



## Abant Sosyal Bilimler Dergisi


Journal of Abant Social Sciences

2025, 25(2): 952-968, doi: 10.11616/asbi.1658351



### Atomun İzinde: Felsefi Kökenlerden Çağdaş Fizik Kuramlarına Tarihsel Bir İnceleme

Tracing the Atom: A Historical Investigation from Philosophical Foundations to Modern Physical Theories

Ömer Fatih TEKİN<sup>1</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 15.03.2025

Kabul Tarihi (Accepted): 06.05.2025

Yayın Tarihi (Published): 31.07.2025

**Öz:** Bilim tarihinde, evrenin temel yapı taşlarını anlamaya yönelik çabalar, insanlığın derin sorularından birine cevap arama arzusuyla şekillenmiştir: Madde nedir ve neden oluşur? Atom kavramı, bu soruya verilen en eski yanıtlardan biridir. Atom düşüncesi hem doğanın işleyişini anlamada hem de modern teknolojinin temellerini oluşturmada büyük bir rol oynamıştır. Bu kavramın kökeni, Antik Yunan filozoflarının zihninde filizlenmiş, ardından farklı dönemlerde dönüşüm geçirerek günümüze kadar gelmiştir. Bu makale, atom kavramının tarihsel gelişimini ve bilimsel önemini analiz etmeyi amaçlamaktadır. İlk olarak, atomculuk düşüncesinin felsefi kökenleri ele alınacak, ardından Orta Çağ'daki konumu tartışılacaktır. Modern dönemde atom teorisinin nasıl şekillendiği ve kuantum devrimiyle nasıl derinleştiği incelenecektir. Atom kuramı, yalnızca bilimsel bir teori değil, aynı zamanda insanlığın doğayı anlamaya yönelik evrensel çabasının bir sembolüdür. Bu nedenle, atomun gelişimini incelemek, insanlık tarihine yönelik daha geniş bir perspektif sunar.

**Anahtar Kelimeler:** Atom, Bilim tarihi, madde, Kuantum, parçacık.

&

**Abstract:** Throughout the history of science, efforts to understand the basic building blocks of the universe have been driven by the desire to answer one of humanity's deepest questions: What is matter and what is it made of? The concept of the atom is one of the oldest answers to this question. The idea of the atom has played a major role both in understanding the workings of nature and in laying the foundations for modern technology. The origins of this concept can be traced back to the ancient Greek philosophers, and it has been transformed in different epochs to reach the present day. The aim of this article is to analyse the historical development and scientific significance of the concept of the atom. First, the philosophical origins of the idea of atomism will be discussed, followed by its position in the Middle Ages. We will analyse how atomic theory took shape in modern times and how it has been deepened by the quantum revolution. Atomic theory is not only a scientific theory, but also a symbol of mankind's universal quest to understand nature. Studying the development of the atom therefore offers a broader perspective on human history.

**Keywords:** Atom, History of science, Substance, Quantum, Particles.

**Atıf/Cite as:** Tekin, Ö. F. (2025). Atomun İzinde: Felsefi Kökenlerden Çağdaş Fizik Kuramlarına Tarihsel Bir İnceleme. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 25(2), 952-968. doi: 10.11616/asbi.1658351

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/asbi/policy>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2000 – Bolu

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Ömer Fatih Tekin, Kastamonu Üniversitesi, [oftekin@kastamonu.edu.tr](mailto:oftekin@kastamonu.edu.tr).

## 1. Giriş

Bilim tarihinde, evrenin temel yapı taşlarını anlamaya yönelik çabalar, insanlığın en derin sorularından birine cevap arama arzusuyla şekillenmiştir: Madde nedir ve neden oluşur? Atom kavramı, bu soruya verilen en eski yanıtlardan biri olarak bilimin ve felsefenin merkezinde yer almıştır. Atom düşüncesi hem doğanın işleyişini anlamada hem de modern teknolojinin temellerini oluşturmada büyük bir rol oynamıştır. Bu kavramın kökeni, Antik Yunan filozoflarının zihninde yeşermiş, ardından tarihsel süreçte farklı dönemlerde dönüşüm geçirerek günümüz bilim dünyasının en önemli kavramlarından biri haline gelmiştir.

Antik Çağ'da *Demokritos* ve *Leukippos*'un (MÖ 5. Yüzyıl) "atomos" adını verdikleri, bölünemez küçük parçacıklar hakkındaki görüşleri, doğa olaylarını açıklamada önemli bir düşünce devrimi yaratmıştır. Atomların maddelerin nihai yapı taşları olduğunu savunan bu düşünceler, doğa felsefesinin temellerinden biri haline gelirken, deneysel doğrulama eksikliği nedeniyle yalnızca bir teorik çerçeve olarak kalmıştır. Bununla birlikte, *Epiküros* ve *Lucretius* gibi filozoflar aracılığıyla bu düşünce Roma dünyasına aktarılmış, ancak Orta Çağ'ın skolastik düşüncesi altında kaybolmaya yüz tutmuştur. Orta Çağ boyunca Batı dünyasında *atomculuk* büyük ölçüde unutulmuşken, İslam dünyasında bilimsel çabalar bu düşüncenin korunmasına ve gelişmesine katkı sağlamıştır. *İbn Sina* ve *Fahreddin Razi* gibi İslam bilim insanları, atom kavramını metafizik ve teolojik çerçevede tartışmış, *madde* ve *boşluk* arasındaki ilişkiyi ele almışlardır (Nasr, 2007). Bu dönemde, atomculuk yalnızca felsefi bir konu olmaktan ziyade, teolojik tartışmaların da bir parçası haline gelmiştir.

Modern bilimin doğuşu ile birlikte, atom kavramı yeniden gündeme gelmiştir. 17. Yüzyılın bilimsel devrimi, evrenin matematiksel ve mekanik yasalarla açıklanabileceği düşüncesini doğurmuş, bu bağlamda atomculuk da küllerinden doğmaya başlamıştır. *Robert Boyle*, maddelerin atomlardan oluştuğu iddiasını deneysel yöntemlerle destekleyerek kimya biliminin temellerini atmıştır. 1803 yılında *John Dalton*, modern atom teorisini ortaya koyarak, atomların kimyasal birleşim yasaları ile uyumlu olduğunu ve her elementin kendine özgü atomları olduğunu öne sürmüştür (Chalmers, 1999). Bu çalışmalar, atom kuramını teorik bir çerçeveden çıkarıp deneysel bilimin merkezine yerleştirmiştir. Böylece Antik Yunan'da başlayan felsefi atom tartışması bilimin ana meselelerinden biri olmaya başlamıştır. 19. Yüzyılda *Dmitri Mendeleev*'in periyodik tablosu ve gazların kinetik teorisi gibi gelişmeler, atom kavramının bilimsel bir gerçeklik olarak kabul edilmesini sağlamıştır. Mendeleev'in elementleri atom ağırlıklarına göre düzenlemesi, atomların özelliklerinin belirli bir düzen içinde olduğunu göstermiştir. Bu dönemdeki bilimsel ilerlemeler, atom teorisinin hem kimya hem de fizik alanındaki önemini artırmış, disiplinler arası bir köprü oluşturmuştur.

20. Yüzyılda atom kuramı, fiziksel bilginin temel taşlarından biri haline gelmiştir. *J.J. Thomson*'un elektronun keşfi, atomun bölünemez olmadığını ve içinde daha küçük parçacıklar bulunduğunu göstermiştir. *Rutherford*'un çekirdek modeli, atomun büyük kısmının *boşluk* olduğunu ve çekirdeğin yoğun bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu keşifler, *Niels Bohr*'un kuantum atom modeline zemin hazırlamış, ardından *Schrödinger* ve *Heisenberg* gibi bilim insanlarının çalışmaları, atomun davranışlarını kuantum mekaniği çerçevesinde açıklamıştır (Gamov, 1966). Günümüzde *Standart Model*, atom altı parçacıkların yapısını açıklamak için kullanılan en başarılı teorilerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. *Higgs bozonunun* keşfi ve *CERN*'deki parçacık hızlandırıcı deneyleri, maddenin temel doğası hakkındaki anlayışımızı derinleştirmiştir.

Tüm bahsedilenler ışığında bu makale, atom kavramının tarihsel gelişimini ve bilimsel önemini analiz etmeyi amaçlamaktadır. İlk olarak, Antik Çağ'dan başlayarak atomculuk düşüncesinin felsefi kökenleri ele alınacak, ardından Orta Çağ'da bu düşüncenin gelişim serüveni tartışılacaktır. Modern bilimsel devrimin etkisiyle atom teorisinin nasıl şekillendiği ve 20. Yüzyıldaki kuantum devrimiyle birlikte nasıl derinleştiği ayrıntılı olarak incelenecektir.

Böyle bir girişim, atom kuramının yalnızca bilimsel bir teorinin incelenme girişimi olarak değerlendirilmesi hatalı olabilir, bu girişim ile atom kuramı üzerinden insanlığın doğayı anlamaya yönelik göstermiş olduğu

evrensel çabasının irdelenmesi hedeflenmiştir. Nihayetinde, insanlık tarihine geniş bir perspektiften bakabilmenin bir yolu olarak atomun tarihsel ve bilimsel gelişimi incelenmek istenmiştir.

## 2. Antik Çağda Atom Düşüncesi

Antik Çağ'da atomculuk, evrenin doğasını ve maddenin temel yapı taşlarını anlamaya yönelik önemli bir düşünce sistemi olarak doğmuştur. Bu düşüncenin temelinde, maddenin sonsuz, küçük ve bölünmez parçacıklardan oluştuğu anlayışı yatar. Cevizci, atomların her şeyin ilk nedeni olarak görüldüğünü yani *arkhe* olarak ele alınabileceklerini, böylece doğadaki sonsuz sayıdaki tözün en küçük prototipi, bölünemez olanı, tohumu ya da nihayetinde yaratılmamış olanı olduğunu belirtir (Cevizci, 2017: 59). Denkel konunun daha açık hale gelmesi adına şöyle bir örnek verir; bir elmayı kesip bölerek ve bu bölme işlemi gittiği yere kadar sürdürerek ne elde edebiliriz? diye sorar. Bu işlem sonsuza kadar gidemeyeceğinden ve her şeyin bir sınırı olduğundan, sonunda artık bölünmesi olanaksız bir parçaya ulaşılabilecektir. Sonuçta bu parçaya "bölünemez" anlamına gelen a-tome denir. İşte [Denkel'e göre] atomculuk da böyle doğar (Denkel, 1985: 65).

Elealılar, varlığı değişmez, durağan ve bölünmez bir yapıya sahip bir şey olarak görmekteydiler. Fakat aynı zamanda doğada değişim de vardı. Onlar için bu bir sorundu. Değişmezlik sorununu atomculuk görüşü ile çözme girişimlerinde bulunan Elalılar, "maddenin bölünemeyen en küçük parçaları" olarak atomları görmüş, "var olan her şeyin son ve en yüksek" bileşeni olduklarını düşünmüşlerdir. Erdoğan'a göre, "yalnızca sertlik, büyüklük, şekil, ağırlık gibi özelliklere sahip olan atomlar, öncesiz-sonrasızdırlar; hep vardılar, hep var olacaklar. Basit ve ayırdırlar" (Erdoğan, 2017: 18). Yalın gözle görülemezler. İkincil niteliklere sahip değildiler.

Sokrates öncesi dönemde filozofların ilgisini daha çok çeken doğa felsefesi çalışmalarında merkezi konumda bulunan *arkhe* problemine getirilmiş en işlevsel ve gelişmiş yanıtlardan biri olarak görülen atom görüşünün iki önemli temsilcisi bulunur; bunlar Leukippos ile Demokritos'tur. Ancak öğretiyi dile getirmesi bakımından Demokritos (460-370) daha ön plana çıkmıştır (Erdoğan, 2017: 17). Evrenin yalnızca atomlar ve boşluktan meydana geldiğini savunan bu teori, ilk bakışta basit gibi görünse de Antik Çağ düşüncesinin soyut ve metafizik odaklı doğasına meydan okuyan devrimci bir yaklaşımı temsil eder.

Demokritos, atom öğretisinde, evrende hakiki olarak atom ve boşluk olmak üzere iki temel şeyin olduğunu belirtir (Leucippus & Democritus, 1999: 9). Başaran ve Gözütök'un aktardıklarına göre (2022: 781), "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). Leukippos, atomların ortadan kaldırılamayacağını ve sürekli olarak yer değiştirdiklerini belirtir (Russell, 2002). Leukippos'un en önemli katkısı, doğada her şeyin zorunlu bir nedensellik prensibine göre işlediği düşüncesidir. Ona göre, evrendeki olaylar rastgele sıralanmış olaylar değil, atomların belirli bir düzen ve zorunluluk bağı aracılığıyla devinime gelmelerinin neticesidir. Benzer bir şekilde evrenin sonsuz olduğu düşünülür. Sonsuz olan evrenin bazı kesimleri dolu ilen diğer kalan kesimler boştur. Bunlardan sonsuz sayıda dünyalar çıkmakta ve yine onlarda çözülmektedirler (Yıldız & Turamberk, 2018: 428).

Leukippos'un bu görüşü, Aristoteles'in teleolojik (amaç odaklı) doğa anlayışına tamamen zıt bir felsefi zemin oluşturur. Doğayı mekanik neden-sonuç ilişkileriyle açıklama çabası, modern bilimin doğuşuna zemin hazırlayan düşünsel bir devrimin erken işaretidir. Atomcu düşüncelerin muhaliflerinden Aristoteles, *Fizik* kitabının 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 tamamıyla farklıdır. Aristoteles'e göre boşluk var olamaz, çünkü varlığa gelen bir şeyin hem bir maddesi hem de bir formunun olması beklenir (Aristoteles, 2001: 167). Benzer bir şekilde Salgar'a göre;

"atomcular açısından evrenin veya her şeyin materyalist, mekanik ve determinist unsur ve ilkelere göre işlediği söylenebilir. Fakat bu noktada atomcu öğretilere bilhassa, Aristoteles tarafından önemli bir eleştirisi

yöneltilmiştir. Bu da sınırsız sayıdaki atomları hareket ettiren ya da onları harekete geçiren etkenlerin neler olduğudur. Aristoteles, atomcuları, hareket ettirici neden ileri sürmedikleri, bir anlamda bu hususu geçıştirdikleri için eleştirmiştir” (Aristoteles, 1996: 19-20)” (2022: 105).

Aynı zamanda, Başaran ve Gözütok’a göre, “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” (Başaran & Gözütok, 2022: 782).

Demokritos’un atomcu felsefe yaklaşımı, Helenistik dönemde Epiküros tarafından benimsenmiş ve ileriye taşınmıştır. Epiküros, bu öğretiyi özellikle *empirik bilgi* ve *hazcı ahlak alanlarında* daha ileriye taşımıştır. Epiküros’un genişlettiği atomcu felsefe, Roma dönemine Lucretius tarafından benimsenmiş ve geniş çevrelere tanıtılmıştır. Lucretius, *De Rerum Natura* adlı çalışmasıyla şiirsel bir üslup takınarak öğretiyi kuşaktan kuşağa aktarmaya çalışmıştır. Bu eser, doğanın mekanik işleyişini ve maddenin temel yapı taşlarını kavramak için kapsamlı bir açıklama sunmaktadır. Onun doğa anlayışı maddenin korunumu ilkesini çağırıştırır. Hiçbir şey yoktan var olamaz ve var olan hiçbir şey tamamen yok olmaz. Dolayısıyla da Orta Çağ ve Yeni Çağlarda atomcu öğretisi, her zaman Epiküros üzerinden inşa edilen felsefe olarak anlaşılacaktır (Salgar, 2022: 104-105).

Laertios’un aktardığına göre Epiküros, atomcu öğretinin birçok temel savını kabul etmekle birlikte, Demokritos’tan farklı olarak, atomların biçimlerinin sonsuz olmadığını, atomların biçim ve büyüklüklerinden başka bir de ağırlıklarının olduğunu ileri sürmüştür.<sup>2</sup> Böylece Epiküros, Aristoteles’in atomları hareket ettiren unsurun ne olduğu sorusuna, atomların, biçim ve büyüklüklerinden başka bir de ağırlıklarının olduğunu ve böylelikle de boşlukta hareket edebildiklerini söyleyerek cevap verir (Salgar, 2022: 106).

Antik Çağ atomculuğu, doğanın temel yapı taşlarını anlama çabasının bir ürünü olarak, yalnızca felsefi düşüncenin değil, modern bilimin de gelişiminde önemli bir rol oynamıştır. Ancak, dönemin deneysel yöntemlerden yoksun olması ve diğer felsefi sistemlerin baskınlığı nedeniyle, bu teori uzun süre soyut bir kavram olarak kalmıştır. Bugün, atomculuğun izleri hem modern fiziğin hem de felsefenin temel taşları arasında yer almasına rağmen; Orta Çağ döneminde çalkantılı bir süreç geçirmiştir.

### 3. Orta Çağ ve Atomculuğun Duraksaması

Orta Çağ dönemi, bilimsel düşüncenin gelişimi ve sonrasında takınacağı pozisyon bakımından oldukça önemli bir dönemdir. Felsefi açıdan atomculuk düşüncesi bilimin gelişimindeki konumunu ve canlılığını neredeyse tamamen kaybetme noktasına gelmiştir. Demokritos ve Epiküros üzerinden felsefi bir sistem olarak göz önüne çıkan atomculuk düşüncesi, Antik Çağda oldukça popüler bir yaklaşım olarak değerlendirilirken; Orta Çağda ise neredeyse tamamen göz ardı edilmiştir. Hristiyan batı düşünce tarihinde Hristiyan teolojisi ve Aristoteles’in düşüncelerinin etkisi ile doğa felsefesi materyalist bir pozisyona bürünerek atom düşüncesini yadsımsı. İslam dünyası bu düşüncüyü neredeyse merkezine alarak işlemiştir. İslam dünyasında teolojik ve felsefi açıdan derinlemesine incelenen atomculuk düşüncesi ve bu düşüncenin nedensel açıklamaları kelimacılar ile filozofların ilgilerini çekmiştir. Böylece, bu bölüm orta Çağ felsefi düşüncesinin atomculuk bağlamında geçirmiş olduğu dönüşümü ve skolastik felsefe içindeki yerini irdeler.

Hristiyan teolojisinde atomculuk görüşünün büyük ölçüde reddedilmesi, Tanrı’nın evrene müdahale etme kudreti ve yaratıcı gücünü korumak ile bağlantılıyken; İslam dünyası genel olarak atomculuğu Tanrı’nın yaratıcı gücünü besleyen bir gösterge olarak ele almıştır. Böyle bir bakış açısı farklılığı tarihsel açıdan

<sup>2</sup> Ayrıca bkz. Leukippos & Demokritos, *Atomcu Felsefe Fragmanları*, edit. C. C. Çevik, (İstanbul: Türkiye İş Bankası, 2019), 29-30.

değerlendirildiğinde, spekülatif ve entelektüel farklılık değil; bilimin gelişiminin tarihsel zemindeki konumu açısından oldukça önemlidir.

### 3.1. Hristiyan Teolojisinin Etkisi: Batı'da Atomculuğun Gerilemesi

Orta Çağ Avrupa'sında Hristiyanlığın egemenliği, doğa felsefesine materyalist bir yaklaşımı kabul etmeyi zorlaştırmıştır. Augustine gibi Hristiyan düşünürler, atomculuğun rastlantısal evren açıklamasını Tanrı'nın yaratıcı iradesine aykırı bulmuşlardır. Augustine, evrenin "yaratılmış düzen" içinde olduğunu ve her şeyin Tanrı'nın doğrudan kontrolü altında bulunduğunu savunur. Bu nedenle, atomların rastgele hareket ettiği bir doğa modeli, yaratılışın ilahi amacına uygun bulunmamıştır.

Yunan felsefesi, Hristiyan Batı felsefesini özellikle de erken dönem Hristiyan felsefesi ile yakından ilgiliydi. Dönemin Hristiyan papazları özellikle Platon ve Aristoteles'in görüşlerini benimsemiş ve onların metafizik anlayışlarını merkeze alarak materyalist yaklaşımları geri planda bırakmışlardır. Bu bakımdan bu dönemin en belirgin özelliği Hristiyanlık ile klasik felsefe arasında ciddi uzlaşımın kurulmaya başlanmış olmasıdır (Topdemir & Unat, 1985: 65). Fakat, genel olarak Demokritos ve Epiküros'un temsil ettiği atomculuk materyalist bir zeminde yükseldiği için Hristiyan düşünürler tarafından uygun görülmemiştir. Örneğin, Augustinus, yaratılmış düzen olarak gördüğü doğayı tehlikeye attığını düşündüğü için atomculuktan uzak durmuştur. Ona göre atomculuk Tanrı'nın kudretini ve yaratıcı iradesini yok saymaktadır Tanrı'nın en yetkin varlık olduğunu kabul eden Augustinus, doğal olarak dünyayı da Tanrı'nın özgür iradesiyle [atomlara başvurmadan] yoktan yarattığını savunmaktadır (Topdemir & Unat, 1985: 68). O, evreni ilahi bir program ile tasarlanmış olarak düşünür. Atomculuk ise rastlantı temelinde gelişen bir iddia olduğu için böyle bir programın işlevselliğine aykırıdır.

Thomas Aquinas ise daha ılımlı bir anlayışa sahip olarak Aristoteles'in metafiziği ile Hristiyan din anlayışını uzlaştırmayı denemiştir. Başdemir'e göre, "onun amacı, Kitab-ı Mukaddes'te yer alan ve insan aklının sınırlarını aşan Tanrı ile ilgili bilgilerin makul olduğunu göstermektir" (Başdemir, 2003: 107). Tanrı hakkında bilgi edinebilmek için felsefenin önemli bir rol oynadığını düşünen Aquinas, "Biz Tanrı'nın ne olduğunu ve nasıl olduğunu değil, ancak Tanrı'yı nasıl bilebileceğimizi ve onu nasıl isimlendirebileceğimizi bilebiliriz" (Aquinas, 1981: P.1, Q.3). O, Tanrı'nın yaratıcı gücünün her şeyin temelinde olduğunu ve maddi dünyada tesadüfi süreçlerin bulunmadığını savunmuştur (Aquinas, 1981: Q. 75, A.2). Bu bakış açısı, atomculuğun mekanik ve nedensel evren anlayışına karşı durmaktadır.

Her ne kadar genel olarak Kilise atomculuğa karşı olsa da bazı Orta Çağ düşünürleri atomistik yaklaşımlara daha açık bir tavır sergilemiştir. 13. Yüzyılda yaşamış olan Roger Bacon, Aristotelesçi fiziği eleştirmiş ve doğayı gözlem ve deney yoluyla anlamaya çalışmıştır. Topdemir ve Unat'a göre, "doğa araştırmalarında kesin bilginin elde edilmesinde [Bacon], deneyin gerçek bir araç olduğunu ilk kez doğru olarak vurgulayan bilgin olmuştur" (Topdemir & Unat, 1985: 81). Aynı zamanda Bacon, madde üzerine düşünmüş ve onun küçük parçalara ayrılabilirliği gibi küçük parçacıkların toplanarak maddeyi oluşturabileceğini iddia etmiş fakat bu iddiasını atomculuk olarak dile getirmemiştir. Yıldırım'ın sözleriyle belirtmek gerekirse,

"her türlü bilginin kaynağı olarak vahiy ve Aristoteles mantığının gösterildiği bir dönemde, deneye gitmenin, deneysel olgulara başvurmanın gereğini belirtmek sanıldığı kadar ne kolay ne de az bir başarıdır. Doğrunun ölçütü olgularda değil, Aristoteles ile kutsal kitabın uyumunda aranıyordu. Böyle bir koşullanma karşısında Bacon deneye başvurmayı öğütüyordu" (Yıldırım, 2003: 75).

Orta Çağ dönemi, Rönesans'ın etkisi ve özellikle Aristoteles'in yavaş yavaş yanlışlanmaya başlanmasıyla etkinliğini kaybetmeye başlamıştır. Aristoteles'in fizik teorileri yerini başka güçlü alternatiflere bırakmıştır. Örneğin, Giordano Bruno Aristoteles'in aksine sonsuz evren düşüncesini ortaya atmış ve bu yaklaşımını atomculuk düşüncesiyle beslemiştir.

Hristiyan teolojisi, atomculuğu Tanrı'nın varlığına bir tehlike olarak gördüğü ve atomculuğun ruhun ölümsüzlüğü ile de çeliştiği ve son olarak maddi dünyayı önemseyip ilahi perspektifi göz ardı ettiği için reddetmiştir. Atomculuk, felsefi bağlamda da Aristoteles'in madde anlayışıyla da çeliştiği için kabul görmemiştir. Hristiyan düşünce, Rönesans ile birlikte atomculuk düşüncesinin yeniden sahne alacağı bir konuma yükselecektir. Fakat Orta Çağda İslam dünyasında atomculuk yoğun bir ilgiyi üzerine çekmeyi başarmıştır.

### 3.2. İslam Dünyasında Atomculuk

İslam dünyasında ise durum farklıdır. Müslüman düşünürler, Antik Çağ'ın entelektüel mirasını koruyup geliştirmiş ve atomculuk düşüncesini teolojik bir çerçevede yeniden yorumlamışlardır. Bu bağlamda atomculuk hem Kelamcıların hem de filozofların eserlerinde farklı şekillerde ele alınmıştır.

#### 3.2.1. Kelamcıların Atomculuğa Yaklaşımı

Kelamcılar, evrenin temel yapı taşlarının ayrı parçacıklardan (cevher) oluştuğunu ve bu parçacıkların niteliklerinin (a'râz) sürekli olarak Tanrı tarafından yaratıldığını savunmuşlardır. Bu görüş, atomların tamamen mekanik bir şekilde hareket ettiği Antik Yunan atomculuğundan farklıdır. Kelamcılar için atomculuk, Tanrı'nın her an yaratıcı gücünü gösteren bir teolojik araçtır.

Günaltay, Kelamcıların tasvir ettiği doğayı şu şekilde özetlemiştir:

- 1) Cisimler atomlardan oluşmaktadır.
- 2) Cisimler birbirlerine benzerler.
- 3) Atomlar fiilen sonsuzdur.
- 4) Kâinat, varlık ve zaman bakımından hadistir.
- 5) Boşluk vardır.
- 6) Mekânda mesafe soyut bir kuruntudur.
- 7) Arazlar hadistir ve iki zamanda var olmaya devam etmesi imkansızdır (Günaltay & Bayın, 2008: 48-50).

İslam düşüncesinin Kelamcı anlayışı, atom kavramını, cevher yani töz ile araz yani ilinek teorisine yaslandırır. Bu bağlamda, "dışsal varlığın öncesi ya yokluktur ya da değildir. Varlığın öncesi eğer yokluk değilse varlık ezeldir. Eğer öncesi yokluk ise varlık hadistir. Hadis varlık bizzat uzamlıdır. Yani kendisine bizzat duyuşal işaretle işaret edilebilir, bu cevherdir. Ya da bizzat yer kaplayan şeyde bir durumdur, bu da arazdır" (Günaltay & Bayın, 2008: 63). "Cevher, bölünemeyen en küçük birim olarak cisimleri oluşturur. Burada bölünememekten 1-Kesilme, 2-Kırma, 3-Vehmi ve 4-Varsayımsal olarak bölünemezlik kastedilmiştir" (Günaltay & Bayın, 2008: 64). Bölünemeyen en küçük birim olan cevherler birleşerek cisimleri oluşturur. Birleşme gibi ayrışma da olanaklıdır, cevherler arası kopuşlar ya da bozuluşlar ayrılmayı getirir.

#### 3.2.2. İbn Sina'nın Atomculuğa Eleştirileri

İslam dünyasında Kelamcıların savunduğu atomculuk, filozoflar arasında farklı tepkiler almıştır. İbn Sina, Aristotelesçi süreklilik anlayışını benimseyerek atomların varlığını reddetmiştir. Ona göre, madde sonsuz şekilde bölünebilir ve atom gibi bölünemez bir yapı taşını kabul etmek mantıksal olarak tutarsızdır.

İbn Sina'nın bu görüşü, Batı'daki Aristotelesçi anlayışla büyük benzerlik taşır. Ancak, onun düşüncesinde Tanrı'nın yaratıcı gücü de merkezi bir yer tutar. İbn Sina'ya göre evren, sürekli bir neden-sonuç zinciri içinde işler ve bu zincirin başlangıcı Tanrı'dır. Atomların varlığını kabul etmek, bu zincirin sürekliliğini bozacaktır.

Alnoor'un İbn Sina ve atomculuk üzerine kaleme aldığı makalesini Türkçeye kazandıran Erdem'in aktardığı aşağıdaki ifadeler oldukça ilgi çekicidir:

"Aristoteles, Fizik (5.3) kitabında Demokritos atomculuğunun reddine, fiziksel süreklilik tartışmalarının temel terimleri olan "birleşik", "ayrı", "temaslı", "arasında", "ardışık", "sürekli" ve "bitişik" gibi terimlerin analiziyle başlamıştır (Bostock, 1995: 179-212). Benzer şekilde İbn Sînâ'da Şifâ'nın Fizik (3.2) bölümünde atomculuk eleştirisine "ardışıklık", "temas", "girişimlilik", "birliktelik", "süreklilik", "ara sınır", "beraber olma" ve "ayrı olma" terimlerinin bir analiziyle başlamıştır (Avicenna, 2009: 262). İbn Sînâ'nın bu terimleri analizi, şaşırtıcı gelmeyecek şekilde ayırık ve bölünemeyenden ziyade sürekli ve bölünebilen gibi büyüklük (magnitude) kavramı üzerine temellendirilmiştir" (Alnoor, 2021: 324).

Görüldüğü gibi atomculuk öğretisi İbn Sina'nın felsefesinde tartışmalı bir mesele olarak karşımıza çıkmıştır. Onun görüşleri de Razi tarafından eleştirilmiş, atomculuk öğretilerine yeni bir şans verilmiştir.

### 3.2.3. Fahreddin Razi ve Atomculuğun Geliştirilmesi

Kelam atomculuğu Râzî tarafından, sıklıkla eleştirilmiştir. Günümüze ulaşan birçok eserinde görebildiğimiz atomculuk eleştirisi, atomculuk üzerine monografi olan –el-Cevherü'l-ferd- isimli maalesef günümüze ulaşmamış olan eserinde detaylı bir şekilde tartışılmıştır (Alnoor, 2021: 334). Carmela Baffioni, çalışmasında Râzî'yi atomculuk karşıtı ve eleştirmeni olarak nitelemektedir (1982: 211-275). Diğer taraftan Muhammed Zerkân ve onun takipçisi Adi Setia ise Râzî'nin atomculuk taraftarı olduğunu düşünmektedirler (Zerkan, 1963: 419-438; Setia, 2006: 113-140). Bu taban tabana zıt sonuçlar, bu metinlerden hangisinin Râzî'nin "gerçek" görüşünü yansıttığına yönelik değerlendirmelerindeki farklılıkların yanı sıra bu yazarlar tarafından incelenen farklı metinlerden de kaynaklanmaktadır (Alnoor, 2021: 334). Fakat kelamcıların çoğu atomculuğunu geliştiren en önemli düşünürlerden biri olarak Fahreddin Razi'yi görmektedirler. Razi, atomların varlığını hem akıl hem de teoloji bağlamında temellendirmiştir. Ona göre, evrendeki her şey en küçük yapı taşlarına ayrılabilir ve bu parçacıklar, yalnızca Tanrı'nın yaratıcı gücüyle bir araya gelir.

Razi, atomların doğasına ilişkin tartışmalarda, bunların mekânla olan ilişkisini derinlemesine incelemiş ve atomların bir arada bulunmasının fiziksel değil, metafizik bir zorunluluk olduğunu savunmuştur. Bu anlayış, modern atom teorisine yaklaşıma da atomculuğun teolojik bir sistem olarak yeniden yorumlanmasını sağlamıştır.

Sonuç olarak, Orta Çağ'da atomculuk, Hristiyan Batı'da teolojik nedenlerle reddedilirken, İslam dünyasında hem felsefi hem de teolojik bir araç olarak geliştirilmiştir. Batı dünyasında Augustine ve Aquinas gibi düşünürler, atomculuğu sapkın bir öğreti olarak değerlendirirken, İslam dünyasında Kelamcılar ve Fahreddin Razi gibi isimler atomculuğu Tanrı'nın yaratıcı kudretini açıklamak için kullanmışlardır.

## 4. Modern Bilimin Doğuşu ve Atom Kuramının Yeniden Yükselişi

Atom kuramı, Antik Çağ'daki canlı tartışmalardan Orta Çağın duraksamalarına kadar geniş bir entelektüel tarihe sahiptir. Ancak bilimsel devrimler dönemiyle birlikte, doğa felsefesi mekanik ve deneysel bir yaklaşım kazanmıştır. Bu dönüşüm, atom düşüncesini yeniden gündeme getirmiş ve modern bilimin temel taşlarından biri haline getirmiştir. 17. ve 18. Yüzyıllarda Robert Boyle'un element tanımı ve John Dalton'un kimyasal birleşik yasaları üzerindeki çalışmaları, atom kuramının modern temellerini oluşturmuştur.

### 4.1. Bilimsel Devrimler ve Mekanik Doğa Anlayışı

17. Yüzyılda, bilimsel devrimler dönemi olarak bilinen süreçte doğa felsefesine yeni bir yaklaşım egemen olmuştur. Galileo, Kepler ve Newton gibi isimler, evrenin mekanik yasalarla açıklanabileceğini savunarak, deney ve matematikî bilginin temeli olarak kabul etmişlerdir. Bu paradigma değişimi, atom düşüncesini

yeniden gündeme getirmiş; doğanın matematiksel düzenlilikle açıklanması, atomlar gibi temel yapı taşlarının varlığına yönelik ilgiyi uyandırmıştır.

Robert Boyle'un 1661'de yayımladığı *The Sceptical Chymist* (Şüpheli Kimyacı), modern kimyanın başlangıcı olarak kabul edilir. Yıldırım'ın aktardığına göre, "ona göre tüm maddeler, her biri kendi belirli biçimiyle var olan katı parçacıklardan meydana gelmiştir. Bu parçacıklar kendi aralarında gruplaşarak şimdi 'molekül' dediğimiz daha büyük parçacıkların oluşumuna yol açarlar" (Yıldırım, 2003: 112-113). Boyle, elementleri "daha basit bileşenlere ayrıştırılmayan temel maddeler" olarak tanımlamış ve Aristotelesçi dört element teorisini çürütmüştür. Bu yeni yaklaşım, kimya ve fizik arasındaki sınırları belirleyerek atom düşüncesinin bilimsel temelde yeniden ele alınmasını sağlamıştır. Boyle, deneylere dayanarak doğanın temel birimlerden oluştuğunu ileri sürmüştü, ancak bu birimlerin özellikleri hakkında kesin bir model sunmamıştır.

## 4.2. John Dalton ve Atomların Kimyasal Modellenmesi

Newton'un hayranlık uyandıran açıklamalarına rağmen, atom konusunun felsefi bir öğreti olmaktan çıkıp bilimsel bir teori haline dönüşmesi tam olarak 19. Yüzyılda, Dalton (1766-1844) ile gerçekleşmiştir (Erdoğan, 2017: 21). "İlk kez John Dalton modern atom teorisine yol açan bir atılım gerçekleştirmiştir. Atom, molekül, element ve bileşiklere ilişkin kimya alanında günümüze kadar süren başlıca gelişmelerin bu atılımdan kaynaklandığı söylenebilir" (Yıldırım, 1995: 129). 1808 yılında "Kimya Felsefesinin Yeni Sistemi" başlıklı eserinde kimyasal elemanların atomlardan oluştuğunu gösteren Dalton, atomların hidrojene oranla ağırlıklarını belirlemeye çalışmıştır (Unat, 2017: 5-7). Çok küçük ve bölünemeyen parçacık olarak adlandırılan atomlar elementleri oluşturur. Atomlar aynı zamanda öncesiz ve sonrasızdırlar. Öncesiz ve sonrasız oldukları gibi bir elementi oluşturan tüm atomlar tamamen aynı özelliklere sahiptir. Bu bakımdan, "Dalton'a göre, bir hidrojen parçacığını yaratmaya ya da yok etmeye çalışmak, güneş sistemine yeni bir gezegen ilave etmeye veya var olan bir gezegeni ortadan kaldırmaya çalışmakla eşdeğerdir" (Erdoğan, 2017: 21).

Dalton, kimyasal bileşikler oluşturan çeşitli elementlerin bağıl ağırlıklarını incelemiş, bunların kendi özelliklerine göre daima düzgün oranlarda birleştiklerini göstermiştir. O, bu oranları, elementlerin, hepsi birbirine benzeyen ve özellikle aynı ağırlıkta olan atomlardan oluşmasıyla açıklamıştır. Ona göre, kimyasal bileşikler de aynı şekilde birbirine özdeş moleküller (yani, bir araya gelmiş atom kümeleri)'den oluşmaktaydı. Örneğin, 2 hidrojen atomuyla 1 oksijen atomunun birleşip bir su molekülünü oluşturması gibi. Dalton'un bu atom hakkındaki görüşleri modern kimyaya temel oluşturmuştur (Yıldırım, 2003: 224).

Dalton'un atom teorisinde her elementin atomları aynıdır: Dalton'a göre, bir elementin tüm atomları aynı kütle ve özelliklere sahiptir. Atomlar bölünemez ve yok edilemez: Atomlar kimyasal reaksiyonlar sırasında birleşir, ayrılır veya yeniden düzenlenir, ancak kendileri değişime uğramaz. Kimyasal bileşikler belirli oranlarda birleşir: Dalton, bileşiklerin, belirli oranlarda birleşen farklı türde atomlardan oluştuğunu ileri sürerek sabit oranlar yasasını açıklamıştır.

Dalton'un bu ilkeleri, kimyanın niceliksel bir bilim haline gelmesinin önünü açtı. Özellikle sabit oranlar yasası ve katlı oranlar yasası, atomların kimyasal reaksiyonlardaki rolünü matematiksel bir kesinlikle ortaya koydu. Dalton'un çalışmaları, Antoine Lavoisier'in kütle korunumu yasası ve Joseph Proust'un sabit oranlar yasası gibi keşiflerle birlikte atom kuramını sağlam bir bilimsel zemine oturttu.

## 4.3. Mekanistik Dünya Görüşünün Güçlenmesi

Boyle ve Dalton'un katkıları, doğa bilimlerinde mekanik bir dünya görüşünün hâkimiyetini pekiştirmiştir. Atomların hareketi ve düzenlenmesi, kimyasal reaksiyonların ve maddi dünyanın işleyişini açıklamada



temel bir çerçeve sunmuştur. Bu durum, Newton'un evrensel çekim yasalarıyla birlikte bilimsel devrimlerin genel mekanistik bakış açısını tamamlamıştır. Atomların varlığı, doğanın tamamen mekanik yasalarla yönetildiği düşüncesini güçlendirmiştir. Bu bakış açısı, filozoflar ve bilim insanları arasında, evrenin işleyişine ilişkin materyalist bir anlayışın gelişmesine yol açmıştır.

Boyle ve Dalton'un çalışmaları, atom kuramını Antik Çağın spekülâtif felsefi tartışmalarından çıkararak deneysel ve matematiksel bir bilimsel çerçeveye oturtmuştur. Boyle, elementlerin tanımını yaparak kimyanın temel kavramlarını şekillendirmiştir; Dalton ise atomların kimyasal reaksiyonlardaki rolünü ortaya koyarak modern atom kuramının temellerini atmıştır.

Bu gelişmeler, atomların varlığını yalnızca bir hipotezden ibaret olmaktan çıkarıp bilimsel bir gerçek haline getirmiştir. Atom kuramı, 19. ve 20. Yüzyılda gelişen fizik ve kimya bilimlerinin de temelini oluşturmuştur. Boyle ve Dalton'un bu alandaki katkıları, modern bilimin yükselişinde dönüm noktası olarak kabul edilmiştir. Bu bilim insanlarının emekleri sayesinde günümüz bilimsel gelişimi ve ilerlemesi oldukça ivmelenmiş ve insanlık tarih boyunca en hızlı gelişimlerinden birini bu dönemde gerçekleştirmiştir.

## 5. 19. Yüzyıl: Deneysel ve Teorik Gelişmeler

19. Yüzyıl, atom kavramının bilim dünyasında yeniden şekillenip kabul gördüğü bir dönemi temsil eder. Kimya, fizik ve matematiğin bir araya geldiği bu Çağda, atom düşüncesi yalnızca felsefi bir spekülasyon olmaktan çıkarak bilimsel bir gerçeklik kazanmıştır. Bu süreçte Mendeleev'in periyodik tablosu, atom ağırlıklarının hesaplanması, gazların kinetik teorisi ve molekül teorisi gibi keşifler, atom kuramını hem deneysel hem de teorik temeller üzerinde güçlendirmiştir. Atomun fizik ve kimya arasında bir köprü görevi üstlenmesi, modern bilimsel anlayışın oluşmasında kritik bir rol oynamıştır.

### 5.1. Mendeleev'in Periyodik Tablosu: Atomların Düzeni

1869'da Dmitri Mendeleev, elementleri belirli bir sistematik düzene göre sıralayarak modern kimyanın temel taşlarından biri olan periyodik tabloyu geliştirmiştir. Mendeleev, elementlerin atom ağırlıklarına göre sıralandığında fiziksel ve kimyasal özelliklerinde bir düzenlilik olduğunu fark etmiştir. Daha da önemlisi, periyodik tabloda boş kalan yerlerin gelecekte keşfedilecek elementlere işaret ettiğini öngörmüştür. Örneğin, Mendeleev'in önceden tahmin ettiği skandiyum, galyum ve germanyum gibi elementler daha sonra doğrulanmıştır.

Bu sistematik düzen, atomların yalnızca birer soyut varsayım olmadığını, aksine doğada gözlemlenebilen bir gerçekliği yansıtmıştır. Mendeleev'in tablosu, atom ağırlıklarının hesaplanmasındaki hataları da düzeltmek için bir rehber olmuştur.

### 5.2. Atom Ağırlıklarının Hesaplanması ve Kimyanın Niceliksel Temelleri

19. Yüzyılda kimyanın bir bilim dalı olarak sistematikleşmesi, atom ağırlıklarının doğru bir şekilde hesaplanmasıyla mümkün olmuştur. İsveçli kimyager Jöns Jakob Berzelius, atom ağırlıklarının ilk kapsamlı ölçümlerini gerçekleştirmiştir. Berzelius'un çalışmaları, elementlerin birbiriyle nasıl birleştiğini göstermiş ve kimyasal tepkimelerin niceliksel analizine katkı sağlamıştır.

Berzelius'un yanı sıra Avogadro'nun molekül hipotezi de atom ağırlıklarının doğru hesaplanmasında önemli bir rol oynamıştır. 1811'de Dalton'un katlı oranlar yasasını benimseyerek gazların bileşiminde böyle oranların olabileceği gibi parçacıkların birleşiminde de olabileceğini iddia eden Avogadro, kendi adıyla anılan yasayı ilan etmiştir: eşit hacimdeki bütün gazlar benzer koşullarda eşit sayıdaki atom gruplarını içerir (Unat, 2017: 5-7). Yani o, eşit sıcaklık ve basınçta, eşit hacimdeki gazların aynı sayıda molekül içerdiğini öne sürmüştür. Bu hipotez, gazların moleküler yapısına ilişkin daha doğru hesaplamaların yapılmasına olanak tanımıştır.

### 5.3. Gazların Kinetik Teorisi ve Atomların Fiziksel Özellikleri

Atom kuramının fiziksel temelleri, gazların kinetik teorisi ile büyük bir ilerleme kaydetti. James Clerk Maxwell ve Ludwig Boltzmann, gazların moleküler hareketlerini inceleyerek kinetik teoriyi geliştirdiler. Bu teoriye göre, gazlar çok sayıda atom veya molekülün rastgele hareketinden oluşur ve bu hareketlerin toplamı, gazın makroskobik özelliklerini belirler.

Maxwell'e göre, dalga nitelikli olmaları dolayısıyla, ışık ve seste olduğu gibi, ısı, elektrik ve manyetizma gibi elektromanyetik devinimleri de alacak ve aktaracak bir ortama gereksinim vardır. Maxwell, bu türden dalgaların esirsel tözden oluştuğunu ve esirin bütün uzayı ve geçirgen nesnelere gözeneklerini doldurduğunu varsayımıştır (Topdemir & Unat, 1985: 313). Maxwell, gaz moleküllerinin hızlarının belirli bir dağılıma sahip olduğunu matematiksel olarak kanıtlamıştır. Bu dağılım, gazların basınç, sıcaklık ve viskozite gibi özelliklerini anlamamızı sağlamıştır. Boltzmann ise bu çalışmalarını entropi kavramıyla birleştirerek termodinamik yasalarını atomik düzeyde açıklamaya çalışmıştır.

Gazların kinetik teorisi, atomların yalnızca kimyasal birleşiklerin değil, aynı zamanda fiziksel sistemlerin de temel yapı taşı olduğunu göstermiştir. Bu yaklaşım, atom düşüncesini fizik dünyasında da sağlamlaştırmıştır.

### 5.4. Molekül Teorisi ve Kimya ile Fiziğin Bütünleşmesi

19. Yüzyılda molekül teorisinin gelişmesi, kimya ve fizik arasındaki bağların güçlendiğini göstermiştir. Moleküller, bir veya daha fazla atomun bir araya gelmesiyle oluşan kimyasal birimler olarak tanımlanmış; böylece, onların atomların kimyasal reaksiyonlarının temel parçacıkları olduğu dile getirilmiştir.

Fizik ve kimya arasındaki bu bütünleşme, molekül teorisinin yalnızca kimyasal süreçleri değil, aynı zamanda fiziksel süreçleri de açıklayabilmesini sağlamıştır. Örneğin, gazların kinetik teorisi, moleküllerin fiziksel hareketlerini açıklarken, molekül teorisi bu hareketlerin kimyasal bağlarla nasıl ilişkilendirilebileceğini gözler önüne sermiştir.

Bu birleşme, atom kuramının disiplinler arası bir araç olarak önemini artırmıştır. Özellikle organik kimya alanında, molekül teorisi, karmaşık bileşiklerin yapısını anlamamızda temel bir rehber olmuştur.

19. Yüzyıl, atom kuramının deneysel ve teorik temellerinin atıldığı bir dönemdir. Mendeleev'in periyodik tablosu, elementler arasındaki düzenliliği ortaya koyarak atom kavramını somutlaştırmış, Berzelius ve Avogadro'nun çalışmaları ise atom ağırlıklarının doğru hesaplanmasını sağlamıştır. Gazların kinetik teorisi ve molekül teorisi, atomların fiziksel ve kimyasal süreçlerdeki rolünü derinlemesine anlamamızı sağlamış ve kimya ile fiziği birleştiren bir araç olarak atom düşüncesini güçlendirmiştir.

Bu gelişmeler, atomun yalnızca bilimsel bir hipotez değil, aynı zamanda fiziksel ve kimyasal dünyanın temel yapı taşı olduğunu kanıtlamıştır. Atom kuramının bu dönemde kazandığı ivme, 20. Yüzyılda kuantum mekaniği ve nükleer fizik gibi alanların gelişimi için sağlam bir zemin hazırlamıştır.

## 6. 20. Yüzyıl: Kuantum Devrimi ve Atomun Yapısının Keşfi

20. Yüzyıl, atom kavramının derinlemesine anlaşıldığı, kuantum mekaniği ve nükleer fizik gibi devrim niteliğindeki bilimsel gelişmelerin yaşandığı bir dönem olarak görülebilir. Bu dönemde atomun yapısı hakkında bilgi edinmek, yalnızca bilimin ilerlemesine değil, aynı zamanda modern dünyanın şekillenmesine de katkı sağlamıştır. Bu katkı, Kuantum kuramı sayesinde daha yakından görülmüştür. Kuantum kuramı, 20. Yüzyılın ilk çeyreğinde geliştirilmiş, küçük boyutlardaki fiziksel olayların incelenmesinin tutarlı bir biçimde yapılmasını sağlayan, çağdaş fiziğin temel kuramlarından birisidir (Topdemir & Unat, 1985: 330).

## 6.1. Atomun İç Yapısının Açıklanması

19. Yüzyılın sonlarına doğru yapılan çalışmalar, atomun bölünemez bir yapı taşı olmadığı düşüncesini gündeme getirmişti. Wilhelm Röntgen'in X-ışınlarını keşfi (1895), ardından J.J. Thomson'un elektronun varlığını göstermesi (1897), atomun karmaşık bir yapıya sahip olduğunu ortaya koydu. J. J. Thomson, katot ışın tüpleriyle yaptığı deneylerde, ışınların negatif yüklü olduğunu keşfetmiştir. Bunu anlamak için ışınların geçtiği yola elektriksel alan uygulamış ve ışınların pozitif yüke doğru saptığını gözlemlemiştir. Daha sonra, ışınların farklı maddelerle yapılan deneylerde de aynı özellikleri gösterdiğini fark etmiştir. Bu durum, maddenin temel yapı taşının atomdan daha küçük parçacıklara ayrılabilirliğini göstermiştir. Thomson, negatif yüklerin pozitif yük içinde dağıldığı bir atom modeli önermiş ve bu model üzümlü kek benzetmesiyle anılmıştır.

Ancak Thomson'un modeli, öğrencisi Rutherford'un yaptığı deneyler sonucu geçerliliğini yitirdi. Rutherford'un Geiger ve Marsden ile gerçekleştirdiği deneylerde, alfa parçacıklarının altın levhadan saçılma şekli, pozitif yüklerin geniş bir hacme yayılmadığını, aksine küçük bir bölgede yoğunlaştığını gösterdi. Bu bulgular, atomun büyük kısmının boşluk olduğunu ve pozitif yükün çok küçük bir çekirdekte toplandığını kanıtladı. Böylece, Rutherford, çekirdekli atom modelini ortaya koydu.

Rutherford'un modeli, atomun yapısını daha iyi açıklasa da bazı eksiklikler barındırıyordu. Niels Bohr, bu modeli geliştirerek elektronların belirli enerji seviyelerinde hareket ettiğini öne sürdü. Bohr'un çalışmaları, kuantum mekaniğinin temellerini oluşturdu ve modern atom modelinin gelişmesine öncülük etti.

Thomson'un atom modelinin eksiklerine rağmen, onun keşfettiği elektron kavramı, bilim dünyasında devrim niteliğinde görülmüştür. Rutherford'un modeli ise atomun yapısına yönelik daha doğru bir bakış açısı sunmuştur. Bu süreç, Bohr ve kuantum fiziği ile devam ederek günümüzdeki standart atom modeline giden yolu açmıştır.

1909'da Ernest Rutherford, altın levha deneyiyle atomun büyük bir kısmının boşluk olduğunu, pozitif yükün ise çok küçük bir çekirdekte yoğunlaştığını gösterdi. Bu deneyinden de anlaşılacağı gibi Rutherford, Thomson atom modelini detaylı bir şekilde incelemiş ve kendi özgün düşüncelerini ortaya koymuştur. "Atomun kütlelerinin tamamına yakının çok küçük ve pozitif yüklü çekirdekte toplandığını belirtmiştir". Bu bölgeyi "nükleus" olarak adlandırmış ve bu parçanın atomdan yaklaşık 10000 kat daha küçük olduğunu kanıtlamıştır. Ona göre, "elektronlar çekirdeğin çekim kuvveti ile çekirdeğin çevresinde dairesel yörüngelerde dolanmaktadır. Rutherford atom modelinde elektronların yapısını klasik mekanik ile açıklamıştır" (Özgür & Bostan, 2007: 216).

Rutherford'un atom modeli, atomun merkezinde bir çekirdek bulunduğunu ve elektronların bu çekirdek etrafında döndüğünü öne sürdü. Bu keşif, atomun fiziksel yapısını anlamada bir dönüm noktasıydı. Rutherford'un çalışmaları hakkında Feynman (1985: 42) şu yorumu yapar: "Rutherford'un deneyi, atomun yapısını anlamada insanlık tarihindeki en büyük adımlardan biridir. Bu basit deney, atomun düşündüğümüzden çok daha karmaşık olduğunu ortaya koymuştur".

Niels Bohr, Rutherford'un modelini geliştirerek elektronların belirli enerji seviyelerinde hareket ettiğini öne sürdü. Bohr'un atom modeli, atomun yapısını kuantum mekaniği çerçevesinde anlamaya yönelik ilk adım oldu.

## 6.2. Kuantum Mekaniğinin Doğuşu

20. Yüzyılın başlarında Max Planck'ın kara cisim ışımasıyla ilgili çalışmaları, kuantum mekaniğinin doğuşuna öncülük etti. Planck, enerji yayılımının sürekli değil, belirli paketler (kuantalar) halinde gerçekleştiğini öne sürdü. Yani, "ışınımın madde tarafından "kuanta" olarak isimlendirdiği süreksiz (daha

küçüğe bölünemeyen) enerji paketçikleri formunda soğurulup, salındığını keşfetti" (Bulgen, 2013: 248). Bu düşünce, klasik fizik yasalarının bazı durumlarda yetersiz kaldığını gösterdi.

Albert Einstein'ın 1905'te yayımladığı fotoelektrik etki makalesi, kuantum mekaniğinin temellerini güçlendirdi. Einstein, ışığın hem dalga hem de parçacık özelliği gösterdiğini ve bu parçacıklara "foton" adını verdiğini öne sürdü. Aynı zamanda, Planck'ın yukarıda bahsedilen "teorisini bir diğer deneysel fenomen olan, belirli metallerin ışığa maruz kaldıklarında üzerlerinden elektron salmalarında kullandı" (Bulgen, 2013: 248). Bu düşünce, enerji ve madde arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılmasını sağladı.

1920'lerde Erwin Schrödinger, elektronların dalga özelliği gösterdiğini ifade eden dalga mekaniğini geliştirdi. Schrödinger denklemi, atomdaki elektronların hareketini matematiksel olarak açıklayan bir araç oldu. Aynı dönemde Werner Heisenberg, belirsizlik ilkesiyle, bir parçacığın hem konumunu hem de momentumunu kesin olarak ölçmenin mümkün olmadığını ortaya koydu. Bu ilke, atomaltı dünyada klasik fizik yasalarının geçerliliğini sorguladı.

Kuantum mekaniği, atomun yapısını anlamamızda temel bir çerçeve sunarak, modern fizik ve kimya anlayışının merkezine yerleşti.

### 6.3. Nükleer Fizik ve Atom Enerjisi

Atomun iç yapısının keşfi, 20. Yüzyılın başlarında nükleer fizik alanındaki büyük gelişmelerin önünü açtı. James Chadwick'in 1932'de nötronu keşfi, atom çekirdeğinin yapısını daha iyi anlamamızı sağladı. Nötronun keşfi, nükleer reaksiyonların anlaşılmasında kritik bir öneme sahipti. 1938'de Otto Hahn ve Fritz Strassmann, uranyum atomunun nötronlarla bombardımanı sonucu bölündüğünü ve bu süreçte büyük miktarda enerji açığa çıktığını gösterdi. Bu keşif, nükleer fizyonun temelini oluşturdu ve atom enerjisinin kullanılabilir bir kaynak olarak görülmesini sağladı.

1945'te atom bombasının kullanılması, nükleer enerjinin yıkıcı potansiyelini dünyaya gösterdi. Ancak, nükleer enerji yalnızca savaş alanında değil, aynı zamanda enerji üretimi ve tıbbi uygulamalarda da kullanıldı. Örneğin, nükleer reaktörler, dünyanın birçok yerinde elektrik üretmek için bir kaynak haline geldi. Bu gelişmeler, atomun yalnızca fiziksel bir kavram olmadığını, aynı zamanda sosyal, politik ve ekonomik etkileri olan bir fenomen olduğunu gösterdi. Feynman (1985), nükleer enerjinin etkisini şu şekilde değerlendirir: "Atom enerjisi, insanlığın elindeki en büyük güçlerden biri haline gelmiştir. Bu güç, doğru kullanıldığında büyük yarar sağlayabilir, yanlış kullanıldığında ise yıkıcı sonuçlara yol açabilir" (Feynman, 1985: 215).

## 7. Günümüzde Atom ve Parçacık Fiziği

Günümüzde atom ve parçacık fiziği, maddenin en temel yapı taşlarını ve bunlar arasındaki etkileşimleri anlamayı hedefleyen bir bilim dalı olarak fizik dünyasının en ön saflarında yer alır. Standart Model'in geliştirilmesi, Higgs bozonunun keşfi ve CERN'de gerçekleştirilen çığır açıcı deneyler, bu alanda önemli kilometre taşları olmuştur. Bunun yanı sıra, kuantum teknolojilerinin sunduğu olanaklar ve parçacık fiziğinin çözülmemiş sorunları, bilimin geleceği için önemli bir araştırma alanı sunmaktadır.

### 7.1. Standart Model: Başarılar ve Sınırlar

Standart Model, parçacık fiziğinde maddenin yapı taşlarını ve temel kuvvetleri açıklayan en başarılı teorik çerçevedir. Bu model, 1970'lerde geliştirilen Kuantum Elektrodinamiği (QED) ve Kuantum Renk Dinamiği (QCD) gibi teorileri birleştirerek, maddenin temel bileşenlerini ve dört temel kuvvetten üçünü (elektromanyetik, zayıf ve güçlü kuvvetler) açıklamayı başarmıştır. Standart Model, kuarklar, leptonlar ve bozonlar gibi temel parçacıkları içermekte ve bu parçacıklar arasındaki etkileşimleri matematiksel olarak

tanımlamaktadır. Benzer bir şekilde Çek tarafından da şöyle tanımlanır: “standart Model, farklı temel parçacıkların nasıl düzenlendiğini ve farklı kuvvetler aracılığıyla birbirleri ile nasıl etkileştiğini açıklamaya çalışan bir teori olup içerisinde fermiyonlar, bozonlar, madde-karşıt madde ve bunların etkileri hakkında bilgiler yer almaktadır” (Çek, 2016: 1).

Standart Model'in en büyük başarılarından biri, 1964'te Peter Higgs ve diğer teorisyenler tarafından öngörülen Higgs bozonunun varlığını açıklamasıdır. Bu konuda Taslaman'ın ifadelerine yer vermek yerinde olacaktır:

Peter Higgs, 1964 yılında, temel parçacıkların, her yerde mevcut olan bir alan (“Higgs Alanı” olarak anılmaktadır) ile sürekli etkileşimleri sonucu kütle kazandıklarını açıklayan modelini ortaya koydu (Higgs, 1964: 508-509). Bu alanın parçacık olarak gözlemlenmiş haline Higgs Bozonu, Higgs Parçacığı veya kısaca Higgs denmektedir; bu parçacığın sonradan popüler olan ismiyse ‘Tanrı Parçacığı’dır (Taslaman, 2012: 79).

Bu parçacık, diğer temel parçacıkların kütlelerini nasıl kazandığını açıklayan Higgs mekanizmasının anahtarıdır. Higgs bozonunun 2012’de CERN’deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC) deneylerinde keşfi, parçacık fiziği tarihinde bir dönüm noktasıdır. Bu keşif, yalnızca Standart Model'in doğruluğunu pekiştirmekle kalmamış, aynı zamanda maddenin doğasına dair yeni soruların ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Ancak, Standart Model her şeyi açıklayabilen bir teori değildir. Örneğin, kütleçekim kuvveti bu modelin dışında kalır ve evrenin yaklaşık %85’ini oluşturduğu düşünülen karanlık madde henüz bu çerçevede açıklanamamıştır. Ayrıca, nötrinoların kütlesine ilişkin gözlemler de Standart Model'in kapsamını zorlayan diğer unsurlardır (Weinberg, 1995: 212).

## 7.2. Higgs Bozonu ve Parçacık Fiziğinin Zirvesi

Higgs bozonunun keşfi, parçacık fiziğinin en büyük deneysel başarılarından biri olarak görülmektedir. CERN’de gerçekleştirilen deneylerde, protonların hızlandırılıp çarpıştırılması sonucu elde edilen enerji seviyelerinde Higgs bozonunun izleri tespit edilmiştir. Bu süreç, madde ve enerji arasındaki ilişkinin anlaşılmasında önemli bir dönüm noktasıdır.

Higgs bozonu, Standart Model’de öngörülen ancak uzun yıllar boyunca gözlemlenememiş bir parçacıktır. Higgs mekanizması, evrenin erken dönemlerinde simetri kırılması ile parçacıkların kütle kazanmasını açıklar.

Higgs mekanizması denilen kurama göre, Büyük Patlama’dan sonra tüm parçacıklar kütsesizdi. Evren soğudukça Higgs alanı ve onunla ilişkilendirilen Higgs parçacığı (Higgs bozonu) tüm evreni kapladı. Bu kuramın açıkladığı en önemli şey; tüm parçacıkların bu alanda yüzdükleri ve alanla etkileşim sayesinde de parçacıkların kütle kazandıklarıdır. Yani kütle parçacıklarda kendiliğinden bir özellik olmayıp sonradan kazanılmaktadır. Parçacıklar, Higgs alanı ile farklı şiddetlerde etkileşirler (Zeyrek, 2010: 42-45).

Şiddetli etkileşen parçacıklar fazla, zayıf etkileşen parçacıklar ise az kütle kazanırlar (Çakıroğlu, 2014: 158).

Bu keşif, Standart Model'in doğruluğunu kanıtlamış olsa da Higgs alanının doğası ve Higgs bozonunun diğer parçacıklarla nasıl etkileşime girdiği gibi sorular halen araştırılmaktadır. Ayrıca, Higgs bozonunun özelliklerinin, karanlık madde ve diğer yeni fizik alanlarına nasıl bir ışık tutacağı da önemli bir araştırma konusudur.

## 7.3. CERN ve Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC)

CERN’deki LHC, parçacık fiziği araştırmalarının merkezi haline gelmiştir. Bu devasa çarpıştırıcı, protonları ışık hızına yakın hızlarda hareket ettirerek çarpıştırır ve bu süreçte enerji seviyeleri sayesinde

yeni parçacıkların oluşumunu gözlemlemeye olanak tanır. LHC’de gerçekleştirilen deneyler, Higgs bozonunun keşfi dışında da önemli sonuçlar doğurmuştur.

Higgs alanı, temel parçacıklarla etkileşime girerek onlara kütle kazandıran teorik bir alan olarak evrenin işleyişine yönelik önemli bir açıklama sundu. Bu teori, bazı parçacıkların neden kütleli, bazılarının ise kütsüz olduğunu anlamamıza yardımcı oldu. Ancak Higgs bozonunun varlığı uzun yıllar boyunca kanıtlanamadı. 2012’de CERN’deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı’nda yapılan deneylerle Higgs bozonu keşfedildi. Bu keşif, parçacık fiziğinin Standart Model’inde eksik olan önemli bir boşluğu doldurdu ve evrenin temel yasalarını daha iyi anlamamıza büyük katkı sağladı.

Örneğin, LHC, kuark-gluon plazmasının özelliklerini araştırmak ve ağır iyon çarpışmaları yoluyla evrenin ilk anlarına yönelik bilgi edinmek için de kullanılmıştır. Bununla birlikte, süper simetri teorileri ve karanlık madde parçacıkları gibi Standart Model’in ötesine geçen olası fiziksel yapıların keşfi için de büyük bir potansiyele sahiptir.

## 8. Sonuç

Atom kuramı, bilim tarihinin en temel ve evrimsel süreçlerinden birini temsil etmektedir. Antik Yunan’dan modern bilime uzanan bu yolculuk, yalnızca fizik ve kimya gibi temel bilim dallarını değil, aynı zamanda bilimsel düşüncenin yöntemlerini, doğrulama araçlarını ve disiplinler arası etkileşimlerini derinden etkilemiştir. Atom kuramı, maddenin doğasına yönelik insanoğlunun en temel sorularına yanıt arama çabasının bir ürünüdür. Bu çaba, sadece doğayı anlamaya yönelik bir merak değil, aynı zamanda gözleme, akıl yürütmeye ve deneysel doğrulamaya dayalı bilimsel metodolojinin doğuşunu sağlamıştır.

Antik Yunan filozofları Leukippos ve Demokritos’un atomculuk düşünceleri, doğanın temel yapı taşlarını anlamak için sezgisel bir yaklaşım sunmuş ancak deneysel temellerden yoksun olduğu için bir felsefi teori olarak kalmıştır. Orta Çağ’da Hristiyan teolojisinin etkisiyle Batı’da bu düşünceler göz ardı edilse de İslam dünyasında İbn Sina ve Fahreddin Razi gibi düşünürler bu düşünceleri geliştirmiş, doğayı anlamada akılcı ve metafiziksel yaklaşımlar arasında bir denge kurmuşlardır.

Rönesans ve Aydınlanma dönemleriyle birlikte atom kuramı, fizik ve kimya gibi bilim dallarında yeniden doğmuş, özellikle John Dalton’un kimyasal bileşikler yasaları ve Boyle’un element tanımlarıyla modern anlamını kazanmaya başlamıştır. 19. Yüzyılda, Mendeleev’in periyodik tablosu ve gazların kinetik teorisi gibi gelişmeler, atomların yalnızca teorik bir görüş değil, deneysel olarak doğrulanabilir bir gerçek olduğunu ortaya koymuştur.

20. Yüzyıl, atom kuramının zirveye ulaştığı dönem olmuştur. Kuantum mekaniğinin doğuşu, Rutherford’un atomun iç yapısını keşfetmesi ve Schrödinger ile Heisenberg gibi fizikçilerin katkıları, atom kavramını yeni bir boyuta taşımıştır. Bu dönemde nükleer fizik, atom enerjisinin potansiyelini ortaya koymuş ve insanlık tarihinin seyrini değiştirmiştir.

Günümüzde atom kuramı, yalnızca fizik ve kimya alanında değil, biyoloji, tıp ve mühendislik gibi pek çok alanda uygulamalara sahiptir. Kuantum teknolojileri, nanoteknoloji ve parçacık fiziği, atom kuramının sağladığı bilgilerle şekillenmektedir. Özellikle Standart Model’in başarıları, parçacıkların özelliklerini anlamada temel bir çerçeve sunmuştur.

Atom kuramının tarihsel gelişimi, insanoğlunun doğayı anlama çabasının bir hikâyesidir. Antik Yunan’dan modern bilime uzanan bu yolculuk, yalnızca maddenin temel yapısını değil, aynı zamanda bilimin işleyişini, yöntemlerini ve insana sunduğu potansiyeli de gözler önüne sermektedir. Gelecekte yapılacak araştırmalar, atomun ve parçacık fiziğinin yalnızca fiziksel evreni anlamakla sınırlı kalmayacağını, aynı zamanda insanlığın teknolojik ve kültürel gelişimine yön vereceğini göstermektedir.

Bu bağlamda, atom kuramı yalnızca bir bilimsel teori değil, aynı zamanda insan aklının gücünün ve sınırsız merakının bir simgesi olarak değerlendirilebilir.

#### Finansman/ Grant Support

Yazar(lar) bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

The author(s) declared that this study has received no financial support.

#### Çıkar Çatışması/ Conflict of Interest

Yazar(lar) çıkar çatışması bildirmemiştir.

The authors have no conflict of interest to declare.

#### Açık Erişim Lisansı/ Open Access License

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY NC).

Bu makale, Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı (CC BY NC) ile lisanslanmıştır.

## Kaynaklar

Aristoteles. (1996). *Metafizik* (Cilt 2). İstanbul: Sosyal Yayınları.

Aristoteles. (2001). *Fizik* (Cilt 2). İstanbul: YKY.

Aquinas T. (1981). *Summa Theologica*. London: Sheed & Ward.

Avicenna. (2009). *The Physics of The Healing* (Çev. J. McGinnis). Provo: Brigham Young University.

Avogadro, A. (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, s. 58-76.

Başaran, V. (2019). Cürcânî'de Atom Kavramı ve Felsefesi. *Dört Öge*, 15, s. 111-122.

Başaran, V., & Gözütok, T. T. (2022). Atom Teorileri Paradigma Değişimi Açısından Değerlendirilebilir Mi? *Kaygı*. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Felsefe Dergisi, 21(2), s. 779-805. <http://doi.org/10.20981/kaygi.1156777>

Baffioni. C. (1982). *Atomismo et Antiatomismo Nel Pensiero Islamico*. Naples: Istituto Universitario Orientale.

Başdemir, H. Y. (2003). Thomas Aquinas'ta Tanrı Tasavvuru. *Gazi Üniversitesi Çorum İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 2(3), s. 103-122.

Bohr, N. (1913). On The Constitution of Atoms and Molecules. *Philosophical Magazine*, 26(1), s. 1-25.

Boltzmann, L. (1872). *Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolekülen*. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

Bostock, D. (1995). Aristotle on Continuity in Physics VI. In L. Judson (Ed.), *Aristotle's Physics: A Collection of Essays* (pp. 179-213). London: Oxford University Press.

Boyle, R. (1661). *The Sceptical Chemist*. Oxford: Oxford University Press.

Bulğen, M. (2013). Atomdan Kuantuma: Fizikteki Gelişmelerin Kelama Etkisi. *Kelam Araştırmaları*, 11(1), s. 243-252.

Cevizci, A. (2017). *Felsefe Tarihi*. İstanbul: Say Yayınları.

Chadwick, J. (1932). The Existence of A Neutron. *Proceedings of the Royal Society A*, 136(830), s. 692-708.

- Chalmers, A. F. (1999). *What is This Thing Called Science?* Cambridge: Hackett Publishing.
- Çakıroğlu, M. (2014). Higgs Parçacığı Neden Bir Arkhedir? III. Türkiye Lisansüstü Çalışmaları Kongresi Bildiri Kitabı II, 141-161.
- Çek, N. (2016). Parçacıklar ve Parçacıkların Enerji Kaynakları Üzerine Etkileri. *European Journal of Science and Technology*, 4(7), s. 1-8.
- Dhanani, A. (2021). İbn Sînâ'nın Atomculuk Eleştirisinin Sonraki Kelâm Atomculuk Tartışmaları Üzerindeki Etkisi (Çev. E. N. Erdem). *Kader*, 19(1), s. 322-346. <https://doi.org/10.18317/kaderdergi.915716>
- Dalton, J. (1808). *A New System of Chemical Philosophy*. Manchester: R. Bickerstaff.
- Denkel, A. (1985). *Demokritos-Aristoteles: İlkçağ'da Doğa Felsefeleri*. İstanbul: Kalamış Yayıncılık.
- Denkel, A. (2013). *İlkçağ'da Doğa Felsefesi*. İstanbul: Doruk Yayınları.
- Erdoğan, E. (2017). Atomun Felsefe Tarihi ile Bilim Tarihindeki Yeri ve Önemi Üzerine. *The Journal of Academic Social Sciences*, 59, s. 16-26. <https://doi.org/10.16992/ASOS.12962>
- Fazlur R. (1984). *İslam ve Modernizm: Bir Analiz*. İstanbul: İnsan Yayınları.
- Feynman, R. (1985). *QED: The Strange Theory of Light and Matter*. Princeton: Princeton University Press.
- Feynman, R. (1985). *The Character of Physical Law*. Cambridge: MIT Press.
- Gamow, G. (1966). *Thirty Years That Shook Physics: The Story of Quantum Theory*. New York: Dover Publications.
- Gökalp, Z. (1980). *İslam Dünyasında Bilim ve Felsefe*. İstanbul: İnkılap Kitabevi.
- Graham, D. (2010). *The Texts of Early Greek Philosophy: The Complete Fragments and Selected Testimonies of The Major Presocratics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Günaltay, Ş. & Bayın, İ. (2008). *Kelâm Atomculuğu ve Kaynağı Sorunu*. Ankara: Fecr Yayınları.
- Higgs, P. (1964). Broken Symmetries and The Masses of Gauge Bosons. *Physical Review Letters*, 13(16), s. 508-509.
- Leucippus, & Democritus. (1999). *The Atomists, Leucippus and Democritus: Fragments: A Text and Translation With A Commentary*. Toronto: University of Toronto Press.
- Leukippos, & Demokritos. (2019). *Atomcu Felsefe Fragmanları* (Edt. C. C. Çevik). İstanbul: Türkiye İş Bankası.
- Maxwell, J. C. (1860). Illustrations of The Dynamical Theory of Gases. *The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 4(20), s. 21-37.
- Maxwell, J. C. (1872). *Theory of Heat*. London: Longmans, Green, and Co.
- Mendeleev, D. (1891). *Principles of Chemistry*. London: Longmans, Green & Co.
- Nasr, S. H. (2007). *Science and Civilization in Islam*. Chicago: Harvard University Press.
- Özgür, S., & Bostan, A. (2007). Atom Kavramının Epistemolojik Analizi ve Öğrencilerin Konu ile İlgili Kavram Yanılgılarının Karşılaştırılması. *E-Journal of New World Sciences Academy*, 2(3), s. 214-231.



- Özlem, D. (2008). *Felsefe ve Doğa Bilimleri*. Ankara: Doğu Batı Yayınları.
- Planck, M. (1901). Ueber das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum. *Annalen der Physik*, 4(1), s. 553-563.
- Rutherford, E. (1911). The Scattering of  $\alpha$  and  $\beta$  Particles by Matter and The Structure of The Atom. *Philosophical Magazine*, 21(125), s. 669-688.
- Russell, B. (2002). *Batı Felsefe Tarihi I*. İstanbul: Say Yayınları.
- Salgar, E. (2022). Atomcu Felsefe ve Modern Bilim. *Klikya Felsefe Dergisi*, 2, s. 102-121.
- Schrödinger, E. (1926). Quantization as An Eigenvalue Problem. *Annalen der Physik*, 79(4), s. 361-376.
- Taslaman, C. (2012). Tanrı Parçacığı: Felsefi Bir Değerlendirme. *Felsefe Dünyası*, 2(56), s. 78-90.
- Topdemir, H. G., & Unat, Y. (1985). *Bilim Tarihi (7. Baskı)*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Unat, Y. (2017). Modern Atom Kuramı ve Temelleri. *Bilim ve Ütopya Dergisi*, 279, s. 5-7.
- Weinberg, S. (1995). *The Quantum Theory of Fields, Volume I*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Yıldırım, C. (1995). *Bilimin Öncüleri*. Ankara: Tübitak Popüler Bilim Kitapları.
- Yıldırım, C. (2003). *Bilim Tarihi (8. Basım)*. İstanbul: Remzi Kitapevi.
- Yıldız, S., & Özerden, S. T. (2018). Teos Antik Kenti ve Leukippos: Atom teorisi. *Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 5(18), s. 426-429.
- Zerkân M. S. (1963). *Fahreddîn Er-Râzî ve Ârâ'uhu'l-Kelâmiyye Ve'l-Felsefiyye*. Kahire: Dârü'l-Fikr.
- Zeyrek, M. (2010). Higgs'i Ararken. *Bilim ve Teknik*, s. 42-45.