizim örneğimizde modern atom bir bilimsel devrim örneği olarak da ilerlemeye işaret eder. Bu yüzden verdiğimiz örnekler üzerinden Kuhn’un daha gerçekçi bir açıklama modeli sunması için ilerleme fikrinin hem olağan bilimde hem de devrimler döneminde kabul edilebilir. Eğer Kuhn’un yaklaşımı ilerleme fikrini dışarıda bırakıyorsa, yaklaşımı tarihsel verilere uyan daha gerçekçi bir yaklaşımla yenilenmesi gerekir.

Can Atomic Theories Be Evaluated in Terms of Paradigm Shift?

Summary

Vural BAŞARAN

Assist. Prof. Dr.

Ankara University, Philosophy of Department, History of Science Section, Ankara, TR.

ORCID: 0000-0002-2721-5234

vbasaran@ankara.edu.tr

Tarık Tuna GÖZÜTOK

Res. Assist. Dr.

Karamanoğlu Mehmetbey University, Philosophy of Department, History and Philosophy of Science Section,

Karaman, TR.

ORCID: 0000-0003-0525-8214

tunatg@gmail.com

Introduction

The question of what the essence of an object is and being has been one of the questions that people have looked for answers for centuries. This problem, which occupies an important place in our effort to understand the universe, has evolved into the question of what is the smallest unit of matter or universe? The historical background of this process is primarily reviewed. As a result of this review, the structure of the development of scientific theories.

The Development of the Idea of the Atom in History

In Ancient Greece, which stood out with its intellectual richness in the early ages, the question of the origin of “being” has become one of the main issues of philosophers. One of the famous philosophers of Ionia, Thales of Miletus, turned his face to nature and tried to find a natural answer to this question, and proposed water as the first principle of beings and said that everything occurs with the change of water (Aristotle 1996, s. 91). After Thales, elements such as air and fire were proposed instead of water, and finally, the theory of four elements (earth, water, air, fire) was proposed as the basic arche with Empedocles. However, an oppositional approach, which can be called atomism, has also been put forward against this theory.

According to data based on a limited number of sources, the idea of atomism put forward by Leucippus has become an independent doctrine with the contributions of his student Democritus. According to this teaching, atoms are the smallest unit of matter. They are infinite in size and number and are transported as a whole in a void producing the main elements, i.e. fire, water, air and earth (Leucippus & Democritus 1999, s. 58).

Greek atomism has not been able to become an effective paradigm against Aristotelian doctrine of the four elements for many years. Although it has not completely disappeared, Aristotelian physics has managed to be effective until the

founding processes of modern physics. In addition, atomic ideas also emerged in the Islamic World of the Middle Ages. In particular, kalam thinkers (mutakallimün) have used atomist ideas to prove their own theology (Başaran 2019).

The atomist views which were put forward in ancient times and the Middle Ages, were based on conclusions reached by logical reasoning. The fact that the idea of experimentation has not yet developed in the sciences, it pushed these thinkers logically to the idea of atomism. The results of the developments which started in the 16th century and were later called scientific revolutions have also been very significant in terms of atomism.

First, scientific studies conducted by names such as Galileo Galilei, Johannes Kepler, and Isaac Newton in the field of celestial and terrestrial mechanics have become the engine of scientific progress. Then, Pierre Gassendi proposed that atoms should have a minimum size and the thinkers such as René Descartes, Thomas Hobbes have become important figures who have contributed to scientific developments in different ways with their views which can be included in atomism (Whyte 1961, s. 47).

It can be said that the answer to the question of what *the basic structure of matter* is began to be sought through scientific studies rather than logical reasoning or hypotheses in 19th century. In other words, the answers to the questions began to be supported by some experimental and mathematical arguments in the 19th century.

The former was accomplished by the chemists and the latter one was accomplished by the efforts of physicists. Dalton, one of the prominent chemist-atomists of this period put forward an atomic model known by his own name. Then Avogadro benefited from his ideas and acknowledged that molecules in the gas state do not consist of one atoms but two-atoms and gases under the same conditions would contain an equal volume and number of molecules (Avogadro 1811).

After chemists, physicists also studied atoms, they have greatly advanced our knowledge on this subject in the 20th century. Here, Rutherford and Bohr came to the fore at this stage. As a result of his experiments, Rutherford demonstrated that the particles delivered to a gold plate deviate, and the mathematical expression of this deviation is shown in the following formula. With the Rutherford's scattering equation, it is possible to gain alpha particles per unit area that could reach the screen. This correlation is expressed as follows:

$$N(\theta) = \frac{N_g n t Z^2 e^4}{(8\pi\epsilon_0)^2 r^2 K E^2 \sin^4(\theta/2)}$$

The alpha grain passed through a thin foil is scattered in accordance with this correlation. t is thickness of the foil, KE is the kinetic energy of alpha particles, Z is the number of foil atoms, and N_g is the total number of alpha particles that reach the screen (Rutherford 1911).

It is concluded that the atom consists of a nucleus consisting of protons in the center and electrons circulating around the nucleus. Unlike Thomson, he depicted the internal structure of the atom with solar system analogy. After Rutherford, Bohr also

developed the atomic theory, which will be named after him. Bohr has created a unique theory of the atom by incorporating quantum physics.

Can the History of the Atom Be Given as an Example of the Kuhnian Paradigm?

Based on this historical example, the following questions can be asked: Can the history of the atom be explained by Kuhnian paradigm shifts? For this, it needs to be found out what the paradigm means in Kuhn's philosophy at first.

If the paradigm is to be expressed in the refined form, it means 1) disciplinary matrix and 2) examples, as stated by Kuhn in the *Epilogue*. Of these, the disciplinary matrix has a triple structure which comprises of "symbolic generalizations", "models" and "values" (Kuhn 2017, ss. 291-295; Öztürk 2012, s. 187).

Symbolic generalizations are especially the product of the modern period and refer to the use of equations and symbols such as $f=ma$. Models are beliefs at the level of common principles. The proposition that all perceptible phenomena occur from the motion or interaction of qualitatively neutral atoms in space (Öztürk 2012, s. 188) can be shown as an example. For instance, if values are demonstrated as one of the most dominant elements of the disciplinary matrix, values are shared more widely by the scientific community than the other components of the disciplinary matrix, 'symbolic generalizations' and 'models', and may be more effective in creating a community spirit (Salgar 2016, s. 401).

Conclusion

If Democritus attended a lecture of Richard Feynman, one of the great physicists of the century, he would be greeted with these words. If, in some cataclysm, all scientific knowledge were to be destroyed, and only one sentence passed on to the next generations of creatures, what statement would contain the most information in the fewest words? I believe it is the atomic hypothesis (or the atomic fact, or whatever you wish to call it) that all things are made of atoms little particles that move around in perpetual motion, attracting each other when they are a little distance apart, but repelling upon being squeezed into one another. In that one sentence, you will see, there is an enormous amount of information about the world, if just a little imagination and thinking are applied (Feynman, Sands, & Leighton 2020, s. 29).

Democritus or any other ancient atomist could have listened to this remark with delight. Of course, he himself cannot attend a lecture by Feynman at Caltech, but Feynman's words can be compared to a trailer attributed to them:

The followers of Democritus, and later, Epicurus say that all atoms of the same nature have weight. However, because some are heavier, they sink down and doing so they push the lighter ones up. Hence they say, some are light and others are heavy (Leukippos & Demokritos 2019, ss. 29-30).

There is more than two thousand years between the two quotes above. This may correspond to the model's part in Thomas Kuhn's disciplinary matrix. Although Democritus is delighted with these models, he may encounter another side of the

disciplinary matrix while following Feynman's lecture. Formula and numbers, i.e., symbolic generalizations. These symbolic generalizations can annoy him a lot. Because he is likely to have difficulty in comprehending these generalizations. Mathematization and symbolic generalizations have been one of the most basic methods and languages of science that scientists have been working on for a long time after Galileo and Newton. Therefore, while Feynman had about five hundred years of experience, Democritus was deprived of them. The last base of the disciplinary matrix is the values stage. Ancient atomists and modern atomists had quite different values. While the primary purpose of the former was to establish a cosmogony, the latter aspired to understand and explain nature.

Briefly, the paradigm defined by Kuhn in the *Epilogue* can point to a disciplinary matrix. This can be presented with three bases. Ancient atomism and modern atomism may agree on only one of them, models. This may lead us to the conclusion that this two atomism's are different paradigms from each other. On the other hand, when these paradigms are compared, it is obvious that the atomic concept is much more advanced than the ancient times, both theoretically and practically. This can be demonstrated instantly both through experiments and practical applications such as atomic energy. Therefore, for Kuhn to present a more realistic model of explanation through the examples given in this paper, the idea of progress must be acceptable both in normal science and in the era of revolutions.

KAYNAKÇA | REFERENCES

- Alpar, Ali. (2019). Atom Nedir? II – Bohr'un Atom Modeli. *Sarkaç*.
- Aristoteles. (1996). *Metafizik*. 2. İstanbul: Sosyal Yayınları.
- Aristoteles. (2001). *Fizik*. 2. İstanbul: YKY.
- Avogadro, Amedeo. (1811). Essay on a Manner of Determining the Relative Masses of the Elementary Molecules of Bodies, and the Proportions in Which They Enter into These Compounds. *Journal de Physique* (73): 58-76.
- Başaran, Vural. (2019). Cürcânî'de Atom Kavramı ve Felsefesi. *Dört Öge* (15): 111-22.
- Chalmers, Alan. (2009). Newton's Atomism and Its Fate. Ss. 123-38 içinde *The Scientist's Atom and the Philosopher's Stone*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Chalmers, Alan. (2019). Atomism from the 17th to the 20th Century ed. E. N. Zalta. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Spring 2019 Edition)*.
- Cushing, James T. (2003). *Fizikte Felsefi Kavramlar*. (Çev. B. Özgür Sarıoğlu), İstanbul: Sabancı Üniversitesi Yayınları.
- Elmas, M. F. (2015). *Spinoza ve İnsan*, İstanbul: Sentez Yayıncılık.
- Feynman, Richard P., Matthew Sands & Robert Leighton. (2020). *Feynman Fizik Dersleri*. C. 1. 1. İstanbul: Alfa Yayınları.
- Geiger, Hans. (1910). The Scattering of α -Particles by Matter. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character* 83(565): 492-504. doi: 10.1098/rspa.1910.0038.
- Heilbron, John L., & Thomas S. Kuhn. (1969). The Genesis of the Bohr Atom. *Historical Studies in the Physical Sciences* 1:vi-290. doi: 10.2307/27757291.
- Karakale, Ramazan. (2005). *Atomun peşinde: A-tomos'tan Kuantum'a*. İstanbul: İnkılâp Kitabevi.
- Kuhn, Thomas S. (2017). *Bilimsel Devrimlerin Yapısı*. İstanbul: Kırmızı Yayınları.
- Kuhn, Thomas S. (2019). *Yapı'dan Sonraki Yol*. İstanbul: İletişim.
- Leucippus & Democritus. (1999). *The Atomists, Leucippus and Democritus: Fragments: A Text and Translation with a Commentary*. Toronto; Buffalo: University of Toronto Press.
- Leukippos & Demokritos. (2019). *Atomcu Felsefe Fragmanları*. Edt. C. C. Çevik. İstanbul: Türkiye İş Bankası.

Lindley, D. (2008). *Uncertainty: Einstein, Heisenberg, Bohr, and the Struggle for the Soul of Science*. Anchor Books.

Manners, Joy. (2000). *Quantum Physics: An Introduction*. Bristol: Open University.

Marx, K. Heinrich. (2001). *Demokritos ile Epikouros'un Doğa Felsefelerindeki Genel Ayırım*. Ankara: Ayraç Yayınları.

Öztürk, Ümit. (2012). Thomas Kuhn'un Paradigma Kavrayışı Üzerine Analitik Bir İrdeleme. *Kaygı. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Felsefe Dergisi* (19): 173-91.

Petrucci, Ralph H., F. Geoffrey Herring & Jeffry D. Madura. (2008). *Genel kimya: İlkeler ve modern uygulamalar*. Ankara: Palme Yayıncılık.

Ronan, Colin A. (2005). *Bilim Tarihi: Dünya Kültürlerinde Bilimin Tarihi ve Gelişmesi*. 4. bs. Ankara: TÜBİTAK.

Rutherford, E. (1911). The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom. *Philosophical Magazine* 92(4): 379-98. doi: 10.1080/14786435.2011.617037.

Salgar, Ercan. (2015). Bilimsel İlerleme Nedir? *Felsefe Dünyası*, (62): 233-257.

Salgar, Ercan. (2016). Kuhn'un Bilim Tasarımında Değerlerin Yeri ve Önemi Üzerine. *FLSF Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi* (22): 386-403.

Thackray, Arnold. (1970). *Atoms and powers: an essay on Newtonian matter-theory and the development of chemistry*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Tümkaya, Serdal. (2018). Thomas Kuhn ve devrimler yoluyla birikimsel ilerleme. *Maltepe Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Dergisi*: 238-56.

Whyte, Lancelot Law. (1961). *Essay on Atomism: From Democritus to 1960*. Connecticut: Wesleyan University Pres.