

**T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İLKÖĞRETİM EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**LUCRETIUS'TAN GÜNÜMÜZE ATOM KAVRAMININ
GÖZLEM VE DENEYE DAYALI ARDIŞIK
ETKİNLİKLER İLE ÖĞRETİMİ**

YÜKSEK LİSANS

SERTAÇ ARABACIOĞLU

AĞUSTOS 2013

MUĞLA

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İLKÖĞRETİM EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

LUCRETİUS'TAN GÜNÜMÜZE ATOM KAVRAMININ GÖZLEM VE DENEYE
DAYALI ARDIŞIK ETKİNLİKLER İLE ÖĞRETİMİ

SERTAÇ ARABACIOĞLU

Eğitim Bilimleri Enstitüsünce
“Yüksek Lisans”

Diploması Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :

Tezin Sözlü Savunma Tarihi :

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ayşe OĞUZ ÜNVER

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Şule AYCAN

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Güray ÜNVER

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Ahmet DUMAN

AĞUSTOS, 2013

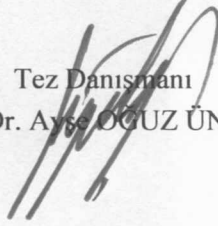
MUĞLA

TUTANAK

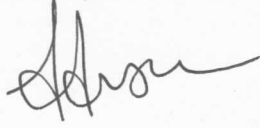
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü'nün 02/08/2013 tarih ve 56/2 sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin 25/4 maddesine göre, İlköğretim Eğitimi Anabilim Dalı (Fen Bilgisi Öğretmenliği) Yüksek lisans öğrencisi Sertaç ARABACIOĞLU'nun "Lucretius'tan Günümüze Atom Kavramının Gözlem Ve Deneye Dayalı Ardışık Etkinlikler İle Öğretimi" adlı tezini incelemiş ve aday 13/08/2013 tarihinde saat 10:30'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra 50 dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin **kabul** edildiğine oy birliği ile karar verildi.

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Ayşe ÖGÜZ ÜNVER



Üye
Prof. Dr. Şule AYCAN



Üye
Yrd. Doç. Dr. Güray ÜNVER



T.C
YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
ULUSAL TEZ MERKEZİ

TEZ VERİ GİRİŞİ VE YAYIMLAMA İZİN FORMU

Referans No	10014971
Yazar Adı / Soyadı	SERTAÇ ARABACIOĞLU
Uyruğu / T.C.Kimlik No	TÜRKİYE / 40990123570
Telefon	5549722450
E-Posta	sertacarabacioglu@gmail.com
Tezin Dili	Türkçe
Tezin Özgün Adı	Lucretius'tan Günümüze Atom Kavramının Gözlem ve Deneye Dayalı Ardışık Etkinlikler ile Öğretimi
Tezin Tercümesi	Teaching of The Atom Concept from Lucretius to Present Through The Observational and Empirical Sequential Activities
Konu	Eğitim ve Öğretim
Üniversite	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Enstitü / Hastane	Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Bölüm	İlköğretim Bölümü
Anabilim Dalı	Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı
Bilim Dalı	Fen Bilgisi Öğretmenliği Bilim Dalı
Tez Türü	Yüksek Lisans
Yılı	2013
Sayfa	173
Tez Danışmanları	DOÇ. DR. AYŞE OĞUZ ÜNVER 29053136672
Dizin Terimleri	
Önerilen Dizin Terimleri	
Kısıtlama	36 ay süre ile 05.09.2016 tarihine kadar kısıtlı

Tezimin Yükseköğretim Kurulu Tez Merkezi tarafından çoğaltılması veya yayımının tarihine kadar ertelenmesini talep ediyorum. Bu tarihten sonra tezimin, internet dahil olmak üzere her türlü ortamda çoğaltılması, ödünç verilmesi, dağıtımı ve yayımı için, tezimle ilgili fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere hiçbir ücret (royalty) talep etmeksizin izin verdiğimi beyan ederim.

NOT: (Erteleme süresi formun imzalandığı tarihten itibaren en fazla 3 (üç) yıldır.)

05.09.2013

İmza:.....

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

Sertaç ARABACIOĞLU

13.08.2013

ÖZET

LUCRETİUS'TAN GÜNÜMÜZE ATOM KAVRAMININ GÖZLEM VE DENEYE DAYALI ARDIŞIK ETKİNLİKLER İLE ÖĞRETİMİ

Sertaç ARABACIOĞLU

Yüksek Lisans Tezi
Eğitim Bilimleri Enstitüsü
İlköğretim Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Ayşe OĞUZ-ÜNVER
Ağustos 2013, 173 sayfa

İlk Çağ'da bilimin doğduğu topraklardaki filozoflar bizlere günümüz atom öğretimi için önemli bir miras bırakmıştı. O dönemin filozoflarının bilgiyi doğada aramaları ve gözlemlerle varlığın kaynağını sorgulamaları atomçuluğu ortaya çıkardı. Bugün bizler onların ve ardıllarının inşa ettiği düşünce biçimini genç nesillere aktarıyoruz. Ancak mevcut atom kavramı öğretimimiz gerek öğretim yöntemi gerekse öğrenme kazanımları açısından halen istendik düzeye ulaşamamıştır. Bu düşünce ile bu araştırmada, atom kavramı, İlk Çağ atom düşüncesini günümüze taşıyan Romalı filozof Lucretius'un *De Rerum Natura* adlı eserinden yola çıkarak, tarihsel gelişim sürecinde yer alan gözlem ve deneyleri aracılığıyla sınıf ortamına aktarılmıştır. Araştırmada İlk Çağ atom düşüncesi ve sonrasında yaşanan gelişmeler altı başlık altında toplanarak 11 haftalık altı etkinlik modülü geliştirilmiştir. Araştırma deneme öncesi modellerden (pre-experimental designs) tek-grup öntest ve son-test desende (the one-group pretest-posttest design) planlanmıştır. Araştırma sürecinde uygulanan deneysel işlemin örneklem üzerinde oluşturduğu etkinin kalıcılığını belirlemek amacıyla kalıcılık testi desene eklenmiştir. Araştırmanın katılımcılarını; 2012-2013 eğitim-öğretim yılında, bir Batı Anadolu Üniversitesi'nin Eğitim Fakültesinin Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalı Lisans Programı Üçüncü Sınıfta öğrenim görmekte olan 73 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Araştırmada veri toplama aracı olarak "İzleme Testi" kullanılmıştır. İzleme testi iki-aşamalı çoktan-seçmeli tanılayıcı test (two-tier multiple-choice diagnostic test) türünde geliştirilmiştir. Testten elde edilen verilerin analizinde test varsayımları sağlandıktan sonra ilişkili örneklem (tekrarlı ölçümler) için tek faktörlü ANOVA (One-Way Repeated Measures ANOVA) uygulanmıştır. ANOVA sonuçlarına tamamlayıcı olarak gruplar arasındaki farklılığın yönünü belirlemek amacıyla Holm'un ardışık Bonferroni yöntemi izlenerek t-testi yapılmıştır. Ayrıca öğretmen adaylarının görüşlerinin analizinde frekans analizi yapılmış ve yüzde değerleri hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinliklerin öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin bilgi düzeyleri üzerinde anlamlı bir etkisi görülmüştür. Öğretmen adaylarının görüşleri değerlendirildiğinde bazı kavram yanlışları belirlenmiş ve belirlenen yanlışların büyük bölümünün öğretim süreci sonrası giderildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Atom Kavramı, Lucretius, Gözlem ve Deney, Fen Bilgisi Öğretimi, Etkinlik Geliştirme, İki-Aşamalı Çoktan-Seçmeli Tanılayıcı Test

ABSTRACT

TEACHING OF THE ATOM CONCEPT FROM LUCRETIUS TO PRESENT THROUGH THE OBSERVATIONAL AND EMPIRICAL SEQUENTIAL ACTIVITIES

Sertaç ARABACIOĞLU

The Degree of Master of Science
Institute of Education Sciences

Department of Elementary Education

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ayşe OĞUZ-ÜNVER

August 2013, 173 pages

The philosophers, from where the science was born at Antiquity, have bequeathed to us an important thing about atom teaching. The search of knowledge through nature and the inquiry of source of being through observation of that age's philosophers have revealed the atomism. Today we transmit the way of thinking of them and their consecutives founded to young generations. However, current atom concept teachings haven't reached required levels from the points of both teaching methods and learning attainments. With this purpose in this research atom concept is conveyed to the classroom milieu through observations and experiments related to the atom concept during historical development process starting with the masterpiece of, the carrier of the atom thoughts of Antiquity to our age, Roman philosopher Lucretius, namely *De Rerum Natura*. In the research the Antiquity atomic thought and the following developments gathered under six headings eleven week activity modules have been launched. The research has been planned according to the one-group pretest-posttest design that is one of the pre-experimental designs. In order to define the permanence of the effect, of experimental procedure applied during the research process, on the sample the retention test is added to the design. In the academic year 2012-2013, senior pre-service science teachers (N=73) in The Department of Science Education of the Education Faculty of a West Anatolian university have constituted the participants of the research. In the research as a data collection tool "Follow-up Test" has been used. Follow-up Test is launched as two-tier multiple-choice diagnostic test type. In the analysis of the data from the test, after the test assumptions are assured, for the related samples One-Way Repeated Measures ANOVA has been applied. As supplementary to the results of ANOVA, in order to define the direction of the difference between groups, t-Test has been done through Holm's Sequential Bonferonni Procedure. Besides, in the analysis of pre-service teachers' views the frequency analysis has been done and the percentages have been calculated. At the end of the research, it is seen that sequential activities based on observation and experiment has a significant effect on pre-service teachers' knowledge levels related to atom concept. When the opinions of pre-service teachers is reviewed some misconceptions has been identified and it is seen that after the teaching process most of the identified misconceptions has faded away.

Keywords: Atom Concept, Lucretius, Observation and Experiment, Science Teaching, Activity Development, Two-Tier Multiple-Choice Diagnostic Test

Sevgili Aileme...

ÖNSÖZ

Bilimin doğduğu toprakların “Karya’nın” bizlere bıraktığı bilimsel mirasın genç kuşaklara ve bilim eğitimimize kazandırılmasında bir ilham olabileceğini düşündüğüm bir tezi yazma fikrini bana veren ve bu süreçte bilime bakış açısı, deneyimi ve fikirleri ile bana yardımcı olup yol gösteren, yapıcı eleştirileriyle beni daima yönlendiren tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ayşe OĞUZ ÜNVER’e,

Antik dönemin bilgisi ile beni tanıştıran, bir epigraf gözüyle tezin yazımında verdiği destek ve yapıcı eleştirilerinden ötürü Sayın Yrd. Doç. Dr. Güray ÜNVER’e

Verdikleri destekten ötürü Sayın Prof. Dr. Şule AYCAN, Sayın Doç. Dr. Kemal YÜRÜMEZOĞLU, Yrd. Doç. Dr. Metin KANTAR ve Yrd. Doç. Dr. Hakan IŞIK’a,

Araştırmam süresince 2210 Yurt İçi Burs Programı ile beni destekleyen TÜBİTAK-Bidep’e,

Araştırmayı destekleyen Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne (Proje no: BAP-2012/77),

Gönülden teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	1
TABLolar DİZİNİ	3
ŞEKİLLER DİZİNİ	7
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	9
TEKNİK NOTLAR	10
1. GİRİŞ	11
1.1. İlk Çağ'dan Günümüze Atom Kavramı	13
1.1.1. İlk Çağ bilimi ve atom fikrinin doğuşu	13
1.1.2. John Dalton (1766-1844) ve Kimyasal Atom	19
1.1.3. Elektronun Keşfi ve J. J. Thomson Atom Teorisi	23
1.1.4. E. Rutherford Atom Kuramı	24
1.1.5. Kuantum Devrimi ve N. Bohr (1885-1962) Atom Teorisi.....	26
1.1.6. Kuantum Mekaniği ve Modern Atom Teorisi.....	27
1.2.1. Atom kavramının öğretiminde diğer ülkelerin yaklaşımı	29
1.2.2. Ülkemizde atom kavramının öğretimi	31
1.3. Problem durumu	34
1.4. Araştırmanın amacı	37
1.5. Araştırmanın önemi	38
1.6. Araştırmanın problemi	41
Alt problemler	41
1.7. Sayıtlılar	41
1.8. Sınırlılıklar.....	42
Anahtar Kavramlar	42
2. KAYNAK ÖZETLERİ	43
2.1. Atom Kavramına Genel Bakış: Atom Kavramına İlişkin Görüşler	43
2.1.1. Atomların yapısı/şekli	43
2.1.2. Atomların büyüklüğü	46
2.1.3. Atomların ağırlığı.....	48
2.1.4. Atomların animizmi	48
2.2. Atom Kavramının Öğretimi: Yöntem ve Stratejiler	49

3. MATERYAL VE METOT	58
3.1. Araştırma Modeli	58
3.2. Araştırmanın Katılımcıları	58
3.3. Veri Toplama Araçları.....	60
3.3.1. İzleme Testi'nin geliştirilmesi	61
3.3.2. İzleme Testinin Geçerlik ve Güvenilirliği (Cronbach coefficient alpha):.....	64
3.4. Öğretimde kullanılan modüllerin içeriği	65
3.4.1. (Modül 1) İlk Çağ: Atom Düşüncesinin Doğuşu	67
3.4.2. (Modül 2) Atomun Fikrinin Tekrar Doğuşu: J. Dalton ve Atom Teorisi	72
3.4.3. (Modül 3) Elektronun Keşfine Giden Çalışmalar ve Thomson Atom Kuramı 76	
3.4.4. (Modül 4) Çekirdeğin Keşfi: Rutherford Atom Kuramı	79
3.4.5. (Modül 5) Bohr Atom Kuramı	82
3.4.6. (Modül 6) Atom Kavramında En Son Gelişmeler: Modern Atom Kuramı, Atom Altı Parçacıklar ve CERN.....	86
3.5. Verilerin Analizi	87
4. BULGULAR	90
4.1. Lucretius'tan günümüze atom kavramının gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler ile öğretiminin öğretmen adaylarının bilgi düzeylerine etkisi	90
4.2. Lucretius'tan günümüze atom kavramının gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler ile öğretiminin öğretmen adaylarının kavram yanılgılarına etkisi	93
5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER	120
5.1. Tartışma.....	120
5.1.1. Öğretmen Adaylarının Öğretim Sürecinde Atom Kavramına Yönelik Bilgi Düzeylerine İlişkin Tartışma.....	120
5.1.2. Atom Kavramı ile İlgili Öğretmen Adaylarının Görüşlerine İlişkin Tartışma 124	
5.2. Sonuç	129
5.3. Öneriler.....	132
KAYNAKÇA	133
DE RERUM NATURA'DAN SEÇME BÖLÜMLER	147
SON NOTLAR	155
EKLER	158

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Alan yazında yer alan kavram yanlışlarının Griffiths ve Preston (1992)'da belirtilen dört kategoride sınıflandırılması	56
Tablo 3.1. Araştırmanın deneysel deseni	58
Tablo 3.2 İzleme Testi'ne ilişkin uzman görüşleri doğrultusunda yapılan değişiklikler	63
Tablo 3.3 Araştırmada yer alan modüller, öğretim programı ve önerilen okuma parçaları.....	66
Tablo 3.4 İzleme Testi'nden iki aşamalı çoktan seçmeli soru örneği	87
Tablo 3.5 İzleme testine verilen yanıtların kategorileri ve puan değerleri	88
Tablo 4.1 Öğretmen adaylarının izleme ön test, son test ve kalıcılık testi toplam puanlarının merkezi eğilim ve yayılma ölçüleri.....	90
Tablo 4.2 İlişkili örneklemeler (tekrarlı ölçümler) için tek faktörlü ANOVA sonuçları	91
Tablo 4.3 Öğretmen adaylarının birinci soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	93
Tablo 4.4 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	94
Tablo 4.5 Öğretmen adaylarının(N=73) kavram yanlışları	94
Tablo 4.6 Öğretmen adaylarının ikinci soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	95
Tablo 4.7 Öğretmen adaylarının(N=73) kavram yanlışları	95
Tablo 4.8 Öğretmen adaylarının üçüncü soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	96
Tablo 4.9 (e) seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler.	96
Tablo 4.10 Öğretmen adaylarının dördüncü soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri.....	97
Tablo 4.11 Öğretmen adaylarının(N=73) kavram yanlışları	97
Tablo 4.12 Öğretmen adaylarının beşinci soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri.....	98

Tablo 4.13 Öğretmen adaylarının(N=73) kavram yanılgıları	98
Tablo 4.14 Öğretmen adaylarının altıncı soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	99
Tablo 4.15 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	99
Tablo 4.16 Öğretmen adaylarının (n=73) kavram yanılgıları	99
Tablo 4.17 Öğretmen adaylarının yedinci soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri.....	100
Tablo 4.18 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	101
Tablo 4.19 Öğretmen adaylarının(N=73) kavram yanılgıları	101
Tablo 4.20 Öğretmen adaylarının sekizinci soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri.....	101
Tablo 4.21 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	102
Tablo 4.22 Öğretmen adaylarının(N=73) kavram yanılgıları	102
Tablo 4.23 Öğretmen adaylarının dokuzuncu soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri.....	103
Tablo 4.24 Öğretmen adaylarının 10. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	104
Tablo 4.25 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	104
Tablo 4.26 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları	104
Tablo 4.27 Öğretmen adaylarının 11. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	105
Tablo 4.28(e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	105
Tablo 4.29 Öğretmen adaylarının 12. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	106
Tablo 4.30 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	106

Tablo 4.31 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları	106
Tablo 4.32 Öğretmen adaylarının 13. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	107
Tablo 4.33 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları	107
Tablo 4.34 Öğretmen adaylarının 14. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	108
Tablo 4.35 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	108
Tablo 4.36 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları	108
Tablo 4.37 Öğretmen adaylarının 15. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	109
Tablo 4.38 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	110
Tablo 4.39 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları	110
Tablo 4.40 Öğretmen adaylarının 16. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	110
Tablo 4.41 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	111
Tablo 4.42 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları	111
Tablo 4.43 Öğretmen adaylarının 17. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	111
Tablo 4.44 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	112
Tablo 4.45 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları	112
Tablo 4.46 Öğretmen adaylarının 18. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	113
Tablo 4.47 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	113
Tablo 4.48 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları	113
Tablo 4.49 Öğretmen adaylarının 19. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	114

Tablo 4.50 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları	114
Tablo 4.51 Öğretmen adaylarının 20. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	115
Tablo 4.52 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları	115
Tablo 4.53 Öğretmen adaylarının 21. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	116
Tablo 4.54 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	116
Tablo 4.55 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları	116
Tablo 4.56 Öğretmen adaylarının 22. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	117
Tablo 4.57 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	117
Tablo 4.58 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları	118
Tablo 4.59 Öğretmen adaylarının 23. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri	118
Tablo 4.60 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler	119
Tablo 4.61 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları	119

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Antik çağ atom fikrinin doğuşu ve gelişimi.....	18
Şekil 1.2 Kimyasal elementler için Dalton'un kullandığı simgeler	21
Şekil 3.1 Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının cinsiyetlerine ve öğretim türlerine göre dağılımı.....	59
Şekil 3.2 Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının mezun oldukları lise türlerine göre dağılımı	59
Şekil 3.3 Öğretmen adaylarının sahip oldukları kitap sayısı.....	59
Şekil 3.4 Öğretmen adaylarının atoma ilişkin kitap sahibi olma yüzdeleri	60
Şekil 3.5 İzleme Testi'nin geliştirilmesinde izlenen aşamalar.....	62
Şekil 3.6 Bir düşüncenin evrimi I: bilginin bilime dönüştüğü yer Miletos adlı sunumdan görüntüler.....	67
Şekil 3.7 Miletos Antik Kenti'ne gerçekleştirilen geziden görüntüler.	68
Şekil 3.8 Makro mikro dünyaya ilişkin limon etkinliği.	69
Şekil 3.9 Flash animasyonu ile canlı ve cansız yapılardan içeriye yolculuk	70
Şekil 3.10 Boşluk kavramına ilişkin gözlem etkinliğinden görüntüler (Nussbaum, 2005).	71
Şekil 3.11 Töz kavramına ilişkin gözlem etkinliğinden görüntüler.	72
Şekil 3.12 Katyonlarının Cl ile yapmış olduğu bileşiklere ilişkin gözlem etkinliğinden görüntüler.	73
Şekil 3.13 Alev testine ilişkin gözlem etkinliğinden görüntüler.....	74
Şekil 3.14 Einstein'ın büyük fikri belgeseli orijinal kapak resmi (Johnstone, 2005). 74	
Şekil 3.15 Kütlelenin Korunumu Yasası'na ilişkin gerçekleştirilen deneysel etkinlikten görüntüler.	75
Şekil 3.16 Elektronların yapısını anlamaya yönelik gerçekleştirilen deneysel etkinlikten görüntüler.	77
Şekil 3.17 Katot ışın tüpü ile ilgili videodan görüntüler.....	78
Şekil 3.18 İyonlarla yazılan yazı etkinliğinden görüntüler.	79

Şekil 3.19 Radyoaktif parçacıkların manyetik alandaki davranışının sınıf ortamında gözlenmesi.....	80
Şekil 3.20 Altın folyo deneyine ilişkin videodan görüntüler.....	81
Şekil 3.21 Rutherford deneyine ilişkin oyundan görüntüler.....	82
Şekil 3.22 Crookes radyometresi ile yapılan gözlem.....	83
Şekil 3.23 Fotoelektrik flash animasyonu.....	84
Şekil 3.24 Fotoelektrik etki üzerine gerçekleştirilen deneyden görüntüler.....	85
Şekil 4.1 İzleme ön test, son test ve kalıcılık testi ortalama puanlarının değişimi	92

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ANOVA	Analysis of Variance
ca.	Latince <i>circa</i> (yaklaşık)
CERN	conseil européen pour la recherche nucléaire
DFE	Department for Education
FTTÇ	Fen Teknoloji Toplum Çevre
Lucr.	Lucretius
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
MÖ	Milattan Önce
N	Kişi Sayısı
NRC	National Research Council
O	İşlem-test uygulama
QCA	Qualifications and Curriculum Authority
RSC	Royal Society of Chemistry
s.v.	<i>sub voce</i> (maddesi altında)
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
X	Aritmetik ortalama
α	Coefficient Aalpha
e.g.	<i>Exempli gratia</i> (örnek olarak)
krş.	Karşılaştırınız

TEKNİK NOTLAR

Bu tez çalışması, amaç, yöntem ve sonuçları itibariyle Fen Eğitimi alanına yöneliktir. Buna karşın MÖ 1. yüzyılda Latince olarak kaleme alınmış bir eser bu çalışmanın birinci dereceden materyalini sunmaktadır. Çalışmanın bu interdisipliner niteliği Fen Eğitimi alanına ilişkin yazın kurallarının yanında Eskiçağ Dilleri ve Kültürleri alanının da yazın kurallarının dikkate alınması gereğini doğurmuştur. Zira alan yazında ihtiyaç duyulmaması nedeniyle antik edebiyat eserlerine Türkçeye uyumlu olarak nasıl ve hangi yöntemle atıf yapılabileceği yeterince açık değildir. Bu nedenle antik edebiyat eserlerinin atıflarında H. Cancik, H. Schneider ve A. F. Pauly tarafından hazırlanan “Der neue Pauly: Enzyklopädie der Antike” isimli eserin XXXIX ve XLVII sayfaları arasında bulunan liste esas alınmıştır. Ayrıca yapılan bu atıflarda Eskiçağ Dilleri ve Kültürleri alanının yazın kuralları gereği – doğrudan tercüme alıntısı yapılmadığı durumlarda – eserin evrensel olarak düzenlenmiş kitap, paragraf veya satır numaraları verilmiştir. Bu sayede atıf yapılan eserin Türkçe veya diğer bir dilde farklı bir tercümesine sahip bir okuyucu da kolaylıkla atıf yapılan yeri bulabilecektir. Ayrıca çalışmanın birincil kaynaklarından birisi olan ve Titus Lucretius Carus tarafından Latince olarak kaleme alınan De Rerum Natura isimli eserin atıf yapılan bölümlerinin Türkçe tercümelemeleri ise tez çalışmanın sonunda “De Rerum Natura’dan Seçme Bölümler” başlığı altında okuyucuya sunulmuştur.

Çalışmanın konusu gereği, metin çok sayıda Yunanca ve Latince kelime (şahıs ismi, yer ismi veya kavram) içermektedir. Yunanca kelime ve özel isimlerde, alan yazında sıklıkla karşılaşılan İngilizce üzerinden Türkçeye alma yöntemi yerine, Yunanca orijinal yazıma sadık kalınmak suretiyle Türkçe alfabeye doğrudan transliterasyon tercih edilmiştir, fakat η (eta) ve ω (omega) harflerinin uzunlukları belirtilmemiştir. Latince kelime ve özel isimler ise değişiklik yapılmaksızın alınmıştır. Ayrıca Latince terimler ve Yunancadan transliterasyon ile Türkçe alfabeye aktarılan kelime ve terimlerin eklerinden ayrılmasına ve italik yazılmasına özen gösterilmiştir. Söz konusu Latince ve Yunanca terimlerin açıklanması – metnin düzenini bozduğu ve metin içinde verilemediği durumlarda – son notlar aracılığı ile yapılmıştır.

1. GİRİŞ

omnis ut est igitur per se natura duabus
constitit in rebus; nam corpora sunt et inane,
haec in quo sita sunt et qua diversa moventur.
corpus enim per se communis dedicat esse
sensus; ...

*İki kaynağı vardır tüm varlığın, nesnelerin,
Biri boşluk, öteki kurucu öge, ilke denen,
Bunların içinde gelişir, devinir varlık, yeter
Sağduyu anlamak için nesnelerin oluş ilkelerini,
Hepsinin kurucu, bütünleyen özlerini.*

Titus Lucretius Carus (MÖ 99 – 55)

De Rerum Natura, I, 420-424

Adı bölünmezliği ifade etmesine karşın “ATOM” günümüzde bölünebilen ve bölünmesiyle birlikte dünya tarihinin seyrini değiştirebilen kimyasal ve fiziksel bir ögedir. Atom’un bir kavram olarak ortaya çıkışı bilim ve felsefe tarihi kadar eski olmasının yanında engin ve dinamik bir bilgi bütünüdür. MÖ 6. yüzyılın ilk yarısında Miletoslu Thales’in varlığın ilk kurucu ögesini sorgulaması ile başlayan süreç dönemin bilim, kültür, felsefe ve sanata ev sahipliği yapan Miletos (Aydın, Balat), Elea (Güneybatı İtalya, Campania Bölgesinde Velia) ve Abdera (Yunanistan, Avdıra) kentlerinde atomcu düşüncenin doğması ile sonuçlanmış ve bu düşünce o dönemin en önemli öğretilerinden birisi halini almıştır. Bu öğreti asırlar sonra felsefe okullarını aşarak laboratuvarlarda, deneysel ortamlara aktarılarak atomcu düşüncede ikinci bir aydınlanma çağına girilmiştir. Bu süreç halen tamamlanmış değildir, atomcu düşünce günümüzde çok uluslu, dev bütçeli projelerle İlk Çağ filozoflarının atom arayışlarını sürdürmekte, her geçen gün yeni bir bilgi bilime kazandırılmaktadır.

Atoma ilişkin söz konusu bilgi birikiminin genç nesillere hangi düzeyde ve hangi yöntemle aktarılacağı önemli bir konudur. Günümüzden yaklaşık 2500 yıl önce Miletos okulunda maddenin doğası ve temel ögesinin sorgulanmasının ardından gelişen süreçte, bundan iki asır sonra Elea okulunda atomcu düşünceler oluşturulmuştur. Buradaki filozoflar atomun varlığını doğada aramışlar ve doğadan gözlem sayesinde elde ettikleri örneksel veriler aracılığı ile atomcu düşüncelerini genç nesillere aktarmışlardır. Bu filozofların atomcu düşünceleri doğadan elde edilmiş veriler ile aktardıklarına dair en somut delil Romalı şair ve filozof Titus Lucretius Carus'un (MÖ ca. 95-55) kaleme aldığı *De Rerum Natura* adlı eserdir. Günümüzde ise çağdaş eğitim kapsamında gerçekleştirilen atom öğretiminde izlenmesi gereken yol ve kullanılması gereken örneklemeler konusunda fikir birliğine varılamamıştır; atom öğretimimiz gerek modern anlamdaki atom düşüncesinden gerekse antik atom düşüncesinden oldukça farklıdır (Taber, 2003). Bu durum alan yazındaki araştırmalara da yansımaktadır. Alan yazındaki kimi araştırmalarda "Nasıl bir atom öğretimi yapılmalı?" sorusuna karşılık olarak atom kavramının öğretimindeki yöntem ve stratejileri değerlendirilmekte (örn., Harrison ve Treagust, 2000; Niaz, Aguilera, Maza ve Liendo, 2002; Çökelez ve Dumon 2005 vd.), kimi araştırmalarda ise "Atom kavramına ilişkin neler öğretilmeli?" sorusuna cevap olarak atom kavramına ilişkin içerik ve öğrenci görüşleri değerlendirilmektedir (örn., De Posada, 1997; Gilbert ve Watts, 1983; Griffiths ve Preston, 1992; Novick ve Nussbaum, 1978; Albanese ve Vicentini, 1997; Harrison ve Treagust, 1996; Taber, 2003; Park ve Light, 2009 vd.).

Atom kavramına yönelik yapılan araştırmalarda ve mevcut müfredatda modele dayalı atom öğretimi öne çıkmaktadır. Bununla birlikte bu öğretim kapsamında çeşitli öğrenme güçlükleri ve kavram yanlışlarının oluştuğu da sıklıkla rapor edilmektedir (örn., Osborne ve Cosgrove, 1983; Griffiths ve Preston, 1992; Harrison ve Treagust, 1996; Schmidt, Baumgartner ve Eybe, 2003; Taber, 2005; Park ve Light, 2009 vd.). Bu nedenle atom öğretiminde çağımızın öğretim yaklaşımlarına uygun, geçmişin ve günümüzün bilimsel birikimine bütünsel bakabilen, yenilikçi bir atom öğretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araştırma ise bu ihtiyacı karşılama amacı ile doğrudan sorgulamayı temel alan gözlem ve deney yolu ile atomu algılama ve kavram bilgisine birincil kaynak oluşturacak bir öğretime odaklanmaktadır. Bu genel görüş doğrultusunda araştırmada atom kavramının öğretimine, İlk Çağ'dan, atom fikrinin

doğuşunda yatan temel düşüncelerle başlanmakta ve böylece öğrencilerin bilimsel bilginin gelişimi sürecinde kapsamlı bir bakış açısı kazanmaları ve bilime yakınlaşmaları amaçlanmaktadır. Araştırmanın önemli bir ayağını İlk Çağ atomculuğu, antik metinler ve atomların varlığını anlamaya ilişkin doğa gözlemlerinin, günümüz eğitim ortamına aktarımı oluşturur. Araştırmanın başlığından da anlaşılacağı üzere Epikouros'un atom felsefesini temsil eden Romalı şair ve filozof Titus Lucretius Carus (MÖ ca. 95-55)'un kaleme aldığı *De Rerum Natura* adlı eserden temel kaynak olarak yararlanılmıştır. Burada yer alan temel doğa gözlemleri ve sorgulamalar ardından gelen Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr ve Modern Atom Teorisi gibi önemli dönüm noktalarının öğretiminde dayanak noktası oluşturmaktadır. Aşağıda tarihsel sürecinde atom kavramında yaşanan gelişmelerin İlk Çağ bilimi ve atom fikrinin doğuşu, John Dalton ve Kimyasal Atom, Elektronun keşfi ve J. J. Thomson Atom Teorisi, E. Rutherford Atom Teorisi, Kuantum devrimi ve N. Bohr Atom Teorisi, Kuantum mekaniği ve Modern Atom Teorisi başlıkları altında incelenmesine yer verilmiştir.

1.1. İlk Çağ'dan Günümüze Atom Kavramı

1.1.1. İlk Çağ bilimi ve atom fikrinin doğuşu

Bilim tarihi içerisinde atom kavramının gelişim süreci incelendiğinde, bilinenin aksine atom kavramının ilk ortaya çıkışı MÖ 5. yüzyıl ortalarında Abderalı Demokritos'un da hocası olan Leukippos'a atfedilir (Kirk ve Raven, 1957, 400-401). Ancak bilim ve İlk Çağ'da bunun ayrılmaz bir parçası olan felsefe tarihi içinde Leukippos'a da kaynak teşkil eden ve ilham veren öncül düşünceler bulunmaktadır. Bu düşünceler yaklaşık 150 yıl süren bir sürecin sonucunda şekillenmiştir. Aslında her şey Miletos'da MÖ 6. yüzyıl başlarında Thales ile başlamıştı. Miletoslu Thales ilk olarak evrenin kökeninde başlangıçta bulunan bir ögenin ya da ilkenin *arkhe* (ἀρχή)ⁱ bulunması gerektiğini öne sürmüştü (Guthrie, 2011, 68). Bu düşüncesi ile temelde tanrıların, evrenin yaradılışı ve düzeni üzerindeki etkisini reddediyor ve böylece evrenin düzenini rasyonel yollarla açıklama çabası sonucunda *mythos*'dan *logos*'a geçiş sağlanmış oluyordu. Thales, *arkhe* olarak suyu önermişti (Capelle

2006, 54, no.5). Thales'in *arkhe*'yi bilinen bir madde ile açıklama çabalarının aksine çağdaşı Miletoslu Anaksimandros yepyeni bir düşünce ortaya atmıştı. Anaksimandros'a göre *arkhe* su ya da diğer ögeler gibi insanlar tarafından tanınan maddelerden birisi olmamalıydı. Bu şekilde *arkhe* olarak öne sürdüğü *apeiron* (ἄπειρον)ⁱⁱ (Capelle 2006, 61, no.21) ve zıtlıkların gücüyle olduğunu öngördüğü birleşmeler ileride atom kavramını oluşturacak düşünce içinde önemli bir basamaktı. Buna karşın bir nesil sonra öğrencisi Miletoslu Anaksimenes (MÖ 585-528), Anaksimandros'tan farklı olarak *arkhe*'yi Thales gibi görünür bir tözde aramış ve herşeyin havanın belirli şekilde yoğunlaşması ve tekrar seyrekleşmesi ile meydana geldiğini belirtmişti. Anaksimenes böylece *arkhe* olarak havayı işaret etti (Capelle 2006, 70, no. 16-21). Ardından MÖ 5. yüzyıl ortalarında Klazomenailı (İzmir, Urla) Anaksagoras (MÖ c. 510 – 428) varoluşu ve yok oluşu birleşmeler ve çözümler ile açıklarken bu sistemin kontrolünü *nous*'a (voûç - akıl) verdi. Evrendeki tüm var oluş ve yok oluşlar bu *nous* tarafından yönetilen bir hareket sayesinde gerçekleşiyordu (Capelle 2006, 194-197, no. 32-38). Bu şekilde maddelerin var oluşları ve yok oluşları kontrollü bir sistem olarak ele alınıyordu (Capelle 2006, 200-201, no. 53-56). Sürecin son basamağında ise Leukippos'un hocası Elealı Zenon (MÖ ca. 490-430) bulunmaktaydı. Bir cismin sonsuza kadar bölünebileceğini öne süren "bölünme ilkesi" ile Zenon, Leukippos'un atom düşüncesinin en son ve en önemli basamaklarından biriydi. Nitekim Leukippos, Zenon'un bu öğretilerini çağdaşı Anaksagoras'ın da etkisiyle önemli ölçüde geliştirerek kendi atom kuramını oluşturdu. Leukippos'un atom düşüncesine en önemli katkısı bir maddenin sonsuza kadar bölünemeyeceğini öne sürerek, bölünemez bir *arkhe*'nin (*arkhe atomos*) varlığını öne sürmesiydi. Ancak Leukippos cismin kütlesini oluşturan en temel parçacıkların içinde bir boşluğun olmadığını, tamamen dolu olan bir *arkhe* bulunduğunu ve sonsuz bölünmenin bu *arkhe*'ye ulaşana kadar devam ettiğini savunmaktaydı (Capelle, 2006, 216-217). Leukippos çok sayıda ve sürekli hareket halinde olan ögelerin, yani atomların biçimlerinin sonsuz miktarda olduklarını varsaydı. Atomların nitelik bakımından katı ve içlerinin dolu olduğunu öne sürmesi ile onların fiziki olarak var olduklarını ve içinde hareket ettikleri boşluğun (eter - ether - esir) ezeli ve ebedî mevcudiyetini ortaya atmıştı (Capelle 2006, 216-218, no. 1-3). Böylece evrendeki tüm olguları atomlar ve atomlar arası boşluktan kaynaklanan hareket ile açıklama yoluna gitmişlerdi. Kuşkusuz bu düşünce Leukippos sonrasında

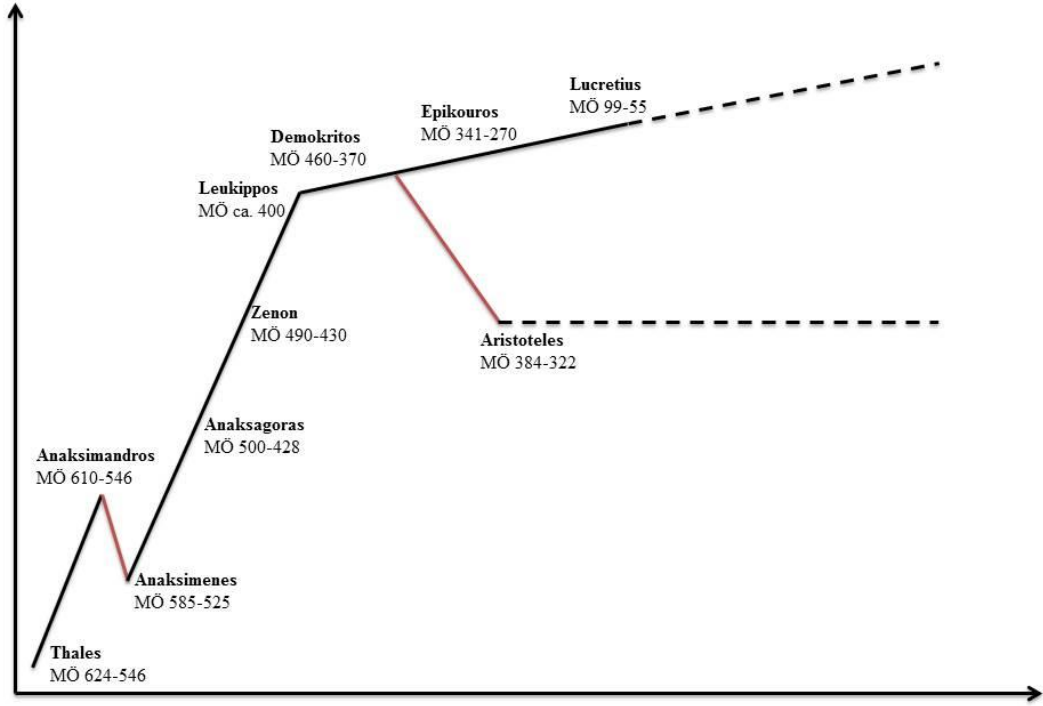
da gelişmeye devam etti. Leukippos'un mekanik ve materyalist görüşe ve duyular dünyası ile algılanan bu atom kuramı öğrencisi olan Abdera'lı Demokritos tarafından benimsendi ve geliştirilerek önemli ölçüde tamamlandı (Capelle, 1994, 49). Demokritos, Leukippos tarafından öne sürülen atomların şekil ve büyüklük bakımından birbirlerinden farklılaştığını düşünmekteydi ve maddelerde gözlenen çeşitliliği de onları oluşturan atomların farklılığı ile açıklıyordu (Haubold ve Mathai, 1998). Leukippos ve Demokritos 2500 yıl tartışılacak öğeler öğretisini inşa ettiğinde, boşluk kavramını da bunun önemli bir parçası olarak ortaya koymuştu. Onlara göre madde boşluk ve sınırsız sayıdaki öğelerin diğer bir deyişle atomların birlikteliğinden oluşmaktaydı (Kramers ve Holst, 1923). Leukippos ve Demokritos'dan yaklaşık 120 yıl sonra Epikouros (MÖ 341 - 270), atom düşüncesini madde felsefesinin temeli haline getirdi, onun düşünceleri Titus Lucretius Carus (MÖ ca. 99-55), Marcus Tullius Cicero (MÖ 106 - 43) ve Lucius Annaeus Seneca (MÖ 4 - MS 65) gibi Romalı felsefeciler tarafından benimsendi. Bu felsefeciler arasında Lucretius, öncüllerinden devraldığı atom düşüncesini en olgun ve en açık şekilde eserinde işleyerek günümüze aktarması yönüyle atomcu düşünce içerisinde önemli bir yere sahiptir. Lucretius felsefesini Demokritos'un fiziğinden, atom görüşünden almaktaydı, böylece genişlettiği düşüncesini şiir havasına bürümüş ve eşî bulunmayan bir eser *De Rerum Natura*'yı (Varlığın Yapısı) bırakmıştı (Sarigöllü, 1973). Lucretius'un eseri bu bağlamda Leukippos ve Demokritos ile başlayan, Epikouros'ta az da olsa değişen öğeler öğretisini günümüze aktaran en temel kaynaktır. *De Rerum Natura*'da Lucretius öğelerden diğer bir deyişle atomlardan Yunanca *arkhe* kelimesinin Latincedeki karşılığı olarak *corpus*ⁱⁱⁱ kelimesinin çoğulu olan *corpora* şeklinde bahsetmektedir^{iv}. Lucretius'a göre atomlar anlaşılamaz, bölünemez ve yok edilemez nitelikteydi. Atomlar biçim, boyut ve ağırlık yönüyle farklılık göstermekteydi. Ayrıca atomlar şekilleri bakımından ya tırtıklı, kancalı, sivri, çokgen, yuvarlak ya da düzdü (Lucr. II, 400-407; Masson, 1884, 14-15) Duyularımız üzerinde yaptıkları değişik uyarımlar; acı, tatlı, soğuk, sıcak, yumuşak, katı vb. biçimlerinin ve yapılarının farklılığından kaynaklanmaktaydı. Bazı atomlar birbirlerine bağlanmalarını sağlayan kancalara sahipti. Elmas, bazalt, demir gibi sert şeyler böyle atomlardan oluşmuştu. Sıvılar daha düz ve yuvarlak atomlardan oluşmuştu. Genel anlamda duyulara hoş gelen maddelerin atomları düz ve yuvarlak, acı ve hoşnutsuzluk veren maddelerin atomları ise kancalı ve pürüzlü atomlardan

meydana gelmişti (Masson, 1884, 15). Atomlar (*corpora*) boş uzayda (*spatium*) bütün yönleri doğru gelişigüzel devinmekte, birleşmekte, derlenip düzenlenmekte ve çözülmekteydiler. Boşluk, nesnelerin içinde ve dışında olmak üzere iki türlüydü. Nesnelerin katılığı, ağırlığı, yoğunluğu ya da yumuşaklığı atomlar arasında bulunan boşlukların (*inanis*) azlığına ya da çokluğuna bağlıydı. Atomlar, dört bir yana doğru devindikleri boş uzay içinde bulunuyorlardı. Bu boş uzay aynı zamanda nesnelerin kapladığı, yerleştiği uzaydı. Bu uzay içinde bir nesnenin kendi dışı yapı ölçülerine göre eni, boyu, derinliği yönünden oturduğu, kapladığı yer (*locus*) bulunmaktaydı. Nesnelere *spatium* içinde kapladıkları *locus*'ta çarpmalara (*ictus*) göre devinmekte ve yerleşmekteydiler. Devinmeler de gelişigüzel (*casus*) değil, gereklilikten (*necessum*). Bir nesnenin başka bir nesne karşısındaki ağırlık durumu, içerdiği boşluğun boyutlarına bağlıydı. Eş büyüklükteki bir yün ya da sünger yumağının ayrıca kurşun yuvarlağının ağırlıkları içlerinde bulunan boşluklarının ölçüsüne bağlıydı. Bu nedenle boşluk (*inanis*) nesnelerin oluşumunda ve düzenlenmesinde önemli bir etkendi. Boşluk ve atom nesnelerin ana ilkesiydi, bunların dışında yaratıcı bir varlık yoktu (Eyüpoğlu, 2001, 21-22).

Lucretius maddenin, gözün seçemeyeceği kadar küçük atomlardan meydana geldiğini, gözle görülmemesine karşın bilinen bir güç olan rüzgarı ayrıca görmediğimiz fakat duyularımızla algıladığımız kokuyu, ısıyı ve sesi örnek vererek açıklamaya çalışır (Lucr. I, 267-305; Sarıgöllü, 1973, 23). Nesnelerin parçalardan meydana gelen bütünler olduğunu anlatmak için parmaktaki yüzüğün sürtünme ile, kayanın su damlalarının çarpması ile, bronz heykellerin sağ ellerinin öpüle öpüle aşınması örnekleri ile verir (Lucr. I, 306-322; Sarıgöllü, 1973, 23). Maddenin atomlardan meydana geldiğini böylece gösterdikten sonra boşluğu ele alır. Boşluk maddeyi kavrayan, dokunamadığımız fakat var olduğunu sezdiğimiz bir alandır. Bu alan sayesinde madde kımıldama olanağı kazanır. Boşluğun yalnız cisimlerin etrafında olmayıp içlerinde de bulunduğunu, suların kayalara sızabilmesi ile cisimlerin farklı ağırlıkta olmalarını içlerindeki boşluğun az veya çok oluşu ile açıklar (Lucr. I, 330-403; Sarıgöllü, 1973, 23). Lucretius'a göre cisimler ve maddeler arasındaki farkın sebebi farklı niteliklerdeki atomlardan meydana gelmeleridir. Bunu daha iyi anlatabilmek için cansız maddeyi canlandıran şair süzgeçten çabucak geçen şarabın yanında ağır ağır geçen zeytinyağının tembelliğinden söz eder ve bunu da zeytinyağını meydana getiren atomların ya daha iri, daha çıkıntılı olmalarına, ya da

daha güç ayrılır biçimde birleşmiş olmalarına bağlar (Lucr. II, 390-400; Sarıgöllü, 1973, 26). Bunun gibi, ağızımızda değişik tatlar bırakan maddelerin, duyduğumuzda bize zevk veren, ya da hoşumuza gitmeyen seslerin, kokuların, dokunduğumuz zaman katı ya da yumuşak bulduğumuz cisimlerin değişik atomlardan yapıldığını belirtir (Lucr. II, 400-408; Sarıgöllü, 1973, 27). Lucretius'a göre biçim, büyüklük ve ağırlık gibi nitelikleri olan atomların renkleri yoktur. Maddeye rengini veren atomların belli bir renkte oluşu değil, o rengi verecek biçimde bir araya gelmeleri olduğunu savunur (Lucr. II, 757-796; Sarıgöllü, 1973, 28). Ayrıca atomlarda sıcaklık, ses, tat ve kokunun da söz konusu olmadığı görüşündedir.

Atom kavramının tahayyül edilmesinde ve anlaşılmasında önemli ilerlemelerin olduğu bu dönemde, süreç önemli bir engel ile karşılaşır; Aristoteles (MÖ 384 - 322) İlk Çağ atom düşüncesindeki boşluk kavramını atom kavramının gelişiminde bir ilerlemeden öte felsefi bir engel olarak görür ve çürütülmesi gereken bir öğreti olarak kabul eder. İlk Çağ atomculuğuna karşıt duruşuyla önemli bir figür olarak tarih sayfasına çıkan Aristoteles'in bu karşıt duruşu bölünmez en küçük birimler olan atomlara değil, tamamen boşluğun kendisinedir. Bu sebeple Orta Çağda atomculuk açık bir şekilde reddedilir ve Aristoteles'in anti-atomcu pozisyonu benimsenir. Hatta Aristoteles'in görüşleri uzunca bir süre katolik kilisesinden birçok Arap felsefecisine kadar bilim ve düşüncenin tüm alanlarına adapte edilir ve yayılır (Nussbaum, 2005). Bu bilgiler ışığında hazırlanan Şekil 1.1. İlk Çağ atom düşüncesinin özeti niteliğindedir.



Şekil 1.1 Antik çağ atom fikrinin doğuşu ve gelişimi^v

1.1.1.1. Atom kavramı

Atom düşüncesinin İlk Çağ'da oluşması, bu kavramın isminin de içinde olduğu kültürün dilinde olması sonucunu doğurmuştur. Kuşkusuz atom ἄτομος (*atomos*) sözcüğü Eski Yunancadır ve “bölünemez/kesilemez” anlamına gelen iki bitimli bir sıfattır (Liddell ve Scott, 1940, s.v.). Bu sıfatın etimolojik kökeninde “kesmek, bölmek” anlamlarına gelen τέμνω “temnö” fiili bulunur ki bu fiil günümüzde anatomi teriminin de kökenini oluşturur (Liddell ve Scott, 1940, s.v. ἀνατέμνειν). Atom sözcüğünün bilimsel çalışmaları açıklamak için kullanımı ise 18. yüzyıl sonlarına kadar beklemiştir ki bu fizikçilerin ve kimyacıların gazların özelliklerini ve bazı kimyasal olayları açıklama ihtiyacı duydukları bir döneme denk gelmektedir. Nitekim bundan daha da önceleri İlk Çağ atom düşüncesinin temel öğretileri Pierre Gassendi (1592-1655), Robert Boyle (1627-1691), ve özellikle Isaac Newton gibi önemli isimler tarafından bilinmektedir. 1582’de İtalyan araştırmacı Giordano Bruno “doğada bulunan her şeyin bölünümü, bölünemeyen bir parça ile son bulur” demekte,

Pierre Gassendi (1592-1655) ise Bruno'yu desteklemekte ve atomu "atomlar yeniden yaratılamazlar ve yok edilemezler, katı ve ağırlığı olan belirli büyüklükte çok küçük parçacıklardır" şeklinde tarif etmektedir. Benzer şekilde atomları nitelemek için Robert Boyle (1627-1691) *corpuscular* (parçacık), Isaac Newton (1642-1727) ilkel parçacıklar (*primitive particles*) deyimlerini kullanmaktadır (Aras, 2008). Newton kaleme aldığı "Optik" adlı kitabın son bölümünde madde ve ışığın atomik yapısı üzerine detaylı incelemelere yer vermektedir. Nitekim atom sözcüğü İlk Çağ'da ve 19. yüzyıla kadar, etimolojisine paralel olarak İlk Çağ filozoflarının da kullandığı şekilde maddenin son, artık bölünemez, bozulamaz diye tasarlanan temel ögelerini ifade etmek amacıyla kullanılmıştır. Bu bağlamda günümüzde de atom sözcüğü ile maddenin bölünemez en son yapı taşı anlaşılabilir. Ancak günümüz teknolojisi ile atomlara güçlü kuvvetler uygulandığında daha ufak parçalara bölünebileceği ya da kararsız atomların bozularak başka atomları oluşturabileceği bilinen bir gerçektir. Gerçekte atomlar birer kompozittir ve karmaşık bir yapıya sahiptir (Haubold ve Mathai, 1998). Dolayısıyla bugünkü anlamda atom kavramının zihindeki tasarımı İlk Çağ'daki anlayışın çok ötesine gitmektedir. Geçmişte Leukippos ve Demokritos tarafından tasarlanan *arkhe atomos*'un günümüzde İlk Çağ'dan farklı olarak atom altı parçacıkları (örn., muon, tau, nötrino, quark ve elektron) ifade ettiği düşünülebilir.

1.1.2. John Dalton (1766-1844) ve Kimyasal Atom

İlk Çağ atom fikri sınırlı da olsa her dönemde belirli bir zümre tarafından kabul görür ve çalışılır. Ancak John Dalton (1766-1844) 1800'lerin başlarında kimyasal reaksiyonları atomculuk felsefesine dayalı olarak açıklar ve farklı kimyasal elementlere ait atomların ağırlıkça birbirlerinden ayırt edilebileceğini öne sürer (Gribbin, 1999). Her ne kadar Dalton ve döneminin diğer araştırmacıları atomların varlığına ilişkin doğrudan kanıt öne sürememiş olsalar da (Hewitt, Lyons, Suchocki ve Yeh, 2007), 1808'de Dalton tarafından yayınlanan *New System of Chemical Philosophy* (Kimya Felsefesinin Yeni Sistemi) adlı kitap atomun varlığına deneysel yöntemlerle yaklaşılması gerektiği yönünde önemli bir eserdir (Aras, 2008; Hart-Davis, 2009). Dalton'un öne sürmüş olduğu kimyasal atom teorisi günümüzde dahi devrimsel bir gelişme olarak kabul görmektedir. Buna karşın bu düşünce on

dokuzuncu yüzyılın sonlarında İngiltere’de Newton ve Dalton’un mirası nedeniyle kabul görse de, Almanya’da büyük bir dirençle karşılaşır (Weinberg, 2005). Bilim dünyası tarafından tam olarak benimsenmesi ise yaklaşık 50 yılı alır (Harrison, 2002).

Dalton’u kimyasal atom teorisine götüren sürecin başlangıcı A. Lavoisier’in (1743-1794) çalışmalarına dayanmaktadır. Kimya biliminde Lavoisier’in 1789’da yazmış olduğu *traite elementarie de chemie* adlı eser deneysel yöntem ve kantitatif çalışma prensibini bilime kazandırması nedeni ile modern kimyanın doğuşu kabul edilir. Lavoisier oksijenin yanma teorisi ile kimyasal olaylarda kütle korunduğunu ortaya koyması kimyada devrim niteliğindedir (Thagard ve Toombs, 2005). Ancak Dalton’a kimyasal atom teorisini oluşturmak için esin kaynağı olan çalışmaların neler olduğu halen tartışmalı bir husustur. Thackray (1966)’e göre; Dalton’un atom teorisini oluşturmasına (1) meteoroloji üzerine gerçekleştirmiş olduğu çalışmalar, (2) gazlar ve gaz karışımları üzerine yapılan deney ve hesaplamalar, (3) taneciklerin karşılaştırmalı olarak kütlelerini hesaplanması, (4) sabit oranlar ve kütle korunumu yasaları üzerine yaptığı deneyler, (5) kendi öne sürmüş olduğu katlı oranlar yasası ile birlikte geliştirmiş olduğu bir kimyasal hesaplama sistemidir. Bu alanlarda Dalton’un çalışmaları ise şu başlıklar altında toplanabilir:

Meteoroloji çalışmaları; Dalton atmosferdeki su buharı üzerine gerçekleştirdiği çalışmalarda, atmosferin kimyasal bir bileşimden öte, farklı gazlardan oluşan bir karışım olduğu sonucuna varır. Su buharının farklı gazları farklı miktarlarda absorbe etmesi problemini açıklamak için her gazı oluşturan temel taneciklerin özgül ağırlıklarının da farklı olduğu hipotezini öne sürer (Thagard ve Toombs, 2005).

Gazlar üzerine yapılan deney ve hesaplamalar; Dalton meteoroloji çalışmaları sonrası kısmi basınç kavramını ortaya atar ve “bir gaz karışımının toplam basıncının, karışımı oluşturan gazların kısmi basınçların toplamına eşit olduğunu” ispatlar. Nitekim 1857 de Alman fizikçi Rudolf Clausius bu ve diğer sonuçlardan faydalanarak gazların kinetik teorisi çalışmalarını yapar ve gazların bütün özelliklerini matematiksel olarak açıklar (Aras, 2008).

Taneciklerin karşılaştırmalı olarak kütlelerinin hesaplanması; Dalton'un 1802-1804 yıllarındaki laboratuvar defterlerinde, su oluşumu için hidrojenin her bir gramına karşılık 5,5 gram oksijen gerektiğini öne sürer. Dalton'un elementlerin ağırlıklarını hidrojen ile karşılaştırmalı olarak yapmış olduğu incelemeler günümüz bilgileri ile kıyaslandığında ölçümler açısından hatalıdır. Ancak oksijen atomunun hidrojen atomundan 5,5 kez daha ağır olduğunu öne sürmesi ve elementlerin atom ağırlıklarını tablolaştırması, atomun varlığını kimyasal olaylar içerisinde açıklaması adına önem taşır (Weinberg, 2005).

ELEMENTS			
Hydrogen	1	Strontian	46
Nitrogen	5	Barytes	68
Carbon	5	Iron	50
Oxygen	7	Zinc	56
Phosphorus	9	Copper	56
Sulphur	13	Lead	90
Magnesia	20	Silver	190
Limbe	24	Gold	190
Soda	28	Platina	190
Potash	42	Mercury	167

Şekil 1.2 Kimyasal elementler için Dalton'un kullandığı simgeler.

Sabit oranlar ve kütlelerin korunumu yasalarının öne sürdükleri; J. Proust'un çalışmalarından etkilenen Dalton, belirli bir kimyasal bileşiği oluşturmak için gereken kimyasal elementlerin ağırlıklarının daima aynı oranda olduğunu belirler. Çalışmalarında su oluşturmak için oksijen içinde hidrojen yakıldığında, her gram hidrojen için 5,5 gramlık oksijen bulunması gerektiğini bulur (Weinberg, 2005).

Katlı oranlar yasası ile birlikte geliştirmiş olduğu kimyasal hesaplama sistemi çalışmaları; Dalton karbonun oksijenle iki ayrı bileşik yaptığını bulur. Karbon monoksit CO de bu oran 12.0/16.0, karbon dioksit CO₂ de ise 12.0/32.0 dir. Burada önemli olan sabit bir karbon ağırlığına karşı gelen oksijen ağırlıkları arasında tam sayılarla ifade edilebilen bir oranın olmasıdır. Başka bileşiklerle de deneyler yapan Dalton, 1804'te katlı oranlar kanunu olarak bilinen "iki element birden fazla bileşik oluşturuyorsa, bunlardan birinin aynı miktarı ile birleşen diğer elementin miktarları arasında ağırlık bakımından basit bir oran vardır" kanununu öne sürer (Aras, 2008)

Dalton, bu çalışmalar sonucunda o döneme kadar yapılmayanı yapar ve atoma ilişkin mevcut görüşleri kimya bilimi içerisine çekerek deneysel sonuçlar ile açıklar

(Sebastian, 2010). Nitekim Dalton 1808 yılında yayınladığı *A New System of Chemical Philosophy* adlı kitabında aşağıdaki 5 madde halinde atom teorisini öne sürer. Aşağıda Dalton atom teorisinin kuramları sunulmaktadır (Aras, 2008):

1. Bütün maddeler en küçük birim olan atomlardan oluşur.
2. Kütle ve özellik bakımından değişik birçok atom vardır. Bir elementin bütün atomları birbirinin aynıdır ve diğer elementlerin atomlarından farklıdır. Bir element, aynı cins atomlardan oluşmuş maddedir.
3. Atomlar parçalanamaz ve yeniden yapılamazlar.
4. Atomlar birleşerek molekülleri oluştururlar. Bir bileşiğin her molekülü birbirinin aynıdır. Bir molekül, bir veya birden fazla atomun birleşmesiyle olur. Yani A ve B atomları AB, AB₂, A₂B₃ gibi bileşikler üretirler.
5. Kimyasal reaksiyonlar belli şartlarda atomların yer değiştirmesi ile olur.

Dalton'un kimyasal atom teorisi İlk Çağ atom düşüncesinin atomlara ilişkin çok küçük, soyut, bölünemez ve yok edilemez görüşünü sürdürmektedir (Thagard ve Toombs, 2005). Teori zamanının bilgi ve deney sonuçlarıyla uyumaktadır, ancak ardından peş peşe yapılan bilimsel bulgularla bazı yönleri yanlışlanır. 1897'de İngiliz araştırmacı J. J. Thomson'un elektronu keşfetmesi ile atomun alt parçacıkları ve dolayısıyla bölünebilirliği ortaya çıkar, 1911'deki Rutherford Deneyi ile protonun keşfi ve 1913'de N. Bohr'un elektronun atom içindeki yeri ve davranışına ilişkin görüşleri ile Dalton atom teorisi her seferinde tartışmaya açılır. Benzer şekilde 1932 yılına kadar yapılan çalışmalar atomun Dalton'un öne sürmüş olduğu gibi en küçük parça değil içinde elektron, proton ve nötron'un yer aldığı kompozit bir yapı olduğunu deneysel olarak göstermektedir. 1938'de Lise Meitner, Otto Hahn ve Fritz Strassman'ın ²³⁵U çekirdeğini parçalamasıyla atomun parçalanabildiği de anlaşılır. Dalton'un atom teorisinin diğer bir maddesi olan elementin tüm atomlarının aynı olması görüşü 1913'te J. J. Thomson'ın kararlı izotopların var olduğunu bulması ile yanlışlanır (Aras, 2008).

1.1.3. Elektronun Keşfi ve J. J. Thomson Atom Teorisi

Maddeyi oluşturan taneciklerin bölünemez ve yok edilemez ögeler olduğu düşüncesi 19. yüzyılın son çeyreğine kadar yaygın bir şekilde kabul edilmektedir. Ancak 1897’de elektronun keşfi o güne kadar kuramsal ve deneysel çalışmalarla da desteklenen, İlk Çağ’dan süregelen ve Dalton tarafından da kabul edilen bölünemez atom düşüncesinde köklü bir paradigma değişimine sebep olur. Aslında atomun bu gizemli alt parçacığının doğadaki etkileri çok eski zamanlardan beri bilinmektedir; örneğin bir kehribar parçasının kürke sürtüldüğünde etrafındaki hafif nesnelere çektiği İlk Çağ’da bile bilinmekteydi. Benzer şekilde Miletoslu Thales (MÖ 624 - 546) doğal mıknatıslık özelliği gösteren taşlar üzerine yapmış olduğu gözlemlerde, mıknatıs taşlarının demiri hareket ettirmesinden dolayı bu taşların görünmez bir ruha sahip olduğunu öne sürer (Aristoteles, Ruh Üstüne I 2. 405 a 19 = 11 A 22; Capelle, 2006, 54). Elektronlara ilişkin çalışmaları ile öne çıkan isimlerden bir diğeri William Gilbert’tir (1544-1603). Gilbert statik elektriklenme üzerine yaptığı çalışmalarında elektrik sözcüğünü önerir. Gilbert Latince yazdığı eseri *De Magnete* de <electricus> sözcüğünü kullanmakta ki bu sözcük Yunanca’da kehribar için kullanılan ἤλεκτρον (ēlektron) sözcüğünden türetilmiştir (Baigrie, 2006).

Her ne kadar elektronların varlığını ortaya koyan doğa olayları açık bir şekilde gözleniyor olsa da atomun yapı taşı olarak öne sürülmesi pek de kolay olmaz. Elektronun keşfine giden süreç, 1857’de Julius Plücker’in bir vakum tüpü içerisinde elektrik boşalması esnasında Katot ışınlarını gözlemlemesi ile başlar. Plücker tüpün içindeki hava neredeyse tamamen boşaltıldığında, tüpün büyük bölümü boyunca ışığın tamamen yok olduğunu, fakat katot yakınlarında cam tüp üzerinde yeşilimsi bir parıltı ortaya çıktığını gözlemler (Weinberg, 2005). 1893’de Heinrich Hertz bu ışınların metal bir filminden geçebildiğini, 1895’de Jean Perrin elektriksel yük taşıdıklarını gösterir. 1896’lara gelindiğinde katot ışınlarının manyetik alanlarda sapan, önüne koyulan bir plakanın gölgesini oluşturan ve katottan doğrusal bir şekilde yayılan karakteri bilinmekteydi (Falconer, 1997). Thomson 1896 yılının sonlarında katot ışınlarının sapmasını inceler, Perrin’in bu ışınların elektriksel yük olduklarına dair yapmış olduğu çalışmalarını katot ışınlarının sapması üzerine odaklar ve elektrik yükünün bu ışınların kaçınılmaz bir özelliği olduğu sonucuna

varır (Falconer,1997). 1897 yılında ise elektron ögesinin varlığı Thomson'ın katot ışın tüplerini kullanarak gerçekleştirdiği m/e deneyleri^{vi} sonucunda keşfedilir.

Bu deney sonunda Thomson bu ışınların, elektrik boşalması ve yüklü tanecikler olduğunu gösterir (Hart-Davis, 2009). Bu olayda katottun yapılmış olduğu madde cinsi (alüminyum, platinyum, demir) önemli olmadığını ve her ne olursa olsun daima kütle ve yük oranının sabit olduğunu gözlemler ve böylece bir elektronun kütesinin hidrojeninkinden binlerce kez küçük olduğunu keşfeder (Thagard ve Toombs, 2005). Nitekim Thomson çalışmaları sonucunda ne olduğunu bilmediği bu tanecikleri “korpüskül” olarak adlandırır. Bu korpüsküller bugün bilinen elektronlardır. Korpüskül, Latince corpusculum isminden türemiştir ve ifade edilen şeyin, atomu niteleyen corpus'tan daha küçük olduğunu anlatmaktadır (Levis-Short, s.v.). Bu önemli keşif sonrası ortaya çıkan yeni sorun bu parçacığın atomda nasıl bir yapı ve davranış gösterdiği sorunudur.

Elektronun keşfinden altı yıl sonra 1903'te Yale'deki Silliman Konferansları'nda J.J. Thomson, elektronların bir kek içindeki kuru üzüm taneleri gibi artı yüklü maddenin sürekli yapısı içinde saplanmış olduklarını öne sürdüğü teorisini açıklar (Weinberg, 2005, s. 116). Bu kuram ile J.J. Thomson atomu İlk Çağ felsefecileri ve Dalton'un içi dolu küre betimlemesinden çok öteye götürmekte, atomu oluşturan temel parçacıklara ışık tutmaktadır. Kuşkusuz bu model bugünkü modern anlamda atom kuramıyla uyuşmamaktadır. Ancak elektronların varlığını ve onun dengeleyicisi olan pozitif yükün varlığını ortaya koyması yönüyle oldukça güçlü bir kuramdır.

1.1.4. E. Rutherford Atom Kuramı

1897'de negatif yüklü elektronların keşfinin ardından, Thomson 1903 yılında Yale'deki Silliman Konferansları'nda bu yükün dengeleyicisi artı yükün atom içerisindeki durumunu teorik olarak öne sürer. Paralelinde Tokyo'da Hantaro Nagaoka (1865-1950) “Satürnsel bir model” önerir; bu modelde elektronlar Satürn'ün etrafındaki halkalar ya da Güneş'in etrafındaki gezegenler benzeri merkezi bir artı yüklü cismin etrafında yörüngelerde dolandığı öne sürülür (Weinberg, 2005). Bu aşamada bilim insanları için en önemli görev, teoride öne sürülen bu artı yüklü

cismin deneysel olarak ispatıdır. Bu ispat E. Rutherford'un önderliğinde 1909-1911 yılları arasında Manchester Üniversitesi'nde yapılan deneyler ile ortaya konur.

Atom çekirdeğinin keşfi 1895'te Wilhelm Konrad Röntgen'in (1845-1923) X ışınlarını bulmasıyla başlayan bir dizi öncül çalışmalar ışığında ilerler. 1896 yılının Şubat ayında Antoine Henri Becquerel (1852-1908) tesadüf eseri uranyum tuzlarının radyoaktif ışımaya yaptığını fark eder. 1898'de Marie Sklodowska Curie (1867-1934) toryum elementinin benzer ışınlar yaydığını öne sürer. Ardından o ve eşi Pierre Curie (1859-1906) uranyumdan milyonlarca kez daha aktif radyum elementini keşfederler ve bu olayı radyoaktivite olarak adlandırırlar. Tüm bu gelişmeler ileride Rutherford'un atomun çekirdeğini keşfedeceği deneyi için zemin hazırlayacaktır. Rutherford 1898'de X ışınlarının ve radyoaktivitenin esas olarak aynı olduğunu gösterir. Aynı yıl yayımladığı bir makale ile en az iki tür ışınım olduğunu gösterir ve bunlardan kolay soğurulan ışını "alfa", daha delici olan ışını ise "beta" ışını olarak adlandırır (Etişken, 2011). Rutherford bir süre sonra Manchester'a yerleşir ve atomun iç yapısı ve yük dağılımı sorununu çözmek adına yürüttüğü çalışmalarında radyoaktiviteyi kullanmaya yönelir. 1906'da Rutherford pozitif yüklü alfa parçacıklarının ince bir altın folyodan nasıl saçıldığını araştırmaya başlar (Thagard ve Toombs, 2005). 1909'da Hans Geiger and Ernest Marsden ile çalışan Rutherford altın folyo deneyini^{vii} gerçekleştirir (Wilson, 1916). Rutherford ve çalışma arkadaşlarının deney öncesi genel beklentileri taneciklerin küçük açılara sapmaya uğrayarak geçmesidir. Ancak alfa taneciklerinin büyük bir bölümü geçmesine rağmen, bazı tanecikler 90 dereceyi de geçen geniş açılarla sapar (Gribbin, 1999; Lichtenberg, 2007). Deneylerde tespit edilen geniş sapmalar, bir taneciğin bir atomla çarpıştığını ve güçlü bir itme kuvvetinin oluşması için, pozitif yükün Thomson'un belirtmiş olduğu gibi atomun tüm hacmine yayılmış olması yerine küçük bir noktada toplanmış olduğunu gösterir (Wilson, 1916). Rutherford atomları, Thomson gibi, olasılıkla dairesel yörüngeler izleyen bir elektronik sistem tarafından çevrelenmiş pozitif yüklü bir çekirdek (atoma göre oldukça küçük ölçekli) olarak tasavvur eder (Cox, 1913).

Atoma ilişkin geliştirilen bu tasarım öne sürüldüğü yıllarda birçok fizikçinin üzerinde hemfikir olduğu bir teoridir. Ancak ilerleyen dönemlerdeki çalışmalar elektronların atom etrafındaki davranışının Rutherford'un belirttiği gibi olmayacağını

gösterir. Nitekim elektronlar atom çekirdeği etrafında dönerken giderek hızlanacaktır. İlerleyen dönemlerde Maxwell (1831-1879) hızlanan yüklü taneciklerin elektromanyetik radyasyon yayacağını öne sürecektir. Dolayısıyla yayılan bu radyasyon ile birlikte elektron enerji kaybedecek ve çekirdeğe giderek yaklaşacaktır (Lichtenberg, 2007).

1.1.5. Kuantum Devrimi ve N. Bohr (1885-1962) Atom Teorisi

Bohr atom teorisi fizik biliminde yaşanan devrim niteliğindeki gelişmelerin ışığında ortaya atılır. Bu gelişmelerin en başında Max Planck ile Kuantum Mekaniğinin doğuşu gelmektedir ki bu da Danimarka'lı fizikçi Niels Hendrik Bohr'u (1885-1962) önemli ölçüde etkiler. Hewitt, Lyons, Suchocki ve Yeh (2007)'e göre günümüz atom anlayışının oluşmasında Bohr öncesi Alman fizikçi Max Planck'in (1858-1947) atomun spektrumuna ilişkin çalışmaları önem taşır. Planck çalışmalarında ışığın fotonlar denilen kuantlar yolu ile parçacıklar halinde yayıldığını ve soğurulduğunu ortaya koyar. İlerleyen zamanlarda buna ek olarak Albert Einstein (1879-1955) bir ışık süzmesinin sürekli bir enerji salınımı olmadığını, bunun tam aksine bu süzmenin sayılamayacak kadar küçük, kesikli enerji partiküllerinden oluştuğunu vurgular. Bu gelişmeler doğrultusunda Planck'ın Kuantum hipotezini kullanarak Niels Bohr atomik spektrumun oluşumunu açıklar. Bohr'a göre (Hewitt, Lyons, Suchocki ve Yeh, 2007, s. 177-178);

1. Atomun içerisindeki bir elektronun potansiyel enerjisi elektronun çekirdekten olan uzaklığına bağlı olarak değişmektedir. Yani bir elektron çekirdekten ne kadar uzakta bulunuyor ise o kadar fazla potansiyel enerjiye sahiptir.
2. Bir atom ışığın fotonlarını hapsedtiğinde, enerjiyi de hapsedmektedir. Bir başka deyişle, atomdaki yüksek potansiyel enerjili elektron enerjisinin bir kısmını kaybettiğinde, elektron çekirdeğe daha yakın hareket etmeye başlayacaktır ve kaybolan bu enerji atomdan ışık fotonları olarak salımlanacaktır.
3. Işığın enerjisinin kuantlaşması, bir atomdaki elektronların enerjilerinin de kuantlaşmasını gerektirecektir.

Bu düşünceler doğrultusunda Bohr kendinden önceki Rutherford Atom Kuramını geliştirerek kendi atom kuramını öne sürmüştür. Rutherford atom kuramı elektron

hareketinde Güneş sistemini esas almış ve tüm elektronları tek bir yörüngeye oturtmuştur (Topdemir ve Unat, 2009). Halbuki Bohr, bir dairesel yörüngede durmadan dönen elektronun gittikçe hızlanacağını, devamlı radyasyon çıkaracağını ve enerji kaybederek sonunda spiral bir hareketle çekirdeğe çarpacağını öne sürmektedir. Bu probleme çözüm olarak da elektronların belirli enerji seviyelerinde dönmeleri gerektiğini belirtir. Bohr atom teorisine göre (Hart-Davis, 2009; s.287),

1. Bir atomdaki elektronlar çekirdekten belli uzaklıktaki yörüngelerde hareket eder ve her kararlı hâlin sabit bir enerjisi bulunmaktadır.
2. Her hangi bir kararlı enerji seviyesinde elektron dairesel bir yörüngede (orbitalde) hareket eder. Bu yörüngelere enerji düzeyleri veya kabukları denmektedir.
3. Çekirdeğe en yakın enerji seviyesine dairesel hareket yapan elektron karardır, ışık yaymaz. Elektronu yeterli enerji verilirse elektron bulunduğu enerji seviyesinden daha yüksek enerji seviyesine sıçrar. Atom bu durumda kararsızdır. Kararlı hale gelmek için elektron tekrar eski enerji seviyesine dönerken almış olduğu enerji seviyesine eşit enerjide bir foton yayar.

Bu bağlamda Bohr atom kuramı elektronun davranışını açıklama ve bulunduğu yörünge (orbital) kavramlarını öne sürmesi yönüyle atom kavramının gelişiminde önemli bir dönüm noktası oluşturur (Lichtenberg, 2007).

1.1.6. Kuantum Mekanığı ve Modern Atom Teorisi

Bohr atom teorisi bir elektrona sahip H atomu ile He^+ , Li^{+2} ve Be^{+3} gibi bir elektronlu iyonları açıklamada çok başarılı olmaktadır. Ancak birden fazla elektrona sahip elementleri açıklamada bu model yetersiz kalır. Lakatos (1970)'e göre, Bohr atom modelinin bilimsel araştırmalarda zamanla tercih edilmemesinin sebebi Bohr atom modelinin öngördüğünün tersine bazı alkali metallere veya moleküllerin spektrumlarında bazı anomaliler ve tutarsızlıkların görülmesidir (Akt: Justi ve Gilbert, 2000). Ayrıca Bohr atomlar arası bağları ve molekül oluşumuna bir açıklama getiremez ve elektronun dalga hareketini dikkate almaz.

1924 yılında, Bohr'un atom kuramını öne sürmesi sonrası, Fransız fizikçi Louis de Broglie (1892-1987) elektronlara dalgasal hareketlerin eşlik edebileceğini ortaya koyan ve tanecik-dalga dualitesinin temellerini oluşturan *recherches sur la théorie des quanta* (Kuantumlar Teorisi Hakkında İncelemeler) başlıklı doktora tezini verir. Bu tezle de Broglie bütün parçacıkların aynı zamanda dalgasal hareketler içinde bulunduğunu belirtmektedir. Bu süreçte, Kuantum Mekanik devrimi, özellikle Schrödinger denklemi (ışığın dalga ve parçacık dualitesi ile ilgili) ve Heisenberg'in belirsizlik prensibi (elektronun konum ve hareketi ile ilgili), modern atom teorisinin gelişimine öncülük eder (Justi ve Gilbert, 2000).

1925 Kasım sonlarında Avustralya'lı bilim insanı Ervin Schrödinger (1887-1961) de Broglie'nin hareketli bir parçacığın dalga karakterine sahip olduğu fikri üzerine bir konuşmasının ardından, dinleyicilerden birinin sorusu üzerine Broglie dalgalarına hükmeden bir dalga denkleminin de bulunması gerektiği yolunda şüpheye düşer. De Broglie'nin varsayımından hareketle 1926 yılında, Schrödinger *Quantisierung als Eigenwertproblem* "Bir Özdeğer Problemi Olarak Kuantumlama" başlıklı dört makalesinde elektronlar için bir dalga denklemi ileri sürer ve denklemi hidrojen atomu için çözer (Beiser, 2003, 167).

1927'li yıllara gelindiğinde Alman fizikçi Werner Heisenberg (1901-1976) bir elektronun bulunduğu yeri ve o yerdeki hızını aynı anda ölçmek mümkün değildir şeklindeki belirsizlik kuramıyla modern atom teorisine önemli bir bakış açısı getirir. Heisenberg daha 1924'lü yıllarda, Göttingen'de, Max Born'un asistanıyken atomun mekanik modellerini sorgulamaya başlar. 1927 yılına gelindiğinde, Kopenhag'da Bohr'un enstitüsünde çalışırken, Wolfgang Pauli'nin bir önerisini geliştirerek belirsizlik ilkesini ortaya atar. Heisenberg başlangıçta, bu ilkenin bir ölçme sürecinde kaçınılmaz olarak oluşan sapmalardan kaynaklandığına düşünür. Ancak Bohr, belirsizliklerin temel sebebinin dalga-parçacık ikilemi olduğunu, bu nedenle doğal dünyanın yapısında bulunduğunu, sadece ölçmeden meydana gelmediğini düşünür. Pek çok tartışmadan sonra, Heisenberg, Bohr'un bu görüş açısını kabul eder (Beiser, 2003, 110). Belirsizlik yasasına göre elektronun yörüngedeki konumunu belirleyebilmek için, üzerine kendisinininkinden daha kısa dalga boylu bir ışık fotonu göndermek gerekir. Küçük dalga boyu yüksek enerji demektir ve elektronun bu enerjii soğurması, konumunu değiştirirdi. Hal böyle olunca bir elektronun,

konumunu ve momentumunu aynı anda ölçmek, dolayısıyla da bilmek imkânsızdır. Heisenberg'e göre, elektronları çekirdek etrafındaki belli yörüngelerde dolaşan parçacıklar gibi düşünmemek gerekiyordu. (Altın ve Saçlıoğlu, 2013).

Modern atom teorisinde Schrödinger elektronların tam olarak yerini söylemek yerine, elektron bulutları terimini kullanır ve elektronların bulunma olasılıklarının en yoğun olduğu bölgeleri işaret eder (Hart-Davis, 2009). Bu bulutların içerisinde elektronların buldukları konumlar elektronların sahip olduğu enerji miktarına bağlı olarak değişir. Elektronlar elektron bulutlarında belirli enerji seviyelerinde yer alırlar. Düşük enerji seviyesine sahip bir elektron çekirdeğe daha yakın bulunur, yüksek enerji seviyesine sahip bir elektron ise çekirdekten daha uzakta yer alır. Heisenberg belirsizlik ilkesi gereği çekirdeğin etrafında yüksek hızla hareket eden bir elektronun kesin konumu belirlenemez. Elektron bulutları bu nedenle herhangi bir zamanda elektronun bulunabileceği tüm bölgeyi temsil eder. 1930'da Linus Pauling kimyasal bağları kuantum mekaniğine göre açıklar ve 1939'da yazdığı *The Nature of the Chemical Bond* (Kimyasal Bağların Doğası) adlı kitap bugüne kadar yayınlanmış en önemli kimya kitabı olarak kabul edilir (Hart-Davis, 2009). Pauling'e göre atomlar moleküller içerisinde elektronların dalga formları olarak etkileşmeleri sonucu bir arada bulunmaktadır. 1932'de James Chadwick nötron kavramını öne sürer. Böylece bu nötr atom altı parçacık ile protonların birbirlerini itmeleri ve sabit bir şekilde kalmaları problemini açıklar. Sonuç olarak artık atomlar "gözlenebilir" olgulardır ve bugün Taramalı Tünel Mikroskopları gibi genişletilmiş duyarlar yardımıyla atomlar kolaylıkla incelenebilir (Thagard ve Toombs, 2005).

1.2.1. Atom kavramının öğretiminde diğer ülkelerin yaklaşımı

Atom kavramı binlerce yılın felsefi ve kuramsal birikiminin bir ürünüdür. Bu kadar geniş ve dinamik bilgi birikimi gelişimine paralel olarak içinde bulunduğu kültürün de etkilerini taşımaktadır. Atom kavramının gelişimi son yüz elli yılda önemli bir ivme kaydetmiştir. Yaşanan gelişmeler birçok ülkeden bilim insanının destekleriyle gerçekleşmiş olsa da Amerika, İngiltere, Almanya gibi ülkelerin atom çalışmaları ve bunun eğitime yansımaları büyüktür. Bunun bir sonucu olarak da atom kavramına yön veren ülkeler olması itibarıyla Amerika Bileşik Devletleri ve İngiltere'nin eğitim politikalarında ve programlarında atom kavramının ele alınış biçiminin

değerlendirmesi fen eğitimi açısından önem taşımaktadır. Amerika Bileşik Devletleri'nde öğretim sürecini düzenleyen Ulusal Bilim Eğitimi Standartları'nda (National Research Council, 1996, 149) 4. sınıfa gelen öğrenciler, nesne ve materyallerin uzunluk, kütle, şekil, renk, doku, sertlik gibi ayırt edici özelliklere göre sınıflandırılabilmesini ve düzenlenebilmesini öğrenmektedir. Buna paralel olarak İngiltere'deki yerel müfredat *National Curriculum for England* (Department For Education, 2011) ilköğretim 3, 4, 5, ve 6. yıllarda verilen ikinci aşama bilim derslerinde öğrencilere tanecik teorisinin verilmesini önermemekte, madde kavramına ilişkin farkındalık geliştirilmesi amaçlanmaktadır. 5.-8. sınıflar öğrencilerin “nesne ve malzemelerin özelliklerinden” “malzemelerin imal edildiği maddelerin karakteristik özelliklerine” kavramsal değişim dönemi olarak tanımlanmakta ve atom kavramı bu dönem içerisinde ele alınmaktadır. Standartlarda 5.-8. sınıfa gelen öğrenciler, atom kavramına maddenin en temel yapı taşı olarak giriş yapmaktadırlar. Buna karşın standartlar bu anlayış seviyesinin bu düzeyler için atomu ve maddenin tanecikli doğasını kavramsallaştırmada oldukça düşük seviyede kaldığını belirtmektedir. Bu dönemlerde öğrenciler kaynama noktası, donma noktası, çözünürlük, saf maddelerin basit kimyasal değişimleri gibi karakteristik özelliklere ilişkin ölçme ve gözlem becerisi geliştirir ve bu özelliklerin maddeleri ayırt etmede ve sınıflandırmada kullanımına ilişkin bilgi edinirler. Standartlara göre öğrenciler bu dönemde atoma ilişkin bazı temel kavramları edinirler fakat maddenin tanecikli modelini açıklamada yeterli açıklama ve argümanlar ortaya koyamazlar. Bu dönemde öğrencilerde oluşan ilk görüş, maddelerin ana materyal ile parçalarının aynı özelliklere sahip olduğudur, bu nedenle atomları maddenin en küçük parçacıkları olarak görmektedirler.

İngiltere'de (DFE, 2011) ilköğretim 3. 4. 5. ve 6. yıllarda maddelerin, sınıflandırılması, değişimi ve karışımların ayrılması gibi temel düzeyde tanecik konusu ele alınmaktadır. Detaylı olarak atom konusuna 7, 8 ve 9. yılları kapsayan üçüncü aşamada girilmektedir (Qualifications and Curriculum Authority, 2007). Bu dönemde tanecik modelinin farklı fiziksel özellikleri ve maddenin davranışını açıklamaya yardımcı olduğu, elementlerin atomlardan oluştuğu ve bunların bileşikleri oluşturmak için bir araya geldiğini, element ve bileşiklerin davranışlarında belirli kimyasal özellik ve yapı gösterdiği konularına yer verilmektedir. Ancak Amerika Bileşik Devletleri'nde standartlar maddeyi “atom adı verilen taneciklerden

oluşur” olarak tanımlamaktadır (NRC, 1996, p. 178) ve atomun yapısına ilişkin konuları 9.-12. sınıflar fizik derslerinin içeriğine dahil edilmesini önermektedir. Buna karşın atom ve moleküllere başlangıç yapmak ya da bir anlayış geliştirmek için element ve bileşiklerin özelliklerinden yola çıkarak açıklamalar yapmayı önermektedir. Standartlar 9.-12. sınıflar düzeyini öğrenciler için makro-düzeydeki olgular ile mikro-düzeydeki yapılar ve uygun temsiller için gelişimsel dönem olarak önermektedir. İngiltere’de 10. ve 11. yıllara gelindiğinde öğrenciler katı, sıvı ve gazların taneciklerden oluştuğu, atomların çekirdek ve elektronlardan oluştuğu, proton, nötron ve elektronun yükü ve yaklaşık kütlesi, kütle numarası, atom numarası ve izotoplar, atomun etrafındaki elektronlara ilişkin model, atomlar arasındaki reaksiyonların elektronlara bağlı olduğunu öğrenmektedirler. Sonuç olarak; atom kavramına ilişkin konuların ülkemize kıyasla Amerika Bileşik Devletleri ve İngiltere’de daha üst öğretim gruplarında ele aldığı göze çarpmaktadır. Konu içerikleri beceri geliştirmeye dönük olarak düzenlenmiştir. Ancak üst öğretim gruplarında dahi olsa yine atoma ilişkin temsiller ve modellemeler kullanılmaktadır.

1.2.2. Ülkemizde atom kavramının öğretimi

Milli Eğitim Bakanlığı’nca hazırlanan 2013 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programının amaçları arasında (Milli Eğitim Bakanlığı, 2013);

“Biyoloji, Fizik, Kimya, Yer, Gök ve Çevre Bilimleri, Sağlık ve Doğal Afetler hakkında temel bilgiler kazandırmak,

Bilim insanlarının bilimsel bilgiyi nasıl oluşturduğunu, oluşturulan bu bilginin geçtiği süreçleri ve yeni araştırmalarda nasıl kullanıldığını anlamaya yardımcı olmak,

Bilimin, tüm kültürlerden bilim insanlarının ortak çabası sonucu üretildiğini anlamaya katkı sağlamak ve bilimsel çalışmalarını takdir etme duygusunu geliştirmek,” maddeleri yer alır.

Öğretim Programında bilgiyi kendi zihninde yapılandırmaya olanak tanıyan, araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme stratejisi benimsenir. Araştırma-sorgulama süreci, sadece “keşfetme ve deney” olarak değil, “açıklama ve argüman” oluşturma olarak da ele alınır. Bu süreçte informal öğrenme ortamlarından da (bilim, sanat ve

arkeoloji müzeleri, doğal ortamlar vb.) faydalanılır. Bu araştırmanın konusu olan atom kavramı ise “bilgi” öğrenme alanlarından “Madde ve Değişim” öğrenme alanı dâhilinde madde, maddenin özellikleri ve maddede meydana gelen değişimlerin araştırılması, incelenmesi ve keşfedilmesine ilişkin bilgiler içerisinde yer alır. Araştırma içeriği itibariyle “Fen-Teknoloji-Toplum-Çevre (FTTÇ)” öğrenme alanına yönelik kazanımlara da cevap vermektedir. Böylece bilimsel bilginin nasıl ve ne amaçla oluşturulduğu, bilginin geçtiği süreçleri, bilginin zamanla değişebileceğini ve bilginin yeni araştırmalarda nasıl kullanıldığını anlamayı ve bilim ve teknolojinin karşılıklı etkileşimi ve birbirlerine olan katkısına yönelik anlayışı ele alır. Aşağıda Madde ve Değişim öğrenme alanınının 3,4,5,6,7 ve 8. sınıflara göre kazandırmayı amaçladıkları yer almaktadır.

3. Sınıf / Maddeyi Tanıyalım Ünitesi

Bu ünite de öğrencilerin; duyu organları yoluyla maddeleri, sertlik-yumuşaklık, esneklik, kırılabilirlik, renk, koku, tat ve pürüzlü-pürüzsüz olmalarına göre nitelendirmeleri; çeşitli maddelere dokunmanın, onları tatma ve koklamanın canlı vücuduna verebileceği zararları kavramaları ve maddeyi katı, sıvı ve gaz hâli olmak üzere üç grupta sınıflandırmaları amaçlanır.

4. Sınıf / Maddeyi Tanıyalım Ünitesi

Bu ünite de öğrencilerin; duyu organları yoluyla maddeyi suda yüzmesi ve batması, suyu çekip çekmemesi ve mıknatısla çekilmesi açısından nitelendirmeleri; maddenin katı, sıvı ve gaz hâllerini akışkanlık, hareketlilik ve buldukları kabın şeklini alma durumları açısından karşılaştırmaları ve madde kavramını kütle ve hacim kavramları kapsamında tanımlamaları amaçlanır. Ayrıca ısı etkisiyle maddede meydana gelen hâl değişimlerinden erime ve donma olaylarını açıklamaları, maddenin cisme nasıl dönüştüğünü kavramaları, maddeyi saf ve karışım olarak temelde iki grupta sınıflandırmaları ve günlük yaşamda sıkça karşılaşılan çeşitli karışımları eleme, süzme ve mıknatısla çekme yoluyla ayırmaları amaçlanır.

5. Sınıf / Maddenin Değişimi Ünitesi

Bu ünite de öğrencilerin; maddenin hâl değiştirmesi sürecinde oluşan erime, donma, kaynama, yoğunlaşma, buharlaşma, süblimleşme ve kırılgılaşma olaylarını ısı alınıp verilmesi temelinde açıklamaları ve erime, donma ve kaynama noktalarını kullanarak saf maddeleri ayırt etmeleri amaçlanır. Ayrıca öğrencilerin, ısı ve sıcaklık kavramları

arasındaki temel farkları kavrayarak ısınma ve soğuma esnasında maddelerde meydana gelen genişleme ve büzülme olaylarını açıklamaları amaçlanır.

6. *Sınıf/ Maddenin Tanecikli Yapısı Ünitesi*

Bu ünite öğrencilerin; maddelerin hareketli taneciklerden oluştuğunu; maddede meydana gelen değişimleri, fiziksel ve kimyasal değişim olarak sınıflandırmaları; kütle ve hacmi kullanarak maddenin yoğunluğunu hesaplayıp yoğunluğun canlılar için önemini kavraması amaçlanır.

7. *Sınıf/ Maddenin Yapısı ve Özellikleri Ünitesi*

Bu ünite öğrencilerin; atomun, proton, nötron ve elektrondan oluşan yapısını; elektron alış verişi sonucu iyon oluşumunu; saf ve saf olmayan madde temelinde element, bileşik ve karışımları sınıflandırması amaçlanır. Ayrıca, karışımların ayrıştırılmasında kullanılan bazı ayırma tekniklerini, elementlerin sembollerini ve bileşiklerin formüllerini öğrenmesi, çözünme olayını, çözücü ve çözünen moleküllerin ilişkisiyle açıklaması, evsel katı ve sıvı atıkların kontrol edilmesi, geri dönüşüm ve yeniden kullanmanın önemini kavraması amaçlanır.

8. *Sınıf/ Maddenin Yapısı ve Özellikleri Ünitesi*

Bu ünite öğrencilerin; elementleri metal, ametal ve soygaz olarak sınıflandırarak yerlerini periyodik sistemde göstermesi, kimyasal bağlar ile kimyasal tepkime arasında ilişki kurması, asit baz kavramları, asit-baz tepkimeleri, yanma tepkimeleri ve asit yağmurlarına ilişkin bilgi ve beceriler kazanmaları amaçlanır.

Sonuç olarak 2013 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı atom kavramı açısından değerlendirildiğinde 2006 Fen ve Teknoloji Dersi Öğretim Programına göre bazı yönleriyle farklıdır. 2006 öğretim programında 6. sınıf Madde ve Değişim öğrenme alanı içerisinde (MEB, 2006)

1.3. Maddelerin görünmez küçük parçalara bölünebildiğini deney yaparak fark eder.

1.4. Maddelerin nereye kadar ardışık bölünebileceğini sorgular.

1.5. Her türden maddenin bölünmesi zor, görülemeyecek kadar küçük yapı taşlarından oluştuğunu belirtir.

1.6. Maddenin, küreye benzer yapı taşlarını atom şeklinde adlandırır.

kazanımlarına yer verilmekteydi. 2013 programında ise bu kazanımlara yer verilmediği, kazanımlardaki atomun ortaya çıkışına ilişkin öncül düşüncelerin ağırlığının azaltıldığı görülür. Oysa ki bu kazanımlara ilişkin gözlemler atom kavramının anlaşılmasında önem taşır. Bu durumun atom kavramının epistemolojik ve ontolojik gelişiminin göz önünde bulundurulmaması kaynaklı çeşitli sonuçları görülebilir.

Ayrıca 2006 Fen ve Teknoloji Dersi Öğretim Programı 7. sınıfta;

2.8. Çizilmiş atom modelleri üzerinde elektron katmanlarını gösterir, katmanlardaki elektron sayılarını içten dışa doğru sayar.

2.9. Proton sayısı bilinen hafif atomların ($Z \leq 20$) elektron dizilim modelini çizer.

2.10. Atom modellerinin tarihsel gelişimini kavrar; elektron bulutu modelinin en gerçekçi algılama olacağını fark eder.

2.11. Bilimsel modellerin, gözlenen olguları açıkladığı sürece ve açıkladığı ölçekte geçerli olacağını, modellerin gerçeğe birebir uyma iddiası ve gereği olmadığını fark eder.

Kazanımlarına yer verilmekteydi. Kazanımlarda da görüleceği üzere eski programda yedinci sınıfta modelleme üzerinden öğretim yapılmaktaydı. Ancak 2013 programında ise bu kazanımlara yer verilmemekte ve kazanımlarda modelleme ile öğretime yer verilmediği görülmektedir. Bu bağlamda bu gelişme ile atom kavramının öğretime ilişkin alternatif yaklaşımların uygulanabilirliğinin önü açılmaktadır.

1.3. Problem durumu

Mevcut ilköğretim programlarında atom kavramının tarihsel gelişimi için son üç asırdaki gelişmeler göz önünde bulundurulmuş ve atom öğretimi ağırlıklı olarak Dalton'dan başlayarak ele alınmıştır (MEB, 2006). Oysa ki atom kavramının öğretiminde öncül düşünceleriyle birlikte geniş bir zaman dilimine yayılan bir sürecin varlığını göz ardı edilmektedir. Son üç asırdır kuşkusuz deneysel ve teorik atomculuk açısından önemli gelişmelere sahne olmuştur, ancak tüm bu gelişmelere

zemin hazırlayan, kökenleri İlk Çağa uzanan atomcu düşünceler unutulmamalıdır. Günümüzde kimi araştırmacılar antik düşünceler ile günümüz modern atomculuğunun birbiri ile karşılıklı ilişki içerisinde olduğunu belirtmektedir (Matthews 2011). Dolayısıyla atom kavramını tam olarak öğrenme ve öğretme atomculuğa bütünsel bir bakışı gerektirmektedir. Atom düşüncesine giden görüşler bilinenen çok daha eskiye MÖ 6. yüzyıl başlarında, Miletoslu Thales'e kadar uzanmaktadır. Thales'in öncülüğündeki *arkhe* arayışı bir asır sonra meyvesini vermiş ve Leukippos bölünemez bir *arkhe* düşüncesini (*arkhe atomos*) ortaya atmıştır. Sonrasında Abdera'lı Demokritos ve Epikouros'un katkılarıyla gelişen atom düşüncesi dönemin felsefe okullarında öğeler öğretisinin temeli haline gelmiş ve Titus Lucretius Carus, Marcus Tullius Cicero ve Lucius Annaeus Seneca gibi Romalı düşünürler tarafından genç kuşaklara aktarılmıştır. Bugün Lucretius öncesi atomcu görüşlere ilişkin sadece bazı fragmanlar günümüze ulaşmıştır. İlk Çağın atomculuğunu en geç tarihli, en olgun ve en açık günümüze taşıyan ilk eser ise Lucretius'un eseri *De Rerum Natura*'dır. *De Rerum Natura* kuşkusuz atoma ilişkin günümüz bilimsel bilgisi ile kıyasla çok sınırlı bilgiyi bizlere sunmaktadır. Özellikle yaşadığımız modern çağda, dönemimizin bilimsel bilgisinin düzeyinde, bu öncül düşüncelerin bilimsel geçerliliğinin aranması yanlıştır. Ancak bu eser İlk Çağ'da atomculuğu ortaya atan düşünme biçimine ve yaklaşıma ilişkin bizlere önemli bilgiler sunmaktadır. Eser atomun varlığını kanıtlama adına İlk Çağ filozoflarının doğaya nasıl yöneldiklerini, doğadaki olguları nasıl yorumlayıp, atomun bilgisine ulaştıklarını ortaya koyma adına önem taşımaktadır. Dolayısıyla bu öncül düşüncelerin eğitim sürecine katkısı göz ardı edilmemelidir. Çünkü atoma ilişkin öncül düşünceler atom kavramına giden yolda öğrencileri tıpkı birer İlk Çağ felsefecisi gibi gözlem yaparak adım adım atom fikrine yaklaştırabilecektir. Dolayısıyla günümüzde pek fazla değinmediğimiz bu antik mihenk taşlarına değinilmesi gerekmektedir. Böylece İlk Çağ'da olduğu gibi atomun duyular ile gözlemlenebilir dünyada algılanabileceği öğrencilere sezdirilebilir.

Mevcut öğretimde kökenleri çok eskilerde bulunan yanlış bir uygulama mevcuttur. Uzun bir dönem Aristoteles'in (MÖ 384 - 322) anti-atomcu duruşu ile atomcu düşüncüyü 2000 yıla aşkın bir süre açık bir şekilde etkilemiştir (Nussbaum, 2005; Bogaard, 2012; Thagard ve Toombs, 2005). Bunun da olası sebebi Aristoteles'in bilim alanındaki saygınlığının yanı sıra dönemin Makedonya kralı Büyük İskender'in

hocası olması ve eserlerinin Büyük İskendir'in fetihleri sonrasında bilinen dünyanın doğusuna Pers topraklarına kadar taşınmış olmasıdır. Ancak bu süreçte dahi, belirli bir zümre tarafından atomculuk daima kabul görmüştür. Dönem dönem Francis Bacon, Pierre Gassendi, Robert Boyle, Antoine Lavoisier ve John Dalton gibi birçok düşünür ve bilim insanını atomculuğu savunan görüşler ortaya koymuşlardır (Thagard ve Toombs, 2005). Ancak Aristoteles'in görüşleri karşısında pek fazla bir ivme kat edememişlerdir. Tarihler 1800'lü yılları gösterdiğinde ise deneysel ve teorik atomculuk İlk Çağ atomculuğundan beslenerek J. Dalton, J. J. Thomson, E. Rutherford, N. Bohr gibi önemli isimler ile zirveye ulaşmıştır. Günümüz modern anlamdaki atomcu düşünce ise ne tam anlamıyla bu görüşlerin bir sentezi ne de yanlışlanmış halidir. Dolayısıyla atom kavramının öğretimi için atomcu düşünceyi tüm yönleri ile kapsayan tarihsel bir bakış gerekmektedir. Ancak böyle bir atom öğretimi etkili ve anlamlı olacaktır. Tarihsel bakış ile atom öğretimi kavrama bütünsel anlamda tüm epistemolojik yönleri ile yaklaşmayı gerektirmektedir. Tarihsel süreçte atom kavramının gelişimindeki tüm çalışmalar, alt kavramlar öğretime dâhil edilmelidir. Bunu yaparken de içerik kronolojik sıra gözetilerek ardışık bir biçimde organize edilmelidir. Benzer tarihsel içerik düzenlemelerinin örneklerine alan yazında rastlanmaktadır. Tarihsel bakışın atom kavramı gibi konuların öğretiminde olumlu sonuçlar verdiği ve etkili bir yaklaşım olduğu çeşitli uygulamalarda değerlendirilmiştir (Örn., Ben-Zvi, Eylon, ve Silberstein, 1986).

Yukarıda içerik yönüyle bazı tespitlerin yapıldığı mevcut atom öğretimi kullanılan öğretim yöntem ve stratejileri açısından da değerlendirilmelidir. Eğitim sürecinde atom kavramına temel teşkil edecek bilgiler ilk olarak madde kavramı içerisinde üçüncü sınıfta ele alınmaktadır. Doğrudan atom sözcüğü ve atom kavramına ise yedinci sınıfta değinilmektedir. Bu sınıf düzeyinde maddenin yapısı ve özellikleri ünitesinde ilköğretim öğrencilerine "Dalton Atom Modeli"nin berk bir küre, Thomson Modelinin içi üzümlü pastaya benzeyen berk bir küre, "Rutherford Modeli"nin merkezinde çekirdek bulunan, elektronların gezegenler gibi dolandığı bir daire, "Bohr Modeli"nin, aynı yörüngede birden çok gezegen bulunabilen güneş sistemine benzer bir küre olarak verilmesi önerilmektedir (MEB, 2006).

Burada da görüleceği üzere kavramın öğretiminde modeller ya da başka bir deyişle üzümlü kek, küre, güneş sistemi gibi modellemeler kullanılmaktadır. Ancak modeller

ait oldukları bilimsel bilgi ile bire bir örtüşmemektedirler. Özellikle epistemolojik yönleri oldukça tartışmaya açıktır (Gilbert, 2004). Çökelez ve Dumon (2005)'e göre modellerin toplum tarafından bilimsel gelişmelere paralel olarak üretilen kaynak bilgiden doğduklarını belirtmektedir. Bu nedenle atom öğretiminde atomun bilgisini öğrencilere aktarmak için modelleri kullanmak son derece yanlıştır. Atom öğretiminde öğrencilere atomun bilgisi birincil kaynaktan, doğrudan sunulmalıdır. Sonrasında öğrenci zaten kendi modelini zihnindeki şemalarda oluşturacaktır. Bu nedenle modeller üzerinden gerçekleştirilen öğretim sürekli bir sorgulama konusu olmuştur (örn., Gilbert, 2004; Stefani ve Tsapalis, 2009; Harrison ve Treagust, 1996; vd.) Diğer yandan modeller üzerinden gerçekleştirilen öğretimde çeşitli öğrenme güçlüklerinin ve kavram yanılgılarının da sıklıkla tespit edildiği bir gerçektir. (örn., Çökelez ve Dumon, 2005; Justi ve Gilbert, 2000; Niaz, Aguilera, Moza ve Liendo, 2002; Harrison ve Treagust, 2000; Albanese ve Vicentini, 1997; Çökelez ve Yalçın, 2012; vd.). Sewell (2002)'in de belirttiği gibi atom ve atom kavramının öğretiminde olası öğrenme güçlüklerinin ve kavram yanılgılarının giderilmesini sağlayacak uygun öğretim yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

1.4. Araştırmanın amacı

Bu araştırmada, İlk Çağ atomculuğunu günümüze taşımayı başaran Lucretius'un atom görüşlerinden yola çıkarak, atom kavramının günümüze değin geçirmiş olduğu değişim ve gelişimleri konu alan tarihsel gelişim sürecine paralel gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinliklerin geliştirilmesi, uygulanması ve geliştirilen ölçme araçları ile öğretimin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla 2012-2013 güz yarıyılı on dört haftalık bir ders döneminde bir Batı Anadolu üniversitesinin, Fen Bilgisi Öğretmenliği lisans programı üçüncü sınıfta eğitim gören öğretmen adayları ile hazırlanan öğretim modülleri üzerinden dersler yapılmıştır. Öğretim sürecini değerlendirmek amacı ile uygulama öncesi, sonrası ve kalıcılığı değerlendirmek için ise uygulama bitimini izleyen ileri bir tarihte atom kavramına ilişkin geliştirilen İzleme Testi öğretmen adaylarına uygulanmıştır.

Çalışmanın alt amaçları:

1. Atom kavramının Lucretius'tan günümüze tarihsel gelişim sürecinde ele alınması ve bu doğrultuda gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinliklerin oluşturulması,
2. Fen bilgisi öğretmen adaylarında atom fikrinin/felsefesinin oluşturulması,
3. Atom kavramına ilişkin alan yazındaki kavram yanlışlarını kapsayan İki Aşamalı Tanılayıcı İzleme Testi'nin (two-tear diagnostic test) geliştirilmesi ve alan yazına kazandırılması,
4. Öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin bilgi düzeylerinin belirlenmesi ve planlanan eğitim sürecinde ve sonrasında gelişiminin izlenmesi,
5. Öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin kavram yanlışlarının belirlenmesi ve planlanan eğitim sürecinde ve sonrasındaki mevcut durumun izlenmesidir.

1.5. Araştırmanın önemi

Atom kavramının etkili bir biçimde öğretimi için atom kavramının karşılık geldiği atom olgusunun net bir şekilde tanımlanması gereklidir. Atom kavramı, atom olgusunun gözlenebildiği ölçüde tanımlanabilir. Atom olgusunun tanımlanması doğal dünyada duyulara eşlik eden bir gözlemle olabileceği gibi, son teknolojinin kullanıldığı deney ortamlarında duyuları destekleyici çeşitli araçların öncülüğünde de olabilmektedir. Atom olgusunun gözlemine odaklanmayan atom kavramı öğretimi ise öğrenme güçlükleri ve kavram yanlışları gibi durumlara neden olmaktadır. Mevcut atom kavramı öğretimi model ve modellemeyi temel alan yaklaşımlardan yararlanmaktadır. Burada bir kavram öğretimi için gereken temel unsur olan kavrama ilişkin olguların net bir biçimde tanımlanması modelleme ile ne düzeyde karşılanabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Modele dayalı öğretimde öğretmenler atom kavramına denk gelen olguyu temsilen çoğu kez top, küre, üzümlü kek, güneş sistemi, orbital vb. benzetim unsurlarından yararlanmaktadır. Ancak bu benzetim unsurlarının olgu-kavram uyumunu karşılama düzeyleri oldukça düşüktür. Olgu-kavram uyumunda karşılanamayan bu bölüm ise ya eşik kavramların öğrenilememesinden kaynaklı olarak öğrenme güçlüklerine ya da yerine başka kavramların yerleştirilmesi nedeni ile kavram yanlışlarına neden olabilecektir.

Bu görüş doğrultusunda araştırmada atom kavramının öğretimi için atom olgusunun gözlenebilirliğinden yola çıkılmıştır. Bu amaçla tıpkı 2000 yıl önce antik dünyanın filozoflarının atomun varlığını kanıtlamada doğaya yöneldikleri gibi doğal dünyada atom olgusunun gözlenebileceği, ardından duyuları destekleyici araçlarla atomun varlığını gösterebilecek ve atomun bilgisini bizlere sunacak çeşitli deneyler ile atom kavramının öğretimine yönelik etkinlikleri içeren modüller geliştirilmiştir. Öğretim modüllerinde atom düşüncesine giden sürecin en başından, MÖ 6. yüzyılın başlarında Thales ve ardıllarının öğeler öğretisi içerisindeki *arkhe* arayışından başlanmıştır. Thales'den Lucretius'a kadar atom kavramına ilişkin sadece belirli fragmanlar mevcuttur. İlk Çağ filozoflarının 2000 yıl önce atomun bilgisine doğayı yorumlayarak nasıl ulaştıklarına ise Lucretius'un eseri "*De Rerum Natura*" ışık tutmuştur. Bu eser en son tarihli, en olgun ve en açık şekilde o zamanın düşüncelerini bize aktarması adına önem taşımaktadır. Eserde yer alan dönemin gerçek gözlemleri ile atom olgusunun varlığına kanıtlar doğada aranmış ve doğadan örnekler üzerinde atom tartışılmıştır. Modüllerde Thales'den başlanarak atom öğretiminin gerçekleştirilmesinin kültürümüze de önemli katkısı bulunmaktadır. Thales ve bazı ardılları atom kavramına giden öncül düşünceleri bugün yaşadığımız batı Anadolu topraklarında öne sürmüşlerdir. İlk Çağ'da, Klazomenai (İzmir, Urla), Miletos (Aydın, Balat), Efes (Aydın, Selçuk) kentleri o dönemin önde gelen filozofları ve düşünce okullarına ev sahipliği yapmış, burada bulunan felsefeciler Thales, Anaksimenes, Anaksimandros, Anaksagoras, ve bir ölçüde de Herakleitos atom fikrine giden sürecin öncül basamaklarını oluştururlar. Çalışmada atom kavramının öğretimine öğrencilerin kendi yaşadıkları coğrafyaya vurgu yapılarak başlanması mevcut alan yazında ilk niteliğindedir. Bireylerin kendi coğrafyalarının değerlerini tanıması ve bu coğrafyanın geçmişte bilime olan katkılarının tartışılması öğrenmenin daha anlamlı ve kalıcı olması açısından önemlidir. Bireylerin kendi yaşadıkları yakın çevrelerinden verilen örneklerle başlanacak bir öğrenme sürecinde, konuya olan ilgi, motivasyon ve hazır bulunuşluluğun da üst seviyede olması muhtemeldir. Bu yönüyle çalışma, ülkemiz müfredatında, ders kitaplarına ve çeşitli eğitim dokümanlarına kaynak niteliği oluşturma yönüyle, bu konudaki eksikliği giderme adına önem taşımaktadır.

Mevcut ilköğretim programlarında atom kavramı ele alınırken Demokritos, Dalton, Thomson ve Bohr gibi isimlere değinilmektedir. Ortaöğretim müfredatlarında ise

konu sarmallık gereği daha da derinleştirilerek Lucretius ve eseri *De Rerum Natura* da anılmaktadır ancak yine de yüzeysel bir değinme söz konusudur. Buna karşın bu araştırmada atom kavramına derinlemesine, bütünsel ve ardışık olarak yaklaşmıştır. Modüllerde derinlemesine bir öğretim için belirli dönüm noktaları ve eşik kavramlar belirlenmiştir (Örn. İlk Çağ için *arkhe*, töz, boşluk ve sonsuzluk düşünceleri, Dalton atom teorisi için kütle korunumu, katlı oranlar yasası vb.). Bütünsel bir yaklaşım gereği atom kavramının anlaşılmasındaki tüm atom tarihi, ön bilgiler ve ilişkili kavramlar modüllerde ele alınmıştır (Örn. *arkhe*, radyoaktivite, manyetik alan, kimyasal olay, fotoelektrik vb.). Ardışık içerik düzenlemesinin gereği olarak da tarihsel gelişim sürecinde her dönemin önemli gelişmeleri ve bilim insanlarının yapmış oldukları çalışmalar kronolojik sırayla sınıf ortamına aktarılmıştır. (Örn., İlk Çağ, Dalton, Thomson, Rutherford...) Böylelikle öğretmen adayları atom kavramını etkili bir şekilde öğrenmenin yanında bilimdeki neden-sonuç ilişkilerini kurabilmekte, bilimin bütünsel yapısını, bilimsel bilginin ortaya çıkışını ve bilimin sürekliliğini görme fırsatı bulmaktadırlar. Bu doğrultuda geliştirilen öğretim modüllerinde yer alan etkinliklerin büyük bir bölümü basit ve ucuz malzemeler ile gerçekleştirilebilecek türdendir. Bu araştırma atom öğretimi için gerekli olan etkinliklerin derlendiği bir koleksiyon niteliğindedir. Bu etkinliklerin belirlenmesinde bizleri atomun keşfine götüren gözlemleri, tarihsel deneyleri sınıf ortamına getirebilecek bir içerik düzenlemesi yapılmıştır. Böylece hazırlanan modüller ile yapılan bir öğretim sonrası kapsamlı bir atom bilgisine ulaşma hedeflenmektedir. Modüllerde yer alan etkinliklere ek olarak araştırmada öğretim sürecini izlemeyi ve değerlendirmeyi sağlayan atom kavramı izleme testi alan yazına kazandırılmıştır. Test yapısı itibari ile iki aşamalı çoktan seçmeli tanılayıcı test türünde olup öğrenme sürecini değerlendirmekte ve öğrenci görüşlerini belirlemektedir. Dolayısıyla araştırma öğretmen adaylarının bilgi düzeylerini değerlendirmenin yanı sıra öğrenci görüşlerinde öne çıkan kavram yanlışları hakkında da bazı bulguları alan yazına sunmaktadır.

1.6. Araştırmanın problemi

Lucretius'tan günümüze atom kavramının gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler ile öğretiminin, lisans üçüncü sınıf fen bilgisi öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin görüşleri üzerine etkisi nedir?

Alt problemler

1. Atom kavramına ilişkin öğrenci görüşlerini belirlemeye yönelik iki aşamalı çoktan seçmeli tanılayıcı test (two-tear diagnostic test) türünde geliştirilen İzleme Testi'nin geçerlilik ve güvenilirliği nedir?
2. Öğretmen adaylarının, atom kavramının gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler ile öğretimi öncesi ve sonrası, atom kavramı ile ilgili sahip oldukları kavram yanılgıları nelerdir?
 - 2.1.1. Öğrenim süresince ve sonrasında bu yanılgılar nasıl değişmektedir?
 - 2.1.2. Öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin alan yazında belirtilmeyen kavram yanılgıları var mıdır?
3. Lucretius'tan günümüze atom kavramının gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler ile öğretiminin öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin bilgi düzeylerini nasıl etkilemektedir ve bu etkilerin kalıcılığı ne düzeydedir?

1.7. Sayıtlar

Bu çalışmanın sayıtları aşağıda belirtildiği gibidir:

1. Araştırmaya katılan öğrencilerin araştırma sorularını içtenlikle ve ciddiye alarak cevapladıkları varsayılmaktadır.
2. Ön-test, son-test, ileri son-test ve çalışma yaprakları için herhangi bir hazırlık yapmadıkları varsayılmaktadır.
3. Veri toplama araçlarında yer alan tüm soruları özenle cevapladıkları varsayılmaktadır.
4. Veri toplama araçlarının not kaygısı oluşturmadığını düşündükleri varsayılmaktadır.

5. Çalışmaya kendi istekleri ile katıldıkları varsayılmaktadır.

1.8. Sınırlılıklar

Bu çalışmanın kapsamı ve sınırlılıkları aşağıda belirtildiği gibidir:

1. Çalışma Muğla Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Fen Bilgisi Öğretmenliği A.B.D'nda öğretim gören 3. sınıf düzeyinde 73 öğretmen adayı ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar bu örneklem ile sınırlıdır.
2. Araştırma atom kavramı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle çalışma kapsamında geliştirilen her türlü öğretim materyali atom kavramı ile sınırlıdır.
3. Araştırma sürecinde kullanılmak üzere hazırlanan öğretim modüllerinin sayısı 6 ile sınırlıdır.
4. Araştırma sürecinde kullanılmak üzere hazırlanan deneylerin içerik ve kavramları, mevcut okul programlarının bir bölümü ile sınırlıdır.
5. Geliştirilen İzleme Testi literatürde ulaşılan kavram yanılgıları ile sınırlıdır.

Anahtar Kavramlar

Atom Kavramı, Lucretius, Gözlem ve Deney, Fen Bilgisi Öğretimi, Etkinlik Geliştirme, İki-Aşamalı Çoktan-Seçmeli Tanılayıcı Test

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Atom Kavramına Genel Bakış: Atom Kavramına İlişkin Görüşler

Atom kavramına ilişkin öğrenci görüşleri (*ideas*), alan yazında öğrencilerin ön bilgileri (*preconceptions*), zihinsel modelleri (*mental models*), kavram yanlışları (*misconceptions*) ya da alternatif kavramları (*alternatif conceptions*) gibi farklı başlıklarla incelenir (de Vos ve Verdonk, 1996). Örneğin; atom ve moleküllerin temel özelliklerine yönelik Kanada'lı 30 lise öğrencisi ile yapılan görüşmelerde Griffiths ve Preston (1992) atom kavramına ilişkin 52 kavram yanlışlığı tespit ederler. Bu çalışmada atom kavramına ilişkin kavram yanlışları dört temel sınıfta incelenir: Atomların yapısı/şekli (*structure/shape of atoms*), atomların büyüklüğü (*size of atoms*), atomların ağırlığı (*weight of atoms*) ve atomların animizmi (*animism of atoms*). Benzer bir sınıflandırma sistemi Harrison ve Treagust (1996) tarafından oluşturulur. Araştırmada atom ve molekül kavramlarına ilişkin 48 lise öğrencisinin görüşmeler ile zihinsel modelleri belirlenir. Griffiths ve Preston (1992) araştırmalarında ortaya çıkan kavram yanlışları dört kategoride sınıflandırıldı, buna karşın bu çalışmada öğrencilerin kavram yanlışları on kategoride toplanır: Atomlar (*atoms*), atomların büyüklüğü (*size of atoms*), maddenin bileşimi (*composition of matter*), yaşayan atomlar (*living atoms*), atomların şekli (*shape of atoms*), atomların yapısı (*texture of atoms*), elektron kabukları (*elektron shells*), elektron bulutları (*elektron clouds*), moleküler modeller (*molecular models*) ve modelleme becerisi (*modeling ability*). Bu bilgiler ışığında çalışmanın bundan sonraki bölümde alan yazındaki ilgili araştırmalar Griffiths ve Preston (1992) tarafından oluşturulan dört temel kategori göz önünde bulundurularak kurgulanacaktır.

2.1.1. Atomların yapısı/şekli

Öğrenciler tek bir atomun özelliklerini çoğu kez maddenin makroskobik özellikleri ile karıştırır (Harrison ve Treagust, 1996). Renström, Anderson ve Marton (1990), madde ve maddenin tanecikli, boşluklu ve hareketli yapısıyla ilgili 20 ilköğretim öğrencisi ile yaptığı görüşmelerde, öğrencilerin maddeyi oluşturan temel tanecikleri

de makro boyutta bir bütün olarak algıladıklarını belirtir. Benzer bir çalışma 300 ilköğretim ve lise öğrencisi ile Boz (2006) tarafından gerçekleştirilir. Yarı yapılandırılmış görüşmeler ile verilerin toplandığı çalışmada, öğrenciler atomu makroskobik özelliklerine göre nitelendirirler. Bu konudaki kavram yanlışlarının önlenmesi için öğrenciler makroskobik ve mikroskobik dünya arasındaki farkı açık bir şekilde kavramalıdır. Albanese ve Vicentini (1997) çalışmalarında 30 İtalyan ilköğretim öğrencisine atom ve moleküllere ilişkin açık uçlu sorular yöneltilir. Araştırmaya katılan öğrencilerin %80'i atomu makroskobik boyutta düşünerek atomun bir renginin olduğunu belirtirler. Çok az bir kısmı “Bir atom herhangi bir renge sahip değildir” düşüncesindedir. Ayrıca öğrenciler atomu, atom sözcüğünün Latince kelime anlamı olan “bölünemeyen” *atomos* sözcüğünden çıkarım yaparak, maddenin bölünemez parçacığ^ı olarak betimlerler. Öğrencilerin atoma ilişkin görüşlerinde benzer kavram yanlışlarına Ben-Zvi, Eylon ve Silberstein'nın (1986) çalışmalarında da rastlanır. 300 lise öğrencisi üzerinde yaptıkları çalışmada öğrencilerin yaklaşık yarısının maddenin elektrik iletkenliği, renk ve bükülebilirlik gibi özelliklerinin tek bir atomun özelliğⁱ olduğuna inandıkları görülür. Benzer bir çalışmada Bozoğ^{lu} (2007) ilköğretim öğrencilerinin (N=46) görüşlerinde makro boyutlarda gerçekleşen bazı olayların mikro boyutlarda da geçerli olduklarını düşündüklerini belirler. Örneğⁱⁿ; öğrenciler madde kesildiğ^{inde} atomların da kesileceğⁱ, maddenin şekline bağı^{lı} olarak atomun da şeklinin değı^şeceğⁱ, atomların ısı yoluyla genleşeceğⁱ, bükülen teldeki atomların da büküleceğⁱ, atomların da yanacağı, eriyeceğⁱ, kimyasal değı^şimde atomların da değı^şeceğⁱ fikirlerine sahiptirler.

İlk Çağda Lucretius'un atomları son derece sert (perfectly hard), bölünemez (indivisible), yok edilemez (indestructible), sürekli (everlasting) ve şekil olarak birbirinden ayrılmaktaydı (differ in shape). Duyulara hoş gelen maddelerin düzgün ve yuvarlak, acı ve nahoşluk veren maddelerin kancalı ve pürüzlü atomlardan oluştuğ^{unu} düşünölmekteydi (Masson, 1884). Bugün alan yazında öğrencilerin atomun yapısına ilişkin kavram yanlışları İlk Çağ atomculuğ^{unun} öğretileriyle benzerlik taşır. İlköğretim ve lise öğrencileri ile yapılan bir çalışmada top benzeri zihinsel modele sahip olan öğrencilerin, atomun şeklini küçük bir top, küre, yumuşak bir ponpon, ya da yuvarlak ve katı olarak belirtirler (Harrison ve Treagust, 1996). Fen bilgisi öğretmen adayları (N=62) ile görüşme tekniğⁱⁿⁱⁿ kullanıldığı benzer bir

araştırmada ise katılımcıların çoğunluğu elektronların belirli yörüngelerde hareket ettikleri ve atomun çekirdeğini küre olarak düşündükleri saptanır (Kaya, 2010). Böylece öğrenciler zihinlerinde atomlar için belirli şekil oluşturmaktadırlar. Benzer bir düşünce Taylan-Yıldız (2006) tarafından 441 ilköğretim ve 479 lise öğrencisi ile yapılan araştırmada görülür. Araştırmada atom öğrencilerin zihinlerinde yapı olarak, güneş sistemi modeli, orbital, elektron bulutu modelleri, üzümlü kek modeli, medyatik model, elektron kabuğu modeli, hücre etkili model vb. modellere benzetilir. Harrison ve Treagust (1996) tarafından gerçekleştirilen başka bir araştırmada da katılımcıların büyük bir bölümü yörünge modelini tercih ederler.

Alan yazında atomun yapısını konu alan kavram yanlışlarından bazıları atom altı parçacıklar ile ilgilidir. Örneğin; Çölekez ve Dumon (2005) lise öğrencilerinin (N=930) açık uçlu sorular ile atom ve moleküllere ilişkin imaj ve kavram yanlışlarını belirlediği araştırmada, öğrencilerde proton, nötron, elektron, iyon, yüklü tanecikler kavramlarının birbiri yerine kullanıldığını belirlerler. Benzer şekilde Stefani ve Tsapalis (2009) araştırmalarında Temel Kuantum Dersi'nde öğrencilerin atomik orbitaller, Schrodinger denklemi, moleküler orbitaller, hibritleşme ve kimyasal bağlar konularında görüşlerine başvururlar. Bu kapsamda 19 üniversite kimya bölümü öğrencisi ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilir. Dört seviyede analiz edilen açıklamalar ve model oluşturma süreçleri bilimselliklerine göre derecelendirilir ve atom modelleri ile karşılaştırılır. Araştırmada elektron bulutlarının gerçek bulutlara benzer belirli şekillerde yapılar olması başta olmak üzere birçok kavram yanlışlığı gözlenir. Atomun orbitallerini konu alan bir diğer araştırma Taber (2005) tarafından gerçekleştirilir. 17 üniversite öğrencisi ile atomik ve moleküler yapının orbital yapısı üzerine görüşmeler yapılır. Araştırmada öğrencilerin orbital kavramına ilişkin neden güçlük çektikleri, kabuk, altkabuk, orbital ve enerji seviyelerini neden birbirleri ile karıştırdıkları gibi konularda ortaya çıkan kavram yanlışları tespit edilir. Atomun yapısı ile ilişkili olan, isotop ve allotrop kavramları atomu oluşturan temel taneciklerin sayısı ile açıklanır. Schmidt, Baumgartner ve Eybe (2003) 3074 üniversite öğrencisinin isotop ve allotrop atomlara ilişkin kavram yanlışlarını 12 sorudan oluşan çoktan seçmeli test ve görüşmeler ile inceler. Araştırma sonuçlarına göre öğrenciler, isotop atomları daha kararlı olarak düşünürler ve bir atomda normal koşullarda eşit sayıda proton ve nötron olması gerektiğini iddia ederler.

Atomun yapısı söz konusu olduğunda öğrenciler çoğu kez atomu içi dolu berk küreler olarak düşünürler. Ancak atom kavramının doğru bir şekilde anlaşılabilmesi için atomlar arası boşluk ve atom altı tanecikler arası boşluk önemlidir. Novick ve Nussbaum (1978) İsrail’li 154 öğrenci ile maddenin gaz hali üzerine yaptıkları görüşmeler sonucunda atomun yapısının anlaşılmasında boşluk kavramının bilinmesinin önemini vurgularlar. Öğrencilerin maddenin tanecikli yapısına ilişkin kavram yanlışlarının belirlediği araştırmalarında; boşluk kavramının zihinlerde canlandıramadıkları, boşluğu sıvı, toz ve mikrop gibi düşündükleri gözlenir. Yine 1981’de Novick ve Nussbaum dört farklı öğrenim düzeyinde (5.-6. sınıf, 7-8-9. sınıf, 10-11-12. sınıf ve üniversite) 576 öğrencinin görüşlerine başvururlar. Araştırmada öğrencilerin gelişim seviyelerine paralel olarak atoma ilişkin kavramsal yapıların zihinlerinde nasıl değiştiği araştırılır. Her yaş grubundaki öğrencinin maddeyi sürekli olarak düşündüğünü görür. Diğer bir deyişle öğrencilere göre atomlar ardışık bölünmeler ile ulaşılabacak en küçük taneciklerdir.

Sonuç olarak, yukarıda sunulan araştırmalarda öğrencilerin görüşlerinde farklı öğrenme düzeylerinde olsalar da atomun yapısı/şekline ilişkin belirli bir ortak kavram yanlışlarının olduğu görülmektedir (Daha detaylı bilgi için bkz., Tablo 2.1.). Araştırmalarda ortak olarak vurgulanan kavram yanlışlarının büyük bir çoğunluğunun öğrencilerin mikro dünyanın makro dünya ile benzer özerlikleri taşıdığı yanlışına sahip olmalarından temellenmektedir. Atom kavramına ilişkin öğrenci görüşlerinin diğer bir boyutu da atomun büyüklüğüne ilişkindir.

2.1.2. Atomların büyüklüğü

Atomun çapı 0.1 ile 0.5 nanometre (1×10^{-10} m ile 5×10^{-10} m) arasında değişir. Diğer bir deyişle atom görme duyusu ile algılanabilen bir saç teli ile karşılaştırıldığında milyon kez daha küçüktür. Hal böyle olunca bu yapı öğrencilerin duyular dünyası ile algılayabileceğinden çok uzak ve mikro dünyaya aittir. Ancak öğrenciler atomun büyüklüğü konusunda çoğu kez farklı algılamalara sahiptir. Lise öğrencileri ile yapılan bir araştırmada, öğrencilerin atomların mikroskopla görülebileceği, tüm atomların aynı çapta olacağı, ısınmanın atom çapını büyüteceği gibi kavram yanlışlarına sahip oldukları rapor edilir (Griffiths ve Preston, 1992). Nakhleh, Samarapungavan ve Sağlam (2005) dokuz ilköğretim öğrencisinin yarı

yapılandırılmış görüşmelerle maddeye ilişkin görüşlerine başvururlar. Sonuçlara göre, öğrenciler atomların optik bir mikroskop altında görülebileceğini, mikroplar ile aynı boyutlarda ya da benzer boyutlarda olduklarını düşünürler. Unal ve Zollman (1999) 239 lise öğrencisinin açık uçlu sorular ve çizimler ile atomun yapısını, öğelerini ve öğelerinin yaklaşık konumlarını, büyüklüklerini ve atom tarafından salınan enerjinin nasıl anlaşıldığını araştırırlar. Araştırma sonucunda, dokuzuncu sınıflar hariç, katılımcıların % 69'unun atomun günümüz teknolojisi ile görülebileceğini düşündüğü, dokuzuncu sınıfların ise teknolojinin gelişimine paralel olarak gelecekte görülebileceğini düşündükleri ortaya çıkar. Katılımcıların çok az bir bölümü atomu görmenin teknolojik açıdan imkânsız olduğunu belirtir. Buna paralel, Özmen (2011) 12 ilköğretim öğrencisini kapsayan nitel araştırmasında, öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun tek bir atomun ısıyla birlikte boyutlarının büyüyeceğini ve madde dondurulduğunda atomların küçüleceğini düşündüklerini ortaya çıkarır. Atomların boyutlarına ilişkin öğrencilerin görüşlerinin alındığı bir başka çalışmada öğrenciler güneşin etkisiyle atomların genişleceğini, soğukta ise büzüleceğini ileri sürerler. Araştırmada, öğrencilere kavramların öğretilmesi sırasında teorik problemlerden ziyade günlük yaşamda karşılaştıkları örnekler üzerinden öğretim sağlanması, bir kavram öğretildikten sonra o kavramla ilgili uygulamalar yaptırılması ve bu uygulamalarda günümüz ders kitaplarının sağladığı teorik problemlerden ziyade, günlük olaylardan seçilmiş örnekler kullanılması önerilir (Özmen, Ayas ve Coştu, 2002). Bu görüşe karşın Chakraborty ve Mondal (2012) araştırmalarında lise öğrencilerinin (N=189) atomların büyüklüğüne ilişkin kavram yanlışlarının temelinde kütle numarası kavramını tam olarak anlamamalarının yattığını vurgularlar. Sonuç olarak, atomal boyutta da öğrenciler makro dünyadaki tecrübelerini mikro dünyadaki atoma genellemektedirler. Örneğin genişleme, büzülme, mikroskopla büyütme öğrencilerin makro dünyadaki tecrübeleridir, ancak araştırmalarda bu durumların nano ölçülerdeki atomlara genellendiği görülmektedir. Atom kavramına ilişkin öğrenci görüşlerinin bir diğer boyutu atomların ve atomları oluşturan taneciklerin ağırlıkları üzerinedir.

2.1.3. Atomların ağırlığı

Tek bir atomun toplam kütlesi ya da atomun alt parçacıklarının kütlelerine ilişkin öğrencilerde birtakım kavram yanlışları görülür. Griffiths ve Preston (1992) 30 lise öğrencisi ile yaptığı görüşmelerde, öğrencilerin “Her atom aynı kütleye sahiptir.” yönünde kavram yanlışlığı olduğunu tespit ederler. Benzer bir araştırmada, Stavy (1988) lise ve üniversite öğrencilerinin gaz kavramına ilişkin kavram yanlışlarını ve görüşlerini belirler. “Havanın kütlesi yoktur.” ya da “Gazlar kütleye sahip değildir.” kavram yanlışları araştırma sonuçları arasındadır. Atomların ağırlıklarının değişebileceğine ilişkin bir başka kavram yanlışlığı Pıdeci (2002) tarafından gerçekleştirilen yüksek lisans tezinde ortaya çıkarılır. Veri toplama aracı olarak anket ve görüşme yöntemlerinin kullanıldığı araştırmada atomun kütesinin maddenin fiziksel haline göre değişebileceği araştırma sonuçları arasındadır. Atom altı taneciklerin ağırlıklarına yönelik olarak ise Osborne ve Cosgrove (1983), lise öğrencilerinin atom ve molekül kavramına ilişkin kavram yanlışları üzerine çalışırlar. Çalışmalarının sonucunda, öğrencilerde elektronların kütlesi yoktur, sadece yüküdür ve protonların kütlesi bir gramdır şeklinde kavram yanlışları tespit edilir. Atom kavramına ilişkin görüşlerde en son kategori atomların canlı olarak düşünmesidir.

2.1.4. Atomların animizmi

Atomlara canlılığa ait özelliklerin aktarılması yaygın karşılaşılan kavram yanlışlarından biridir. Örneğin, Griffiths ve Preston (1992) araştırmalarına katılan lise öğrencilerinin bütün atomları canlı düşündükleri, bunun nedeni olarak da atomların hareket edebilmelerini gösterdiklerini belirtirler. Lise öğrencileri ile gerçekleştirilen başka bir araştırmada, öğrenciler atom çekirdeği ile hücre çekirdeğini birbirini ile karıştırırlar, atom çekirdeğini atomun kontrol merkezi, elektron kabuklarını yumurtanın kabuğu ve atomu koruyan yapı şeklinde ifade ederler (Harrison ve Treagust, 1996). Buna paralel, de Vos ve Verdonk (1987) lise öğrencilerinin korpüsküllere ilişkin düşünceleri üzerine yaptığı görüşmelerde, öğrencilerin molekülleri yaşayan varlıklar olarak betimlediklerini gözlemlerler. Atomlar ile hücreler sıklıkla birbirini ile karıştırılır, atomun hücrenin en temel yapısı olduğu

düşünülür ya da canlının en küçük yapısının hücre olduğu, cansızların en küçük yapısının atom olduğu araştırma sonuçları arasındadır (Kaya, 2010; Pideci, 2002). Bu araştırmalardan farklı olarak, Nakiboğlu ve Poyraz (2006) araştırmalarında, atom ve kimyasal bağlar konularında öğrencilerin “canlılık” ve “insana özgü dil” kullanım durumlarını ele alırlar. Kimya ve kimya öğretmenliği bölümlerinden 324 üniversite öğrencisinin örneklemini oluşturduğu çalışma sonucunda, öğrencilerin bu kavramları ifade ederken gereksinim duymak, istemek, çalışmak, yakalamak gibi insan davranışlarını ifade eden fiilleri alan yazındaki bulgularla benzer kullandıkları görülürken, alan yazından farklı olarak da hissetmek, rahat olmak, yer açmak, eğilmek, başvurmak, doyurmak, yakalamak, imece ve gayesi olmak gibi insana özgü ifadeleri kullandıkları ortaya çıkarılır.

Sonuç olarak; dört temel kategoride incelenen kavram yanlışları atom öğretiminde beklenmeyen öğrenci görüşleridir. Hangi kategoride olursa olsun mevcut kavram yanlışlarının öğretmenler ya da bilim eğitimcileri tarafından tam olarak bilinmesi önem taşır. Böylece öğrenme ortamını düzenleyici ve geliştirici etkinlikler ile bu görüşlerin oluşması engellenebilir. Bu görüşlerin oluşmasındaki temel sebeplerin incelenmesi yukarıdaki tarama türündeki araştırmalardan öte, deneysel araştırmaların konusu dâhilindedir. Bu nedenle araştırmanın bundan sonraki bölümünde alan yazında atom kavramının öğretiminde kullanılan yöntem ve stratejilere yer verilecektir.

2.2. Atom Kavramının Öğretimi: Yöntem ve Stratejiler

Modelleme bilim eğitiminde atom kavramı gibi mikro dünyaya ya da güneş sistemi gibi makro dünyaya ait olguların öğretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Araştırmanın konusu olan atom fikrinin doğuşu ve gelişiminde gerek felsefeciler gerekse bilim insanları gerçekleştirdikleri bilimsel gözlem ve deney sonuçlarını açıklamak ya da atomun doğasını anlamak amacıyla birçok model öne sürdüler. Bunun bir sonucudur ki günümüzde atom öğretimi denildiğinde akıllara ilk gelen öğretim yöntemi model ile öğretimdir. Örneğin, model ile öğretimin kullanıldığı bir araştırmada on Avustralyalı lise öğrencisinin atomlar, moleküller ve kimyasal bağlar konularına ilişkin modelleme deneyimleri, entelektüel gelişimleri ve kavramsal

durumları nitel olarak incelenir (Harrison ve Treagust, 2000). Araştırmada atom, molekül ve bağ modellerinin kullanımı sonrası öğrencilerin modellere ilişkin deneyimleri, bilişsel gelişimleri ve kavramsal durumları nitel olarak ele alınır. Araştırma sonucunda benzetime dayalı modellerin sistematik olarak kullanıldığında öğrencilerin modelleri anlamlı ve kullanışlı olarak incelemelerine fırsat sunacağı ve bunun sonucunda kavram öğreniminin kolaylaşacağı belirtilir.

Thomson, Rutherford ve Bohr'un öne sürmüş oldukları bilimsel atom modellerinin geleneksel öğretim yöntemine dayalı olarak ele aldığı bir diğer araştırmada, örneklem olarak üniversite öğrencileri (N=160) ile çalışılır (Niaz, Aguilera, Maza, ve Liendo, 2002). Araştırma yöntemi olarak deneysel yöntemin izlendiği araştırmada üç bilim insanına ait atom modelleri deney ve kontrol grubuna geleneksel yöntemle dayalı olarak sunulur ancak deney grubu ile sonrasında üç bilim adamının çalışmaları, deneyleri hakkında detaylı tartışmalar düzenlenir. Araştırma sonucunda öğrencilerin bilimsel bilgiyi ve bilimsel süreçleri daha iyi öğrenebilmeleri için o konu hakkında detaylı tartışmanın önemli olduğu araştırma sonuçları arasındadır. Bohr atom modeli üzerinden öğretimin yapıldığı benzer bir araştırmada, ilköğretim öğrencilerinin (n=18) tanecik boyutunda maddeye ilişkin zihinsel modelleri incelenir (Adbo ve Taber, 2009). Araştırmada veriler yarı yapılandırılmış görüşmeler çerçevesinde katı, sıvı ve gazlara ilişkin atom çizimleri ile toplanır. Öğrencilerde zihinsel model olarak atomun çekirdeğinin ölçüsüzce büyük ve hareketsiz olduğu, atom modeli olarak gezegensel modelin tercih edildiği görülür. Ayrıca öğrenciler katı halin taneciklerini hareketsiz, hal değişimini moleküllerin yapısını bozan bir olay olarak görürler. Araştırmada modellemeden farklı olarak diğer öğretim yaklaşımlarının kullanılmasının öğrencilerin zihinsel modellerinin geliştirilmesinde önemli olduğu belirtilir. Atom modellerini öğrenme süreçlerini (learning pathway) araştıran Petri ve Niedderer (1998), bir dönem ileri düzey fizik dersinde bir lise öğrencisinin öğrenme sürecini izler. Öğretim başlangıcında öğrencide atomun gezegensel modeli (planetary model of atom) görülürken, ilerleyen öğretim etkinlikleri sonrası sırasıyla olasılık yörünge modeli (probability orbit model), durağan elektron modeli (state-electron model), elektron bulutu modeli (electron cloud model) öğrencide gözlenen zihinsel modeller olarak rapor edilir. Öğretim sürecinde öğrenci her ne kadar daha gelişmiş modellere ilişkin bilgi almış olsa da, veri analizinde bu üç modeli farklı güçlüklerde ve durumlarda ele alan zihinsel

modellere rastlanır. Ancak bu modeller içerisinde gezegen modeli öğrenme süreci boyunca etkisini göstermektedir.

Öğrencilerin zihinsel modellerinin sınıflandırıldığı (Antik Çağ-Tanecik Modeli, Nükleer Model, Bohr Modeli ve Kuantum Modeli) bir başka araştırmada, Park ve Light, (2009) üniversite öğrencilerinin Genel Kimya Dersi öncesi ve sonrası yapılandırılmış açık uçlu sorular ile zihinsel modellerini ve hedef atom modeline ulaşmalarına engel olan eşik kavramlarını belirlerler. Öğrenci cevapları dört atom modeline karşılık gelen 13 seviyede sınıflandırılır. Bu sınıflandırma içerisinde seçilen üç öğrenci ile görüşme yapılarak hedef atom modeline (kuantum modeli) ulaşmaları için gereken eşik kavramlar belirlenir. Seçilen öğrencilerin ikisi Bohr, biri kuantum modeli seviyesindedir. Bu üç öğrencinin öğrenme güçlükleri önündeki bariyerleri kaldırmak ve hedef atom modeline (kuantum modeli) ulaşmaları için "elektronların bulunma olasılığı (Heisenberg belirsizlik ilkesi)" ve "kuantum teorisine dayalı enerji kuantlaşması (energy quantization)" eşik kavramlarını öğrenmeleri gereklidir. Öğrencilerin atom kavramını öğrenmeleri için gerekli diğer eşik kavramların belirlenmesi adına daha geniş katımlı araştırmaların yapılması araştırmanın önerileri arasındadır. Özgür ve Bostan (2007), ilköğretim öğrencilerinin atom kavramı ile ilgili sahip oldukları kavram yanlışlarını ve bu yanlışlar ile epistemolojik kaynaklı yanlışlar arasında benzerlikleri araştırır. Bu doğrultuda, atom kavramının geçmişten günümüze olan epistemolojisini inceler ve öğrencilerden 5 adet açık uçlu sorudan oluşan bir anket ve görüşmeler ile veri toplar. Araştırmanın sonuçları incelendiğinde, öğrencilerin atom kavramı ile ilgili bazı düşünceleri ile atom kavramının tarihsel süreçteki epistemolojik kaynaklı yanlışları arasında benzerlikler olduğu görülür. Bu nedenle atom modelleri anlatılırken, her yeni modelin bir önceki modelin eksikliklerini gidermek amacıyla ileri sürüldüğü belirtilmesi ve atom modelleri arasında ilişkiler kurulması önerilir.

Pallant ve Tinker (2004) hareketli molekül modellerini çevrimiçi (online) öğrenme etkinlikleri ile sınıf ortamına aktardıkları araştırmalarında lise ve üniversite öğrencilerinden oluşan 10 sınıf ile uygulama yaparlar. Öğrencilerle yapılan çalışmalar rehberli bilgisayar destekli öğretimin öğrencilerin maddenin hallerine ilişkin güçlü zihinsel modeller oluşturmalarına katkı sağladığını belirtirler. Bu yöntemin kullanımı öğrencilerin maddenin hallerini zihinlerinde doğru bir şekilde

yapılandırmalarına ve atomlar ile bağlantıları hakkında düşünmelerine katkı sağlar. Araştırmanın izleme testlerinde öğrencilerin bu alandaki öğrenmiş olduklarını başka alanlara aktarabildikleri görülür.

Atom kavramına ilişkin deney yoluyla öğretimi kullanan de Jong, van Driel ve Verloop (2005) yüksek lisans yapan öğretmenlerin (n=12) olgular (örn. maddelerin özellikleri, fiziksel ve kimyasal süreçler) ve tanecik yapıları (örn. atom, molekül ve iyon) arasındaki ilişkiye yönelik tanecik modellerini kullanmaları üzerine eğitim verir. Araştırmada veriler ödevler, toplantı tartışmalarının analizi, yansıtıcı ders raporları ve katılımcıların yazıları ile toplanır. Araştırma sonuçları tüm katılımcıların belirli öğrenme güçlükleri olduğu ve tanecik modellerinin kullanımı konusunda farkındalık kazandıklarını gösterir. Öğretim sonrasında öğretmenlerin tanecik modeline ilişkin öğrencilerinin problemlerini daha iyi anladıkları ve tanecik modelinin yararlılıklarını ve sınırlılıklarını öğrenme fırsatı yakaladıkları belirtilir.

Çökelez ve Yalçın (2012), ilköğretim yedinci sınıf öğrencilerinin atom kavramı ile ilgili öğrenim öncesi (N=217) ve öğrenim sonrası (N=215) zihinsel modellerini incelerler. Çalışma öncesinde belirli bir öğretimden geçmeyen öğrenciler zihinlerinde atom modelini berk küreler olarak düşünür, öğrenim sonrası ise günümüzde geçerli olan Modern Atom Teorisi yerine, Bohr Atom Modeli ön plana çıkar. Öğrenci çizimlerinde Bohr atom modeli, güneş sistemi modeli + medyatik model, top modeli, molekül etkili model, elektron bulutu modeli, hücre etkili model ve üzümlü kek zihinsel modelleri gözlenir. Ayrıca çalışmada analogik modellerin kavram yanlışlarına neden olabilecek doğası göz önünde bulundurularak, derslerde kullanılmak üzere analogik modellere ek olarak, animasyonlar ve simülasyonlar geliştirilmesinin yararlı olacağı araştırmanın önerileri arasındadır.

Alkan (1996), “Bazı Kimyasal Kavramların Model-Benzetmelerle Öğretimi” adlı yüksek lisans tezinde kimya kavramlarının öğretiminde model-benzetmelerin etkisini araştırır. Lise öğrencileri ile öğretimin yapıldığı araştırmada, öğretim sonrası öğrencilerde görülen model ve benzetimlere ilişkin hazırlanan bir anket bölgedeki kimya öğretmenlerine uygulanır. Elde edilen sonuçlara göre model ve benzetim kullanımı öğrenmeyi kolaylaştırarak öğrenci başarısını artırmaktadır. Ancak seçilen modeller konuya uygun olması, öğrencinin algılayabileceği düzeyde olması araştırmanın önerileri arasındadır.

Ünlü (2000), “Kavramsal Değişim Yöntemlerinin Çocukların Atom, Molekül ve Madde Kavramlarını Anlamadaki Başarılarına Etkisi” adlı yüksek lisans tezinde, kavramsal değişim metinlerinin kullanımının atom, molekül ve madde konularındaki kavramlarla başarıya ve fen dersine olan tutuma etkisini araştırır. Veri toplama aracı olarak Atom, Molekül, Madde Kavramları Başarı Testi, Fen Bilgisi Dersi Tutum Ölçeği ve Bilimsel İşlem Beceri Testi olarak üç ölçek kullanılır. Araştırma sonuçları incelendiğinde geleneksel öğretim uygulanan grupta atom kavramına dair kavram yanlışlarının daha çok olduğu gözlenir.

Gündüz (2001), “İlköğretim ve Ortaöğretim Öğrencilerinde Atom ve Molekül Kavramı” adlı yüksek lisans tezinde, aktiviteye dayalı öğretimin öğrenci başarısı üzerine olan etkisi ve ilköğretim öğrencileri ile ortaöğretim öğrencilerinin atom ve molekül kavramı konusunda sahip oldukları kavram yanlışlarını inceler. Araştırma sonucunda; öğrencilere (n=120) modele dayalı olarak sunulan aktivitelerin, öğretim açısından ve kavram yanlışlarının giderilmesi açısından başarılı olduğu gözlenir. Kavram yanlışlarının temel sebebinin ise öğrencilerin maddenin moleküler seviyedeki özelliklerini makroskobik seviyedeymiş gibi düşünmelerinin kaynaklandığı vurgulanır.

Kaya (2002), “İlköğretim 7. Sınıf Öğrencilerinin Atom ve Atomik Yapı Konusundaki Başarılarına, Öğrendikleri Bilgilerin Kalıcılığına, Tutum ve Algılamalarına Çoklu Zeka Kuramının Etkisi” adlı yüksek lisans tezinde çoklu zeka kuramının etkisini ve ilköğretim fen müfredatı açısından uygulanabilirliğini araştırır. Öğrencilerin atom ve atomik yapı konusundaki kavramsal algılamalarını ve beyansal bilgilerini tespit etmek için başarı testi uygulanır. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda çoklu zeka kuramına dayalı öğretim etkinliklerinin öğrencilerin atom ve atomik yapı konusundaki başarılarına, öğrendikleri bilgilerin kalıcılığına, fene olan tutum ve bilim ve bilimi öğrenme yollarını algılamalarına anlamlı bir katkı sağladığı görülür. Atom ve atomun yapısı ile ilgili kavram yanlışlarının sebeplerinden birisi kitaplarda gösterilen modeller olduğu ve incelenen kaynaklardaki şekiller ve ifadelerin öğrencileri kavram yanlışına doğru yönlendirdiği belirtilir.

Salmaz (2002), “Lise 1. Sınıftaki Öğrencilerin Atom ve Yapısı Konusundaki Yanlış Kavramlarının Belirlenmesi ve Giderilmesi Üzerine Yapılandırıcı Yaklaşımın Etkisi” adlı yüksek lisans tezinde, lise öğrencilerinin “atom ve yapısı” konusundaki kavram yanlışlarını ve bu yanlışları gidermede yapılandırıcı yaklaşım ve geleneksel

öğretim yöntemlerinin etkilerini karşılaştırır. Araştırma sonunda yapılandırıcı yaklaşımın geleneksel öğretim modeline göre öğretim ve yanlış kavramların giderilmesi açısından daha başarılı olduğu sonucuna varılır. Öğrencilerde görülen bazı kavram yanlışları ise maddenin en küçük parçasının atom olduğu, atomun da küçük parçacıklardan oluştuğu ya da atomun canlı olduğudur.

Zavrak (2003), “Lise Kimya Programında Atomun Yapısı Ünitesinde Aktif Öğrenme Yöntemlerinin Uygulanması” adlı yüksek lisans tezinde, atom ve yapısı konusunda ilgili aktif öğrenme yöntemlerine dayalı rehber bir materyal hazırlar ve uygulamanın öğrenme başarısına etkisi araştırır. Uygulama öncesi konuya ait var olan kavram yanlışlarını tespit etmek için hazır bulunuşluk testi, her iki gruba da konu anlatıldıktan sonra ise değerlendirme testi uygulanır. Elde edilen veriler doğrultusunda aktif öğrenme yöntemlerine dayalı olarak hazırlanan rehber materyalin uygulandığı deney grubunun geleneksel öğrenme yöntemleriyle ders işlenen kontrol grubuna göre öğrenme başarılarının anlamı bir fark gösterdiği belirlenir. Öğrencilerin hazır bulunuşluk testi sonuçları incelendiğinde öğrencilerin atomu oluşturan alt birimler arasındaki ilişkiyi kuramadıkları ve atom modelleri hakkında bilgi karışıklığı yaşadıkları gözlenir.

Çalışkan (2004), “Araştırmaya Dayalı Kimya Dersinin Öğrencilerin Atom Konusunu Anlamalarına, Öğrenme Yaklaşımlarına, Motivasyonlarına, Öz-Yeterliklerine ve Bilimsel Bilgi İnaçlarına Olan Etkisi” adlı yüksek lisans tezinde araştırmaya dayalı lise kimya dersinin ve cinsiyet farkının öğrencilerin atom konusunu anlamalarına, öğrenme yaklaşımlarına, motivasyonel amaçlarına, öz yeterliklerine, ve bilimsel bilgi hakkındaki inançlarına olan etkisi araştırır. Araştırmada atom konu testi, öğrencilerin atom konusundaki bilgilerini; öğrenme yaklaşımı soru formu, öğrenme yaklaşımlarını; başarı motivasyon soru formu, motivasyonel amaçlarını ve öz yeterliklerini ve bilimsel bilgi soru formu, bilimsel bilgi hakkındaki inançlarının ölçülmesinde kullanılır. Analiz sonuçları, araştırmaya dayalı öğretim gören öğrencilerin atom konusu ile ilgili başarılarının, geleneksel yöntemle kimya öğrenimi gören öğrencilere göre daha yüksek olduğunu gösterir. Geleneksel yöntemle öğretim yapılan grupta atom kavramına dair kavram yanlışlarına daha çok rastlanır.

Erdoğan (2005), “İlköğretim 7. Sınıf Öğrencilerinin Atomun Yapısı Konusundaki Başarılarına, Kavramsal Değişimlerine, Bilimsel Süreç Becerilerine ve Fene Karşı Tutumlarına Sorgulayıcı-Araştırma (Inquiry) Yönteminin Etkisi” adlı yüksek lisans

tezinde sorgulayıcı-araştırmaya (inquiry) dayalı öğretim yönteminin etkisini geleneksel öğretim yöntemi ile karşılaştırarak inceler. Öğrencilere başarı testi, kavram testi, bilimsel süreç beceri testi ve fene karşı tutum ve algılama testi uygulanır. Araştırma sonucunda öğrencilerin zihinlerindeki atom modelinin yörünge modeli olduğu vurgulanır. Bunun da temel sebebi olarak ders kitaplarında atom konusunu anlatırken kullanılan model olması öne sürülür.

Yukarıda özetlenen araştırmalarda da görüleceği üzere, atom öğretiminde öğretmenler tarafından çok sayıda atom modeli (Örn., Dalton atom modeli, Bohr atom modeli, dalga elektron modeli, güneş sistemi modeli + medyatik model, yörünge modeli, top modeli, molekül etkili model, elektron bulutu modeli, hücre etkili model, üzümlü kek vb.) kullanılır. Nitekim bu modellerin yalnızca bir kaç bilim felsefesi ve bilim tarihi boyunca atomu betimlemek için önerilmiştir. Diğer modeller ise atom öğretimi için sunulan hibrid modellerdir. Bu modelleri sınıflandırmak amacıyla gerçekleştirilen bilim felsefesi ve tarihine ilişkin bir araştırmada, Brezilya ve İngiltere’de lise programı ve ders kitaplarında yer alan atom kavramına ilişkin modellerin analizi yapılır (Justi ve Gilbert, 2000). Araştırmada bilimsel atom modelleri olarak: Antik Yunan Modeli (Ancient Greek model), Dalton Modeli (Dalton’s model), Thomson’un “kütle içine gömülü” modeli (Thomson’s ‘embedded mass’ model), Rutherford’un “nükleer” modeli (Rutherford’s ‘nuclear’ model), Bohr’un “yörünge” modeli (Bohr’s ‘orbit’ model), Kuantum mekaniği modeli (Quantum mechanics model) olmak üzere altı bilimsel atom modeli tanımlanır. Okul müfredatlarında bilimsel modellere yeterince değinilmediği ve hibrid modellerin öğretimde yaygın olarak kullanıldığı analiz sonuçları arasındadır.

Sonuç olarak; her ne kadar alan yazında yer alan araştırmalarda atom kavramı farklı öğretim yöntemleri ile ele alınıyor olsa da temelde atom öğretiminde modeller kullanılır. Ancak modeller üzerinden öğretimin çeşitli sınırlılıkları bulunmaktadır (Örn. Johnston ve Driver, 1991; Petri ve Niedderer, 1998; Harrison ve Treagust, 2000; Zavrak, 2003; Özgür ve Bostan, 2007; Alkan, 1996). Unutulmamalıdır hiçbir model bugün de bilindiği üzere atomun yapısını/şeklini ve büyüklüğünü birebir ifade edememektedir. Birçok öğrenci, zorluklarına karşın, ortaöğretimde kimya konularını öğrenmek için çaba sarf etmekte ancak fen eğitiminde sahip oldukları ön bilgiler, kavram yanlışları vb zihinsel modellerinin etkisiyle başarılı olamamaktadır (Yürümezoğlu ve Çökelez, 2010). Halbuki iyi bir sorgulama temelli bilim eğitiminin

üç önemli ayağı bulunmaktadır: Gözlem, ölçme ve deney. Bu bilgiler ışığında da bu araştırma atom kavramının öğretiminde model ile öğretimden farklı olarak öğretim sürecini gözlem ve deneye dayalı etkinlikler ile katılımcılara sunmaktadır. Araştırmanın diğer bir boyutunda ise deney ve gözlemler sürecinde katılımcıların atom kavramına ilişkin görüşleri incelenmektedir. Bu amaçla yukarıda ele alınan araştırmalarda öne çıkan kavram yanlışları alan yazına bütünsel bir bakış sunabilmek, araştırma sürecinde katılımcıların görüşlerini izlemek ve veri toplama araçlarının kapsamını oluşturmak amacıyla Griffiths ve Preston (1992)'da belirtilen dört kategoride analiz edilmiştir. Kavram yanlışları ve kategorileri Tablo 2.1.'de sunulmaktadır.

Tablo 2.1. Alan yazında yer alan kavram yanlışlarının Griffiths ve Preston (1992)'da belirtilen dört kategoride sınıflandırılması

Kategori	Kavram yanlışlığı	Çalışma Adı
Atomların yapısı/şekli (structure/shape of atoms)	Bir moleküldeki tüm atomlar aynıdır.	1
	Atomlar içi dolu bir küreye benzer.	2, 3, 12
	Sadece tek bir atom vardır.	1
	Atomlar serttir.	2
	Bir atom birçok nokta (daire) ile temsil edilir.	3
	Atomlar yassıdır/düzdür.	3, 15
	Atomlar arasında madde vardır.	3
	Atomun çekirdeği bir küre şeklinde olmalıdır	11
	Elektronlar atomda belli yörüngelerde hareket ederler	3, 11
	Atom kürenin içindeki bileşenleri temsil eden noktaların kullanıldığı bir çembere benzer.	12
	Atom katı bir küreye benzer.	12
	Atom rastgele dağıtılmış noktalar ya da dairelerden oluşur.	12
	Atomlar renklidir.	15
	Atom, maddenin bölünemeyen en küçük yapı taşıdır	11
	Madde ezildiğinde atomları ezilir.	15
	Madde süreklidir.	15
	Madde sonunda "hiçbir şey kalmayana" kadar bölünebilir.	15
	Maddenin en küçük parçası atomdur.	13
	Atom küçük parçacıklardan oluşmuştur.	13
	Maddenin en küçük parçası atomdur.	13
	Yumuşak bir madde sert moleküllerden meydana gelmiş olamaz.	8
	Sıvıların molekülleri katı nesnelere olamazlar çünkü onlar ufak küçük damlacıklardır.	8
	Kaynayan sudaki baloncuklar H ₂ , O ₂ ya da ısı yada havadır.	1
	Opak maddeler opak moleküllere sahiptir.	8
	Su kaynarken su bileşenlerine ayrılmaktadır.	1
	Buz eridiğinde O ₂ molekülü sayısı artar.	1
	Su kaynadığında su molekülleri hava moleküllerine dönüşür.	1
	Bir molekül ışığı absorbe ettiğinde, ve uyarıldığında, ya da daha fazla enerjiye sahip olduğunda elektronlar daha hızlı hareket eder.	4
	Atomu küçük bir güneş sistemi gibidir.	4
	Orbitalleri güneş sistemindeki yörüngeler gibidir.	4
	Gaz bir madde değildir, çünkü dokunulamaz ve görülemez.	5
	Buz soğuktan meydana gelmektedir.	6
	Sert moleküller hareket etmez.	6
	Katı atomların elektriki iletir, çünkü atomların elektrona sahiptir ve bu elektronlar elektriksel iletkenliği sağlar.	7
	Maddenin hal değişimi atomun içinde meydana gelen bir değişimdir.	7
	Bir gaz atomu ile bir katı atomu farklı özelliklere sahiptir.	7
Gaz partikül davranışına sahiptir.	9	

	Bir atomda proton ve nötron sayısı birbirine eşittir.	10
	Grafitte ve elmasta atomlar eşit sayıda proton ve nötron içermez.	10
	Eğer nötronlar olmaz ise, nükleus sadece yüklü partikülleri içerecektir.	10
	Sodadan çıkan kabarcıklar gaz ya da havadır.	9
	Gaz maddenin sadece bir halidir.	9
	Elektron bulutları elektronların çok sıkı bir şekilde düzenlendiği farklı birer yapıdır.	2
	Isının su molekülündeki atomları bir arada tutan molekül içi bağları koparmaktadır ya da ısı etkisiyle su molekülü yeni bir maddeye dönüşmektedir.	14
	Işık maddeyi oluşturan atomların etkileşiminden oluşur.	11
	Işık, atomlarda bulunan elektron ve protonların etkileşiminden oluşur.	11
	Işık, atomlardan daha küçük parçacıklar olan fotonlar tarafından yayılır.	11
	Atomlar ışığı birbirine elektronlar yardımı ile aktarır.	11
Atomların büyüklüğü (size of atoms)	Atomlar mikroskop altında görülebilir.	2, 3
	Atomlar moleküllerden daha büyüktür.	3
	Bütün atomlar aynı büyüklüktedir.	3
	Atom boyutunu esas olarak proton sayısı belirler.	3
	Sıcaklıktaki değişim atomik büyüklüğün değişmesine sebep olabilir.	3
	Çarpışmalar atom büyüklüğünün değişmesine sebep olabilir.	3
	Gaz halindeki bir atom katı bir atomdan daha büyüktür.	7
	Gazın atomları sıkıştırılabilir ve ısıtıldığında, genişlenebilir.	7
	Madde genişlediğinde, onun tek bir molekülü de genişlemektedir.	8
	Gazlar çıplak gözle görülemez.	9
Güneşin etkisiyle taneciklerin genişler, soğukta ise büzülür.	16	
Atomların ağırlığı (weight of atoms)	Elektronların kütlesi yoktur, sadece yüküdür.	1
	Protonların kütlesi 1 Gram'dır.	1
	Bütün atomlar aynı kütleye sahiptir.	3
	Havanın kütlesi yoktur.	9
	Atomun kütlesinin maddenin fiziksel haline göre değişebilmektedir.	14
	Gazlar sodadan uzaklaştıkça, soda şişesinin ağırlığı artar.	9
Gazlar kütleye sahip değildir.	9	
Atomların animizmi (animizm of atom)	Atomlar canlıdır, büyür ve bölünebilir.	2, 3, 14, 13
	Atom çekirdeği atomun fonksiyonlarını kontrol eder.	2
	Atomlar dış kabukları tarafından korunur.	2
	Canlıların yapısındaki moleküller canlıdır.	8
	Atom çekirdekleri bölünebilir.	2
	Atom, hücrenin en temel ve basit yapısıdır.	11
Canlılardaki en küçük yapı taşı atomdur.	14	
	Elektron kabukları atomları koruyan ve saran kabuklardır.	2

[1] Osborne ve Cosgrove (1983); [2] Harrison and Treagust (1996); [3] Griffiths ve Preston (1992); [4] Taber (2005); [5] Smith, Grosslight, ve Davis, (1997); [6] Berkheimer, Anderson, Lee, ve Blakeslee (1988); [7] Ben-Zvi, Eylon ve Silberstein (1986); [8] De Vos ve Verdonk (1987); [9] Stavy (1988); [10] Schmidt, Baumgartner ve Eybe (2003); [11] Kaya (2010); [12] Alkan, Şengül, Yıldız & Yıldız (1998); [13] Salmaz (2002); [14] Pideci (2002); [15] Yeğnidemir (2000); [16] Özmen, Ayas ve Coştu (2002)

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Araştırma Modeli

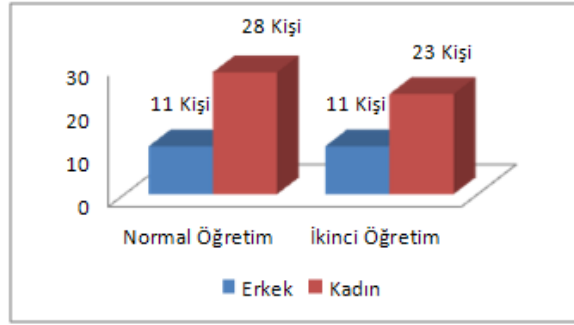
Araştırmada Lucretius'tan günümüze atom kavramının gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler aracılığıyla öğretiminin, öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin bilgi düzeyleri ve görüşlerine etkisi incelenmiştir. Araştırma deneme öncesi modellerden (pre-experimental designs) tek-grup öntest ve son-test desende (the one-group pretest-posttest design) planlanmıştır. Bu desen tek bir örneklem grubunun belirli bir öğretim öncesi ve sonrası ölçümünü ya da gözlemine esas alır (Fraenkel ve Wallen, 2006). Desende öğretimin başarısına ön test ile son test puanlarının karşılaştırılması sonucu karar verilir (Gay ve Airasian, 2000). Araştırma sürecinde uygulanan deneysel işlemin örneklem üzerinde oluşturduğu etkinin kalıcılığını belirlemek amacıyla mevcut desene ek olarak son testi izleyen ileri bir tarihte kalıcılık testi (*retention test*) uygulanmıştır. Araştırmada izlenen deneysel desen Tablo 3.1'de sunulmaktadır.

Tablo 3.1. Araştırmanın deneysel deseni

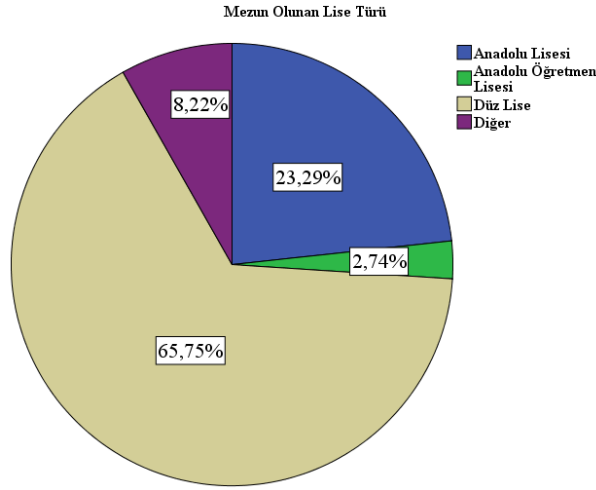
<i>O</i>	<i>X</i>	<i>O</i>	<i>O</i>
<i>Ön test:</i>	<i>Uygulama</i>	<i>Son test:</i>	<i>Kalıcılık testi</i>
	(6 modül 11 hafta)		(Son testten 3 ay sonra)
İzleme Testi		İzleme Testi	İzleme Testi

3.2. Araştırmanın Katılımcıları

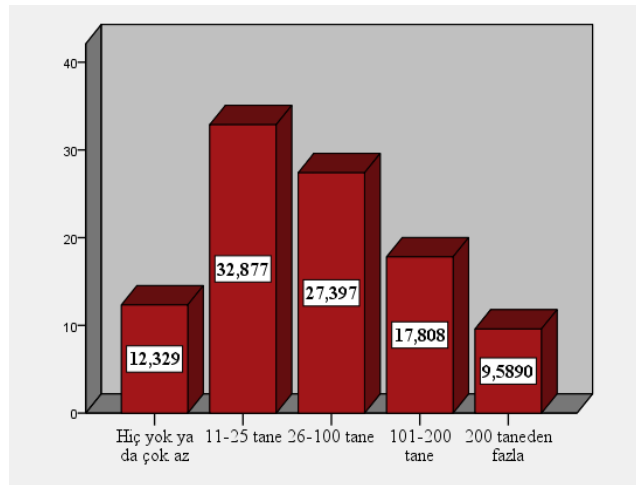
Araştırmanın katılımcılarını; 2012-2013 eğitim-öğretim yılında, bir Batı Anadolu Üniversitesi'nin Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Öğretmenliği Anabilim Dalı Lisans Programı üçüncü sınıfta öğrenim görmekte olan 73 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Katılımcılara ilişkin demografik bilgiler aşağıda sunulmuştur:



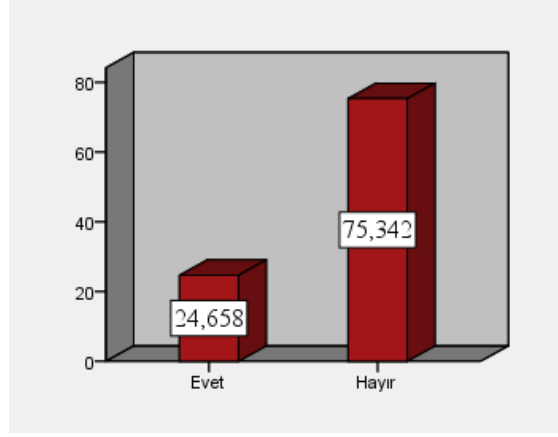
Şekil 3.1 Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının cinsiyetlerine ve öğretim türlerine göre dağılımı



Şekil 3.2 Araştırmaya katılan öğretmen adaylarının mezun oldukları lise türlerine göre dağılımı



Şekil 3.3 Öğretmen adaylarının sahip oldukları kitap sayısı



Şekil 3.4 Öğretmen adaylarının atoma ilişkin kitap sahibi olma yüzdeleri

Araştırmanın uygulamaları Fen Bilgisi Öğretmenliği Lisans Programı 3. sınıf'da verilmekte olan “Fen ve Teknoloji Laboratuvarı Uygulamaları I” dersi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Öğretmen adayları ile yapılan dersler normal ve ikinci öğretim olarak iki grupta işlenmiştir. Bu nedenle uygulamalar ve veri toplama araçları iki gruba birbirinden bağımsız uygulanmıştır. Verilerin toplanması ve uygulamalar öncesinde araştırmanın yürütüldüğü üniversitenin etik kurulundan araştırma izini alınmıştır (Ek 2).

3.3. Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak “İzleme Testi” kullanılmıştır. İzleme testi iki-aşamalı çoktan-seçmeli tanılayıcı test (two-tier multiple-choice diagnostic test) türündedir. Bu test türünde sorular iki aşamadan oluşur. Birinci aşama genellikle içeriğe ilişkin soru kalıbını ve bunun iki ya da üç seçenekten oluşan cevabını içerir. İkinci aşama ise birinci aşamada yöneltilen soruya verilen cevabın nedenini sorgular. Burada yer alan seçeneklerin biri doğru cevabı, diğerleri ise öğrencilerin görüşlerinde gözlenebilecek olası kavram yanılgılarını içerir.

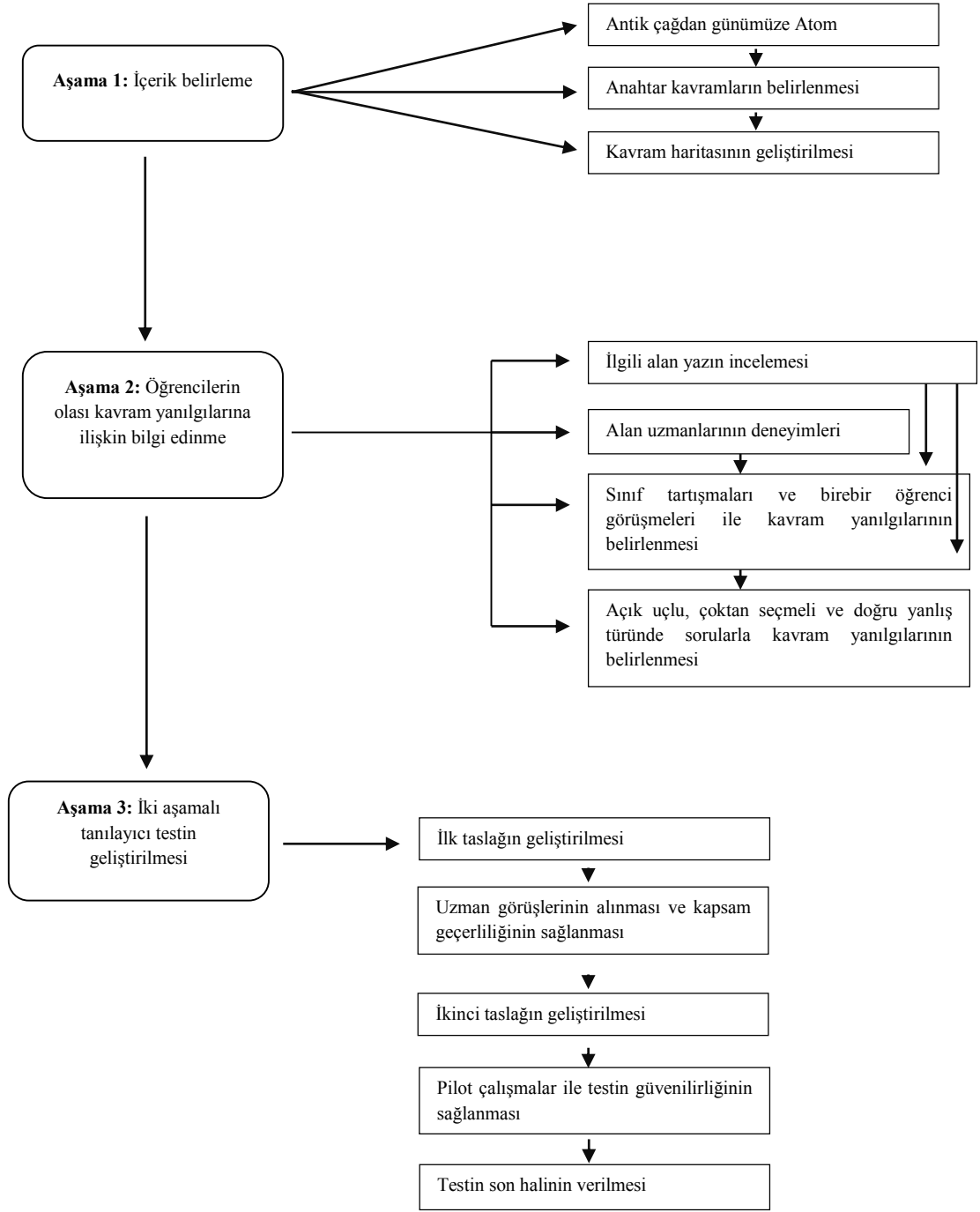
Bu türde testler izleme (formative) ve düzey belirleme (summative) değerlendirmelerinde etkin bir biçimde kullanılırlar (Law ve Treagust, 2007). Olguların farklı açılardan değerlendirilmesine imkân tanırırlar (Treagust, 2006).

Örneğin birinci aşamasında atomların animizmine ilişkin görüşlerin sorgulandığı bir sorunun ikinci aşamasında öğrencilerin atomu canlı ya da cansız olarak düşünmelerinin altında yatan gerekçeler sorgulanır. Böylece birinci aşama ile olgusal alan, ikinci aşama ile de kavramsal alan değerlendirilir. Bu testler kavram yanılgıları ve kavram yanılgılarını oluşturan temel nedenlere yönelik bilgi sunabilirler (Treagust, 1988). Chandrasegarana, Treagust ve Mocerino (2007)'a göre; anlamlı öğrenmenin hassas ve etkili bir biçimde değerlendirilmesine imkân tanıyan kullanışlı ve pratik ölçme araçlarıdır. Tsai and Chou (2002) bu testleri kullanmanın öğretmenlere sınavı kolay bir şekilde puanlama ve yorumlama olanağı sunduğunu belirtir. Son olarak iki aşamalı testler ölçüm hatalarını azaltır. Örneğin; tek aşamalı beş seçenekli bir sorunun cevabının doğru tahmin edilme olasılığı %20'dir. Ancak iki aşamalı testler değerlendirilirken her iki aşamanın da doğruluğu birlikte göz önünde bulundurularak puanlanır. Böylece birinci aşamada üç, ikinci aşamada beş seçenek bulunduran bir sorunun rastlantısal olarak doğru tahmin edilme olasılığı %6.7'e düşer.

3.3.1. İzleme Testi'nin geliştirilmesi

İzleme Testi, iki aşamalı çoktan seçmeli tanılayıcı testlerin geliştirilmesinde izlenen yöntem doğrultusunda (Şekil 3.5.)'de belirtilen üç aşamada geliştirilmiştir (Treagust, 1988; Chandrasegarana, Treagust ve Mocerino 2007).

Aşama 1. İçerik Belirleme: Test içeriği belirlenirken öncelikle atom kavramının tanımlaması İlk Çağ'dan günümüze incelenmiştir. İlk Çağ tarihçileri ile bir araya gelinerek antik eserlerde (örn. Lucretius'un eseri De Rerum Natura) yer alan madde ve atom kavramlarının ele alınışı incelenmiştir. Ardından aşamalı olarak sırasıyla Dalton'dan günümüz atom kavramına ilişkin gelişmeler takip edilerek bu konuda kuantum atomcularından destek alınmıştır. Tüm bu bilimsel bilgilerin okul programlarında ne ölçüde yer aldığı incelenmiş ve atom kavramının anlaşılabilmesinde önemli kavramların yer aldığı bir içerik havuzu oluşturulmuştur.



Şekil 3.5 İzleme Testi'nin geliştirilmesinde izlenen aşamalar

Aşama 2. Öğrencilerin olası kavram yanlışlarına ilişkin bilgi edinme: Kavram testinde yer alan soruların ikinci aşamasını oluşturacak kavram yanlışlığı seçeneklerin yazılması amacıyla alan yazındaki olası kavram yanlışları belirlenmiştir. Alan yazında yer alan yanlışlardan bir havuz oluşturulmuştur. Ardından İlk Çağ gözlemleri ışığında hazırlanan pilot etkinlikler öğrencilere uygulanarak öğrencilerin atom kavramına ilişkin düşünceleri doğrudan görüşmeler veya tartışmalar ile

gözlemci tarafından not edilmiştir. Sonrasında bu notlar kullanılarak açık uçlu, çoktan seçmeli ve doğru yanlış türünde sorular ile öğrencilerin atom kavramına ilişkin düşüncelerini içeren bir başka havuz oluşturulmuştur. Bunun dışında öğretmenler ve farklı alanlarda (fizik, kimya, biyoloji, vb.) akademisyenler ile görüşülerek onların bu alandaki gözlem ve tecrübelerinden yararlanılmıştır. Elde edilen tüm bulgular ile İzleme Testi'nin geliştirilmesinde kullanılacak içerik oluşturulmuştur.

Aşama 3. İki aşamalı tanılayıcı testin geliştirilmesi: Fen Bilgisi Öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin kavram yanlışlarını belirlemek amacıyla iki aşamalı 26 (pilot uygulama sonrası 23 soruya düşmüştür) sorudan oluşan atom kavram testi geliştirilmiştir. Testin birinci aşamasında öğrencilere bir önerme sunularak bu önermeyi “doğru / yanlış / bilmiyorum” olarak cevaplamaları istenir. İkinci aşama ise ilk aşamada verilen cevabın nedenini oluşturacak gerekçe cümlelerine yer verilir. Bu bölümde gerekçeler çoktan seçmeli olarak verilmekte, öğrencilerden en uygun gerekçeyi seçmeleri beklenmektedir. Öğrencilere sunulan seçeneklerin biri doğru cevabı, üçü ise aşama 2’de belirtilen yöntemler ile elde edilen ve kavram yanlışlarını içeren görüşlerinden oluşturulur. Bunlarla birlikte öğrencilerden gelebilecek farklı gerekçeleri de değerlendirebilmek amacıyla son seçenek olarak açık uçlu cevapların yazılabileceği “diğer” seçeneği ikinci aşamaya dâhil edilmiştir. Geliştirilen sorular kapsam ve görünüş geçerliliğini sağlamak amacıyla, biri kuantum fiziği, biri fizik eğitimi, ikisi fen bilgisi eğitimi alanında uzman dört öğretim üyesinin uzman görüşüne sunulmuştur. Uzman görüşleri doğrultusunda Tablo 3.2.’de belirtilen düzeltmeler yapılmıştır.

Tablo 3.2 İzleme Testi’ne ilişkin uzman görüşleri doğrultusunda yapılan değişiklikler

Soru no / aşama / soru- seçenek	Düzeltilme öncesi	Düzeltilme sonrası
1 / 2 / a	Karbon atomlarında herhangi bir değişiklik olmaz.	Karbon atomlarında herhangi bir şekil değişikliği olmaz.
2 / 1 / soru	Oda sıcaklığında ağzı açık bir kap içerisindeki etil alkol zamanla azalır. Böylelikle etil alkol gaz haline dönüşür.	Oda sıcaklığında ağzı açık bir kap içerisindeki etil alkol zamanla gaz haline dönüştüğü için azalır.
3 / 2 / d	Atom deneysel ortamda gözlemlenebilir ve hakkında veri toplanabilir.	Atom kütle, hacim gibi büyüklüklere sahip olduğunda gözlemlenebilir ve ölçümlenebilir.
4 / 2 / b	Evrende sadece tek bir atom vardır.	Evren yalnızca tek bir atom türünden oluşmuştur ve büyüklüğü hep aynıdır.
5 / 2 / b	Bütün atomlar cansızdır.	Atomlar canlılık karakteri taşımazlar.
6 / 2 / a	Atomlar belirli bir şekle sahip değildirler.	Atomlar türlerine göre farklı şekillerde olabilirler.
7 / 2 / d	Atomlarda bir değişiklik gözlenmez.	Çarpışma sonrasında atomların biçiminde bir

		değişiklik gözlenmez.
10 / 2 / a	Atomun parçalanması ancak proton ya da nötron koparılmasını gerektirir.	Atomu parçalamadan atomdan elektron koparılabilir.
11 / 2 / d	Atomları tünel mikroskopları ile görebiliriz.	Atomları taramalı tünel mikroskopları ile görebiliriz.
12 / 2 / b	Atomlar kararsız olduklarından başka atomları oluştururlar.	Kararsız atomlar başka atomlara dönüşebilirler.
15 / 2 / d	Bütün atomlar eşit kütle numarasına sahip değildirler.	Bütün atomlar eşit kütle numarasına (aynı proton ve nötron sayısına) sahip değildirler.
17 / 2 / a	Katılarda serbest elektronların hareketi söz konusudur.	Katılarda yalnızca serbest elektronların hareketi söz konusudur.
19 / 1 / soru	Molekülleri oluşturan, atomlar ve çekim kuvvetleridir.	Moleküller atomlardan oluşur ve çekim kuvvetleri onları bir arada tutar.
20 / 2 / a	Elektronların bulunma olasılıklarının bulunduğu enerji seviyeleri vardır.	Modern atom kuramına göre elektronlar çekirdeğin çevresinde elektron bulutları üzerindedir ve yerleri olasılıkla belirlenir.
22 / 2 / d	Maddeye çok gelişmiş bir yaklaşım ile bakıldığında sadece atomlardan oluştuğu görülecektir.	Maddeye çok gelişmiş bir yaklaşım aracı ile bakıldığında sadece atomlardan oluştuğu görülecektir.

Ardından testin pilot uygulamaları gerçekleştirilmiş ve yapılan güvenilirliğe ilişkin analizler sonrasında (Ek. 1)'de yer alan 23 soruluk test oluşturulmuştur.

3.3.2. İzleme Testinin Geçerlik ve Güvenilirliği (Cronbach coefficient alpha):

Testin iç tutarlılığı için coefficient alpha (α) değeri hesaplanmıştır (α değeri $0 \leq \alpha \leq 1$ aralığındadır.). α değerinin yüksek olması güvenilirliğin yüksek olduğuna işaret etmektedir. α değeri için genel kabul 0.70 ve üzeridir (Fraenkel ve Wallen, 1996). Ancak testin türüne ve amacına göre bu değer değişebilmektedir. Örneğin; Nunally ve Bernstein (1994)'a göre 0.5–0.7 aralığı orta güvenilirliğe işaret etmekte ve bilişsel yapıya sahip testler için kabul edilebilir olarak belirtilmektedir. Geliştirilen izleme testinin α değeri her sorunun her iki aşamanın kombinasyonundan elde edilen değerler üzerinden gerçekleştirilmiştir:

doğru cevap – doğru gerekçe = 3 puan,

yanlış cevap – doğru gerekçe = 2 puan,

doğru cevap – yanlış gerekçe = 1 puan,

yanlış cevap – yanlış gerekçe ya da boş bırakılma = 0 puan

İzleme testinde uzman görüşleri sonrasında 26 soru bulunmaktaydı. Pilot çalışma sonrası yapılan güvenilirlik hesaplarında ön test, son test ve ileri son testte ortak olarak güvenilirliği düşüren üç soru elenmiş ve 23 sorudan oluşan izleme testi oluşturulmuştur. Böylece izleme testinde hesaplanan α değeri ön test için 0.45, son test için 0.46 ve kalıcılık testi için 0.63 tür. Bu değer güçlü bir değer gibi

görünmeyebilir ancak α değeri testte yer alan tüm sorular arasındaki toplam ilişkinin ölçümüdür ve burada hesaplanan α değeri iki aşamanın birlikte değerlendirilmesi ile elde edilmektedir. Tan (2000)'e göre testin güvenilirliği öğrencinin cevabı tahmin etmesi, bir aşamayı ya da iki aşamayı birden boş bırakmasından etkilenebilmektedir. Başarı testlerinde α değeri için alt limit 0.5 önerilmektedir (Kehoe, 1995). Dolayısıyla sınıf ortamında uygulanan testlerde 0.50 oranı yeterlidir. Buna ek olarak alan yazında da belirtildiği üzere güvenilirlik hesabında kavram yanılgıları da göz önünde bulundurulmalı ve ikinci bir güvenilirlik hesabı yapılmalıdır. Bu nedenle iki aşamalı test için sadece kavram yanılgılarına dayalı (her sorunun ikinci aşaması baz alınarak) güvenilirlik hesabı yapılmıştır. α değeri bu hesaplamada ön test için 0.62, son test için 0.53, kalıcılık testi için 0.54 bulunmuştur. Bu değer bize kavram yanılgılarının hangi güvenilirlikte doğru olarak belirlendiğine ışık tutmaktadır.

3.4. Öğretimde kullanılan modüllerin içeriği

Lucretius'dan günümüze atom kavramına birçok gelişme yaşanmış, çok sayıda deneysel çalışma yapılmış ve birçok yeni teori öne sürülmüştür. Bunlar içerisinde öne çıkan, dönüm noktası niteliğinde olan gelişmeler araştırmanın konusu ve kapsamı dâhilinde ele alınmaktadır. Bu düşünce ile geliştirilen öğretim materyallerinde yer alan gözlem ve deneye dayalı etkinlikler modüler bir yaklaşım temelinde ele alınmıştır. Bu amaçla modüllere çatı oluşturacak önemli dönüm noktaları yapılan incelemeler ve uzman görüşleri ile belirlenmiş ve altı başlıkta 11 hafta sürecek etkinlik modülü planlanmıştır.

Modüllerin kapsam ve içeriğinin oluşturulmasında (1) alan uzmanlarından oluşan bir ekip tarafından ilköğretim programlarında atom kavramına yönelik kazanımlar,(2) Lucretius tarafından yazılan “De Rerum Natura” adlı eserde yer alan gözlemler, (3) alan yazında atom kavramına ilişkin araştırmalar (4) Bohr, Dalton, Rutherford gibi araştırmacıların eserleri, bazı araştırma kurumlarına ilişkin web sitelerinde (örn. CERN, TÜBİTAK vb.) yer alan gözlem ve deneyler ve son olarak (5) kuantum fiziği alanında çalışan araştırmacıların görüşleri ve kuantum dersinin laboratuvarında gerçekleştirilen deneylerden esinlenilmiştir. Tüm bu veriler ile geliştirilen modüller, içerik ve kapsam yönünden üç alan uzmanı tarafından incelenmiştir. Modüllerin

uygulanmasından bir hafta öncesinde ilgili modülde yer alan gözlem ve deneylere rehberlik etmek, konuya ilişkin merak uyandırmak amacıyla popüler bilim dergilerinden derlenen okuma parçaları ve bazı web siteleri öğretmen adaylarına önerilmiştir. Araştırmada yer alan modüller, uygulama tarihleri ve önerilen okuma parçaları (Tablo 3.3)'de sunulmuştur.

Tablo 3.3 Araştırmada yer alan modüller, öğretim programı ve önerilen okuma parçaları

Modül Adı	Uygulama Tarihi	Okuma Parçası
Modül 1	İlk Çağ: Atom	Buğdaycı, İ. (2008). Democritus'tan Günümüze ATOM, <i>Bilim ve Teknik Yıldız Takımı</i> Son Erişim Tarihi: 08.04.2013 http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bdergi/yildiztakimi/pdf/eylul08/YT06.pdf
	Düşüncesinin Doğuşu	
	15 Ekim 2012 22 Ekim 2012	
Modül 2	Atomos Fikrinin Tekrar Doğuşu: J. Dalton Ve Atom Teorisi	Aras, N. K. (2008). John Dalton: Modern Atom Teorisinin 200. Yılı- 26 Kasım 2008, <i>Türkiye Bilimler Akademisi</i> , Son Erişim Tarihi: 08.04.2013 http://www.tuba.gov.tr/tr/haberler/bilim-dunyasindan-gorusler/427-JOHN-DALTON-MODERN-ATOM-TEORISININ-200-YILI--26-Kasim-2008-311.html
	29 Ekim 2012	
Modül 3	Elektronun Keşfine Giden Çalışmalar Ve Thomson Atom Teorisi	Buğdaycı, İ. (1997). Bulunuşunun 100. Yılında Elektron, <i>Bilim ve Teknik</i> , Aralık 1997, 28-33.
Modül 4	Çekirdeğin Keşfi: Rutherford Atom Teorisi	Etişken, Ö. (2011). 1911'den 2011'e Rutherford'dan 100 yıllık hediye, <i>Bilim ve Teknik</i> Aralık 2011, 40-45.
Modül 5	Bohr Atom Teorisi	Weinberg, S. (2005). <i>Atomaltı Parçacıklar: Bir keşif serüveni.</i> (Çeviri: Zekeriya Aydın). (5. Basım) Tübitak Popüler Bilim Kitapları. Semih ofset: Ankara
Modül 6	Atom Kavramında En Son Gelişmeler:	Weinberg, S. (2005). <i>Atomaltı Parçacıklar: Bir keşif serüveni.</i> (Çeviri: Zekeriya Aydın). (5. Basım) Tübitak Popüler Bilim Kitapları. Semih ofset: Ankara
	Modern Atom Kuramı,	
	Atom Altı Parçacıklar	
	Ve CERN	
10 Aralık 2012 17 Aralık 2012 24 Aralık 2012		

3.4.1. (Modül 1) İlk Çağ: Atom Düşüncesinin Doğuşu

Bu öğretim modülü İlk Çağ atom düşüncesini öğretmen adaylarına döneminin zaman, mekân ve olayları çerçevesinde sunmaktadır. Böylece öğretmen adaylarının atom kavramının doğuşunun altında yatan temel felsefeye ilişkin farkındalık sahibi olmaları, atom kavramının ortaya çıkışı ile bilimin doğuşuna bütünsel bir bakışla yaklaşmaları ve dönemin atom gözlemlerini yapmaları amaçlanmaktadır. Ayrıca öğretmen adaylarının atoma gözlemlerle yaklaşırken, atomdaki büyüklük kavramını evrendeki büyüklük ve bilimin çalışma aralığı ile ilişkilendirmeleri hedeflenmiştir. Modül, “Bir Düşüncenin Evrimi I: Bilginin Bilime Dönüştüğü Yer Miletos”, “Bir Düşüncenin Evrimi II: Miletos’da bir gün”, “Makro-Mikro dünya anlayışı” ve “İlk Çağ atom düşüncesine ilişkin gözlemler” olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır. Modülün uygulanması öncesi “Demokritus’tan Günümüze Atom” başlıklı okuma parçası öğretmen adaylarına önerilmiştir (Buğdaycı, 2008). Modülün uygulama sürecinde izlenen aşamalar aşağıda sunulmuştur:

- *Aşama 1 Bir Düşüncenin Evrimi I: Bilginin Bilime Dönüştüğü Yer Miletos*

Etkinlikler başlamadan bir hafta önce araştırmanın uygulandığı üniversitenin Arkeoloji Bölümünden bir eski çağ tarihçisi (epigraf) tarafından Thales’den (c. MÖ 600) Lucretius’a (c. MÖ 70) kadar geçen dönemde Anadolu coğrafyasında bilimin doğuşu, bilimsel bilgi ve atom düşüncesine giden öncül düşünceler konularında konferans verilmiştir. Konferansa ilişkin görüntüler (Şekil 3.6)’da sunulmuştur:



Şekil 3.6 Bir düşüncenin evrimi I: bilginin bilime dönüştüğü yer Miletos adlı sunumdan görüntüler

- *Aşama 2 Bir Düşüncenin Evrimi II: Miletos 'da Bir Gün*

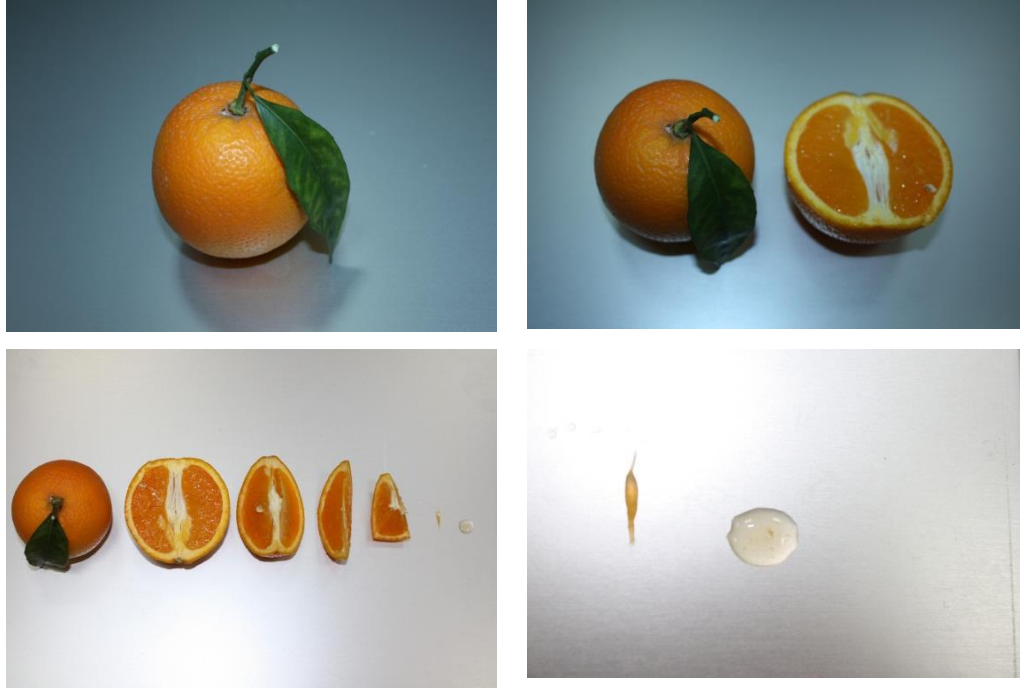
Modülün ikinci haftasında Miletos (Milet) Antik Kenti'ne gezi düzenlenmiştir. Gezinin temel amacı öğretmen adaylarının içerisinde yaşadıkları coğrafya olan Batı Anadolu topraklarının geçmişte bilime kazandırdıklarına ilişkin farkındalık kazanmalarını sağlamak, İlk Çağda bu topraklarda atom düşüncesinin ortaya çıkışını zamanın ve mekânın koşulları ile öğretmen adaylarına sunmaktır. Bu amaçla gerçekleştirilen gezi bir gün sürmüştür. Gezide arkeoloji bölümündeki hocamız bir hafta önce bölgenin tarihi ve coğrafyasına ilişkin yapmış olduğu tanıtım sunumu uygulamalı olarak öğrencilerimize gözlemlene fırsatı bulmuştur. Geziden görüntüler (Şekil 3.7)'de sunulmuştur:



Şekil 3.7 Miletos Antik Kenti'ne gerçekleştirilen geziden görüntüler.

- **Aşama 3 Makro-Mikro Dünya Anlayışı**

Bu aşamada atomun büyüklüğü ve makro-mikro dünyanın birbirinden farkını anlatmak amacıyla gözlem etkinliği gerçekleştirilir (Ek. 3). Bu etkinlikte öğretmen adaylarının bir damla limon, ya da portakal suyu ile bütün bir limon ya da portakal arasındaki ilişkiden yola çıkarak makro ve mikro dünya arasındaki ilişkiyi algılamaları amaçlanır. Makro ve mikro dünyaya ilişkin limon/portakal etkinliğinin aşamaları (Şekil 3.8)'de sunulmuştur.



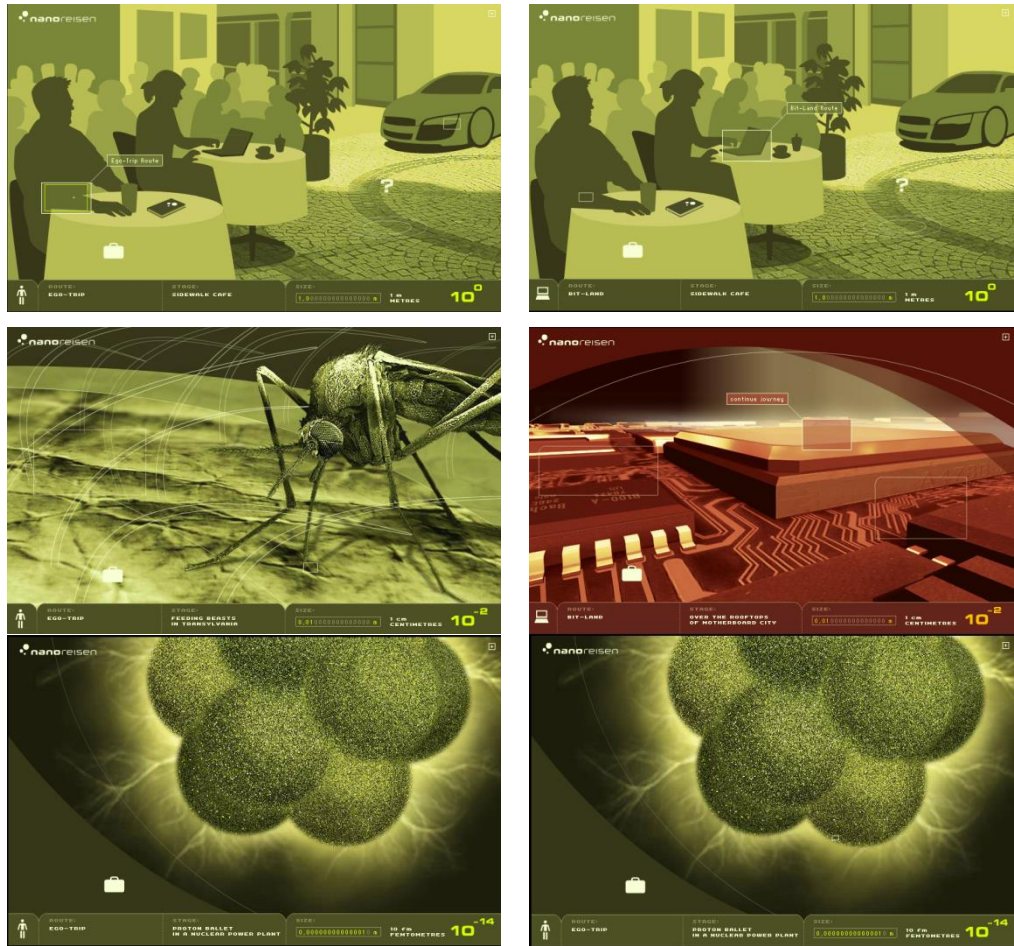
Şekil 3.8 Makro mikro dünyaya ilişkin limon etkinliği.

Etkinlik öğrencilere bir damla portakal suyu göstererek başlar ve öğrencilere bunun ne olduğu sorulur. Ardından bir portakalın suyunu içeren tek bir kesecik gösterilir. Ardından küçük bir portakal kesiti gösterilir ve öğrenciler yavaş yavaş gözlenen parçaların bir portakala ait olduğunu anlamaya başlarlar. Buradan yola çıkarak öğrencilerde bir bütünün parçalarının farklı boyutlarda gözlemlenebilir alanımızda nasıl algılandığı anlatılır.

Etkinliğin ardından öğrencilere “Canlı ve cansızları oluşturan en temel unsurlar nelerdir?” sorusu yöneltilir. Nanoreisen firması tarafından hazırlanmış olan Ondalıkların Ötesindeki Maceralar “Adventures beyond the decimal” adlı flash

animasyonu ile canlı ve cansız nesnelere girilerek bu nesnelere oluşturan en temel parçacıklara – mikro dünyalarına ulaşma amaçlanmıştır (VDI Technologiezentrum GmbH, 2013).

. Flash animasyonunda izlenen aşamalar (Şekil 3.9)'da sunulmuştur. Burada öğrenciler canlı veya cansız herhangi bir varlığın onun katları şeklinde daha yakından incelendiğinde atomun boyutu olan nano boyutta hepsinin birer atomdan oluştuğunu gözlemlerler. Böylelikle öğrencilerdeki “canlı varlıklar hücrelerden cansız varlıklar atomlardan oluşur” düşüncesi yok olur ve evrendeki tüm varlıkların atomlardan oluştuğunu kavrarlar.



Şekil 3.9 Flash animasyonu ile canlı ve cansız yapılardan içeriye yolculuk

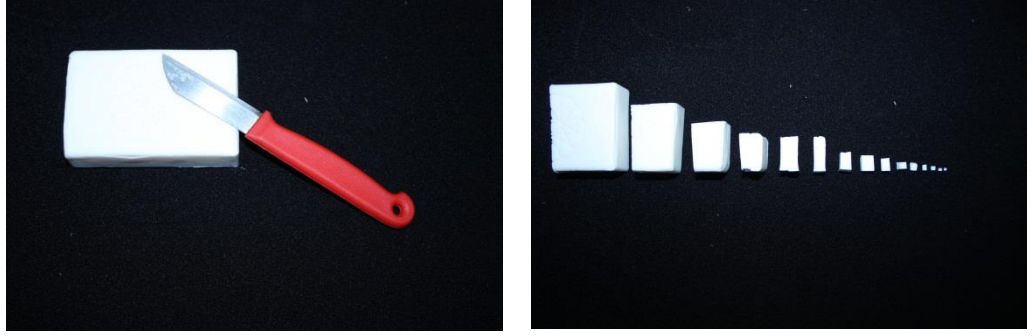
- **Aşama 4 İlk Çağ Atom Düşüncesine İlişkin Gözlemler**

Maddedeki “boşluk” kavramı araştırmanın giriş kısmında da özetlendiği üzere atom düşüncesine giden süreçte önemli bir yere sahiptir. Bu kavramın anlaşılabilmesi adına aşağıdaki gözlem gerçekleştirilir (Ek. 4). Bu etkinlikte öğrencilere bir şırınga ve silgi verilerek şırıngayı silgi üzerine basturmaları istenir. Bu gözlem ile havayı oluşturan tanecikler (atom/molekül) arasındaki boşluk ve boşluğun (uzayın) doğası üzerine tartışma düzenlenir, bu aşamada antik dönemde Zenon’un boşluk öğretisi ve paradokslarına değinilir. Etkinliğin aşamaları (Şekil 3.10)’da sunulmuştur.



Şekil 3.10 Boşluk kavramına ilişkin gözlem etkinliğinden görüntüler (Nussbaum, 2005).

Bir diğer gözlem etkinliği “töz” kavramına ilişkindir. Bu etkinlik ile makro-mikro, tanecik ve boşluk gözlemleri sonrası maddelerin bölünebilirliği sorgulanır. Leukippos ve Demokritos’un katı, som ve bölünmez bir gerçeklik olarak öne sürdükleri atom fikrine bölünmenin sonsuz ya da sonlu algısı ile öğrencileri götürmeyi hedefleyen sabun etkinliği gerçekleştirilir (Ek. 5). Etkinlik Lucretius’un eseri De Rerum Natura’da argüman olarak yer almaktadır ve bu argümanı Baine (2007)’de atom kavramının ortaya çıkışını açıklamak için kullanmıştır. Etkinliğin aşamaları (Şekil 3.11.)’de sunulmuştur.



Şekil 3.11 Töz kavramına ilişkin gözlem etkinliğinden görüntüler.

(Şekil 3.11.)’de görüleceği üzere öğretmen adayları bir sabunu sürekli olarak yarıya bölmek suretiyle en küçük parçaya kadar inerler ve sonraki bölünmelerin nasıl olacağı, sonsuza kadar bu şekilde gidileceği mi, yoksa bir noktada durulmak zorunda mı kalacağı tartışılır, bu bölümün sonunda Lucretius’un şiirinde yer alan öncül atom düşünceleri tartışılmıştır.

3.4.2. (Modül 2) Atomos Fikrinin Tekrar Doğuşu: J. Dalton ve Atom Teorisi

Bu modülde öğretmen adaylarının, atom kavramının kimyada yaşanan gelişmelere (özellikle 18. ve 19. yüzyıl) paralel olarak ulaştığı noktayı öğrenmeleri, J. Dalton ve öncüllerinin çalışmaları ve atom kavramına katkıları hakkında bilgi sahibi olmaları, atom kavramının anlaşılmasında kütlelenin korunumu deneyinin önemini deney yolu ile gözlemlenmeleri amaçlanmıştır. Ayrıca modülde Dalton Atom Teorisinin “*Kütle ve özellik bakımından değişik birçok atom vardır. Bir elementin bütün atomları birbirinin aynıdır ve diğer elementlerin atomlarından farklıdır. Bir element, aynı cins atomlardan oluşmuş maddedir.*” maddesini anlamlandırmaya katkı sağlayabilecek ve ileriki haftalarda Bohr Atom Teorisinde enerji seviyelerini açıklamayı kolaylaştıracak alev testine yer verilmiştir.

Etkinlik “Öncül Deneyler I: Alev Testi” ve “Öncül deneyler II: Kütlelenin korunumu” olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Etkinliklerin uygulanması sırasında öğretim materyali olarak araştırmacı tarafından hazırlanan “Atomos Fikrinin Tekrar Doğuşu: J. Dalton ve Atom Teorisi” başlıklı sunum, “Einstein’ın büyük fikri” belgeseli (Johnstone, 2005) , John Dalton: Modern Atom Teorisinin 200.yılı (Aras, 2008) adlı okuma parçası öğretim materyali olarak kullanılmıştır. Modüllerin

uygulanmasından bir hafta önce John Dalton: Modern Atom Teorisinin 200.yılı (Aras, 2008) adlı okuma parçası öğrencilere önerilir. Modülün uygulama sürecinde izlenen adımlar aşağıda sunulmuştur:

- *Aşama 1 Alev Testi*

Alev testi sistematik bir gözlem etkinliğini temel almaktadır. İlk olarak Li^+ , Na^+ , Cu^+ , Ba^+ , Ca^+ , Fe^+ katyonlarının Cl ile yapmış olduğu bileşiklerden alınan numuneler üzerinde fiziksel özellikleri yönünden (renk, kristal yapı vb.) gözlemler gerçekleştirilir (Ek. 6). Burada elementlerin tümünün aynı atomlardan mı oluştuğu sorusunun yanıtı aranır. Gerçekleştirilen etkinlikten görüntüler Şekil 3.12’de sunulmuştur.



Şekil 3.12 Katyonlarının Cl ile yapmış olduğu bileşiklere ilişkin gözlem etkinliğinden görüntüler.

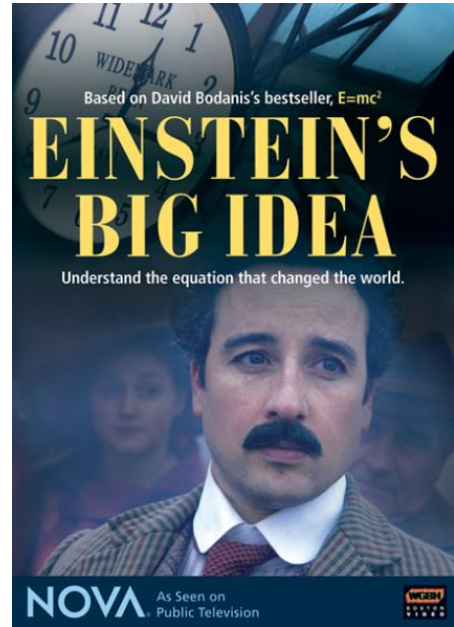
Gözlem etkinliğinin ikinci aşamada görünür bölgede emisyon yapan katyonların (Li^+ , Na^+ , Cu^+ , Ba^+ , Ca^+ , Fe^+) yaydıkları farklı renklerdeki ışıktan yola çıkarak her elementin atomlarının farklı olup olmadığı elektron sayısı-ışığın rengi arası ilişki olup olmadığı araştırılır. Gerçekleştirilen etkinlikten görüntüler Şekil 3.13’de sunulmuştur.



Şekil 3.13 Alev testine ilişkin gözlem etkinliğinden görüntüler.

- *Aşama 2Öncül Deneyler II:*
Kütlenin Korunumu

Etkinliğin başında Einstein'ın Büyük Fikri Belgeselinde Lavoisier'in hayatını ve yapmış olduğu deneyleri konu alan bölüm (24. ve 40. dakikalar arası) izlenir (Şekil 3.14.) ve Lavoisier'in yapmış olduğu oksidasyon deneyinin detayları, atomlar ile olan ilişkisi ve tarihsel açıdan önemi tartışılır. Belgesel gösterimi sonrası sınıf ortamında bu deneyin yapılabileceği vurgulanır. $Pb(NO_3)_2(aq) + 2KI(aq) \rightarrow PbI_2(s) + 2KNO_3(aq)$ tepkimesinde kütlelenin korunumunu konu alan bir deney sınıf ortamında yapılır. Orijinal etkinlik Royal Society of Chemistry [RSC], (2013)'den uyarlanmıştır. Deneyde $Pb(NO_3)_2$ ve KI çözeltileri ile iç içe kaplardan oluşan bir



Şekil 3.14 Einstein'ın büyük fikri belgeseli orijinal kapak resmi (Johnstone, 2005).

kapalı deney sistemi oluşturularak, tepkime öncesi kütle ölçümü yapılır. İki çözeltinin bulunduğu kap çözeltiler birbirine karışacak şekilde ters çevrilir ve tepkimeye sokularak sarı renkli çökelti oluşturmaları gözlenir. Son olarak tepkime sonrası kütle ölçümü alınarak deney tamamlanır ve deney tartışılır. Bu deneyin demir-kükürt deneyi gibi birçok alternatifi vardır, ancak gerek ilgi çekici olması gerekse ölçmeden kaynaklı hataların minimum olması yönüyle bu deney tercih edilmiştir. Kütle korunumu deneyinden görüntüler Şekil 3.15.'da sunulmuştur. Bu modülün sonunda öğrencilere değerlendirme çalışma yaprakları dağıtılmıştır (Ek. 7).



Şekil 3.15 Kütle korunumu Yasası'na ilişkin gerçekleştirilen deneysel etkinlikten görüntüler.

3.4.3. (Modül 3) Elektronun Keşfine Giden Çalışmalar ve Thomson Atom Kuramı

Bu modülde öğretmen adaylarının çevrelerinde gözlemedikleri olgulardan (mıknatıs, sürtünme ile elektriklenme vb.) yola çıkarak atomun bir parçacığı olarak elektronun keşfine giden süreci gözlem ve deneyleri ele almaları, atomun bölünebilirliğini sorgulamaları amaçlanmıştır. Modüle ek olarak öğretmen adaylarının elektron kavramını öğrendikten sonra bu kavramı iyon kavramı ile ilişkilendirmeleri ve iyonların doğasını anlamaları hedeflenmiştir. Modül “Öncül Deneyler III: Elektro Statik Deneyleri”, “Öncül Deneyler IV: Katot Işınlara İlişkin Gözlem ve Elektronun Keşfi”, “Öncül Deneyler V: İyonlarla Yazılan Yazı” etkinlikleri olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Modül içeriğinde “Bulunuşunun 100. yılında elektron” adlı okuma parçası (Buğdaycı, 1997), Katot ışın tüpü adlı video (Demo 10 HChem, 2008) ve araştırmacı tarafından hazırlanmış “Elektronun Keşfine Giden Çalışmalar ve Thomson Atom Kuramı” başlıklı power-point sunumu yer almaktadır. Modülün uygulama sürecinde izlenen adımlar aşağıda sunulmuştur:

- **Aşama 1**

Öğretmen adaylarına “Elektronun Keşfine Giden Çalışmalar ve Thomson Atom Kuramı” başlıklı sunum ile elektronun varlığına kanıt olabilecek gözlemler ve atomda elektronun varlığının nasıl kanıtlandığına ilişkin sunum yapılır.

- **Aşama 2 Öncül Deneyler III: Elektro Statik Deneyleri**

Verilen ön bilgi sonrası elektronların varlığının bir kanıtı olarak sınıf ortamında elektrostatik deneyleri gerçekleştirilir. Bu aşamada bir ebonit çubuğun kürke sürtüldüğünde etrafındaki hafif nesnelere itme-çekme özelliği gösterdiği, yüklü bir ebonit çubuğun yüksekteki suyu itmesi-çekmesi ilişkin deneyler gerçekleştirilir. Sınıfta gerçekleştirilen deneysel etkinlikten görüntüler Şekil 3.16.’de sunulmuştur.

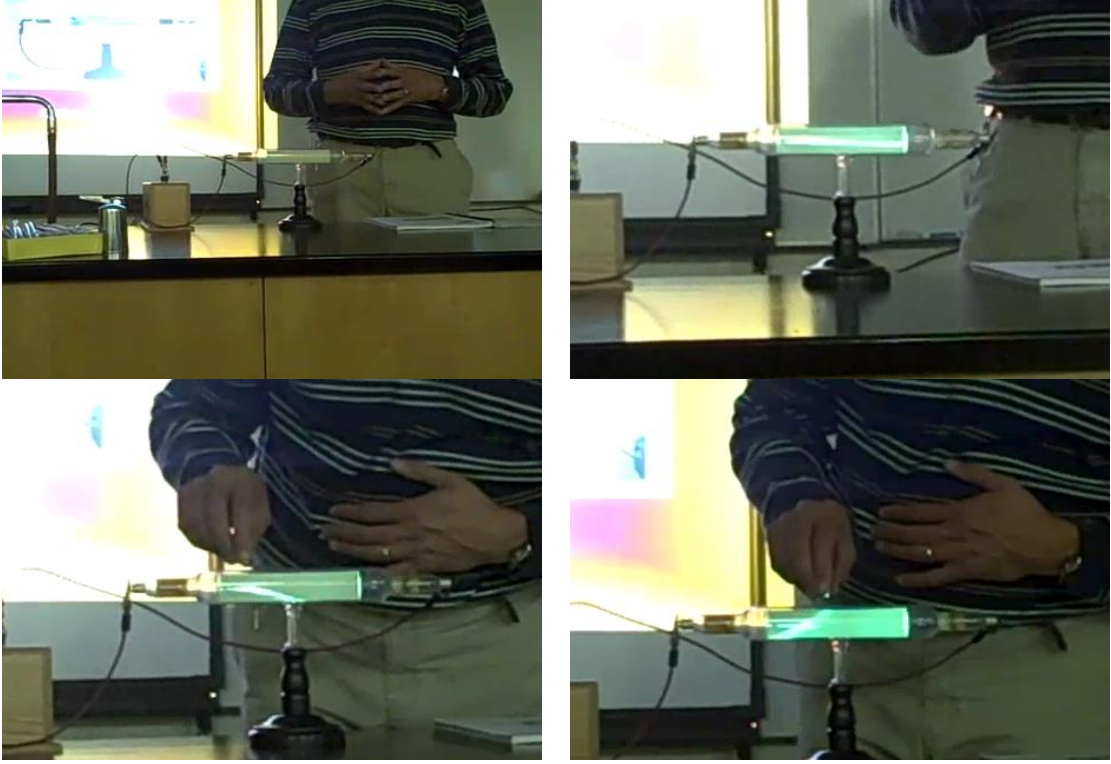


Şekil 3.16 Elektronların yapısını anlamaya yönelik gerçekleştirilen deneysel etkinlikten görüntüler.

- *Aşama 3 Öncül Deneyler IV: Katot Işınlarına İlişkin Gözlem ve Elektronun Keşfi*

Atom altı parçacık elektronun keşfini açıklamak amacıyla katot ışın tüpünde katot ışınlarının davranışına ilişkin Thomson'un gerçekleştirdiği gözlemler yapılır. Etkinlikte ekonomik nedenler gözetilerek video tabanlı öğretim üzerinden deneyin sunumu gerçekleştirilir. Video sistematik bir yaklaşımla ele alınır. Birinci aşamada katot ışınlarının katot bölgesinden anoda doğru doğrusal bir yol izlediği gösterilir. İkinci aşamada mıknatısın eksi kutbunun yaklaştırıldığında katot ışınlarının neden aşağı yönlü saptığına ilişkin kısım gösterilerek tartışma düzenlenir. Üçüncü aşamada ise mıknatısın artı kutbu yaklaştırılarak ikinci aşamadaki durum tersine sorgulanır. Böylece katot ışınlarının yüklü parçacıklar olduğu, bugünkü bildiğimiz anlamda elektronlara karşılık geldikleri ve bu keşif sürecinin nasıl yaşandığı gözlenmiş olur. Bu deneyin orijinali birçok üniversitenin Fen Fakültelerinin fizik laboratuvarlarında yer almaktadır. Bu nedenle gerekli görüldüğü durumlarda buralardan destek

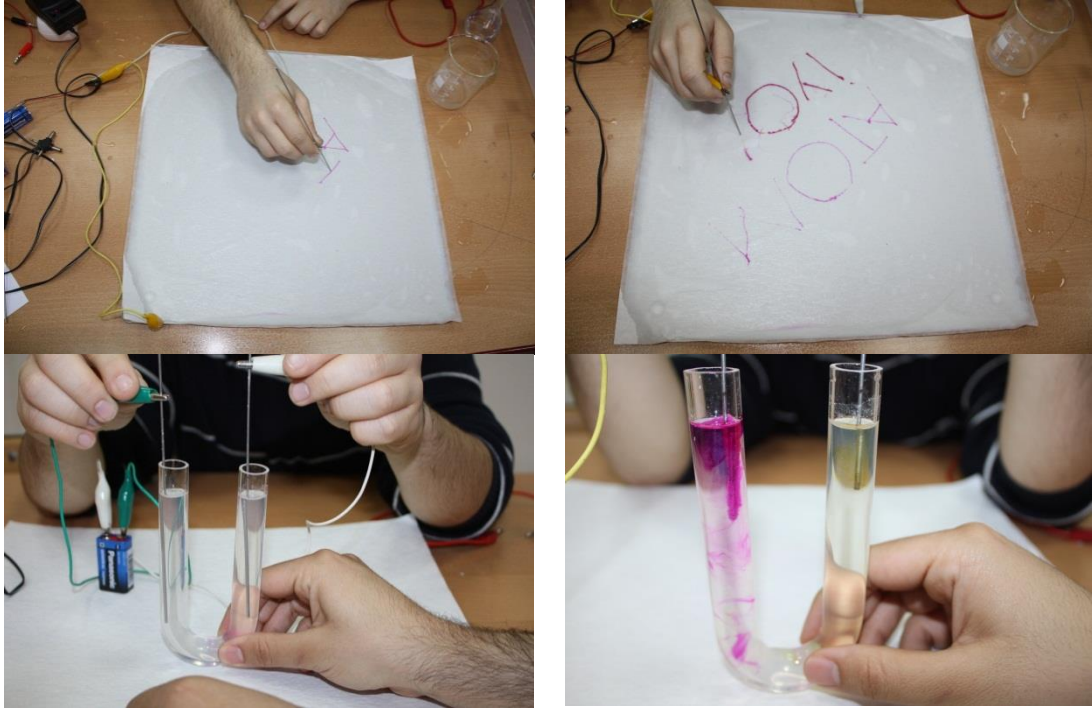
alınabilir. Ayrıca bir floresan lambaya manyetik alan yaklaştırıldığında da ışığın yön değiştirdiği fark edilebilmektedir. Etkinlikten görüntüler Şekil 3.17.'de sunulmuştur.



Şekil 3.17 Katot ışın tüpü ile ilgili videodan görüntüler.

- *Aşama 4 Öncül Deneyler V: İyonlarla Yazılan Yazı*

Modülün üçüncü etkinliği elektron almış ya da vermiş bir atom/molekül olan iyonların doğasını açıklayan, elektron ilişkisini ve etkileşimini göstermeyi amaçlayan gözlem ve deneye dayalı eğlenceli bir etkinliği konu almaktadır (Ek. 8). Etkinliğin bir bölümü Chandra (2008)'den uyarlanmıştır. Etkinliğin ilk aşaması ilgi ve merak uyandırma amacını taşımaktadır. Bu aşamada öğretmen adaylarına hiçbir bilgi verilmeden saydam bir sıvının üzerine akım yoluyla yazı yazılabildiği gösterilir ve bunu kendilerinin de yapması istenir. Bu yazı 12 Voltluk elektrik akımıyla yazılır, pembe renklidir ve yazıldığı yerden silinip tekrar yazılabilir. Bu etkinlik sonrasında öğretmen adayları ile ne gözlemledikleri üzerine tartışılır. Ardından bir U boru içerisinde açıklayıcı bir etkinlik ile bu olayın “gezgin” anlamını taşıyan iyonlarla ilişkili olduğu vurgulanır. Buradaki yazının oluşumu iyonların hareketi, elektronlar ve yük kavramları ile ilişkilendirilerek açıklanır. İyonlarla yazılan yazı etkinliğinden görüntüler Şekil 3.18.'de sunulmuştur.



Şekil 3.18 İyonlarla yazılan yazı etkinliğinden görüntüler.

3.4.4. (Modül 4) Çekirdeğin Keşfi: Rutherford Atom Kuramı

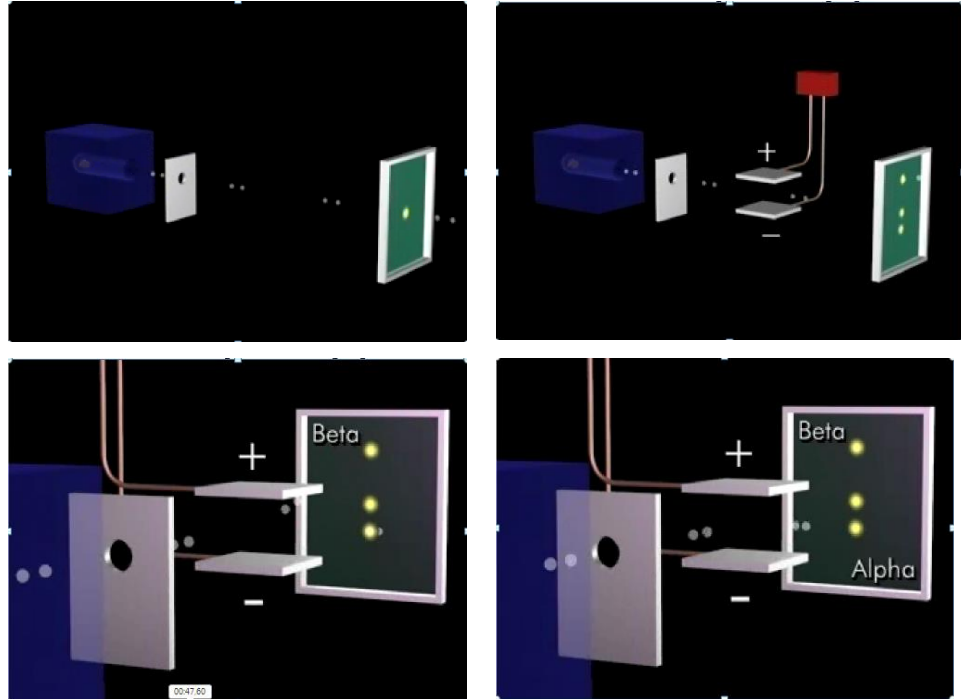
Bu modülde öğretmen adaylarının X ışınlarının ve radyoaktif ışınların öncülüğünde atom çekirdeğinin nasıl keşfedildiğini anlamaları amaçlanmaktadır. Ayrıca modülde giriş etkinliği olarak gerçekleştirilen Brown hareketleri deneyi ile atomların varlığını deneysel olarak gözlemlemeleri hedeflenmiştir. Modülde ek olarak “1911’den 2011’e Rutherford’dan 100 yıllık hediye” adlı okuma parçası (Etişken, 2011), Radyoaktif parçacıkların manyetik alandaki davranışına ilişkin video ve Rutherford deneyine ilişkin video öğretim materyali olarak kullanılmıştır. Modül “Öncül Deneyler VI: Brown hareketleri”, “Öncül Deneyler VII: Işınlardan doğası” ve “Öncül Deneyler VIII: Rutherford deneyi” olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Modül öncesi “1911’den 2011’e Rutherford’dan 100 yıllık hediye” adlı okuma parçası öğretmen adaylarına önerilmiştir. Modülün uygulama sürecinde izlenen aşamalar aşağıda sunulmuştur:

- *Aşama 1 Öncül Deneyler VI: Brown hareketleri*

Tarayıcı tunel mikroskobu, Brown hareketi, Avogadro sayısı atomların varlığı gerçeğini kanıtlayan güçlü delillerdir. Bu amaçla sınıf ortamında atomların varlığını somutlaştırmak amacıyla öncelikle bir beher içerisinde bir damla mürekkep damlatılarak öğretmen adaylarının mürekkebin dağılımını açıklamaları istenir. Bu olgu ile bağlantılı olarak Brown hareketlerini gözlemlemek amacıyla Brown'ın yapmış olduğu deney yapılır (Ford, 1992). Bu deney ile tanecik davranışları gözlemlenerek bu hareketlerin nedenleri ve atomlar ile ilişkisi tartışılır.

- *Aşama 2 Işınlardan Doğası*

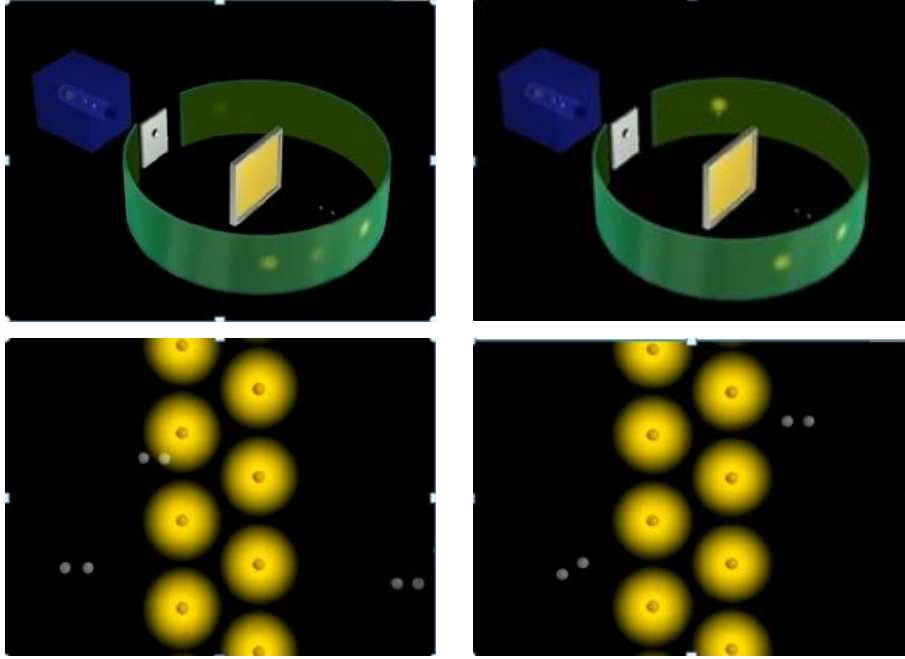
Bu aşamada öğretmen adaylarına araştırmacı tarafından hazırlanan power-point sunumu ile X ışınları hakkında bilgi verilir ve alfa, beta ve gama ışınlarının özellikleri tartışılır. Konunun daha net anlaşılabilmesi adına radyoaktif parçacıkların manyetik alandaki davranışına ilişkin video gösterilir (Types of Radiation from Radioactive Decay (video dosyası). Radyoaktif parçacıkların manyetik alandaki davranışına ilişkin videodan görüntüler Şekil 3.19.'da sunulmuştur.



Şekil 3.19 Radyoaktif parçacıkların manyetik alandaki davranışının sınıf ortamında gözlenmesi.

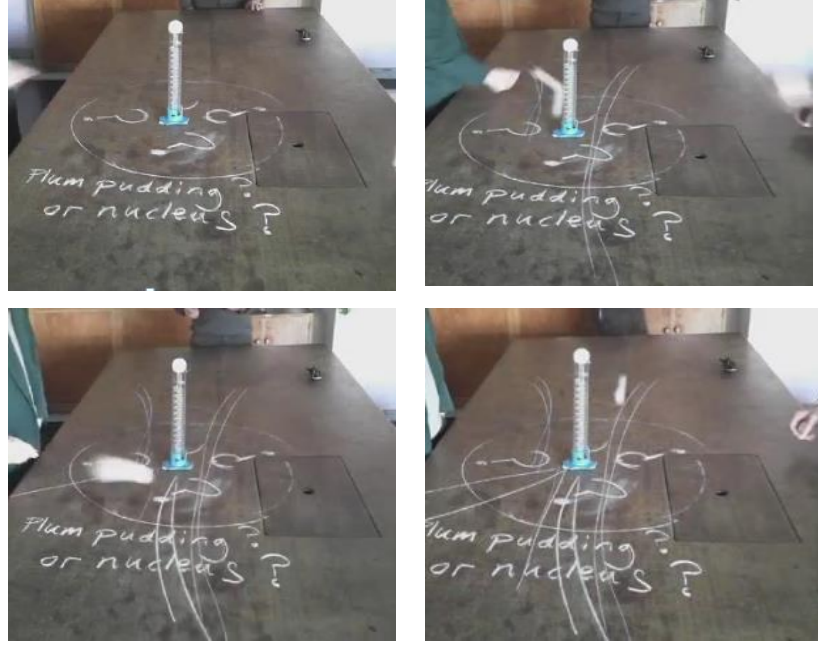
- *Aşama 3 Öncül Deneyler VII: Rutherford deneyi*

Işınların yapısı ve özelliklerinin öğretiminin ardından öğretmen adaylarına ışınların keşfinin atomun çekirdeğinin keşfine giden süreci nasıl yönlendirdiğinden bahsedilir. Rutherford'un gerçekleştirdiği altın folyo deneyinden bahsedilerek, video tabanlı öğretim ile bu deney açıklanır (Şekil 3.20.).



Şekil 3.20 Altın folyo deneyine ilişkin videodan görüntüler.

Radyoaktif bir deneyin dahi sınıf ortamında yapılabileceğini öğretmen adaylarına göstermek amacıyla “Üzümlü kek mi? Çekirdek mi?” adlı temsili bir oyun sınıf ortamında oynanır (Rutherford scattering experiment simulation with measuring cylinder and balls, 2013). Oyun için iki adet tenis raketi, tenis topu, cam dereceli silindir, keçeli kalem ve beyaz karton gereklidir. Oyundan görüntüler Şekil 3.21.’de sunulmuştur.



Şekil 3.21 Rutherford deneyine ilişkin oyundan görüntüler.

Rutherford deneyinde α ışınları altın folyo üzerine gönderildiğinde, beklenen durum ışınların büyük bir bölümünün geriye yansmasıdır. Ancak Rutherford deneyinde ışınlar büyük miktarda altın folyodan geçmiş çok az bir kısmı geriye yansımıştır. Bu durum Thomson'un belirttiği gibi elektronların pozitif yüklü atomun içinde gömülü olmadığını göstermiştir. Aksine deney pozitif yükün atomun hacminin çok küçük bir kısmını oluşturduğunu kanıtlamıştır. Bu oyunda da altın folyodaki tek bir atomu temsilen cisim kullanılmış ve tenis topu ile bombardıman edilmiştir. Rutherford deneyinde olduğu gibi giden topların büyük bir kısmı karşıya geçerken birkaç top geriye sekmiştir. Oyunu daha da anlamlı hale getirmek için topun izlediği yollar masa üzerine çizilerek, bu yollar hakkında tartışmalar düzenlenebilmektedir.

3.4.5. (Modül 5) Bohr Atom Kuramı

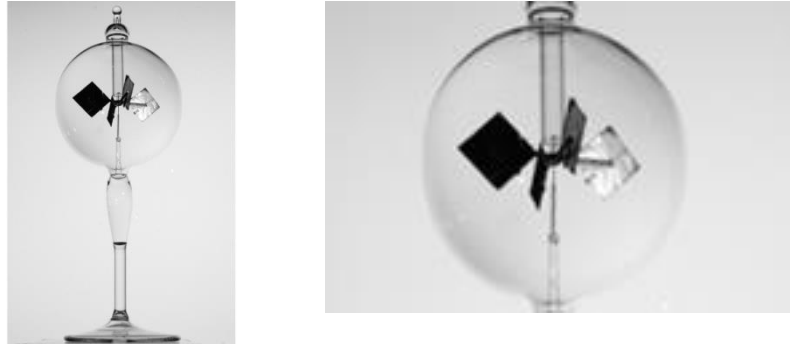
Bohr atom kuramı Max Planck ve Albert Einstein'ın ışığın yapısı, ışık-madde etkileşimi (fotoelektrik etki) üzerine gerçekleştirmiş oldukları çalışmalar öncülüğünde ortaya çıkmıştır. Bohr atom kuramının temel sorunu elektronun atom içerisindeki davranışı üzerinedir. Bu amaçla modülde ışığın parçacık ve dalga

düalitesinden yola çıkarak, Rutherford atom modelinin açıklayamadığı ve yanlışlandığı noktaların fark edilmesi, enerji düzeyi kavramının ve enerji düzeyleri arasında elektronun davranışının öğrenilmesi ve fotoelektrik etki deneyi ile Bohr enerji düzeylerinin açıklanması amaçlanmıştır.

Modül “Öncül Deneyler IX: Crookes radyometresi ile ışığın dualitesi üzerine gözlem”, “Öncül Deneyler X: Rutherford atom teorisinin yanlışlanması ve Bohr atom teorsisi” ve “fotoelektrik olay” olmak üzere üç başlıktan oluşmaktadır. Modülün uygulama sürecinde izlenen aşamalar aşağıda sunulmuştur:

- **Aşama 1 Crookes Radyometresi ile Işığın Dualitesi Üzerine Gözlem**

Bu etkinlikte öğretmen adaylarına Crookes radyometresi verilir ve bu aracın ne olduğu ve ne amaçla kullanıldığına yönelik fikir yürütmeleri istenir. Böylece öğretmen adaylarının değişkenleri test etme yoluyla radyometrenin ışık ile ilişkisini keşfetmeleri ve radyometrenin çalışma prensibini bulmaları amaçlanır. Böylece sınırlı ön bilgi ile öğretmen adaylarının ışığın tanecik-dalga dualitesini farketmeleri amaçlanır. Crookes radyometresi ile yapılan gözlemden görüntüler Şekil 3.22.’de sunulmuştur.



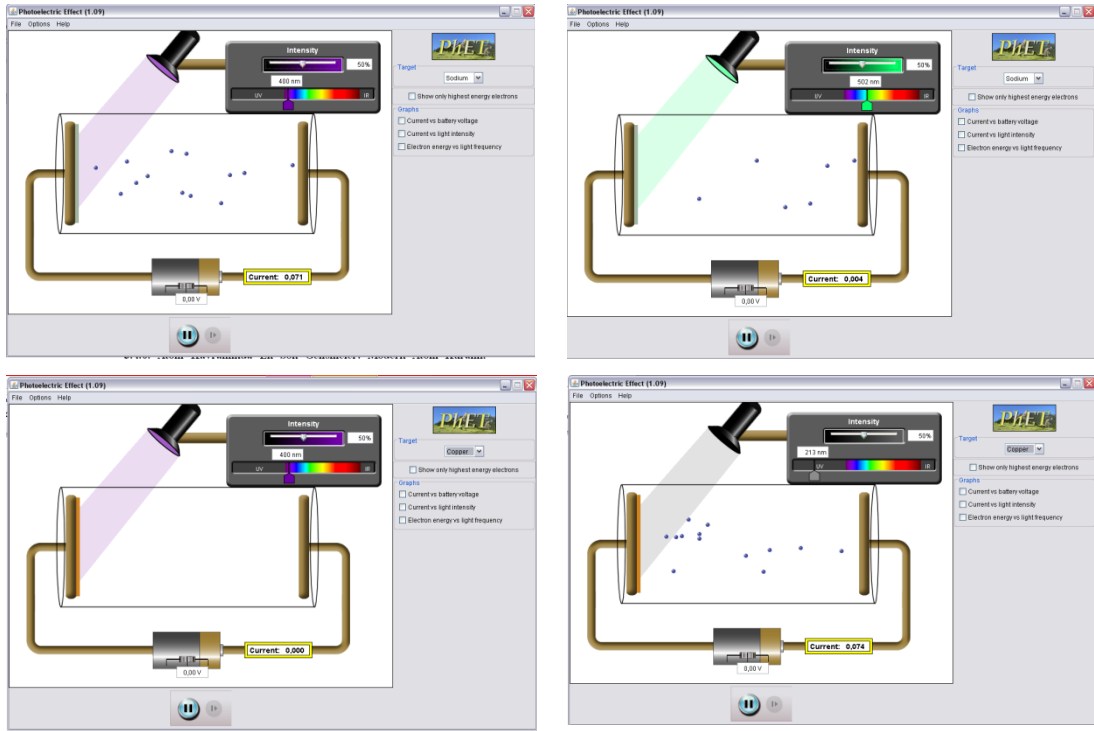
Şekil 3.22 Crookes radyometresi ile yapılan gözlem.

- **Aşama 2 Rutherford Atom Teorisinin Yanlışlanması ve Bohr Atom Teorisi**

Bu aşamada araştırmacı tarafından hazırlanan powerpoint sunumu yapılır. Sunumda Rutherford Atom Teorisi ile açıklanamayan durumlar tartışılarak, neden Bohr Atom Teorisinin öne sürüldüğü tartışılır.

- **Aşama 3 Fotoelektrik Olay**

Modülün son basamağında fotoelektrik deneyine yer verilmiştir. Deney öncesi hazırlık amacıyla bir flash animasyonu ile ışığın dalga boyu, şiddeti, elektronların koparıldığı yüzeyin cinsi değişkenleri animasyon üzerinde tek tek değerlendirilerek test edilmiştir. Burada elektronu koparmak için dalga boyunun neden önemli olduğu tartışılır. Fotoelektrik deneyine ilişkin flash animasyonundan görüntüler Şekil 3.23’de sunulmuştur.

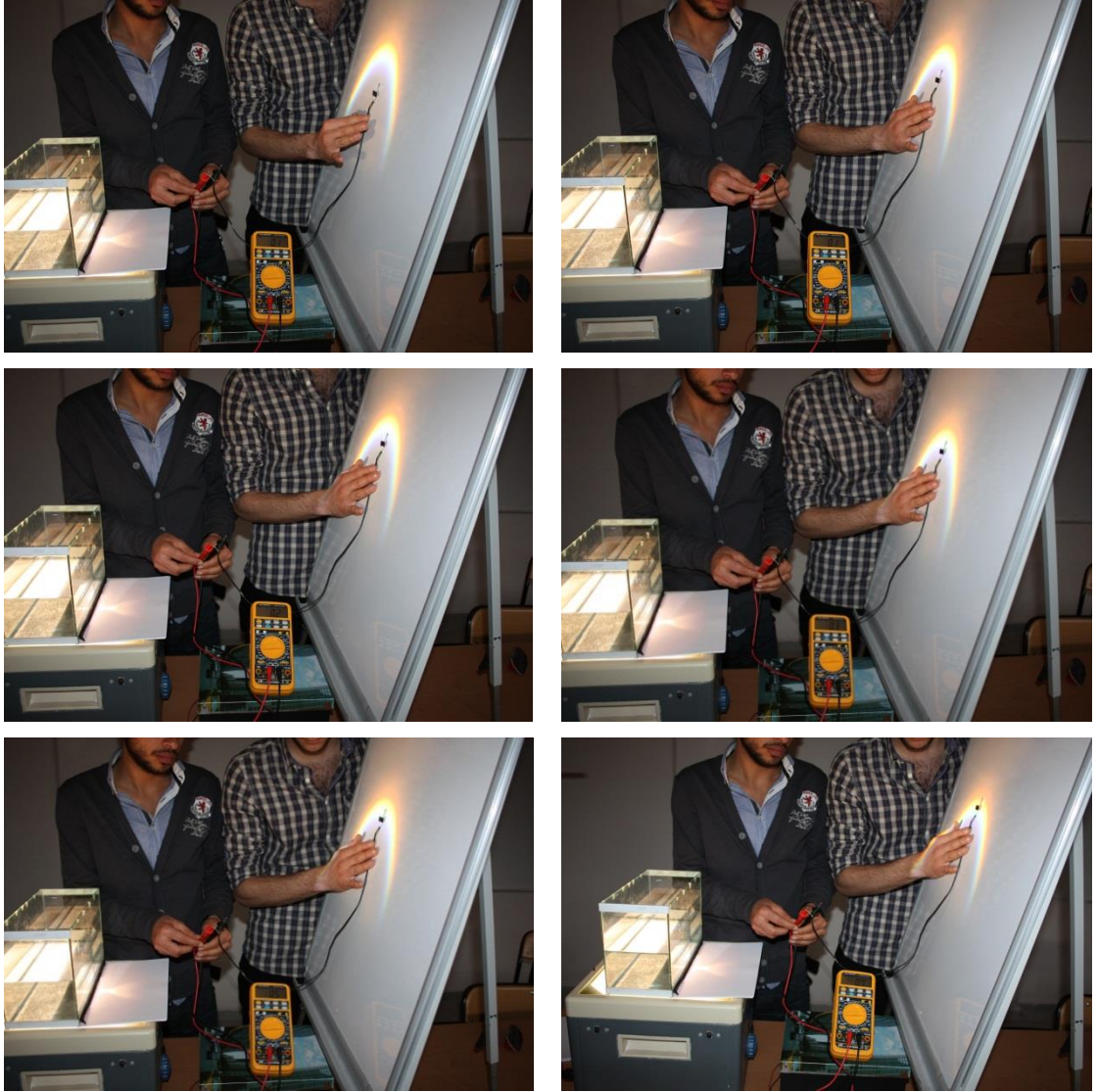


Şekil 3.23 Fotoelektrik flash animasyonu.

(Photoelectric Effect, Physics Education Technology, 2013)

Animasyon sonrası basit ve ucuz malzemeler kullanılarak bu deneyin sınıf ortamında yapılabileceği belirtilir. Bunun için bir adet güneş paneli (hesap makinelerinden çıkarılabilir), multimetre, tepegöz ve bir akvaryum gereklidir. Tepegöz ve akvaryum ile gök kuşağı oluşumu diğer bir deyişle ışığın renklerine ayrılabilceği (Işık ve Yürümezoğlu, 2012) tarafından deneysel bir etkinlikle gerçekleştirilmiştir. Bu deneyde de tepegöz ve akvaryum bu amaçla kullanılmıştır. Böylece farklı dalga boylarında elde edilen ışık bir hesap makinesinden çıkartılan güneş paneline yansıtılmış ve multimetre ile oluşan akım değerleri ölçülmüştür. Bu sistem ile ışığın

şiddeti, dalga boyu değişkenleri test edilme imkânı bulmaktadır. Buradan hareketle bir elektronun bulunduğu enerji düzeyinden uzaklaştırılması için gereken enerji miktarı Bohr Atom Teorisi ile ilişkilendirilmiştir. Burada güneş panelinin yapıldığı maddenin cinsinin hangi dalga boyuna duyarlı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Fotoelektrik deneyine ilişkin görüntüler Şekil 3.24.'de sunulmuştur.



Şekil 3.24 Fotoelektrik etki üzerine gerçekleştirilen deneyden görüntüler.

3.4.6. (Modül 6) Atom Kavramında En Son Gelişmeler: Modern Atom Kuramı, Atom Altı Parçacıklar ve CERN

Bu modülde öğretmen adaylarının modern atom teorisinin oluşumunda öne çıkan önemli kuramları, atom altı parçacıkları ve anti madde kavramını öğrenmeleri amaçlanmaktadır. Ayrıca öğretmen adaylarının taramalı tünel mikroskopları ve bu mikroskoplar ile elde edilen sonuçlar üzerinden atomların var olduklarını ve duyular ile gözlenebilirliklerini fark etmeleri hedeflenmiştir.

Bu amaçla öğretim modülü “Modern Atom Kuramı”, “Atom altı parçacıklar ve anti madde” ve “Taramalı tünel mikroskopları” olmak üzere üç başlıktan oluşmaktadır. Modüller için araştırmacı tarafından her üç başlıkta PowerPoint sunusu hazırlanmıştır. Bu sunumlarda modern atom kuramının oluşumunda yer alan düşün deneyleri (Schrödinger’in kedisi vb.) ve gözlemler (Heisenberg Belirsizlik İlkesi ile elektronun yerinin tam olarak hiçbir zaman gözlenemeyeceği gibi) tartışılmıştır. Okuma parçası olarak CERN ve burada yapılan çalışmalar hakkında bilgi edinmek amacıyla (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu [TAEK], 2009) web sitesinde yer alan ilgili bölümler, taramalı tünel mikroskobu ile interaktif ölçümler yapabilmeyi imkan tanıyan animasyonlar kullanılmıştır (Simulator, 2013). Modülde yer alan etkinlikler üç haftalık bir sürede ele alınmıştır.

- *Aşama 1 Modern Atom Kuramı*

Ders öncesi öğrenilecek konularda yer alan bazı genel kavramlara ilişkin öğretmen adaylarının görüşlerine başvurulur. Hazırlanan sunum ile atom kavramına ilişkin Bohr atom kuramının açıklayamadığı noktalar tartışılır. Ardından Modern Atom Teorisini oluşturan düşün deneyleri (Schrödinger’in kedisi vb.) ve gözlemler (Heisenberg Belirsizlik İlkesi ile elektronun yerinin tam olarak hiçbir zaman gözlenemeyeceği gibi) tartışılır.

- *Aşama 2 Atom Altı Parçacıklar ve Anti Madde*

Modülün ikinci aşamasında ise CERN eğitim paketleri içinde yer alan “Teaching Resources - Antimatter Teaching Module” isimli modüldeki sunumlardan yararlanılarak atom altı parçacıkları ve anti maddeyi tanıtıcı sunum yapılır. Bu sunum esnasında bu atom altı parçacıkların bulunuşları kronolojik olarak ele alınır (Teaching Resources - Antimatter Teaching Module, 2013).

CERN de yapılan çalışmaları anlatan Youtube'dan seçilmiş videolar ile tartışmalar düzenlenir.

- **Aşama 3 Taramalı Tünel Mikroskopları**

Bu aşamada öğretmen adaylarına taramalı tünel mikroskoplarının çalışma prensiplerine ilişkin bilgilendirme sunumu yapılır. “Virtual nanoscience laboratory” tarafından hazırlanan animasyonlar ile taramalı tünel mikroskoplarının çalışmaları ve sonuçları incelenir (Simulator, 2013).

3.5. Verilerin Analizi

Yukarıda yer alan öğretim modülleri ile gerçekleştirilen öğretim araştırmacı tarafından geliştirilen iki aşamalı çoktan seçmeli izleme testleri ile değerlendirilmiştir. Bu tür test sorularının (Örn. Tablo 3.4.) analizleri, genellikle öğrencilerin her bir sorunun ilk aşamasına verdikleri cevaplar ile bu cevaplar için seçtikleri gerekçelerin bir arada değerlendirilmesi ile sağlanır. Bu tür değerlendirmelerde, içerik seçeneklerinin bulunduğu ilk aşama ile gerekçe seçeneklerinin bulunduğu ikinci aşamanın kombinasyonuna bakılır.

Tablo 3.4 İzleme Testi'nden iki aşamalı çoktan seçmeli soru örneği

Soru 3

Atom soyuttur.

- a) Doğru^(b)
- b) Yanlış^(a)
- c) Bilmiyorum

Çünkü;

- a. Atomlar bilim insanlarının zihinlerindeki modellemelerdir. ^(d)
- b. Atom madde olmadığı için soyuttur. ^(d)
- c. Atomlar görülmez, var olduklarına inanılır. ^(d)
- d. Atom kütle, hacim gibi büyüklüklere sahip olduğunda gözlemlenebilir ve ölçümlenebilir. ^(c)
- e. Diğer.....^(*)

^(a) Doğru Cevap

^(b) Yanlış Cevap

^(c) Doğru Gerekçe

^(d) Yanılgılı Gerekçe

^(*) Açık uçlu verilen cevaplarda doğru veya yanlış gerekçeyi oluşturmaktadır.

Tablo 3.4.'de görüldüğü üzere test maddelerinin ilk aşaması çoktan seçmelidir. Bu bağlamda ilk bölümde “doğru cevap”, “yanlış cevap” olmak üzere iki durum ortaya çıkar (“Bilmiyorum” seçeneği ve boş bırakılan sorular yanlış cevap olarak kabul

edilmiştir.). Test maddelerinin ikinci aşaması ise beş şıklı çoktan seçmeli testlere benzer. Bu bölümde yer alan seçenekler ilk bölümün gerekçesini oluşturacak şekilde “doğru gerekçe”, “yanılgılı gerekçe” ve farklı bir görüşün açık uçlu ifade edilmesine imkan tanıyan “diğer...” durumundan oluşur. Test maddelerine verilen cevaplar iki aşama birlikte göz önünde bulundurularak değerlendirilir. Böyle bir değerlendirmede dört farklı durum ortaya çıkar “doğru cevap, doğru gerekçe”, “doğru cevap, yanılgılı gerekçe”, “yanlış cevap, doğru gerekçe”, “yanlış cevap, yanılgılı gerekçe”. Bunlara ek olarak bazı soruların yanıtı bırakıldığı görülmüştür. Bu durum da göz önünde bulundurularak kategori sayısı beşe ulaşır. Öğrencilerin atom kavramına ilişkin öğrenme süreçlerini izleyebilmek ve süreç içerisindeki değişimi karşılaştırılabilmek için bu kategorilere puan verme ihtiyacı duyulmuştur. Puanlamada 5 kategori oluşmaktadır ve kategorilere 0-3 aralığında puan verilmiştir. En iyi kategoriye (*Doğru Cevap - Doğru Gerekçe*) 3 puan verilmiştir. Palmer (1998)’e göre kategorilere puan verilirken öğrencilerin yanlış seçenek işaretledikleri ancak mantıklı gerekçeler sunabildikleri durumlar, doğru seçenek işaretledikleri ancak gerekçelerini açıklayamadıkları durumlardan daha değerlidir. Bu nedenle verilen yanıtlardan bir alt kategoriye (*Yanlış Cevap – Doğru Gerekçe*) 2 puan verilmiştir. Palmer’in belirttiği gibi çoktan seçmeli içerik aşamasına doğru cevabı verip onunla ilgili doğru gerekçe ileri süremeyen birey yüzeysel anlamaya sahiptir böyle bir durumda ise (*Doğru Cevap – Yanılgılı Gerekçe*) bu yanıtta 1 puan verilmiştir. Boş bırakılma ya da (*Yanlış cevap – Yanılgılı Gerekçe*) durumuna da 0 puan verilmiştir. Yukarıda özetlenen kategoriler ve puanları Tablo 3.5.’de yer almaktadır.

Tablo 3.5 İzleme testine verilen yanıtların kategorileri ve puan değerleri

Kategori	Kısaltması	Puan Değeri
Doğru Cevap ^(a) Doğru Gerekçe ^(c,*)	DCDG	3
Doğru Cevap ^(a) Yanılgılı Gerekçe ^(d,*)	DCYG	1
Yanlış Cevap ^(b) Doğru Gerekçe ^(c,*)	YCDG	2
Yanlış Cevap ^(b) Yanılgılı Gerekçe ^(d,*)	YCYG	0
Bilmiyorum / Yanıt yok	YY	0

Her soru için yukarıda belirtilen puan hesaplamalarının yapılmasının ardından veriler SPSS 21 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Analizde verilerin rasgele örneklemeden toplanması, ölçümlerin birbirinden bağımsız gerçekleştirilmesi,

dağılımın normal dağılım göstermesi ve varyansın homojen olması nedeniyle parametrik test kullanılmıştır. Çalışmada;

Lucretius'tan günümüze atom kavramının gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler ile öğretiminin öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin bilgi düzeylerini nasıl etkilemektedir ve bu etkilerin kalıcılığı ne düzeydedir?

alt problemini cevaplamak amacıyla tek bir çalışma grubu tek bir ölçme aracı ile tekrarlı ölçümler (*öntest, sontest, ileri-sontest*) yapılarak değerlendirilmiştir. Testten elde edilen verilerin bir bağımsız değişken (*öntest (Zaman 1) /sontest (Zaman 2) / kalıcılık testi (Zaman 3)*) ve bir bağımlı değişken (*izleme testi skorları*) içermesi nedeniyle ilişkili örneklem (tekrarlı ölçümler) için tek faktörlü ANOVA (One-Way Repeated Measures ANOVA) kullanılmıştır (Pallant, 2007). ANOVA sonuçlarına tamamlayıcı olarak gruplar arasındaki anlamlı farklılığın yönünü belirlemek amacıyla Holm'ün ardışık Bonferroni yöntemi izlenerek t-testi yapılmıştır.

Öğretmen adaylarının, atom kavramının gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler ile öğretimi öncesi ve sonrası, atom kavramı ile ilgili sahip oldukları kavram yanılgıları nelerdir?

Alt problemini cevaplamak amacıyla ise içerik analizi ve frekans analizi kullanılmıştır. Alan yazında iki aşamalı çoktan seçmeli testler ile kavram yanılgılarının analizinde yüzde ve frekans değerleri kullanılmaktadır (Örn. Tsui ve Treagust, 2010; Treagust, 1988; Chu, Treagust ve Chandrasegaran, 2009; Tan, 2000). Bu nedenle bu aşamada her sorunun birinci aşaması ve ikinci aşamasına verilen cevapların yüzde değerleri ile testte yer alan her soru için Cross-Tab oluşturulmuştur. Ayrıca öğretmen adaylarının (e) seçeneği olarak belirtmiş oldukları açık uçlu ifadeler içerik analizi ile analiz edilmiş ve frekans olarak ifade edilmiştir.

4. BULGULAR

Araştırmada Lucretius'tan günümüze atom kavramının gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler aracılığıyla öğretiminin öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin bilgi düzeyleri ve görüşleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Aşağıda araştırmada geliştirilen etkinlikler ile yapılan öğretimin izleme testi ile değerlendirmesinden elde edilen sonuçlar iki başlıkta sunulmuştur.

4.1. Lucretius'tan günümüze atom kavramının gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler ile öğretiminin öğretmen adaylarının bilgi düzeylerine etkisi

Araştırmada geliştirilen izleme testi, araştırma deseninde (Tablo 4.1.) belirtildiği üzere çalışma grubuna ön test, son test ve kalıcılık testi olmak üzere üç farklı zaman aralığında uygulanmıştır. Çalışmada geliştirilen etkinliklerin öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin görüşlerine etkisini değerlendirmek ve kalıcılığını belirlemek amacıyla ön test, son test ve kalıcılık testi toplam puanları arasında anlamlı düzeyde farklılık bulunup bulunmadığı, ilişkili örneklem (tekrarlı ölçümler) için tek faktörlü ANOVA (One-Way Repeated Measures ANOVA) ile test edilmiştir. İzleme ön test, son test ve kalıcılık testlerinden elde edilen verilerin toplam puanlarının merkezi eğilim ve yayılma ölçülerine ilişkin bulgular Tablo 4.1.'de sunulmuştur.

Tablo 4.1 Öğretmen adaylarının izleme ön test, son test ve kalıcılık testi toplam puanlarının merkezi eğilim ve yayılma ölçüleri

	N	Ortalama	S
Ön Test	73	30,699	7,642
Son Test	73	43,452	6,916
Kalıcılık Testi	73	43,055	8,359

Tablo 4.1. incelendiğinde; araştırmaya katılan öğretmen adaylarının Lucretius'tan günümüze atom kavramının gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler ile öğretimi öncesi izleme ön test toplam puanlarının aritmetik ortalaması ($X=30,69$), sonrasında son test toplam puanlarının aritmetik ortalaması ($X=43,45$) ve kalıcılık testi toplam

puanlarının aritmetik ortalaması ($X=43,05$) olarak belirlenmiştir. Bu merkezi eğilim ölçüleri arasında anlamlı düzeyde farklılık bulunup bulunmadığı ilişkili örneklemeler (tekrarlı ölçümler) için tek faktörlü ANOVA analizi ile test edilmiştir (Tablo 4.2.).

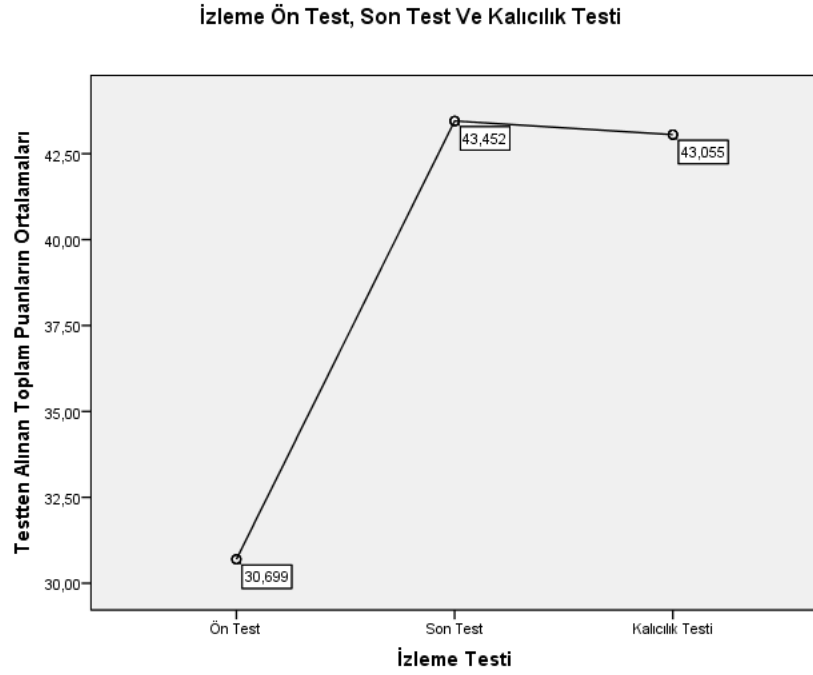
Tablo 4.2 İlişkili örneklemeler (tekrarlı ölçümler) için tek faktörlü ANOVA sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	P	Anlamlı Fark
Denekler Arası	8032,639	72	111,564			
Ölçüm	7676,740	2	3838,370	118,902	,000	1-2 1-3
Hata	4648,594	144	32,282			
Toplam	20357,973	218				

1: Ön test, 2: Son test, 3: Kalıcılık testi

Tekrarlı ölçüm sayısı üç ya da daha fazla olduğu durumlar için sphericity varsayımı anlamlıdır (Field, 2005). Yapılan analizde Mauchly testi sphericity varsayımını sağlamaktadır ($\chi^2(2)=2,06$, $p > .05$); bu nedenle gruplar içi faktörün herhangi iki düzeyi için hesaplanan fark puanlarının evrendeki varyansları eşittir. Tablo 4.2.'ye göre araştırmaya katılan öğretmen adaylarının izleme ön test, son test ve kalıcılık testi puanlarından en az biri arasında anlamlı düzeyde farklılık bulunmaktadır, $F(2, 144) = 118,902$, $p < .05$. Gruplar arasındaki anlamlı farklılığın kaynağını belirlemek ve birinci tür hataların (Type I errors) önüne geçmek amacıyla Bonferroni testi "Holms' Sequential Bonferroni Procedure" izlenerek t-Testi yapılmıştır (Pallant, 2007). İlişkili örneklemeler için t-Testi (Paired Samples t-Test) sonuçlarına göre izleme ön test ve son test puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır, $t(72)=-14,735$, $p < .05$. İzleme ön test ve kalıcılık testi puanları arasında anlamlı bir farklılık vardır, $t(72)=-12,309$, $p < .05$. İzleme son test ve kalıcılık testi puanları arasında anlamlı bir farklılığa ulaşamamıştır, $t(72)=,420$, $p > .05$. Bu bulgular ışığında, modüllerde yer alan gözlem ve deneye dayalı etkinliklerin öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin görüşlerini olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Ayrıca son test ve kalıcılık testi ortalamaları arasında anlamlı düzeyde bir fark olmaması ölçüm sonuçlarının

farklılaşmadığını ve uygulamanın etkisinin devam ettiğini göstermektedir. Bu durum Şekil 4.1.'de sunulmuştur.



Şekil 4.1 İzleme ön test, son test ve kalıcılık testi ortalama puanlarının değişimi

İzleme testi ön test ve son test puanları arasında anlamlı derecede farklılık bulunmuştur. Ancak geliştirilen öğretim materyallerinin atom kavramının öğretimi üzerindeki etki büyüklüğünün (effect size) hesaplanması önemlidir. İzleme ön test ve son test puanları arasındaki anlamlı farklılığın etki büyüklüğü aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$Eta\ Kare\ (\eta^2) = \frac{t^2}{t^2 + (N - 1)}$$

$$Eta\ Kare\ (\eta^2) = \frac{(-14,735)^2}{(-14,735)^2 + 73 - 1}$$

$$Eta\ Kare\ (\eta^2) = ,750$$

Cohen, Manion ve Morrison (2007)'ye göre Eta Kare değeri 0.01 = çok küçük; 0.06 = orta etki; ve 0.14 = çok büyük bir etki büyüklüğünü göstermektedir. Bu sonuca göre çalışmanın etki büyüklüğünün geniş (large effect) olduğu söylenebilir.

4.2. Lucretius'tan günümüze atom kavramının gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler ile öğretiminin öğretmen adaylarının kavram yanlışlarına etkisi

Öğretmen adaylarının, atom kavramının gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler ile öğretimi öncesi ve sonrası, atom kavramı ile ilgili sahip oldukları kavram yanlışları izleme testi ile değerlendirilmiştir. Öğretmen adaylarının ön test, son test ve kalıcılık testine vermiş oldukları cevaplar sorular bazında daha derinlemesine analiz edildiğinde, öğrenci görüşlerinde bazı ilginç fakat tutarlı bulgulara ulaşılır. Bu sonuçlar alan yazındaki çalışmalarla paralellik gösterdiği gibi, alan yazında değinilmeyen öğrenci görüşlerine de ışık tutar. Analizlerde kavram yanlışları çalışma grubunun en az %10'unda gözlemleniyorsa önemli ve yaygın olarak kabul edilir (Chu, Treagust ve Chandrasegaran, 2009). Aşağıda öğretmen adaylarının izleme testinde yer alan her bir iki aşamalı çoktan seçmeli soruya ilişkin doğru ya da kavram yanlışlı görüşlerini yüzdeler olarak belirten tablolar yer almaktadır. Tabloların devamında ön test, son test ve kalıcılık testlerinde öğrenciler tarafından her bir sorunun gerekçesi olarak belirtilen açık uçlu ifadeler sunulur. Sonrasında her üç uygulama için çalışma grubunun en az %10'da gözlemlenen kavram yanlışları rapor edilmiştir.

Soru 1.

Tablo 4.3 Öğretmen adaylarının birinci soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

	<i>n</i>	Seçenek (Birinci Aşama)	Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
Ön test	73	(a)	5,5	1,4	,0	11,0	,0	,0	17,8
		(b)	56,2*	4,1	,0	5,5	9,6	1,4	76,7
		(c)	2,7	,0	,0	,0	,0	1,4	4,1
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4
Son test	73	(a)	1,4	,0	1,4	1,4	,0	,0	4,1
		(b)	50,7*	1,4	1,4	4,1	34,2	1,4	93,2
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4	2,7
Kalıcılık testi	73	(a)	,0	2,7	,0	2,7	,0	,0	5,5
		(b)	67,1*	4,1	1,4	4,1	12,3	4,1	93,2
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	1,4	,0	,0	,0	,0	,0	1,4

(*) Doğru cevap

Tablo 4.4 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru			N
1	Ön test	Olay kimyasal değildir, fiziksel olaydır bu nedenle atomlarda bir değişiklik olmaz.	6
		Atomlar çekiç ile parçalanamaz	2
1	Son test	Sadece fiziksel yapı değişir.	2
		Parçalamak için çok yüksek bir enerji vermek gerekir.	1
		Atomlar çekiç ile parçalanamaz	2
		Sadece atomlar arasındaki bağlar kopar	22
		Olay makro boyuttadır, mikro boyutlarda bir değişim olmaz	2
Kalıcılık Testi	Atomlar arasındaki bağlar kopar.	Atomlar çekiç ile parçalanamaz	8
		Atomlar çekiç ile parçalanamaz	2

Tablo 4.5 Öğretmen adaylarının(N=73) kavram yanılgıları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Karbon atomlarının bazılarında ufak parçalar kopar ve bu atomlar küçülür.	(a)(d)	11	1,4	2,7

Soru 1 öğretmen adaylarının kömür atomlarına dış ortamdan çekiç ile fiziksel bir kuvvet uygulandığında atomlarda meydana gelecek değişikliğe ilişkin görüşlerini değerlendirmektedir. Tablo 4.3.'de görüleceği üzere öğretmen adaylarının % 56,2'si ön testte atomlarda bir şekil değişikliği meydana gelmez yanıtını verirken, son testte bu oran %50,7'ye düşmekte ancak ileri son testte öğretmen adayları % 67,1 oranında bu seçeneği seçmektedirler. Bu sorunun cevaplanma oranındaki düşüş uygulanan öğretimin bu konuya ilişkin görüşleri olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Ancak tabloda öğretmen adaylarının büyük bir bölümünün (e) seçeneğinde kendi nedenlerini açık uçlu olarak yazmayı tercih ettikleri görülmektedir. Bu seçeneğe ilişkin verilerin yer aldığı Tablo 4.4. incelendiğinde, öğretmen adaylarının büyük bir bölümü "*kömürün çekiç ile ezildiğinde atomlar arası bağlar kopar*" görüşünü belirterek daha derin ve içselleştirilmiş bir bilgi vermeyi tercih ettiği görülür.

Bu soruya ilişkin kavram yanılgıları incelendiğinde, ön test sonuçlarına göre öğretmen adaylarında % 11 oranında "*karbon atomlarının bazılarında ufak parçalar kopar ve bu atomlar küçülür*" kavram yanılgısına sahip oldukları görülmektedir. Bu kavram yanılgısının uygulanan öğretim sonrasında giderildiği, son test ve kalıcılık testi sonuçlarında bu seçeneğin seçilme oranının örneklem büyüklüğünün % 10'ndan düşük olması ile açıklanabilir.

Soru 2.

Tablo 4.6 Öğretmen adaylarının ikinci soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

		Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam	
	n	Seçenek (Birinci Aşama)	(a)	(b)	(c)	(d)			(e)
Ön test	73	(a)	8,2	24,7	30,1	19,2*	1,4	2,7	86,3
		(b)	,0	1,4	1,4	,0	,0	,0	2,7
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	11,0	11,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	9,6	24,7	20,5	34,2*	1,4	1,4	91,8
		(b)	,0	,0	5,5	1,4	,0	,0	6,8
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	1,4	,0	,0	,0	1,4
Kalıcılık testi	73	(a)	24,7	16,4	20,5	30,1*	,0	2,7	94,5
		(b)	,0	1,4	1,4	,0	,0	2,7	5,5
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0

(*) Doğru cevap

Tablo 4.7 Öğretmen adaylarının(N=73) kavram yanılgıları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu		% değerleri		
	(a)	(b)	Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Etil alkol hidrojen, oksijen ve karbon atomlarına ayrılarak gaz haline dönüşür.	(a)	(b)	24,7	24,7	16,4
Etil alkol molekülleri oda sıcaklığının etkisi ile genişir, büyür ve hafifleyerek ortamdaki uzaklaşır.	(a)	(c)	30,1	20,5	20,5
Sıvı etil alkolün azalan kısmı hava olarak ortama dağılır.	(a)	(a)	8,2	9,6	24,7

Soru 2 öğretmen adaylarının etil alkolün buharlaşması olayı ile ilişkili olarak buharlaşma, hava, gaz kavramlarına ilişkin görüşlerini değerlendirmektedir. Öğretmen adaylarının % 19,2'si ön testte “*etil alkolün azalan kısmı etil alkol buharı olarak ortama dağılmıştır*” gerekçesini belirterek soruyu doğru olarak cevaplamıştır. Uygulanan öğretim sonrasında doğru cevabın verilme oranı % 34,2 ye yükselmiş, ileri son testte bu değer %30,1'e bir miktar düşüş göstermiştir. Tabloda ön testte % 11 oranında hiç görüş belirtmeyen öğretmen adaylarının uygulama sonrasında bir seçeneğe yöneldiği görülmektedir.

Öğretmen adaylarında görülen kavram yanılgıları için Tablo 4.7. incelendiğinde; “*etil alkol molekülleri oda sıcaklığının etkisi ile genişir, büyür ve hafifleyerek*

ortamdan uzaklaşır” kavram yanlışsında ön testte % 30,1 olan kavram yanlışsının, son testte % 20,5’e düştüğü görülmektedir. Buna karşın *etil alkol hidrojen, oksijen ve karbon atomlarına ayrılarak gaz haline dönüşür*” kavram yanlışsının uygulanan öğretim sonrasında devam ettiği, kalıcılık testinde ise % 24,7 olan seçilme yüzdesinin %16,4’e düştüğü görülmektedir. Kalıcılık testinde *sıvı etil alkolün azalan kısmı hava olarak ortama dağılır*” kavram yanlışsında uygulanan öğretim sonrasında bir artış gözlenmemiş ancak uygulama bitimi ile kalıcılık testi arasında geçen süreçte beklenmeyen % 15,1’lik bir artış görülmüştür.

Soru 3.

Tablo 4.8 Öğretmen adaylarının üçüncü soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

		Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam	
	<i>n</i>	Seçenek (Birinci Aşama)	(a)	(b)	(c)	(d)			(e)
Ön test	73	(a)	8,2	4,1	1,4	6,8	,0	20,5	
		(b)	2,7	1,4	1,4	60,3*	,0	68,5	
		(c)	2,7	,0	,0	,0	1,4	6,8	11,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	,0	1,4	,0	1,4	,0	2,7	
		(b)	,0	1,4	1,4	71,2*	21,9	95,9	
		(c)	,0	,0	,0	1,4	,0	,0	1,4
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	1,4	,0	1,4	4,1	,0	6,8	
		(b)	,0	1,4	1,4	87,7*	1,4	93,2	
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0

(*) Doğru cevap

Tablo 4.9 (e) seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru		N	
3	Son Test	Atomu mikroskopla gözlemleyebiliyoruz.	4
		Elektron mikroskopunda gözlemlenebilir.	6
		Deney ve gözlemlerle ölçülebilir.	5
		Makro dünyada bir mol atomla işlemler yapabiliriz.	1
		Mikro boyutlarda incelemeler yapmak gerekir.	1

Soru 3 Atom somut mudur? Soyut mudur? sorusuna yanıt olarak öğretmen adaylarının görüşlerini değerlendirmektedir. Tablo 4.8. incelendiğinde öğretmen adaylarının % 60,3’ü atomun somut olduğunu düşünmekte ve kütle, hacim gibi

büyükliklere sahip olduğunda gözlemlenebilir ve ölçümlenebilir olmasını bu görüşlerinin nedeni olarak öne sürmektedirler. Sorunun doğru gerekçelendirilerek cevaplanma oranı son testte % 71,2 'ye, kalıcılık testinde ise %87,7'ye yükselmiştir. Bu gelişmeye paralel olarak Tablo 5.3.2 incelendiğinde son testte öğretmen adaylarının %21,9'luk bir kısmının da gerekçelerini açık uçlu olarak yazmayı tercih ettiği görülmektedir. Bu gerekçeler incelendiğinde öğretmen adaylarının atoma ilişkin deneysel verilerin toplanmasını atomun somut olması ile ilişkilendirdikleri görülmektedir. Tablo 4.9. de yer alan veriler kavram yanlışları açısından değerlendirildiğinde öğretmen adaylarının atomun soyut olduğunu düşünmelerinin altında yatan herhangi bir kavram yanlışlığı gerekçeye ulaşılamamıştır.

Soru 4.

Tablo 4.10 Öğretmen adaylarının dördüncü soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

	<i>n</i>	Seçenek (Birinci Aşama)	Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
Ön test	73	(a)	2,7	,0	,0	,0	,0	,0	2,7
		(b)	67,1*	1,4	12,3	,0	,0	,0	80,8
		(c)	1,4	,0	,0	,0	1,4	13,7	16,4
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		(b)	63,0*	1,4	24,7	,0	8,2	,0	97,3
		(c)	1,4	,0	,0	,0	,0	1,4	2,7
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	4,1	,0	,0	,0	,0	,0	4,1
		(b)	65,8*	1,4	19,2	1,4	1,4	4,1	93,2
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4

(*) Doğru cevap

Tablo 4.11 Öğretmen adaylarının(N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanlışlığı	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Atomların büyüklüklerini proton sayıları belirler.	(b) (c)	12,3	24,7	19,2

Soru 4 öğretmen adaylarının atomun büyüklüğüne ilişkin görüşlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Tablo 4.10. incelendiğinde öğretmen adaylarının % 67,1'nin atomun büyüklüğünü belirleyen unsur olarak proton, nötron ve elektron sayılarını

belirtmişlerdir. Ancak son test (% 63) ve kalıcılık testinde (% 65,8) bu oranda bir miktar azalma olduğu görülmektedir. Tablo detaylı olarak incelendiğinde ön testte %13,7 oranında gerekçe belirtemeyenlerin son testte yanlış bir seçenek de olsa (c) seçeneğine yöneldiği görülmektedir.

Bu durumu kavram yanlışları açısından değerlendirecek olursak öğretmen adaylarında atomun büyüklüğünü proton sayısı belirler (Tablo 4.11.) yanlışlığının geliştiği görülmektedir. Böylece öğretmen adaylarının atomun büyüklüğünün belirleyicisi olarak eksik bir bilgi de olsa atom altı parçacıklara işaret ettiklerini göstermektedir.

Soru 5.

Tablo 4.12 Öğretmen adaylarının beşinci soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

	n	Seçenek (Birinci Aşama)	Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
Ön test	73	(a)	,0	39,7*	4,1	2,7	,0	,0	46,6
		(b)	4,1	4,1	11,0	8,2	1,4	1,4	30,1
		(c)	,0	,0	,0	,0	1,4	20,5	21,9
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4
Son test	73	(a)	1,4	89,0*	1,4	,0	2,7	,0	94,5
		(b)	1,4	2,7	1,4	,0	,0	,0	5,5
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	,0	69,9*	4,1	2,7	1,4	1,4	79,5
		(b)	2,7	8,2	4,1	4,1	1,4	,0	20,5
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0

(*) Doğru cevap

Tablo 4.13 Öğretmen adaylarının(N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Atomlar hareket ettikleri için canlıdır.	(b) (c)	11,0	1,4	4,1

Soru 5 öğretmen adaylarının atomun animizmine ilişkin görüşlerini almak amacıyla geliştirilmiştir. Tablo 4.12. incelendiğinde ön test sonucunda öğretmen adaylarının % 39,7'si atomların canlılık karakteri taşımadığını belirtirken, bu oran son testte %89'a

yükselmiştir. Ancak kalıcılık testinde bu oran bir miktar gerileyerek % 69,9'a düşmüştür. Ayrıca tabloda ön testte hiçbir görüş belirtmeyen öğrencilerin (% 20,5) öğretim sonrasında görüşlerini belirttikleri görülmektedir. Öğretmen adaylarında kavram yanılgısı olarak, ön testte atomların hareket ettikleri için canlı oldukları düşüncesi görülürken (% 11), öğretim sonrasında bu görüşün ortadan kalktığı görülmektedir. Kalıcılık testi sonuçlarına bakıldığında da bu yanılgılı görüşün devam ettirilmediği anlaşılmaktadır.

Soru 6.

Tablo 4.14 Öğretmen adaylarının altıncı soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

	<i>n</i>	Seçenek (Birinci Aşama)	Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
			(a)	(b)	€	(d)	€		
Ön test	73	(a)	1,4	23,3	,0	6,8	1,4	,0	32,9
		(b)	28,8*	,0	1,4	8,2	2,7	,0	41,1
		(c)	4,1	,0	,0	,0	2,7	19,2	26,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	,0	12,3	,0	1,4	1,4	,0	15,1
		(b)	42,5*	,0	9,6	12,3	17,8	,0	82,2
		(c)	1,4	,0	,0	,0	,0	1,4	2,7
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	,0	6,8	,0	1,4	4,1	,0	12,3
		(b)	53,4*	1,4	1,4	16,4	6,8	2,7	82,2
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	5,5	5,5
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0

(*) Doğru cevap

Tablo 4.15 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru		N	
6	Son test	Elektronlar atomun çevresinde dolanırlar ve bulut oluştururlar.	4
		Bulut şeklinde dirler.	2
		Şekli bilinemez.	2
		Belirli bir şekli yoktur.	3
		Belirli yörüngelerde dolanırlar.	1
		Büyük boşluklardan oluşurlar.	1
		Dalga ve tanecik özelliği gösterebilir.	1

Tablo 4.16 Öğretmen adaylarının (n=73) kavram yanılgıları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Atomlar tıpkı bilyeler gibi içi dolu kürelerdir.	(a) (b)	23,3	12,3	6,8
Bir atom birçok nokta (daire) ile temsil edilir.	(b) (d)	8,2	12,3	16,4

Soru 6 öğretmen adaylarının atomun şekline ilişkin görüşlerini belirlemektedir. Tablo 4.14. incelendiğinde öğretmen adaylarının doğru cevabı vererek “atomların türlerine göre farklı şekiller alabilirler” doğru gerekçesini verme oranının ön testte % 28,8, son testte % 42,5 ve kalıcılık testinde % 53,4 olduğu görülmektedir. Ayrıca öğretmen adaylarının son testte, ön test ve kalıcılık testinden farklı olarak % 17,8 oranında kendi gerekçelerini açık uçlu olarak ifade ettikleri görülmektedir. Bu sonuca ilişkin Tablo 4.15 incelendiğinde öğretmen adaylarının bulut, yörünge benzetmelerine yöneldiği ya da belirli bir şeklinin olmadığını belirttikleri görülmektedir. Kavram yanlışları açısından değerlendirildiğinde (Tablo 4.16.) öğretmen adayları öğretim öncesinde % 23,3 oranında atomu içi dolu küreler olarak düşünmelerine karşın bu görüşün öğretim sonrasında % 6,8’lere gerilediği görülmektedir. Ancak buna paralel olarak başlangıçta gözlenmeyen bir kavram yanlışlığı olan “bir atom birçok nokta (daire) ile temsil edilir” kavram yanlışlığında uygulama sonrasında % 4,1’lik bir artış gözlenmiştir.

Soru 7.

Tablo 4.17 Öğretmen adaylarının yedinci soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

	<i>n</i>	Seçenek (Birinci Aşama)	Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
Ön test	73	(a)	,0	6,8	,0	1,4	,0	,0	8,2
		(b)	4,1	15,1	5,5	38,4*	2,7	1,4	67,1
		(c)	,0	,0	,0	2,7	,0	20,5	23,3
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4
Son test	73	(a)	,0	2,7	,0	4,1	,0	,0	6,8
		(b)	4,1	13,7	2,7	46,6*	24,7	1,4	93,2
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	2,7	4,1	,0	,0	,0	,0	6,8
		(b)	9,6	20,5	1,4	50,7*	6,8	,0	89,0
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	4,1	4,1
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0

(*) Doğru cevap

Tablo 4.18 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru		N	
7	Son test	Yer değiştirirler, çarpışmadan etkilenmezler.	1
		Boşlukta esnek hareket ederler.	12
		Moleküller arası bağlar parçalanır.	2
		Atom ancak laboratuvarlarda parçalanır.	3
		Atomları parçalamak için çok yüksek enerji gerekir.	1

Tablo 4.19 Öğretmen adaylarının(N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Hava esnek olduğu için atomları da esnektir.	(b) (b)	15,1	13,7	20,5

Soru 7 öğretmen adaylarının atomların çarpışmasına ilişkin görüşlerini değerlendirmektedir. Tablo 4.17. incelendiğinde öğretmen adaylarının % 38,4'nün ön testte doğru cevabı vererek “*çarpışma sonrasında atomların biçiminde bir değişiklik gözlenmez*” gerekçesine yöneldiği görülmektedir. Öğretim sonrasında bu kombinasyonun verilme oranı % 46,6'ya, kalıcılık testinde de % 50,7'ye ulaşmıştır. Son test verileri incelendiğinde ön testte gerekçe belirtmeyen öğretmen adaylarının % 24,7 oranında kendi gerekçelerini açık uçlu olarak ifade etmeye yöneldiği görülmektedir. Açık uçlu olarak ifade edilen görüşlerde atomlarda bir değişim olmayacağı, bunun da gerekçesi olarak “*atomlar boşlukta esnek hareket ederler*” görüşü öne sürülmüştür. Tablo 4.19. kavram yanlışları olarak incelendiğinde ise “*hava esnek olduğu için atomları da esnektir*” görüşünün öğretim sonrasında % 15,1'den % 13,7'ye bir miktar gerilediği ancak yine de yaygın bir kavram yanlışlığı olduğu görülmektedir.

Soru 8.

Tablo 4.20 Öğretmen adaylarının sekizinci soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

	n	Seçenek (Birinci Aşama)	Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
Ön test	73	(a)	12,3	9,6	1,4	13,7	1,4	1,4	39,7
		(b)	,0	1,4	45,2*	,0	4,1	,0	50,7
		(c)	,0	,0	2,7	,0	1,4	5,5	9,6
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	9,6	4,1	2,7	4,1	2,7	,0	23,3

	(b)	,0	,0	60,3*	2,7	12,3	,0	75,3
	(c)	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4
	Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	(a)	16,4	11,0	1,4	8,2	2,7	,0	39,7
	(b)	1,4	,0	50,7*	,0	5,5	,0	57,5
	(c)	,0	,0	,0	,0	,0	2,7	2,7
	Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0

(*) Doğru cevap

Tablo 4.21 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru	Son test	Katılardaki boşluk sıvılardan daha fazladır.	1
8		Azalan ağırlıktır.	1
		Su molekülleri aynı kalır.	1
		Moleküller küçülmez sadece aralarındaki boşluk artar.	2
		Moleküller arası bağlar kopar, bir küçülme meydana gelmez.	3

Tablo 4.22 Öğretmen adaylarının(N=73) kavram yanılgıları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Hal değişimi sırasında hidrojenin bir kısmı buharlaşarak uzaklaşır ve su molekülleri küçülür.	(a) (a)	12,3	9,6	16,4
Hal değişimi sırasında buz parçalanarak küçük su moleküllerine dönüşür.	(a) (b)	9,6	4,1	11,0
Hal değişimi sırasında suyu oluşturan hidrojen ve oksijen atomları parçalanarak küçük molekülleri oluşturur.	(a) (d)	13,7	4,1	8,2

Soru 8 öğretmen adaylarının hal değişimi olaylarında atom/moleküllerin hacimlerinde meydana gelen değişime ilişkin görüşlerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Doğru gerekçe olan “*hal değişimi sırasında moleküllerin büyüklükleri değişmez*” seçeneğinin ön testte cevaplanma oranı % 45,2’dir. Öğretim sonrasında doğru seçenek ve gerekçe kombinasyonunun oluşturulma oranı % 60,3’e yükselmiştir. Bu oran kalıcılık testi sonuçlarında bir miktar gerileyerek % 50,7’e düşmüştür. Ayrıca ön testte gerekçe belirtmeyen öğretmen adayları, son testte % 12,3 oranında kendi gerekçelerini açık uçlu olarak ifade etmişlerdir. Tablo 4.21. incelendiğinde açık uçlu ifadelerde genel olarak atomların hacimlerinde bir değişim olmayacağı, atomlar arası boşluğun artacağı ya da moleküller arasındaki bağların kırılacağı gibi görüşlere yer verilmiştir.

Kavram yanılgıları açısından Tablo 4.22. incelendiğinde “*hal değişimi sırasında hidrojenin bir kısmı buharlaşarak uzaklaşır ve su molekülleri küçülür*” yanılgısının öğretim sonrasında bir miktar giderildiği ancak kalıcılık testlerinde tekrar oluştuğu

görülmektedir. “hal değişimi sırasında buz parçalanarak küçük su moleküllerine dönüşür” kavram yanlışlığının ön testlerde ve son testlerde görülmemesine karşın kalıcılık testinde ortaya çıktığı görülmektedir. Ön testte % 13,7 oranında görülen “hal değişimi sırasında suyu oluşturan hidrojen ve oksijen atomları parçalanarak küçük molekülleri oluşturur” kavram yanlışlığının son testlerde giderildiği araştırmanın bulguları arasındadır. Burada doğru cevaba ilişkin öğrenci ortalamaları yükselirken yanlış cevap veren düşük yüzdedeki öğrencilerin belirli çeldiricilere yöneldikleri gözlenmiştir.

Soru 9.

Tablo 4.23 Öğretmen adaylarının dokuzuncu soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

		Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam	
	n	Seçenek (Birinci Aşama)	(a)	(b)	(c)	(d)			(e)
Ön test	73	(a)	1,4	16,4*	1,4	,0	,0	,0	19,2
		(b)	5,5	8,2	,0	1,4	1,4	,0	16,4
		(c)	,0	,0	1,4	,0	4,1	58,9	64,4
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	,0	86,3*	1,4	,0	5,5	,0	93,2
		(b)	2,7	4,1	,0	,0	,0	,0	6,8
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	2,7	80,8*	,0	,0	4,1	,0	87,7
		(b)	5,5	1,4	,0	,0	4,1	,0	11,0
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4

(*) Doğru cevap

Soru 9 tek bir atomun rengine ilişkin öğretmen adaylarının görüşlerini belirlemektedir. Öğretmen adayları ön testte sadece % 16,4 oranında “atomlar tek başlarına iken belirli bir renkten söz edilemez” doğru gerekçesini belirtmişlerdir, buna karşın %58,9 oranında “bilmiyorum” seçeneğini işaretleyerek, sonunun gerekçe kısmını boş bırakmışlardır. Ancak son test sonuçlarına bakıldığında sorunun % 86,3 oranında doğru cevaplandığı ve kalıcılık testlerinde % 80,8 doğru cevaplanarak bilginin içselleştirildiği anlaşılmaktadır. Kavram yanlışlıkları olarak incelendiğinde öğretmen adaylarında bu soruya ilişkin herhangi bir kavram yanlışlığına rastlanmamıştır. Bunun nedenini öğretmen adaylarının konuya ilişkin herhangi bir ön bilgiye sahip olmamalarına atfedebiliriz.

Soru 10.

Tablo 4.24 Öğretmen adaylarının 10. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

	n	Seçenek (Birinci Aşama)	Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
Ön test	73	(a)	1,4	9,6	20,5	,0	,0	,0	31,5
		(b)	57,5*	1,4	,0	2,7	1,4	1,4	64,4
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	4,1	4,1
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	,0	4,1	9,6	,0	,0	,0	13,7
		(b)	69,9*	1,4	2,7	1,4	11,0	,0	86,3
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	1,4	5,5	8,2	,0	,0	,0	15,1
		(b)	72,6*	2,7	,0	1,4	2,7	2,7	82,2
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4

(*) Doğru cevap

Tablo 4.25 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru		N	
10	Son test	Elektron atomun çekirdeğinde değildir.	3
		Maddenin bir bileşikte bağ yapması ile olabilir. Atomu parçalamak gerekmez.	1
		Atomu kararsız hale getirerek elektron koparabiliriz.	3
		Elektron koparılması ile atom parçalanmaz.	1

Tablo 4.26 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Atomun temel yapıtaşlarından biri elektron olduğundan elektronlarının koparılması atomun parçalanmasına neden olur.	(a) (c)	20,5	9,6	8,2

Soru 10 öğretmen adaylarının elektron koparılması ve atomun parçalanması olaylarına ilişkin görüşlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Öğretmen adayları ön testte % 57,5 oranında “atomu parçalamadan atomdan elektron koparılabilir” seçeneğini işaretlemişlerdir. Bu oran son testte % 69,9’a, kalıcılık testinde % 72,6’ya ulaşmıştır. Ayrıca son test sonuçlarında öğretmen adaylarının % 11’i gerekçelerini

açık uçlu olarak belirtmiş ve daha detaylı olarak atomdan elektronun ayrılmasıyla atomun parçalanmayacağını belirtmişlerdir.

Tablo 4.26. kavram yanlışları olarak incelendiğinde öğretmen adaylarının başlangıçta % 20,5 oranında “atomun temel yapıtaşlarından biri elektron olduğundan elektronlarının koparılması atomun parçalanmasına neden olur” yanlışına sahipken, bu yanlışın son test ve kalıcılık testlerinde giderildiği görülmektedir.

Soru 11.

Tablo 4.27 Öğretmen adaylarının 11. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

		Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam	
	n	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)			
Ön test	73	Seçenek (Birinci Aşama) (a)	8,2	4,1	,0	21,9	2,7	4,1	41,1
		(b)	8,2	,0	,0	31,5*	4,1	5,5	49,3
		(c)	,0	,0	,0	,0	1,4	8,2	9,6
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	,0	,0	,0	8,2	5,5	,0	13,7
		(b)	2,7	,0	,0	61,6*	20,5	1,4	86,3
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	1,4	,0	,0	11,0	1,4	,0	13,7
		(b)	2,7	,0	,0	72,6*	6,8	,0	82,2
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4	2,7

(*) Doğru cevap

Tablo 4.28(e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru		N	
11	Son test	Elektron mikroskopları ile görebiliyoruz.	18
		Atomları elektron mikroskobu bile tam anlamda göstermez, ancak olma olasılığının yüksek olduğu yerler tespit edilir.	4
		Atomları mikroskop ile incelediğimizde görebiliriz.	1
		Atomlar gözle görülemeyecek yapılardır.	

Soru 11 öğretmen adaylarının atomun büyüklüğüne ilişkin algılarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Tablo 4.27. incelendiğinde öğretmen adaylarının ön testte % 31,5'unun “atomları taramalı tünel mikroskopları ile görebiliriz” cevabını verdiği görülmektedir. Öğretim sonrasında ise bu rakam % 61,6'ya, kalıcılık testinde ise %

72,6'ya ulaşmıştır. Son test sonuçları daha detaylı olarak ele alındığında öğretmen adaylarının % 20,5'nin atomun görülebileceğine ilişkin gerekçelerini açık uçlu olarak ifade ettikleri görülmektedir. Açık uçlu ifadelerin içerisinde atomları elektron mikroskopları ile görebileceği düşüncesi ön plana çıkmaktadır.

Soru 12.

Tablo 4.29 Öğretmen adaylarının 12. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

	<i>n</i>	Seçenek (Birinci Aşama)	Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
Ön test	73	(a)	2,7	30,1*	6,8	1,4	2,7	2,7	46,6
		(b)	,0	11,0	9,6	2,7	,0	,0	23,3
		(c)	,0	,0	,0	,0	2,7	27,4	30,1
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	1,4	20,5*	5,5	1,4	11,0	,0	39,7
		(b)	1,4	23,3	23,3	5,5	4,1	,0	57,5
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	2,7	2,7
Kalıcılık testi	73	(a)	1,4	15,1*	4,1	5,5	4,1	,0	30,1
		(b)	,0	34,2	13,7	5,5	,0	,0	53,4
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	13,7	13,7
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	1,4	,0	,0	,0	1,4	2,7

(*) Doğru cevap

Tablo 4.30 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

<i>Soru</i>	<i>N</i>		
12	Son test	Fizyon ve füzyon tepkimeleri ile farklı elementler oluşur.	2
		Beta ve alfa ışınları ile farklı elementler elde edilebilir.	2
		Cern'de yapılan çarpışmalar ile elde edilebilir.	1
		Element oluşumunda atomun yapısında bir değişiklik olmadığı için başka yollar ile de elde edilebilir.	2
		Elektron alıp vererek	1
		Radyoaktif tepkimelerle atomlar parçalanır yada birleşir.	1
		Radyo aktif maddeler ile atomlar değiştirilebilir.	2

Tablo 4.31 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Her atomun proton, nötron ve elektronu kendine özgüdür.	(b) (c)	9,6	23,3	13,7

Soru 12 öğretmen adaylarının yeni bir elementin oluşumuna ilişkin görüşlerini belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Tablo 4.29 incelendiğinde öğretmen adayları ön testte % 30,1 oranında radyoaktif olayların atomu kararsız hale getirerek yeni elementlerin oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu oran son testte % 23,3'e, kalıcılık testinde ise % 15,1 düşmüştür. Bu azalmaya karşın öğretmen adaylarının gerekçe olarak “*kararsız atomlar başka atomlara dönüşebilirler*” Gerekçesi öğretmen adayları tarafından en çok tercih edilen gerekçeyi oluşturmaktadır. Bu durumun nedeni Tablo 4.30. den anlaşılmaktadır. Öğretmen adaylarının vermiş oldukları açık uçlu gerekçelerde fizyon ve füsyon, ışınlarla bombardıman edilme, çarpıştırma deneyleri gibi olayları radyoaktiviteden bağımsız düşündükleri görülmektedir. Kavram yanılığası olarak incelendiğinde, başlangıçta kavram yanılığası bulunmayan öğretmen adaylarının, son testte “*her atomun proton, nötron ve elektronu kendine özgüdür*” kavram yanılığasına yöneldiği görülmektedir.

Soru 13

Tablo 4.32 Öğretmen adaylarının 13. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

		Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam	
	<i>n</i>	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)			
Ön test	73	(a)	9,6	23,3	,0	2,7	1,4	,0	37,0
		(b)	49,3*	,0	,0	4,1	4,1	2,7	60,3
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	2,7	2,7
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	12,3	6,8	,0	1,4	,0	,0	20,5
		(b)	78,1*	,0	,0	,0	1,4	,0	79,5
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	8,2	2,7	,0	,0	,0	,0	11,0
		(b)	87,7*	,0	,0	,0	,0	,0	87,7
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4

(*) Doğru cevap

Tablo 4.33 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılığası

Kavram Yanılığası	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Tanecikler arası boşluklar hiç olmadığı için hareket edemezler.	(a) (b)	23,3	6,8	2,7

Soru 13 Öğretmen adaylarının katıların atomlarının hareketine ilişkin görüşlerini belirlemektedir. Tablo 4.32. incelendiğinde öğretmen adaylarının % 49,3'nün ön testte katıların atomlarının "titreşim hareketi yaparlar" cevabını verdiği, son testte bu gerekçenin verilme oranının % 78,1'e, kalıcılık testinde de % 87,7'ye ulaştığı görülmektedir. Tablo 4.33 kavram yanlışları açısından incelendiğinde, öğretmen adaylarında başlangıçta % 23,3 oranında gözlemlenen "tanecikler arası boşluklar hiç olmadığı için hareket edemezler" yanlışlığının, son testte büyük oranda giderildiği, kalıcılık testlerinde de bu durumun devam ettiği görülmektedir.

Soru 14.

Tablo 4.34 Öğretmen adaylarının 14. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

	<i>n</i>	Seçenek (Birinci Aşama)	Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
Ön test	73	(a)	15,1	38,4	4,1	1,4	,0	,0	58,9
		(b)	4,1*	,0	,0	1,4	1,4	,0	6,8
		(c)	,0	1,4	,0	,0	,0	31,5	32,9
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	1,4	,0	,0	,0	,0	1,4
Son test	73	(a)	17,8	46,6	,0	,0	,0	1,4	65,8
		(b)	15,1*	6,8	,0	,0	8,2	,0	30,1
		(c)	,0	,0	,0	,0	2,7	1,4	4,1
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	30,1	39,7	1,4	1,4	,0	2,7	75,3
		(b)	6,8*	,0	1,4	,0	2,7	1,4	12,3
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	11,0	11,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4

(*) Doğru cevap

Tablo 4.35 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

<i>Soru</i>			N
15	Son test	Elektron alınca ya da verince genişir.	1
		Enerji verdiğimizde elektronlar bir üst yörüngeye atlar.	2
		Elektronlar çekirdeğe yaklaştıkça enerjisi artar.	1
		Atomlar arasındaki boşluklar artacaktır.	1
		Atomlar arası mesafe ve titreşimler artar.	2
		Enerjisi artan atomların çekim kuvveti artar.	2

Tablo 4.36 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanlışlığı	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Elektronlar çekirdekten uzaklaşır ve atomun hacmi artar.	(a) (b)	38,4	46,6	39,7

Soru 14 öğretmen adaylarının “enerjisi artan atom genişir” önermesine ilişkin görüşlerini değerlendirmektedir. Öğretmen adaylarının bu ifadenin yanlış olduğunu belirtip, “atomlar arası mesafe ve titreşimi artar” gerekçesini seçme oranının ön testlerde % 4,1, son testlerde % 15,1, kalıcılık testlerinde % 6,8 olduğu görülmektedir. Bu soruda öğretmen adaylarının daha çok önermeyi doğru kabul edip, ön testte % 38,4, son testte % 46,6 ve kalıcılık testinde % 39,7 oranında “elektronlar çekirdekten uzaklaşır ve atomun hacmi artar” gerekçesine yöneldikleri görülmektedir. Bu durumun nedeni Tablo 4.35. incelendiğinde anlaşılmaktadır. Bu soruda öğretmen adaylarının enerji alan her atomun uyarılacağını ve böylece elektronların bir üst enerji düzeyine sıçrayacağını düşündükleri görülmektedir. Kavram yanılgısı olarak incelendiğinde öğretmen adaylarının her üç testte de enerji alan elektronların çekirdekten uzaklaşacağını ve böylece atomun hacminin artacağını düşündükleri görülmektedir.

Soru 15

Tablo 4.37 Öğretmen adaylarının 15. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

		Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam	
	<i>n</i>	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)			
Ön test	73	(a)	,0	,0	4,1	,0	,0	4,1	
		(b)	,0	11,0	,0	75,3*	,0	86,3	
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	9,6	9,6
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	,0	,0	1,4	,0	1,4	2,7	
		(b)	,0	5,5	,0	79,5*	12,3	,0	97,3
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	
		(b)	,0	9,6	,0	83,6*	2,7	1,4	97,3
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4

(*) Doğru cevap

Tablo 4.38 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru 16		N
Son test	Kütleyi proton sayısı belirler.	4
	Atom kütleleri farklıdır.	1
	Proton, nötron ve elektron sayıları farklıdır.	2
	Atomların kütleleri kendine özgüdür.	2
	Elementin kütle numarasından bahsedilebilir.	1

Tablo 4.39 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu		% değerleri		
	(b)	(b)	Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Atom kütlesi kaç atomdan meydana geldiğine bağlıdır.	(b)	(b)	11	5,5	9,6

Soru 15 öğrencilerde genel bir kavram yanlışlığı olan “evrende tek bir atom türü vardır” görüşünü kütle ile ilişkilendirerek öğretmen adaylarının bu konudaki görüşlerini ve ileri sürdükleri gerekçeleri belirlemeyi amaçlamaktadır. Tablo 4.37 incelendiğinde sorunun doğru cevaplanma oranının ön testlerde % 75,3, son testte % 79,5 ve kalıcılık testinde % 83,6 olduğu görülmektedir. Ayrıca öğrencilerin % 12,3’nün son testte gerekçelerini açık uçlu olarak belirttiği görülmektedir. Tablo 4.38. incelendiğinde bu gerekçeler içerisinde “kütleyi proton sayısı belirler” görüşünün ön plana çıktığı görülmektedir. Tablo 4.39. kavram yanlışları açısından değerlendirildiğinde ön test sonuçlarında rastlanan “atom kütlesi kaç atomdan meydana geldiğine bağlıdır” yanlışlığında son testte azalma görülmektedir.

Soru 16**Tablo 4.40 Öğretmen adaylarının 16. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri**

		Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam	
	n	Seçenek (Birinci Aşama)	(a)	(b)	(c)	(d)			(e)
Ön test	73	(a)	2,7	16,4	2,7	21,9	1,4	,0	45,2
		(b)	1,4	13,7	,0	19,2*	,0	,0	34,2
		(c)	,0	1,4	,0	,0	,0	17,8	19,2
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	1,4	,0	,0	1,4
		Son test	73	(a)	4,1	12,3	4,1	9,6	1,4
		(b)	,0	27,4	1,4	26,0*	12,3	,0	67,1
		(c)	,0	1,4	,0	,0	,0	,0	1,4
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	2,7	9,6	2,7	16,4	,0	,0	31,5
		(b)	,0	23,3	2,7	30,1*	6,8	2,7	65,8

(c)	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4
Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	1,4	,0	,0	1,4

(*) Doğru cevap

Tablo 4.41 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru			N
17	Son test	Atom altı parçacıklara kadar bölünebilir.	8
		Sonsuza kadar bölünebilir.	1

Tablo 4.42 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Madde atom altı parçacıklara bölünebilir.	(a) (b)	16,4	12,3	9,6
Madde atom altı parçacıklara bölünebilir.	(b) (b)	13,7	27,4	23,3

Soru 16 öğretmen adaylarının maddenin özelliğini kaybetmeden sonsuza kadar bölünebileceğine ya da bölünemeyeceğine ilişkin görüşlerini değerlendirmektedir. Tablo 4.40. incelendiğinde öğretmen adaylarının bu soruyu doğru cevaplama oranının ön testte % 19,2, son testte % 26 ve kalıcılık testinde % 30,1 olduğu görülmektedir. Ayrıca öğretmen adaylarının son testte % 12,3 oranında görüşlerini açık uçlu belirttikleri ve atomların atom altı parçacıklara kadar bölünebileceklerini öne sürdükleri görülmektedir. Kavram yanlışlarını belirlemek amacıyla Tablo 4.42. incelendiğinde öğretmen adaylarının maddenin özelliklerini kaybetmeden atom altı parçacıklara kadar bölünebileceğini düşündükleri ancak bu düşüncede uygulanan öğretim sonrasında bir miktar azalma olduğu görülmektedir. Nitekim bu konudaki yanlışlığın öğretim öncesi ve öğretim sonrası yaygın bir düşünce olduğu araştırmanın bulguları arasındadır.

Soru 17

Tablo 4.43 Öğretmen adaylarının 17. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

	n	Seçenek (Birinci Aşama)	Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
Ön test	73	(a)	,0	26,0	26,0	12,3	,0	1,4	65,8
		(b)	9,6*	,0	8,2	4,1	,0	,0	21,9
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	11,0	11,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4

Son test	73	(a)	4,1	9,6	16,4	8,2	1,4	,0	39,7
		(b)	12,3*	1,4	16,4	6,8	20,5	1,4	58,9
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	4,1	24,7	17,8	1,4	,0	,0	47,9
		(b)	12,3*	,0	15,1	11,0	2,7	,0	41,1
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	11,0	11,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0

(*) Doğru cevap

Tablo 4.44 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru			N
18	Son test	Elektronlar bir yerden başka bir yere taşınır. Atomlar anottan katoda doğru akar.	16 1

Tablo 4.45 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu		% değerleri		
	(a)	(b)	Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Çözeltilerde elektrik akımı atomların yer değiştirmesi ile meydana gelir.	(a)	(b)	% 26	% 9,6	% 24,7
Eksi yüklü elektronlar artı yüklü atom çekirdeklerinin fazla olduğu yere akar.	(a)	(c)	% 26	% 16,4	% 17,8
Elektronlar elektriksel olarak iletken parçacıklardır.	(a)	(d)	% 12,3	% 8,2	% 1,4

Soru 17 öğretmen adaylarının “*elektrik akımında maddenin atomları bir yerden başka bir yere taşınır*” önermesine ilişkin görüşlerini değerlendirmektedir. Öğretmen adaylarının % 9,6 ön testte bu soruyu doğru olarak cevapladığı, son testte ve kalıcılık testinde bu oranın % 12,3’e ulaştığı görülmektedir. Ancak son testte öğretmen adaylarının % 20,5’nin soruya açık uçlu olarak kendi gerekçelerini verdikleri görülmektedir. Tablo 4.44. incelendiğinde öğrencilerin vermiş oldukları gerekçenin “*elektronlar bir yerden başka bir yere taşınır*” ifadesi olduğu ve önermeyi düzeltmek adına daha içselleştirilmiş bir gerekçenin öne sürüldüğü görülmektedir. Öğretmen adaylarının kavram yanlışları açısından Tablo 4.45. incelendiğinde öğretmen adaylarının öğretim öncesinde sahip oldukları “*çözeltilerde elektrik akımı atomların yer değiştirmesi ile meydana gelir*”, “*eksi yüklü elektronlar artı yüklü atom çekirdeklerinin fazla olduğu yere akar*” ve “*elektronlar elektriksel olarak iletken parçacıklardır*” kavram yanlışlarının öğretim sonrasında giderildiği ya da bir miktar azaldığı görülmektedir.

Soru 18.

Tablo 4.46 Öğretmen adaylarının 18. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

		Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam	
	Seçenek (Birinci Aşama)	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)			
Ön test	73	(a)	1,4	1,4	43,8	6,8	2,7	4,1	60,3
		(b)	,0	19,2*	,0	5,5	,0	1,4	26,0
		(c)	,0	,0	,0	,0	1,4	11,0	12,3
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4
Son test	73	(a)	,0	,0	23,3	6,8	11,0	1,4	42,5
		(b)	,0	35,6*	1,4	4,1	15,1	,0	56,2
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	,0	,0	37,0	8,2	,0	1,4	46,6
		(b)	,0	38,4*	1,4	2,7	6,8	,0	49,3
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	4,1	4,1
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0

(*) Doğru cevap

Tablo 4.47 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru		N	
19	Son test	Tüm özellikleri göstermez. Örneğin rengi.	5
		Atom maddenin özelliğini gösteren en küçük yapıtaşıdır.	8
		İzotopları farklı özellik gösterebilir.	5
		Tüm özellikleri aynı değildir.	1
		Makro dünya mikro dünyayı temsil etmez.	1

Tablo 4.48 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanılgıları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Bir moleküldeki tüm atomlar aynıdır.	(a) (c)	43,8	23,3	37,0

Soru 18 öğretmen adaylarının tanecik-bütün ilişkisi anlamında atom ve maddeye ilişkin görüşlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Tablo 4.46. incelendiğinde öğretmen adaylarının “tek bir atom maddenin bütünüünün gösterdiği özellikleri göstermez” gerekçesini vererek soruyu doğru cevaplama oranının ön testte % 19,2, son testte % 35,6 ve kalıcılık testinde % 38,4 olduğu görülmektedir. Ayrıca öğretmen adaylarının % 15,1'nin son testte soruyu doğru cevaplayarak kendi görüşlerini açık uçlu olarak ifade ettikleri görülmektedir. Açık uçlu ifadeler incelendiğinde tek bir atomun maddenin göstermiş olduğu tüm özellikleri göstermeyeceği savunulurken, atomların

maddenin özelliklerini gösteren en temel yapı taşları olduğunu belirten görüşlere de yer verilmektedir. Kavram yanlışları olarak Tablo 4.48 incelendiğinde ön testte (% 43,8) “bir moleküldeki tüm atomlar aynıdır” kavram yanlışısının son testte (% 23,3) giderildiği ancak kalıcılık testinde (% 37) bu oranın bir miktar arttığı görülmektedir.

Soru 19

Tablo 4.49 Öğretmen adaylarının 19. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

	n	Seçenek (Birinci Aşama)	Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
Ön test	73	(a)	1,4	50,7	,0	28,8*	,0	1,4	82,2
		(b)	2,7	11,0	,0	1,4	,0	,0	15,1
		(c)	,0	1,4	,0	,0	,0	1,4	2,7
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	1,4	35,6	,0	28,8*	4,1	,0	69,9
		(b)	4,1	16,4	,0	4,1	5,5	,0	30,1
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	6,8	35,6	,0	28,8*	1,4	2,7	75,3
		(b)	13,7	6,8	,0	,0	1,4	,0	21,9
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	2,7	2,7
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0

(*) Doğru cevap

Tablo 4.50 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanlışlığı	Seçenek Kombinasyonu		% değerleri		
	(a)	(b)	Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Atomları birbirine bağlayan bağlar da vardır.	(a)	(b)	50,7	35,6	35,6
Atomlar arası boşluğu kaplayan ara madde de vardır.	(b)	(a)	2,7	4,1	13,7

Soru 19 öğretmen adaylarının molekülleri oluşturan atomlar ve atomlar arasında bağlar olarak algılanan çekim kuvvetlerine ilişkin algılarını değerlendirmektedir. Tablo 4.49 incelendiğinde öğretmen adaylarının önermeyi doğru cevaplayarak doğru gerekçe olarak “moleküller sadece boşluk ve atom çekim kuvvetleri ile bir arada bulunurlar” seçeneğini belirtme oranları ön testte, son testte ve kalıcılık testinde değişmeyerek % 28,8 olarak kalmıştır. Tablo 4.50. incelendiğinde öğretmen adaylarında ön testlerde görülen “atomları birbirine bağlayan bağlar da vardır” yanlışlığının % 50,7’den %35,6’ya gerilediği, ancak “atomlar arası boşluğu kaplayan

ara madde de vardır” kavram yanlışlığının uygulanan öğretimden sonra görülmediği ancak kalıcılık testinde oluştuğu görülmektedir.

Soru 20.

Tablo 4.51 Öğretmen adaylarının 20. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

		Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam	
	Seçenek (Birinci Aşama)	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)			
Ön test	73	(a)	31,5	24,7	21,9	1,4	,0	1,4	80,8
		(b)	6,8*	2,7	1,4	1,4	,0	,0	12,3
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	6,8	6,8
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	23,3	6,8	4,1	,0	1,4	,0	35,6
		(b)	60,3*	1,4	1,4	1,4	,0	,0	64,4
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	35,6	15,1	5,5	1,4	,0	1,4	58,9
		(b)	31,5*	8,2	,0	,0	1,4	,0	41,1
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0

(*) Doğru cevap

Tablo 4.52 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Elektronlar kendi enerji seviyesine uygun alanlarda kendi etrafında döner.	(a) (b)	24,7	6,8	15,1
Güneş sistemi benzeri halkalar halinde bulunan orbitallerde bulunurlar.	(a) (c)	21,9	4,1	5,5

Soru 20 öğretmen adaylarının elektronun atomdaki davranışına ilişkin görüşlerini değerlendirmek amacıyla hazırlanmıştır. Tablo 4.51. incelendiğinde ön testte sorunun doğru gerekçe ile cevaplanma oranının % 6,8 olduğu görülmektedir. Son test sonuçlarına bakıldığında bu sorunun doğru cevaplanma oranının % 60,3'e yükseldiği, kalıcılık testinde ise bir miktar gerileyerek % 31,5 düştüğü görülmektedir. Tablo 4.52.'de öğretmen adaylarının kavram yanlışları incelendiğinde öğretim öncesinde sahip olunan “*elektronlar kendi enerji seviyesine uygun alanlarda kendi etrafında döner*” ile “*güneş sistemi benzeri halkalar halinde*

bulunan orbitallerde bulunurlar” yanlışlarının öğretim sonrasında büyük oranda giderildiği görülmektedir.

Soru 21.

Tablo 4.53 Öğretmen adaylarının 21. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

		Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
	Seçenek (Birinci Aşama)	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
Ön test	73	(a)	19,2	13,7	5,5	23,3	,0	61,6
		(b)	,0	1,4	24,7*	1,4	1,4	30,1
		(c)	,0	,0	,0	,0	1,4	8,2
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Son test	73	(a)	5,5	15,1	5,5	11,0	5,5	42,5
		(b)	2,7	5,5	41,1*	,0	6,8	56,2
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	1,4
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0
Kalıcılık testi	73	(a)	4,1	15,1	9,6	19,2	,0	49,3
		(b)	1,4	,0	42,5*	2,7	,0	46,6
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	4,1
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0

(*) Doğru cevap

Tablo 4.54 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru	Son test	Gerekçe	Yazılı Gerekçe
24		Su buharı, oksijen ve hidrojen gazları çıkar.	7
		Su buharı kümeleri hava moleküllerine dönüşerek ortamdaki uzaklaşır.	1
		Atomlar canlı olduğundan ısınacaklar ve yukarı hareket edecekler.	1

Tablo 4.55 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu		% değerleri		
	(a)	(b)	Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Su kaynadığında su molekülleri hava moleküllerine dönüşür.	(a)	(a)	19,2	5,5	4,1
Su kaynarken su bileşenlerine ayrılmaktadır.	(a)	(b)	13,7	15,1	15,1
Suyun içinde çözünmüş olan O ₂ ve H ₂ ortamdaki uzaklaşır.	(a)	(d)	23,3	11	19,2

Soru 21 öğretmen adaylarının suyun kaynama olayına ilişkin görüşlerini değerlendirmektedir. Tablo 4.53 incelendiğinde sorunun doğru cevaplanarak doğru

gerekçe ile ifade edilme oranının ön testte % 24,7, son testte % 41,1 ve kalıcılık testinde % 42,5 olduğu görülmektedir. Öğretmen adaylarının kavram yanlışlarına ilişkin Tablo 4.55. incelendiğinde öğretim öncesinde sahip olunan “su kaynadığında su molekülleri hava moleküllerine dönüşür” ile “suyun içinde çözülmüş olan O₂ ve H₂ ortamdan uzaklaşır” kavram yanlışlarının öğretim sonrasında giderildiği “su kaynarken su bileşenlerine ayrılmaktadır” yanlışlarının öğretim sonrasında da devam ettiği görülmektedir.

Soru 22

Tablo 4.56 Öğretmen adaylarının 22. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

	<i>n</i>	Seçenek (Birinci Aşama)	Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
Ön test	73	(a)	79,5	,0	,0	6,8*	1,4	1,4	89,0
		(b)	,0	,0	,0	1,4	1,4	1,4	4,1
		(c)	,0	,0	2,7	,0	,0	2,7	5,5
		Seçenek Belirtilmemiş	1,4	,0	,0	,0	,0	,0	1,4
		Son test	73	(a)	37,0	,0	1,4	20,5*	15,1
		(b)	,0	2,7	4,1	,0	17,8	,0	24,7
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	1,4	,0	1,4
Kalıcılık testi	73	(a)	49,3	,0	4,1	21,9*	2,7	,0	78,1
		(b)	,0	12,3	,0	,0	8,2	,0	20,5
		(c)	1,4	,0	,0	,0	,0	,0	1,4
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0

(*) Doğru cevap

Tablo 4.57 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru			N
25	Son test	Madde atom ve boşluktan meydana gelmiştir.	10
		Madde atomlardan meydana gelmiştir.	9
		Atom altı parçacıklardan meydana gelmiştir.	5
		Atom altı parçacıklar ve boşluk.	2
		Kalıcılık Testi	Atom maddenin kendi özelliğini gösteren en küçük birimdir.
		Atom altı parçacıklar vardır.	1
		Atomlar ve boşluktan meydana gelir.	4
		Atom altı parçacıklar ve boşluk.	1

Tablo 4.58 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu		% değerleri		
			Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Atomlar maddenin en temel hali, hücre ise canlının en temel halidir.	(a)	(a)	79,5	37	49,3
Maddede atomlar arasını saran bir ara madde daha vardır.	(a)	(b)	0	2,7	12,3

Soru 22 öğretmen adaylarının maddeyi oluşturan en temel ögeye ilişkin görüşlerini belirlemektedir. Öğretmen adaylarının soruyu doğru olarak cevaplama oranının ön testte % 6,8, son testte % 20,5 ve kalıcılık testinde % 21,9'dur. Bu sonuçlara göre öğretmen adaylarının öğretim sonrasında görüşlerinde olumlu yönde bir değişim olduğu görülmektedir. Tablo 4.57.'de gerekçelerini açık uçlu olarak ifade eden öğretmen adaylarının vermiş oldukları cevaplar incelendiğinde, öğretmen adaylarının atom altı parçacıkları da sorgulayarak daha içselleştirilmiş bir gerekçe ortaya koymaya çalıştıkları söylenebilir. Ancak Tablo 4.58.'de sunulan kavram yanlışları incelendiğinde ön testte % 79,5 oranında görülen “*atomlar maddenin en temel hali, hücre ise canlının en temel halidir*” kavram yanlışının son testte %37'ye düştüğü, kalıcılık testinde de % 49,3 oranında görüldüğü anlaşılmaktadır. Ancak öğretmen adaylarında “*maddede atomlar arasını saran bir ara madde daha vardır*” kavram yanlışına öğretim öncesi ve sonrası rastlanmamış, ancak kaynağı bilinmeyen bir şekilde kalıcılık testinde bu yanlışlığa ulaşılmıştır.

Soru 23.

Tablo 4.59 Öğretmen adaylarının 23. soruya vermiş oldukları cevapların yüzdeleri

	<i>n</i>	Seçenek (Birinci Aşama)	Gerekçe (İkinci Aşama)					Gerekçe Belirtilmemiş	Toplam
			(a)	(b)	(c)	(d)	(e)		
Ön test	73	(a)	,0	1,4	6,8	4,1	2,7	,0	15,1
		(b)	2,7	35,6*	2,7	13,7	1,4	2,7	58,9
		(c)	,0	,0	,0	,0	2,7	21,9	24,7
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	1,4	,0	,0	,0	,0	1,4
Son test	73	(a)	,0	1,4	4,1	2,7	4,1	2,7	15,1
		(b)	2,7	39,7*	1,4	15,1	21,9	,0	80,8
		(c)	,0	,0	,0	1,4	,0	,0	1,4
		Seçenek Belirtilmemiş	,0	1,4	,0	,0	1,4	,0	2,7
Kalıcılık testi	73	(a)	1,4	,0	2,7	1,4	1,4	,0	6,8
		(b)	8,2	49,3*	,0	30,1	4,1	,0	91,8
		(c)	,0	,0	,0	,0	,0	1,4	1,4

Seçenek Belirtilmemiş	,0	,0	,0	,0	,0	,0	,0
(*) Doğru cevap							

Tablo 4.60 (e) Seçeneğini işaretleyen öğrenciler tarafından verilen yazılı gerekçeler

Soru		N
26	Son test	1
	Anti-kağıt kalacaktır.	10
	Kağıt sadece atomlardan oluşmaz farklı maddeler de kalır.	2
	Mikro dünyada zaten kağıt yoktur.	8
	Atomu hiçbir zaman yok edemeyiz.	1
	Toz kalır.	

Tablo 4.61 Öğretmen adaylarının (N=73) kavram yanlışları

Kavram Yanılgısı	Seçenek Kombinasyonu	% değerleri		
		Ön test	Son test	Kalıcılık Testi
Enerji kalır.	(a) (d)	13,7	15,1	30,1

Soru 23 öğretmen adaylarının “*bu kâğıttaki tüm atomları çıkardığınızda geride yine bir parça kâğıt kalacaktır*” önermesine ilişkin görüşlerini değerlendirmektedir. Tablo 4.59 incelendiğinde öğretmen adaylarının bu soruyu doğru olarak cevaplama oranının ön testte % 35,6, son testte 39,7 ve kalıcılık testinde % 49,3 olduğu görülmektedir. Sorunun doğru cevaplanma oranındaki artış çok yüksek değildir, ancak tabloda yer alan diğer veriler incelendiğinde ön testlerde gerekçe belirtmeyenlerin son testte gerekçelerini açık uçlu olarak ifade etmeye yöneldiği görülmektedir. Açık uçlu ifadelerin yer aldığı Tablo 4.60 incelendiğinde öğretmen adaylarının “*kâğıt sadece atomlardan oluşmaz farklı maddeler de kalır*” ve “*atomu hiçbir zaman yok edemeyiz*” gibi sorgulamalar ile daha detaylı gerekçelendirme vermeye yöneldikleri görülmektedir. Kavram yanlışlarının incelendiği Tablo 4.61’de öğretmen adaylarının maddenin içerisindeki atomlar çıkarıldığında geriye enerjinin kalacağına dair bir görüşlerinin olduğu araştırmanın bulguları arasındadır.

Araştırmanın bundan sonraki bölümünde, yukarıda ayrıntılı olarak sunulan bulgular alan yazında yer alan benzer çalışmalar ışığında değerlendirilecek ve tartışılacaktır.

5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Önceki bölümde araştırma sonucunda elde edilen bulgulara yer verilmişti, bu bölümde ise mevcut bulgular, alan yazın doğrultusunda tartışılacak ve yorumlanacaktır. Sonrasında ileriye dönük yapılacak çalışmalara yön vermek adına sonuç ve önerilere yer verilecektir.

5.1. Tartışma

Bu çalışmada atom kavramının, İlk Çağ atomculuğunu günümüze taşıyan Lucretius'un atom görüşlerinden yola çıkılarak, ardışık gözlem ve deneyler aracılığıyla sınıf ortamına aktarılması amaçlanmıştır. Buna ek olarak öğretim sürecinde atom kavramına ilişkin öğrenci görüşlerinde öne çıkan kavram yanlışları araştırılmış ve tespit edilmiştir. Aşağıda birinci bölümde atom kavramına yönelik geliştirilen öğretim modüllerinin öğretmen adaylarının bilgi düzeylerine etkisi, ikinci bölümde ise öğretmen adaylarının görüşlerinde öne çıkan kavram yanlışları alan yazın doğrultusunda tartışılacak ve yorumlanacaktır.

5.1.1. Öğretmen Adaylarının Öğretim Sürecinde Atom Kavramına Yönelik Bilgi Düzeylerine İlişkin Tartışma

Lucretius'dan günümüze atom kavramında yaşanan gelişimleri, ardışık gözlem ve deneyler aracılığıyla öğretmek düşüncesiyle geliştirilen öğretim modüllerinin etkililiği izleme testi ile değerlendirilmiştir. Araştırma öncesi öğretmen adaylarının izleme testinden aldıkları puanların aritmetik ortalaması ($X=30,7$)'dir. Öğretmen adayları ile gerçekleştirilen dersler sonrasında, öğretmen adaylarının izleme son testinden aldıkları puanların aritmetik ortalaması ($X=43,4$)'tür. Gerçekleştirilen bu dersler sonrası öğrenilenlerin kalıcılığını belirlemek için üç ay sonrası yapılan İzleme Testi'nden öğretmen adaylarının aldıkları puanların aritmetik ortalaması ise ($X=43$)'tür. Sonuçlardan da görüleceği üzere öğretmen adaylarının öntest-sontest ve öntest-ileri sontest sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir. Bu durum gerçekleştirilen öğretimin öğrenme üzerinde etkili olduğunu

göstermektedir. Diğer bir taraftan öğretmen adaylarının sınavları sınav puanlarının aritmetik ortalamaları arasında anlamlı bir farklılığa ulaşılmamıştır. Bu durum gerçekleştirilen öğretimin kalıcı öğrenmeyi sağladığına dair önemli bir bulgudur. Araştırmada, öğretmen adaylarına verilen atom öğretimi alan yazından farklı olarak belirli unsurlar taşımaktadır. Öncelikli olarak atom düşüncesine tüm tarihsel gelişimini kapsayacak biçimde bütünsel yaklaşım ve Miletos’lu Thales’den (c. MÖ 600) günümüze kadar olan süreç işlenmiştir. Yapılan birçok araştırmada atom kavramının Demokritos öncesinde oluşan düşünce sisteminin bir ürünü olduğu belirtilmektedir, ancak bu düşünce sisteminin başlangıcının Thales’den temellendirilmesi gerekmektedir. Bu konuda alan yazındaki bazı araştırmalarda atom kavramından bahsedilirken İlk Çağ filozofları Pythagoras (Örn. Bunge, 2003), Anaksagoras (Örn. Bogaard, 2012), Zenon (Örn. Pauri, 2003), Leukippos (Örn. Nussbaum, 2005; Justi ve Gilbert, 2000; Thagard ve Toombs, 2005 ve Demokritos’un (Örn. Matthews, 2011; Park ve Light, 2009; Harrison ve Treagust, 1996) görüşlerine yer verilmesi bu araştırmayı destekler niteliktedir. Bu nedenle özellikle eski metinlere ilişkin yapılan alan yazın incelemelerinden sonra atom düşüncesinin Thales’den temellendirilerek sınıf ortamına aktarılmasının atom kavramının öğretimi için daha doğru olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bunun en temel nedeni atom düşüncesinin varoluşu temellendirme çabalarının *-arkhe* arayışının sonucunda ortaya çıkması ve *arkhe* arayışının öncü isminin Thales olmasıdır. Gerçekleştirilen derslerde Thales ve ardıllarına ait olan üç temel tezin “*töz* (öge, özdek, tanecik), *boşluk* ve *sonsuz bölünme*” İlk Çağ’da atom fikrinin doğuşunu öğrencilere aktarmada eşik kavramlar olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla atom kavramının bu üç temel düşünce üzerine kurgulanarak ve Thales’den başlanarak ele alınması yapılan araştırmalar içinde ilk ve önemli bir adımdır. Lucretius ise atom düşüncesinin başlangıcında olmamasına rağmen, o dönemin düşüncesini en geç tarihli, en olgun ve en açık biçimde temsil etmektedir. Çünkü Thales’den, Leukippos’tan ya da Demokritos’dan günümüze sadece belirli fragmanlar ulaşmıştır. Benzer bir görüşü Thagard ve Toombs (2005)’da dile getirir ve o dönemin atom düşüncesinin anlaşılması için Lucretius’un eseri *De Rerum Natura*’ya işaret eder. Bu nedenle öğretim materyallerinin hazırlanmasında ve geliştirilmesinde Lucretius’un eseri *De Rerum Natura* esas alınmıştır. Bu eserde döneminin atom düşüncesine giden yol gözlenebilir olgularla kanıtlanmaya çalışılır. Öğretim esnasında burada yer alan

gözlemleri öğretmen adayları kendileri de gerçekleştirmişlerdir ve atomun varlığını doğadan elde edebilecekleri kanıtlarla ispatlayabileceklerini tecrübe etmişlerdir. Bu gözlemler sonrasında öğretmen adayları atomun varlığına ilişkin bir gözlem farkındalığı geliştirmişler ve Lucretius'dan farklı olarak kendileri doğadan atomun varlığına deliller toplamayı başarmışlardır.

Bu kadar geriye giderek atomcu düşüncenin tartışılması bir başka açıdan da önem taşımaktadır. Bu dönemin filozoflarının görüşlerinin derslerde tartışılması bilim eğitimi açısından da önemlidir. Matthews (2011), bilimin ve filozofların gözünden atomun bilgisini tartıştığı araştırmasında her ne kadar atom kavramının başlangıcı olarak Demokritos'u olsa da Antik Yunan filozoflarının düşüncelerinin önemini bir kez daha ortaya koymakta ve üniversitelerde öğretmen adaylarına yeterince felsefe eğitiminin verilmemesini bu noktada eleştirmektedir.

İlk Çağ atomcu düşüncesi, geliştirilen öğretim modüllerinin bütünselliği gereği günümüz atom teorisine kadar getirilerek tartışılmıştır. Böylece tarihsel sürecinde atom kavramına ilişkin önemli gözlem ve deneyler (Örn. John Dalton, elektronun keşfi ve J. J. Thomson, E. Rutherford, kuantum devrimi ve N. Bohr, modern atom teorisi) öğretim modüllerinin temel çatısını oluşturmuştur. Alan yazında da atom kavramı ağırlıklı olarak Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, Modern Atom Teorileri üzerinden işlenmektedir (Harrison ve Treagust, 2000; Viana ve Porto, 2009; Peleg ve Baram-Tsabari, 2011; Rodríguez ve Niaz, 2004; Niaz, 1998; Niaz, Aguilera, Maza ve Liendo, 2002; Wheeldon, 2011; Petri ve Niedderer, 1998; Tsapalis, 1997). Atom öğretimine atom tarihi üzerinden yaklaşan birçok araştırma atomun tarihsel sürecine vurgu yapılarak atom öğretiminin gerçekleştirilmesinin önemli olduğu vurgulanmaktadır (Nussbaum, 2005; Ben-Zvi, Eylon ve Silberstein, 1986; Niaz, Aguilera, Maza ve Liendo, 2002; Blanco ve Niaz, 1998).

Diğer bir açıdan geliştirilen öğretim modülleri alan yazından yöntemsel açıdan da farklıdır. Atom kavramının öğretiminde daha çok Dalton'dan sonraki atom teorilerinin model ve modellemeler üzerinden aktarılmaya çalışıldığı görülmektedir. Örneğin modellemeye dayalı olarak Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr ve Kuantum mekaniği modeli sıklıkla kullanılmaktadır (Wheeldon, 2011; Mozzer ve Justi, 2012; Niaz, Aguilera, Maza, ve Liendo, 2002; Justi ve Gilbert, 2000; Adbo ve Taber, 2009). Modellemeye dayalı öğretim etkili bir öğretim yöntemi gibi görülsede çeşitli

sınırlılıkları vardır. Örneğin; nesne ve kavramlar hakkında öğretmenler ve bilim insanları tarafından oluşturulmuş modellemeler için öğrencilerde aynı benzetim ilişkisi kurulmayabilir, öğrenciler kendi tasarlamadıkları ve tecrübe etmedikleri modeller hakkında doğru çıkarım yapmayabilirler ya da bazı modellerin çelişkili yapıları tecrübesiz gözlerce farkedilmeyebilir (Harrison ve Treagust, 2000). En önemlisi de modellerle öğretimde yüzeysel öğrenmeye dayalı olarak birçok kavram yanılgısı oluşabilmektedir (örneğin; Dalton atom modelinin öğretimi sonrası *küre şeklinde atomlar* ya da Rutherford atom modelinin öğretimi sonrası *elektronların yörüngelerde dolandığı* vb. kavram yanılgıları oluşabilmektedir). Bu görüşü destekler nitelikte bazı araştırmalarda modellemeye dayalı öğretimden farklı olarak diğer öğretim yaklaşımlarının kullanılmasının öğrencilerin zihinsel modellerinin geliştirilmesinde önemli olabileceği belirtilmektedir (Adbo ve Taber, 2009). Yukarıda da dikkat edileceği üzere araştırmada zihinsel modeller reddedilmemektedir. Kuşkusuz öğrenmenin bir ürünü olarak bireylerde atoma ilişkin zihinsel bir modelin oluşması gerekmektedir. Ancak araştırmada bireylere mevcut öğretimde olduğu gibi başkaları tarafından (bilim insanları, öğretmenler, akranlar vb.) oluşturulmuş olan atom modellerinin sunulmasına yönelik bir eleştiri söz konusudur. Bu nedenle modele dayalı öğretime alternatif olarak, geliştirilen öğretim modüllerinde gözlem ve deneylere odaklanılmıştır. Örneğin; ilk modülde İlk Çağ atom düşüncesine ilişkin doğal fenomenlerin gözlemi, argümanlar ve sorgulamalar tipik bir gözlem süreci ile sunulmuştur. Sonrasında ise atom kavramı adım adım tarihsel sürecinde yeniden keşfedilerek ardışık deney ve gözlemleri ile sınıf ortamına aktarılmıştır. Böylece başlangıçta tasarımsal olarak ortaya konan atom düşüncesi gerçekleştirilen gözlem ve deneylerle algılanabilir, hatta görünür kılınmıştır. Gözlem ve deneyin gerek bilimsel bilginin üretiminde gerekse bilimsel bilginin değerlendirilmesi sürecindeki önemi tartışılmazdır. Örneğin; Galileo, Newton vb. önemli isimler bilimsel bilgiyi üretirken gözlem ve deney odaklı çalışmışlardır, benzer şekilde Popper, Kuhn vb. isimler bilimsel teorilerin değerlendirmesini gözlemlerin teoriye bağlılığı üzerinden tartışmışlardır. Bu araştırmada da atom yine gözlem ve deneyler üzerinden Lacine, (1999)'de belirttiği gibi 2500 yıl önce Milet kıyılarında tasarımsal dünyadayken, incelikli mikroskoplar yardımıyla görünür dünyaya taşınmaya çalışılmıştır. Bu yolla elde edilen gözlem verileri ve sonuçları ile öğrenciler geniş bir atom bilgisine ulaşma fırsatı yakalamışlardır. Gerçekleştirilen bu

öğretim sonrasında elde edilen bu bilgilerin bir sentezi olarak zihinsel bir model oluşması öğrenmenin olası bir sonucudur. Ancak burada önemli olan öğretim sonucunda oluşturulan zihinsel modelin ve öğrenilenlerin bireye özgü ve hazır verilen bir model ile sınırlandırılmamış olmasıdır.

5.1.2. Atom Kavramı ile İlgili Öğretmen Adaylarının Görüşlerine İlişkin Tartışma

Atom öğretimine farklı bir yaklaşım getiren bu çalışmada öğretim öncesi ve sonrası atom kavramına ilişkin öğrenci görüşleri değerlendirilmiştir. İlgili alan yazın incelendiğinde atom konusuna ilişkin birçok öğrenme güçlüğü ve kavram yanlışlığının var olduğu görülmektedir (Örn. Adbo & Taber, 2009; de Vos & Verdonk, 1996; Taber & Garcia Franco, 2010; Nakhleh, Samarapungavan, & Sağlam, 2005; Othman, Treagust, & Chandrasegaran, 2008; Griffiths ve Preston, 1992; Novick ve Nussbaum, 1978; Albanese ve Vicentini, 1997; Harrison ve Treagust, 1996). Dolayısıyla atom öğretimi için farklı bir yaklaşımın önerildiği bu çalışmada öğrenenlerin kavramsal yapılarının analizi önem taşır. Bu amaçla iki aşamalı çoktan seçmeli teşhis testi türünde İzleme Testi ile öğrenme süreci değerlendirilmiştir. Bir öğretim sürecinde öğrenenlerin yeterli ön bilgilerinin olmaması (Taber, 2000; Adbo ve Taber, 2009; Park ve Light, 2009), zihinde öğrenilen yeni kavramla ilişkili başka kavramların varlığı (Park ve Light, 2009; Schmidt ve Volke, 2003) ya da verilen hatalı örnek veya kullanılan materyalden (Taber, 2001; Park ve Light, 2009) kaynaklı olarak kavram yanlışlığı oluşabilmektedir. Bu nedenle aşağıda araştırma sürecinde öğretmen adaylarının görüşlerinde tespit edilen bazı değişimler atomun yapısı/şekli, büyüklüğü, ağırlığı ve animizmi başlıkları altında tartışılmıştır:

Atomun yapısı/şekli

Araştırmada “atomlar tıpkı bilyeler gibi içi dolu kürelerdir” kavram yanlışlığına rastlandığı ve öğretim sonrasında bu görüşün değiştiği görülmektedir. Atomların katı kürelere benzediği görüşü alan yazında da kavram yanlışlığı olarak kabul edilmektedir (Griffiths ve Preston, 1992). Harrison ve Treagust (1996) araştırmalarında bu yanlışlığa sahip olan öğrencilerin oldukça yüzeysel bir anlamaya

sahip olabileceklerini belirtirler. Atomların şekline ilişkin bu kavram yanlışlı görüşler İlk Çağ atomculuğunun düşünce sistemiyle de oldukça benzerlik taşımaktadır. İçi dolu küre benzetmesinde olduğu gibi, Lucretius da atomları biçim, boyut ve ağırlık yönüyle farklı düşünmekteydi ve atomları tırtıklı, kancalı, sivri, çokgen ya da yuvarlak, düz olarak tasarlamıştı. Bu görüşe ulaşmasının temel sebebi atomların duyuları üzerinde yaptıkları değişik uyarımlardı; acı, tatlı, soğuk, sıcak, yumuşak, katı vb. (Masson, 1884, 15). Atomları içi dolu küreler olarak düşünmek başka yanlışları da beraberinde getirmektedir. Örneğin; *“kömür atomları çekiç ile ezildiğinde atomların bazılarında ufak parçalar kopar ve bu atomlar küçülür”* görüşü öğretmen adaylarında görülen ve giderilen bir görüştür.

Ancak öğretmen adaylarında Griffiths ve Preston (1992) tarafından da kavram yanlışlığı olarak belirtilen *“atomlar birçok nokta (daire) ile temsil edilir”* görüşü ortaya çıkmaktadır. Bu görüş küre modellemesi ile karşılaştırıldığında modern atom teorisine daha yakın bir düşünce biçimidir. Benzer durum Petri ve Niedderer (1998)’in Carl isimli bir öğrencinin atomu öğrenme sürecini inceledikleri araştırmada da görülmektedir. Araştırmalarında başlangıçta gezegensel modele sahip bir görüş sergileyen öğrencinin zamanla *“atomlar birçok nokta (daire) ile temsil edilir”* görüşüne yakın bir görüş olan durağan elektron modeline doğru geçerek görüşünü bir üst seviyeye taşıdığı rapor edilmektedir. Bu noktadan bakıldığında öğretim sonrasında öğrencide istenen atom düşüncesi oluşmamış da olsa, doğruya daha yakın bir görüşün ortaya çıkması daha anlamlıdır.

Araştırmada *“hava esnek olduğu için atomları da esnektir”* görüşü tespit edilmiş ve giderilmiştir. Bu görüşün de Lucretius’un atomcu görüşlerine yakın bir görüş olduğu söylenebilir. Çünkü öğretmen adayları esnekliği duyuları ile kolayca destekleyebildikleri için doğru olarak kabul edebilmektedir. Lucretius bazı atomların birbirlerine bağlanmalarını sağlayan kancalara sahip olduğunu, elmas, bazalt, demir gibi sert şeylerin böyle atomlardan oluştuğunu, sıvıların ise daha düz ve yuvarlak atomlardan oluştuğunu düşünüyordu (Masson, 1884, 14). Araştırmada ulaşılan *“atomları birbirine bağlayan bağlar da vardır”* kavram yanlışlığı da bu noktada İlk Çağ görüşü ile oldukça benzerlik taşımaktadır. Nitekim öğretim sürecinde gerçekleştirilen makro-mikro dünya ayırımına, mikro dünyanın makronun temsilcisi

olamayacağına ilişkin etkinlikler bu görüşlerin büyük oranda giderilmesine katkıda bulunduğu düşünülmektedir.

Araştırmada atomların yapısına ilişkin olarak; Osborne ve Cosgrove (1983) tarafından daha önceleri kavram yanılgısı olarak belirlenen *“bir moleküldeki tüm atomlar aynıdır”* görüşü belirlenmiştir. Dolayısıyla öğretmen adaylarının bir bölümü evrende tek bir atomun olduğunu düşünmektedirler. Uygulanan öğretim sonrası ise bir moleküldeki atomlar aynıdır görüşü ortadan kalkarken tersini destekler bir görüş olan *“her atomun proton, nötron ve elektronu kendine özgüdür”* görüşünde artış gözlenmiştir. Maddenin sorgulandığı bir başka soruda ise *“maddenin içerisindeki atomlar çıkarıldığında geriye enerji kalır”* görüşüne ulaşılmıştır.

Araştırmada atomlar ve sahip oldukları elektronlarla ilişkili olarak da bazı kavram yanılgılarına da ulaşılmıştır. Alan yazında atomlar ve çevresindeki elektronlara ilişkin gezegensel model (Petri ve Niedderer, 1998), güneş sistemi, yörünge, çoklu yörünge (Harrison ve Treagust, 1996) görüşünün bulunabileceği rapor edilmektedir. Nitekim *“elektronlar güneş sistemi benzeri halkalar halinde bulunan orbitallerde bulunurlar”* ve *“elektronlar kendi enerji seviyesine uygun alanlarda kendi etrafında dönerler”* kavram yanılgılarına rastlanmış, uygulanan öğretim sonrası giderilmişlerdir. Elektron kabuklarının; deniz kabukları, yumurta kabukları gibi gerçek kabuklar olarak ya da atomun küçük parçalardan oluşan bütün bir tanecik şeklinde düşünüldüğü de alan yazında rapor edilmektedir (Harrison ve Treagust, 1996). Bu araştırmada da *“atomun temel yapıtaşlarından biri elektron olduğundan elektronlarının koparılması atomun parçalanmasına neden olur”* kavram yanılgısı tespit edilmiş ve giderilmiştir. Ayrıca araştırmada alan yazından farklı olarak *“elektronlar elektriksel olarak iletken parçacıklardır”*, *“eksi yüklü elektronlar artı yüklü atom çekirdeklerinin fazla olduğu yere akar”* ve *“çözeltilerde elektrik akımı atomların yer değiştirmesi ile meydana gelir”* kavram yanılgılarına ulaşılmış ve giderilmiştir.

Öğretmen adaylarının *“madde özelliklerini kaybetmeden atom altı parçacıklara kadar bölünebilir”* görüşü önbilgilerinin sınırları ile cevapladıkları ve mevcut bilimsel bilgiler ışığında kavram yanılgısı olan bir ifadedir. Ancak günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte bilimin çalışma aralığı giderek genişlemekte ve bunun sonucunda atomun nereye kadar bölünebileceğini kimse söyleyememektedir.

Nitekim İlkçağda Zenon sonsuza, Leukippos *atomos*'a, 19. yüzyılda Dalton atoma kadar bölünebileceğini düşünüyordu. Gelişen teknoloji ve bilim ise atomun bölünebileceği noktayı Zenon'un görüşünü haklı çıkarırcasına giderek sonsuza yaklaştırmaktadır.

Öğretmen adaylarının bazı kavram yanılgıları maddenin farklı hallerinde atomların durumuna ve davranışına ilişkindir. Araştırmada “*katı maddelerdeki tanecikler arası boşluklar hiç olmadığı için hareket edemezler*” kavram yanılgısı tespit edilmiş ve giderilmiştir. Berkheimer, Anderson, Lee, ve Blakeslee (1988) bazı öğrencilerin katıların içerisindeki moleküllerin hareket etmeyeceğini düşündüklerini (Örn. metaller) ve katılar ısıtılınca hareket etmeye başlayacaklarını belirtirler. Araştırmada giderilen diğer kavram yanılgıları buharlaşma üzerinedir. Osborne ve Cosgrove (1983) ve Berkheimer, Anderson, Lee, ve Blakeslee (1988)'nin de araştırmalarında daha önceleri belirledikleri “*su kaynarken su bileşenlerine ayrılmaktadır*”, “*Su kaynadiğında su molekülleri hava moleküllerine dönüşür*” ve “*suyun içinde çözülmüş olan O₂ ve H₂ ortamdan uzaklaşır.*” kavram yanılgıları araştırmada giderilmiştir. Bu kavram yanılgılarına ek olarak “*hal değişimi sırasında suyu oluşturan hidrojen ve oksijen atomları parçalanarak küçük molekülleri oluşturur*”, “*etil alkol hidrojen, oksijen ve karbon atomlarına ayrılarak gaz haline dönüşür*” ve “*etil alkol molekülleri oda sıcaklığının etkisi ile genişler, büyür ve hafifleyerek ortamdan uzaklaşır*” kavram yanılgılarına ulaşılmış ve giderilmiştir. Maddenin bulunduğu fazdan kaynaklanan kavram yanılgılarının öğretim modüllerinde nasıl giderilmiş olabileceği sorgulandığında, Brown hareketlerine ilişkin gözlemler öne çıkmaktadır. Beşinci modülde yer alan Brown hareketi deneyinde öğretmen adayları katı, sıvı ve gazların titreşim, öteleme davranışlarını tartışmışlardır. Ayrıca Dalton deneyleri ve Rutherford deneyleriyle atomların hangi koşullarda parçalanacağına dair derin tartışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Atomun Büyüklüğü

Öğretmen adayları ile makro-mikro dünyaya ilişkin yapılan etkinlikler oldukça ilgi toplamıştır. Atomun ve elektronların gerçek büyüklüğüne ilişkin öğretmen adaylarında kavram yanılgıları tespit edilmemiştir. Ancak öğretim sonrası alan yazında da geçen (Örn., Griffiths ve Preston,1992) iki görüş oluşmuştur; “*enerji alan elektronlar çekirdekten uzaklaşır ve atomun hacmi artar*”, “*atomun büyüklüğünü*

proton sayısı belirler”. Bu görüşlerin oluşmasının nedeni özellikle alev testi ve Bohr atom teorisi üzerine tartışırken atomların kararlı hale gelmeleri üzerinde ayrıntıları ile durulması olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle öğrencilerle elektronların enerji seviyeleri arası geçişleri üzerinde tartışılırken daha açıklayıcı olunmasında yarar vardır. Ayrıca araştırmada “*hal değişimi sırasında hidrojenin bir kısmı buharlaşarak uzaklaşır ve su molekülleri küçülür*” kavram yanılığı giderilmiştir. Moleküllerin büyüklüğünün hal değişimi sırasında değişeceğine dair benzer yanılığarı Griffiths ve Preston (1992), “Sıcaklıktaki değişim atomik büyüklüğün değişmesine sebep olabilir.”, Ben-Zvi, Eylon ve Silberstein (1986), “*gaz halindeki bir atom katı bir atomdan daha büyüktür*” olarak araştırmalarında rapor etmişlerdir.

Atomların Ağırlığı

Atomların ağırlığına ilişkin Griffiths ve Preston (1992) araştırmalarında “Bütün atomlar aynı kütleyle sahiptir.” kavram yanılığını rapor etmişlerdir. Bu düşünceye yakın bir görüş “*atom kütlesi kaç atomdan meydana geldiğine bağlıdır*” olarak öğretmen adaylarında da tespit edilmiş ve giderilmiştir. Burada öğretmen adaylarının atomları tek tür atomdan meydana gelen çoklu nesnelere olarak algıladıkları görülmektedir. Dolayısıyla atomik kütleleri de tıpkı Avogadro sayısında olduğu gibi içindeki atomları sayarak hesaplayabileceklerini düşünmektedirler. Bu görüş İlk Çağ atomculuğu ele alındığında o dönemki atomcu görüşün gelişimi ile de oldukça paralellik göstermektedir. İlk Çağ’da atomculuğa giden öncü isimler Thales suyun, Anaksimenes havanın, Heraklites ateşin değişip, farklılaşmasıyla doğadaki tüm nesnelere oluşturduğunu düşünmekteydi. Yani maddeyi oluşturan ögeye ilişkin bir monizm düşünce biçimi vardı. Nitekim atomcu düşüncenin daha sofistike bir yapı kazanmasıyla bu düşünce biçimi değişerek Empedokles ile öğelerin (atomların) sayısının birden fazla olabileceği görüşü ortaya çıkmıştır.

Atomların Animizmi

Atomların canlı olduğu görüşü birçok araştırmacı tarafından daha önceleri rapor edilmiştir (Harrison ve Treagust, 1996; Griffiths ve Preston, 1992). Bu araştırmada da “*atomların hareket ettikleri için canlıdır*lar” görüşü belirlenmiş ve giderilmiştir. Atomların canlılığına ilişkin giderilen bir başka kavram yanılığı ise “*atomlar maddenin en temel hali, hücre ise canlılığın en temel halidir*” görüşüdür.

Yukarıda da detaylı tartışıldığı üzere öğretmen adaylarında büyük oranda atomun yapısına/şekline, bunun yanı sıra atomun büyüklüğüne, ağırlığına ve animizmine ilişkin kavram yanlışları tespit edilmiş ve giderilmiştir.

Araştırmada İlk Çağ görüşleri ile günümüz öğretmen adaylarının öğretim öncesindeki görüşlerinin paralellik göstermesi, İlk Çağ düşüncelerinin ilk etapta öğrencileri daha fazla kavram yanlışlığına götürebileceğini düşündürebilir. Ancak geliştirilen modüller İlk Çağ atom bilgisine epistemolojik olarak yaklaşmakta ve günümüz atom kavramına ulaşmada bir çıkış noktası olarak sunulmaktadır. Dolayısıyla öğrencilerin ilk atomcu düşünce biçimlerini tartışmaları daha içselleştirilmiş bir bilgiyi edinmelerine imkân tanımaktadır. Nussbaum (2005) tanecik teorisine ilişkin çeşitli epistemolojik varsayımların açık bir şekilde tartışılmasının istendik kavramsal değişim ve anlamlı öğrenmeye ulaşmada merkezi bir önem taşıdığını belirtir. Araştırmanın bu noktadan ele alındığında atom kavramına tarihsel sürecinde bütünsel yaklaşması ve öğretim sürecinde deney ve gözleme odaklanması ile atom kavramının etkin bir şekilde öğrenimine katkı sağlayabileceği görülmektedir. Öğrenci görüşlerine ilişkin yapılan incelemeler kavramsal anlama ve kavramsal değişime ilişkin önemli sonuçlar ortaya koymaktadır.

5.2. Sonuç

Bu araştırmada antik dünyanın birkaç seçkin metninde yer alan düşüncelerden yola çıkarak modern çağımızın atom düşüncesine yapılan yolculukla atom kavramının öğretimi gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın atom kavramının öğretime getirmiş olduğu yenilikler göz önünde bulundurulduğunda birçok çıktısı bulunmaktadır.

Öncelikle araştırma atom kavramının öğretime İlk Çağ atom düşüncesini de içerisine alan bütünsel ve kapsamlı bir bakış açısı sunmuştur. Bu bağlamda araştırmada günümüz atom öğretiminden farklı olarak, atom düşüncesinin ilk ortaya çıkışı, bunun altında yatan temel düşünceler ve atom kavramının öne sürülmesi sonrasında yaşanan süreçler bütünsel olarak öğrenciye sunulmuştur. Bu düşünce ile araştırmada atom kavramı hakkında antik metinlerde, felsefe ve tarih kitaplarında yer alan en temel bilgilerden, gözlemlerden ve bazı deneysel detaylardan

yararlanılmıştır. Öncelikle öğretmen adayları öğretim modüllerinde atomun izini Miletos'un antik kalıntıları arasında tartışmaya başlamışlardır. Ardışık modüller ilerledikçe sırasıyla elektronu Thomson'un katot tüpü, protonu Rutherford'un altın folyo deneyi, enerji düzeylerini fotoelektrik deneyi vb. ile tartışarak günümüz atom teorisine ulaşmışlardır. Bu süreçte bazen mitoloji bazen felsefe bazen de eğlenceli ve inovatif deneylerle her düzeyde öğrencide atoma ilişkin ilgi ve merak uyandırılmaya çalışılmıştır. Öğrenciler her hafta atoma ilişkin yeni bir bilgiyi keşfetme ve üretme heyecanı yaşamışlardır. Öğretmen adayları yaşadıkları coğrafyadan, Anadolu topraklarından, Elea'ya uzanarak yaklaşık 2000 yıllık atom teorisine tüm değişkenleri ile bakmışlardır. Bu süreçte yaşadıkları coğrafyanın bilime katkısını, siyasi, ekonomik ve doğa olaylarının bu coğrafyada bilimi nasıl etkilediğini, bilimin kültürler arasındaki aktarımını sorgulamışlardır. Bilginin her çağda ve ulaştığı toplumlarda nasıl bir güç unsuru olduğunu atom kavramı üzerinde tartışmışlar ve atom tarihini değerlendirmişlerdir.

Araştırmanın ikinci çıktısı ise atom kavramına gözlem ve deneyler ile yaklaşmasıdır. Atom öğretimi günümüz eğitim anlayışında yeni bir öğretim biçimine ihtiyaç duymaktadır. Öğretim programlarında ya da ders kitaplarında atomun öğretimi ezbere dayanan ve atoma yüzeysel yaklaşım sunan modeller üzerinden ele alınmaktadır. Bu öğretimde atom teorilerinin unsurlarına, farklı ya da benzer yönlerine yüzeysel değinilmekte, bu teorilere ulaşmada etkili olan temel düşünce, gözlem ve deneyler işlenmemektedir. Atom kavramının diğer konuların öğretimi için bir ön koşul öğrenme olduğu ve bunun bir sonucu olarak diğer konuların öğretiminde çeşitli güçlüklerin de yaşanabileceği bir gerçektir. Dolayısıyla araştırmada bu ihtiyaca karşılık verebilecek, atom kavramına bütünsel bir bakış açısı sağlayacak ve böylece disiplinler arası atom kavramının farklı anlatımını (Kimyadaki atom ile fizikteki atom genellikle farklı kavramlar gibi anlatılır) ortadan kaldıran gözlem ve deneye dayalı ardışık etkinlikler geliştirilmiştir. Bilimin güncel yorumları arasında yer alan aşağıdaki cümle atoma ilişkin bu araştırmada gösterilen çabanın ne kadar önemli olduğunu gösterir niteliktedir. "Atomu görmek demek karanlık bir odada gözleri bağlı olarak etrafımızda ne olduğunu anlamak gibidir" (Expo-Nano, 2007).

Araştırmanın dördüncü çıktısı atom kavramına bütünsel bir bakış sunan öğretim modülleridir. Modüllerde İlk Çağ atom düşüncesine ilişkin etkinlikler o dönemin

filozoflarından Lucretius'un kaleminden çıkanlar üzerinden gerçekleştirilmiştir. Etkinliklerde öğretmen adayları; doğada gözlemledikleri aşınmaların neler olduğu ve bu olayların nasıl gerçekleştiğini, suyun içerisine neden ellerini rahatça gezdirebildiklerini, havayı neden sıkıştırılabildiklerini, taşı neden sıkıştıramadıklarını, bir kalıp sabunu nereye kadar bölebileceklerini sorgulamışlardır. Bu süreçte kendi hipotezlerini üretmişler ve test etmişlerdir. Atomun varlığına İlk Çağ filozofları gibi doğadan örnekler aramışlar ve buldukları örneklerin atomun bilgisine onları nasıl götürebileceğini tartışmışlardır. Modüllerde yer alan konular İlk Çağ'dan çıkıp günümüze yaklaşırken veri toplama ve veri üretme süreci gözlem öncesi deneyi de zorunlu kılmıştır. Bu modüllerde ise öğretmen adayları Dalton, Thomson, Rutherford ve Bohr atom teorilerine yönelik ardışık deneyler ve deneylere ilişkin gözlemler gerçekleştirmişlerdir. Örneğin; Thomson atom teorisinde atomun içerisindeki negatif yüklerin varlığını, katot tüplerine uygulamış oldukları manyetik alanlar ile gözlemlemişlerdir. Bu süreçte de daha önceki atom teorilerinde yer alan atomun bölünemeyeceği düşüncesini de yanlışlamışlardır. Bu ve buna benzer etkinliklerin yer aldığı modüllerle gerçekleştirilen 11 haftalık dersler sonrasında öğretmen adayları atom kavramını kalıcı bir şekilde öğrenmişlerdir. Öğretmen adaylarının zihinlerinde yer alan atoma ilişkin birçok görüş değişmiştir. Ayrıca bu modüllerde yer alan etkinlikler çok kapsamlı ve pahalı gibi görünen deneyleri dahi sınıf ortamında yapılabileceğine örnek oluşturmaktadır. Hatta modüller malzeme eksikliği, laboratuvar koşullarının yetersizliği durumunda dahi karmaşık bilim etkinliklerinin basit araç gereçlerle yapılabileceğini göstermektedirler. Yapılan araştırma ve değerlendirmeler sonrası geliştirilen bu öğretim modüllerinin öğretmen adaylarının bilgi düzeylerinin arttığı ve kalıcı bir öğrenmeyi sağladığı görülmüştür.

Araştırmanın üçüncü çıktısı atom kavramına yönelik alan yazında örneğine rastlanmamış iki aşamalı çoktan seçmeli bir test geliştirilmiş ve alan yazına kazandırılmıştır. Bu test öğrenme sürecini detaylı bir şekilde izlemek, üründen çok süreç odaklı bir değerlendirmeyi hedefleyen, öğrenme sürecinde giderilen ve oluşan kavram yanlışları hakkında dönüt sunan kullanışlı ve güvenilir bir ölçme aracı olarak alan yazına kazandırılmıştır. Böylece atom kavramına ilişkin kavram yanlışları tek çatıda toplamış ve alan yazında belirtilmeyen bazı kavram yanlışları da rapor edilerek alan yazına kazandırılmıştır.

5.3. Öneriler

Araştırmanın öğretimde izlediği temel yaklaşım ardışık gözlem ve deneylerdir. Bilim eğitiminde gözlem ve deney uzun yıllardır tartışılmasına karşın birçok kavramın öğretiminde örnek uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır ve bu öğretim sürecine ilişkin detaylı araştırmaların sayısı arttırılmalıdır.

Araştırmada atom kavramı Lucretius'un atom görüşlerinden Dalton'un atom görüşlerine kadar tartışılmıştır. Bu yönüyle araştırma bir örnek niteliğinde olup, özellikle İlk Çağ atomculuğunun sınıf ortamına aktarılmasında uzmanlarla birlikte detaylı araştırmalar gerçekleştirilebilir.

Geliştirilen modüller öğretim programı geliştirme uzmanları tarafından incelenerek, ders kitaplarına aktarılabilmesi gibi etkinlikler bütünsel olarak bilim şenlikleri, bilim kampları gibi organizasyonlarda kullanılabilir.

Geliştirilen modüller ile öğretim araştırmada büyük ölçüde nicel olarak değerlendirilmişti, ancak öğrenme sürecinin ve modüllerde yer alan her bir etkinliğin öğrenci görüşleri üzerindeki etkisi nitel yöntemler kullanılarak izlenebilir ve daha detaylı veriler toplanabilir.

Son olarak, araştırmada geliştirilen kavram testi bütünsel olarak ya da bölümler halinde farklı örneklem gruplarına, büyük örneklemelere ya da farklı araştırmalarla test edilerek kullanılabilir, yeniden düzenlenebilir, geliştirilebilir ve alan yazında tartışılabilir.

KAYNAKÇA

- Adbo, K., & Taber, K. S. (2009). Learners' Mental Models of the Particle Nature of Matter: A study of 16-year-old Swedish science students. *International Journal of Science Education*, 31(6), 757-786. doi: 10.1080/09500690701799383
- Albanese, A., & Vicentini, M. (1997). Why Do We Believe that an Atom is Colourless? Reflections about the Teaching of the Particle Model. *Science & Education*, 6(3), 251-261. doi: 10.1023/a:1017933500475
- Alkan, A. H. (1996). *Bazi kimyasal kavramların model-benzetmelerle öğretimi*. Unpublished Master Thesis, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Alkan, M., Şengül, E., Yıldız, A., & Yıldız, Y. K. (1998). *Lise Öğrencilerinin Atom, Molekül ve Mol Konuları ile İlgili Yanlış Kavramaları*. Paper presented at the 12. Ulusal Kimya Kongresi, Edirne.
- Altın, V., & Saçlıoğlu, C. (2013) Maddenin Yapısı ve Standart Model. http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/madde/tarihce_23.html Son erişim tarihi: 27.01.2013
- Aras, N. K. (2008). John Dalton: Modern Atom Teorisinin 200. Yılı- 26 Kasım 2008, Türkiye Bilimler Akademisi. Retrieved from <http://www.tuba.gov.tr/tr/haberler/bilim-dunyasindan-gorusler/427-JOHN-DALTON-MODERN-ATOM-TEORISININ-200-YILI--26-Kasim-2008-311.html>
- Baigrie, B. (2006). *Electricity and Magnetism: A Historical Perspective*. Greenwood Press. pp. 7-8. ISBN 0-313-33358-0.
- Baine, T. (2007). Antimatter Teaching Module. Retrieved 23.04.2013, from CERN Education <http://education.web.cern.ch/education/Chapter2/Teaching/atm.html>
- Beiser, A., (2003) *Concept of Modern Physics*, McGraw Hill Publishing Company: Boston

- Ben-Zvi, R., Eylon, B.-S., & Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education*, 63(1), 64. doi: 10.1021/ed063p64
- Berkheimer, G. D., Anderson, C. W., Lee, O., & Blakeslee, T. S. (1988). Matter and Molecules Teacher's Guide, The Institute for Research on Teaching College of Education, Michigan State University.
- Blanco, R., & Niaz, M. (1998). Baroque tower on a Gothic base: A Lakatosian reconstruction of students' and teachers' understanding of structure of the atom. *Science and Education*, 7, 327-360.
- Bogaard P. A. (2012). Ancient Theories Of Chemical Substance, Handbook of the Philosophy of Science. Volume 6: Philosophy of Chemistry. 179-189.
- Boz, Y. (2006). Turkish Pupils' Conceptions of the Particulate Nature of Matter. *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 203-213. doi: 10.1007/s10956-006-9003-9
- Bozođlu, M. (2007). *İlköğretim 7. Sınıf Öğrencilerinde Atom Kavramı Hakkında İmaj Oluşturmada Rol Oynama Yönteminin Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Buğdaycı, İ. (1997). Bulunuşunun 100. Yılında Elektron. *Bilim ve Teknik*, Aralık 1997, 28-33.
- Buğdaycı, İ. (2008). Democritus'tan Günümüze ATOM, *Bilim ve Teknik Yıldız Takımı* pp. 6-9. Retrieved from <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bdergi/yildiztakimi/pdf/eylul08/YT06.pdf>
- Bunge, M. (2003). Twenty-Five Centuries of Quantum Physics: From Pythagoras to Us, and from Subjectivism to Realism. *Science & Education*, 12(5-6), 445-466. doi: 10.1023/a:1025336332476
- Capelle, W. (2006). *Sokrates'ten Önce Felsefe* (O. Özügül, Trans.). İstanbul: Pencere Yayınları.
- Chakraborty, A., & Mondal, B. C. (2012). Misconceptions In Chemistry At Ixth Grade And Their Remedial Measures. *Indian Streams Research Journal*, 2(7), 1-9.
- Chandra, S. (2008). Demonstrating İons. *New Zealand Science Teacher*, 117(42).

- Chandrasegarana, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (3), 293-307.
- Chu, H. E., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2009). A stratified study of students' understanding of basic optics concepts in different contexts using two-tier multiple-choice items. *Research in Science & Technological Education*, 27(3), 253-265. doi: 10.1080/02635140903162553
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*: Taylor & Francis e-Library.
- Cox, J. (1913). *Beyond The Atom*. New York: G.P. Putnam's Sons.
- Çalışkan, İ. S. (2004). *The Effect Of Inquiry-Based Chemistry Course On Students' Understanding Of Atom Concept, Learning Approaches, Motivation, Self-Efficacy, And Epistemological Beliefs*. The Degree Of Master Of Science, The Middle East Technical University, Ankara.
- Çökelez, A. & Dumon, A. (2005). Atom and molecule: upper secondary school French students' representations in longterm memory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(3), 119-135.
- Çölekez, A., & Yalçın, S. (2012). İlköğretim 7. Sınıf Öğrencilerinin Atom Kavramı ile İlgili Zihinsel Modellerinin İncelenmesi. *İlköğretim Online*, 11(2), 452-471.
- De Vos, W., & Verdonk, A. H. (1987). A new road to reactions. Part 4. The substance and its molecules. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 692. doi: 10.1021/ed064p692
- De Vos, W., & Verdonk, A. H. (1996). The particulate nature of matter in science education and in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 657-664. doi: 10.1002/(sici)1098-2736(199608)33:6<657::aid-tea4>3.0.co;2-n

- De Jong, O. D., Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8), 947-964. doi: 10.1002/tea.20078
- De Posada, J.M. (1997). Conceptions of high school students concerning the internal structure of metals and their electric conduction: Structure and evolution. *Science Education*, 81, 445-467.
- Demo10HChem. (2008). Cathode Ray Tube Retrieved 24.05.2013, 2013, from <http://www.youtube.com/watch?v=O9Goyscbazk>
- Department for Education (DFE), 2011. Science : Sc3 Materials and their properties. <http://www.education.gov.uk/schools/teachingandlearning/curriculum/primary/b00199179/science/ks2/sc3>
- Erdoğan, M. N. (2005). *İlköğretim 7. sınıf öğrencilerinin atomun yapısı konusundaki başarılarına, kavramsal değişimlerine, bilimsel süreç becerilerine ve fene karşı tutumlarına sorgulayıcı-araştırma (Inquiry) yönteminin etkisi*. Yüksek Lisans, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Etişken, Ö. (2011). 1911'den 2011'e Rutherford'dan 100 yıllık hediye. *Bilim ve Teknik, Aralık 2011*, 40-45.
- Expo-Nano (2007). Expo Nano : La technologie prend une nouvelle dimension. Expositions : Exposition :Du 20 mars au 2 avril 2007 à la Cité des Sciences et de l'Industrie à Paris. 21 Temmuz 2007 tarihinde Paris Bilimler ve Endüstri Müzesinin resmi internet sitesinden alınmıştır) :http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/expositions/nanotechnologies/techniques/techniques_1.php
- Eyüpoğlu, İ. Z. (2001). Lucretius'un Sorunları, IN: Lucretius Carus, Varlığın Yapısı I, Tr. İ.Z. Eyüpoğlu, Cumhuriyet Yayınları, Dünya Klasikleri Dizisi, no. 142, 2001, 18-25.
- Falconer, I. (1997). J J Thomson and the discovery of the electron. *Physics Education*. 32 (4), 226-231.

- Field, A. (2005). *Discovering Statistics Using SPSS* (Secand ed.). London: Sage Publications.
- Ford, B. J. (1992). Brownian movement in clarkia pollen: a reprise of the first observations. *The Microscope*, 40(4), 235-241.
- Fraenkel, J. R.,& Wallen, N. E. (2006). *How to design and evaluate research in education*. New York: McGraw-Hill.
- Gay, L. R., Airasian, P. . (2000). *Educational Research*. New Jersey: Upper Saddle River.
- Gilbert, J. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130. doi: 10.1007/s10763-004-3186-4
- Gilbert, J. K.,& Watts, D. M. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*, 10(1), 61-98. doi: 10.1080/03057268308559905
- Gribbin, J. R. (1999). *Q is for quantum : an Encyclopedia of particle physics*. New York: The Free Press.
- Griffiths, A. K.,& Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611-628. doi: 10.1002/tea.3660290609
- Guthrie, W. K. C. (2011). *Yunan Felsefe Tarihi-I: Sokrates Öncesi İlk Filozoflar ve Pythagorasçılar* (E. Akça, Trans. First ed.). İstanbul: Kabalıcı Yayınevi.
- Gündüz, A. (2001) İlköğretim ve ortaöğretim öğrencilerinde atom ve molekül kavramı (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi) Gazi Üniversitesi - Eğitim Bilimleri Enstitüsü - Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı
- Harrison, A. G. (2002). *John Dalton's atomic theory: Using the history and nature of science to teach particle concepts?* Paper presented at the Australian Association for Research in Education, Brisbane.
- Harrison, A. G.,& Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science*

Education, 80(5), 509-534. doi: 10.1002/(sici)1098-237x(199609)80:5<509::aid-sce2>3.0.co;2-f

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381. doi: 10.1002/(sici)1098-237x(200005)84:3<352::aid-sce3>3.0.co;2-j

Hart-Davis, A. (2009). *Science: The Definitive Visual Guide*. (1. Baskı). DK Publishing. New York: NY.

Haubold, H., & Mathai, A.M. (1998). "Microcosmos: From Leucippus to Yukawa". Structure of the Universe. Son Erişim Tarihi: 02.11.2012 <http://web.archive.org/web/20090505115001/http://www.columbia.edu/~ah297/unesa/universe/universe-chapter3.html>

Hewitt, P. G., Lyons, S., Suchocki, J., & Yeh, J. (2007). *Conceptual Integrated Science* (first ed.). San Francisco: Pearson Education.

Isik, H., & Yurumezoglu, K. (2012). Two Simple Activities to Bring Rainbows into the Classroom. *Physics Teacher* 50 (1), 38.

Johnston, K., & Driver, R. (1991). A case study of teaching and learning about particle theory: A constructivist reaching scheme in action, Children's Learning in Science Project. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.

Johnstone, G. (Writer). (2005). *NOVA: Einstein's Big Idea*.

Justi, R., & Gilbert, J. (2000). History and philosophy of science through models: some challenges in the case of 'the atom'. *International Journal of Science Education*, 22(9), 993-1009. doi: 10.1080/095006900416875

Kaya, A. (2010). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Işık Ve Atom Kavramlarını Anlama Seviyelerinin Tespiti. *Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(1), 15-37.

Kaya, O. N. (2002). *İlköğretim 7. Sınıf Öğrencilerinin Atom ve Atomik Yapı Konusundaki Başarılarına, Öğrendikleri Bilgilerin Kalıcılığına, Tutum ve*

Algılamalarına Çoklu Zeka Kuramının Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Kehoe, J. (1995). Basic item analysis for multiple-choice tests. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 4(10). Retrieved May 23, 2013 from <http://PAREonline.net/getvn.asp?v=4&n=10> . This paper has been viewed 104,691 times since 11/13/1999.

Kirk, G. S., & Raven, J. E. (1957). *The Presocratic Philosophers, A Critical History with a Selection of Texts*. London: The Syndics of The Cambridge University Press.

Kramers, H. A., & Holst, H. (1923). *The Atom And The Bohr Theory Of Its Structure, An Elementary Presentation*. London: Gyldendal.

Lacine, A. (1999). Atom- From Hypothesis To Certainty, *Phys. Educ.* 34 (6), 397–402

Law, J. F., & Treagust, D. F. (2007). *Diagnosis of Student Understanding of Content Specific Science Areas Using On-Line Two-Tier Diagnostic Tests*. Paper presented at the Second International Conference on Science and Mathematics Education (CoSMEd 2007), Penang, Malaysia.

Lewis, C. T., & Short, C. (revised, enlarged, and in great part rewritten). (1879) *A Latin Dictionary*. Founded on Andrews' edition of Freund's Latin dictionary. . Oxford: Clarendon Press.

Lichtenberg, D. (2007). *The Universe And The Atom*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Liddell, H. G., & Scott, R. (Eds.). (1940) *A Greek-English Lexicon*. revised and augmented throughout by. Sir Henry Stuart Jones. with the assistance of. Roderick McKenzie. Oxford: Clarendon Press. Liddell, Henry George; Scott, R.. "A Greek-English Lexicon". Perseus Digital Library. <http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus%3Atext%3A1999.04.0057%3Aentry%3Dte%2Fmnw1>

Masson, J. (1884). *The Atomic Theory of Lucretius Constructed with Modern Doctrines of Atoms and Evolution*. London: George Bell and Sons.

- Matthews, M. R. (2011). Alan F. Chalmers: The Scientist's Atom and the Philosopher's Stone: How Science Succeeded and Philosophy Failed to Gain Knowledge of Atoms. *Science & Education*, 20(2), 173-190. doi: 10.1007/s11191-010-9226-2
- MEB, 2006. İlköğretim Fen ve Teknoloji Dersi (6, 7 ve 8. sınıflar) Öğretim Programı, Ankara: Devlet Kitapları.
- MEB. (2013). *İlköğretim Kurumları (İlkokullar Ve Ortaokullar) Fen Bilimleri Dersi (3, 4, 5, 6, 7 Ve 8. Sınıflar) Öğretim Programı*. Ankara: T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Mozzer, N. B., & Justi, R. (2012). Students' Pre- and Post-Teaching Analogical Reasoning When They Draw their Analogies. *International Journal of Science Education*, 34(3), 429-458. doi: 10.1080/09500693.2011.593202
- Nakhleh, M. B., Samarapungavan, A., & Saglam, Y. (2005). Middle school students' beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 581-612. doi: 10.1002/tea.20065
- Nakiboğlu, C., & Poyraz, H. E. (2006). Üniversite Kimya Öğrencilerinin Atom ve Kimyasal Bağlar Konularını Açıklamada “İnsana Özgü Dil” Ve “Canlılığı” Kullanmalarının İncelenmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 14(1), 83-90.
- National Research Council (NRC), (1996). *National Science Education Standards*: National Academies Press, from <http://www.nap.edu/>
- Niaz, M. (1998). From Cathode Rays To Alpha Particles To Quantum of Action: A Rational Reconstruction of Structure of the Atom and Its Implications for Chemistry Textbooks. *Science Education*, 82(5), 527-552.
- Niaz, M., Aguilera, D., Maza, A., & Liendo, G. (2002). Arguments, contradictions, resistances, and conceptual change in students' understanding of atomic structure. *Science Education*, 86(4), 505-525. doi: 10.1002/sci.10035
- Novick, S., & Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: An interview study. *Science Education*, 62(3), 273-281. doi: 10.1002/sci.3730620303

- Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: A cross-age study. *Science Education*, 65(2), 187-196. doi: 10.1002/sce.3730650209
- Nunally, J.C., & Bernstein, I.H. (1994). *Psychometric theory*. New York: McGraw-Hill.
- Nussbaum, J. (2005). History and Philosophy of Science and the Preparation for Constructivist Teaching: The Case of Particle Theory. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee & J. D. Novak (Eds.), *Teaching Science for Understanding: A Human Constructivist View*(pp. 165-194). London: Elsevier Academic Press.
- Osborne, R. J., & Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838. doi: 10.1002/tea.3660200905
- Othman, J., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2008). An Investigation into the Relationship between Students' Conceptions of the Particulate Nature of Matter and their Understanding of Chemical Bonding. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1531-1550. doi: 10.1080/09500690701459897
- Ozmen, H. (2011). Turkish primary students' conceptions about the particulate nature of matter. *International Journal of Environmental & Science Education*, 6(1), 99-121.
- 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).
- Özmen, H., Ayas, A., & Coştu, B. (2002). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Maddenin Tanecikli Yapısı Hakkındaki Anlama Seviyelerinin ve Yanılgılarının Belirlenmesi. *Kuramdan Uygulamaya Eğitim Bilimleri*, 2(2), 507-529.
- Pallant, A., & Tinker, R. (2004). Reasoning with Atomic-Scale Molecular Dynamic Models. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 51-66. doi: 10.1023/B:JOST.0000019638.01800.d0

- Pallant, J. (2007). *SPSS Survival Manual, A Step by Step Guide to Data Analysis Using SPSS for Windows* (First ed.). New York: McGraw-Hill Education, Open University Press.
- Palmer, D. H. (1998). Measuring contextual error in the diagnosis of alternative conceptions in science. *Issues in Educational Research*, 8(1), 65-76.
- Park, E. J., & Light, G. (2009). Identifying Atomic Structure as a Threshold Concept: Student Mental Models. *International Journal of Science Education*, 233-258.
- Pauri, M. (2003). Don't Ask Pythagoras about the Quantum. *Science & Education*, 12(5-6), 467-477. doi: 10.1023/a:1025330129744
- Peleg, R., & Baram-Tsabari, A. (2011). Atom Surprise: Using Theatre in Primary Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 508-524. doi: 10.1007/s10956-011-9299-y
- Petri, J., & Niedderer, H. (1998). A learning pathway in high-school level quantum atomic physics. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1075-1088. doi: 10.1080/0950069980200905
- Photoelectric Effect, Physics Education Technology, University of Colorado, Boulder. Son erişim tarihi: 04.08.2013 (<http://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric>)
- Pideci, N. (2002). *Öğrencilerin Atom-Molekül Kavramlarına İlişkin Yanılgıları, Yanılgıları Gidermek Üzere Özel Bir Öğretim Yönteminin Geliştirmesi ve Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Qualifications and Curriculum Authority, 2007. Science: Programme of study for key stage 3 and attainment targets. www.qca.org.uk/curriculum
- Renström, L., Anderson, B., & Marton, F. (1990). Students' conception of matter, *Journal of Chemical Psychology*, 82 (3), 555-559.
- Rodríguez, M., & Niaz, M. (2004). A Reconstruction of Structure of the Atom and Its Implications for General Physics Textbooks: A History and Philosophy of Science Perspective. *Journal of Science Education and Technology*, 13(3), 409-424. doi: 10.1023/B:JOST.0000045468.49500.3b

- RSC. (2013). Classic Chemistry Experiments : Mass conservation. 152-153. Retrieved from <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00000445/mass-conservation>
- Rutherford scattering experiment simulation with measuring cylinder and balls. 27.05.2013, from <https://www.youtube.com/watch?v=jYggetUBW8U>
- Salmaz, Ç. (2002). *Lise 1. Sınıftaki Öğrencilerin Atom ve Yapısı Konusundaki Yanlış Kavramlarının Belirlenmesi ve Giderilmesi Üzerine Yapılandırıcı Yaklaşımın Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Sarıgöllü, A. (1973). *Lucretius ve Eseri*. Ankara: Yarıaçık Cezaevi Matbaası.
- Schmidt, H. J., & Volke, D. (2003). Shift of meaning and students' alternative concepts. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1409-1424. doi: 10.1080/0950069022000038240
- Schmidt, H.-J., Baumgärtner, T., & Eybe, H. (2003). Changing ideas about the periodic table of elements and students' alternative concepts of isotopes and allotropes. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(3), 257-277. doi: 10.1002/tea.10076
- Sebastian, K. L. (2010). The Development of the Concept of Atoms and Molecules: Dalton and Beyond. *Resonance*, 15(1), 8–15.
- Sewell, A. (2002). Cells and atoms - Are they related? *Australian Science Teachers' Journal*, 48(2), 26-30.
- Simulator. (2013). Retrieved 27.05.2013, from <http://www.nano-world.org/en/Lab/demo/frictionmodule>
- Smith, M., Grosslight, L., & Davis, E. (1997). Teaching for understanding: A study of students pre-instruction theories of matter and comparison of the effectiveness of two approaches to teaching about matter and density. *Cognition & Instruction*, 15, 317–393.

- Stavy, R. (1988). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560. doi: 10.1080/0950069880100508
- Stefani, C., & Tsaparlis, G. (2009). Students' levels of explanations, models, and misconceptions in basic quantum chemistry: A phenomenographic study. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(5), 520-536. doi: 10.1002/tea.20279
- Taber, K. S. (2000). Chemistry lessons for universities?: a review of constructivist ideas. *University Chemistry Education*, 4(2), 63-72.
- Taber, K. S. (2001). Constructing Chemical Concepts In The Classroom?: Using Research To Inform Practice. *Chemistry Education: Research And Practice In Europe*, 2(1), 43-51.
- Taber, K. S. (2005). Learning quanta: Barriers to stimulating transitions in student understanding of orbital ideas. *Science Education*, 89(1), 94-116. doi: 10.1002/sce.20038
- Taber, K. S., & García-Franco, A. (2010). Learning Processes in Chemistry: Drawing Upon Cognitive Resources to Learn About the Particulate Structure of Matter. *Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 99-142. doi: 10.1080/10508400903452868
- Taber, K., (2003) The atom in the chemistry curriculum: fundamental concept, teaching model or epistemological obstacle?, *Foundations of Chemistry*, 5, 43-84
- Tan, D. K.-C. (2000). *Development & application of a diagnostic instrument to evaluate secondary students' conceptions of qualitative analysis*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10497/976>
- Teaching Resources - Antimatter Teaching Module. Retrieved 23.05.2013, from <http://education.web.cern.ch/education/Chapter2/Teaching/atm.html>
- Thackray, A. W. (1966). The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory: Daltonian Doubts Resolved. *Isis*, Vol. 57, No. 1 (Spring, 1966), pp. 35-55

- Thagard, P., & Toombs, E. (2005). Atoms, Categorization and Conceptual Change. In H. Cohen & L. Claire (Eds.), *Handbook of Categorization in Cognitive Science* (pp. 243-254): Elsevier Ltd.
- Topdemir, H. G., & Unat, Y. (2009). *Bilim Tarihi* (2. Baskı ed.). Ankara: Pegem A Akademi
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169. doi: 10.1080/0950069880100204
- Treagust, D. F. (2006). *Diagnostic Assessment in Science as a Means to Improving Teaching, Learning and Retention*. Paper presented at the UniServe Science Assessment Symposium, Sydney, NSW.
- Tsai, C. C., & Chou, C. (2002). Diagnosing students' alternative conceptions in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 18(2), 157-165. doi: 10.1046/j.0266-4909.2002.00223.x
- Tsaparlis, G. (1997). Atomic orbitals, molecular orbitals and related concepts: Conceptual difficulties among chemistry students. *Research in Science Education*, 27(2), 271-287. doi: 10.1007/bf02461321
- Tsui, C. Y., & Treagust, D. (2010). Evaluating Secondary Students' Scientific Reasoning in Genetics Using a Two-Tier Diagnostic Instrument. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1073-1098. doi: 10.1080/09500690902951429
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu [TAEK], (2009). Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi (CERN), from <http://www.taek.gov.tr/egitim-arastirma/cern/740-avrupa-nukleer-arastirma-merkezi-cern.html>
- Types of Radiation from Radioactive Decay (video dosyası). Retrieved 24.05.2013, 2013, from <http://www.youtube.com/watch?v=vuGvQjCOdr0>
- Unal, R., & Zollman, D. (1999). Students' Description of an Atom: A Phenomenographic Analysis. Retrieved from <http://perg.phys.ksu.edu/papers/vqm/AtomModels.pdf>

- Ünlü, S. (2000). *Kavramsal Değişim Yöntemlerinin Çocukların Atom, Molekül ve Madde Kavramlarını Anlamadaki Başarılarına Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- VDI Technologiezentrum GmbH (Producer). (23.04.2013). Nanoreisen: Abenteuer Hintern Komma. Retrieved from <http://www.nanoreisen.de/>
- Viana, H. E. B., & Porto, P. A. (2009). The Development of Dalton's Atomic Theory as a Case Study in the History of Science: Reflections for Educators in Chemistry. *Science & Education*, 19(1), 75-90. doi: 10.1007/s11191-008-9182-2
- Weinberg, S. (2005). *Atomaltı Parçacıklar: Bir keşif serüveni*. (Çeviri: Zekeriya Aydın). (5. Basım) Tübitak Popüler Bilim Kitapları. Semih ofset: Ankara
- Wheeldon, R. (2011). Examining Pre-Service Teachers' Use of Atomic Models in Explaining Subsequent Ionisation Energy Values. *Journal of Science Education and Technology*, 21(3), 403-422. doi: 10.1007/s10956-011-9333-0
- Wilson, E. D. (1916). *The Structure of the Atom*. Doctor of Philosophy PhD Thesis, The University of Chicago, Chicago
- Yeğnidemir, D. (2000). *Temel Eğitim 8. Sınıf Öğrencilerinde Madde Ve Maddenin Tanecikli-Boşluklu Hareketli Yapısı İle İlgili Yanlış Kavramların Tespiti Ve Giderilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Yıldız, H. T. (2006). *İlköğretim Ve Ortaöğretim Öğrencilerinin Atomun Yapısı İle İlgili Zihinsel Modelleri*. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Yürümezoğlu, K. & Çökelez, A. (2010). Transmitting current a simple electric circuit students' opinions about what is happening. *Journal of Turkish Science Education*, 7(3), 147-166.
- Zavrak, M. (2003). *Lise Kimya Programında Atomun Yapısı Ünitesinde Aktif Öğrenme Yöntemlerinin Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

DE RERUM NATURA'DAN SEÇME BÖLÜMLER

Lucr.= Titus Lucretius Carus, *De Rerum Natura*. Kullanılan Eserler:

(Türkçe) Lucretius Carus, Varlığın yapısı I: De rerum natura. Eyüboğlu, I. Z. (tr.)
Turkey: Cumhuriyet. 2001.

(İngilizce) Titus Lucretius Carus, de rerum natura. Lucretius, de rerum natura
Paratore, E., & Rouse, W. H. D. (tr.) Cambridge, Mass: Harvard University
Press, 1959.

Lucr. I, 267-424 (Çev. İ. Z. Eyüpoğlu)

Göstereyim yoktan gelmediğini varlığını: **267**

yokalmaz artık bir kez varolan, göremeyiz

Nesnelerin ilkelerini, budur seni yanıltan.

Anlatayım sana gerçek olduğunu görünmeyenin de.

Birtakım olaylar sayacağım: Önce korkunç

Çarpışlarıyla denizi döven, kocaman gemileri

Deviren, bulutları parçalayan, dağıtan yeller,

Yelçevrintileri geniş ovalarda dolaşan,

Sürükler devrilmiş büyük ağaçları, süpürür **275**

Tepelerini yüksek dağların, alt üst eder

Ormanları sağnaklar, görünmeyen varlıklardır

Gürleyen, uğuldayan, homurdanan korkunç yeller,

Yerler toz duman, çalkanan denizler, boşanan sağnaklar,

Uzaklara savrulan bulutlar, yeller yüzünden.

Önce durgun görünür, sonra birden dağlardan

İnen yağmurlarla beslenen, orman yıkıntılarını

Silen süpüren, bütün ağaçları sürükleyen,

Azgın ırmaklar gibi taşan esen yeller,

Ne köprüler dayanır bu taşkınlarla, ne yağmurdan **285**

Kabaran ırmakların gücüne direnecek ayak kalır,

İşte bunlar gibi yıkar korkunç gümbürtülerle

Yeller kocaman yığınları, nasıl yıkarsa
Büyük sağnaklar önüne geleni. Ne çıkarsa
Karşısına yüklenir, devirir sürekli vuruşlarla,
Sarsar taşan bir ırmak gibi sürükler, sallar,
Götürür, yokeder, atar içine çevrintilerin,
Böyledir azgın sağnaklar, savuran kasırgalar.
Görünmeyen, yalnızca sezilen varlıklardır
Tüm esen yeller, yaptıkları işlerle,

295

Yer kaplayan nesnel özleriyle görünen
Büyük ırmaklarla yarışır. İşte böyledir
Görünmeyen, sessiz, değişik türde korkular da,
Görmeyiz burnumuza gelişini sezdiğimiz kokuyu,
Duyularımıza gelen sıcaklığı, soğuğu da,
Ne de işittiğimiz sesi görebiliriz, oysa
Bunlar, tümünden, yer kaplayan nesnel varlıklar,
Bunlar olmasa çalışmazdı başka türlü duyular,
Dokunma, dokunulma gücü olmasa gövdemizin
Bilemezdik bunların bir tekini bile.

305

Sereriz giysileri dalgaların kırıldığı kıyılara
Islanırlar, kururlar sonra güneşte, oysa
Ne ıslaklığın yapısını görürüz, ne de
Sıcaklığın etkileyen özünü, besbelli
Çok ufacık öğelere bölünmüş, ayrılmış hepsi,
Bir yolu yoktur onları görmenin gözle.

Yıllar geçer aradan, aşınır parmakta yüzük,
Oyar bir oluktan damlayan su taşı geçen
Sürenin akışında, incelir toprağa sürünen
Kaskatı sapan demiri görünmeden evleklerde,
Böyle yıpranır kaldırımlar da yıllar boyu
Gelip geçenlerin ayakları altında...

315

Aşınmış, kapı tokmakları biz görmeden, gizlice,
Sık sık tapınaklara gelenlerin sağ elleriyle
Dokunmadan, yıpranmış gördüğümüz nesnelere, kırılıp

Dökülmüş böyle sürtünmekle, dokunmakla, dağılmış.

Gizler bizden bu olayları doğa, göstermez,

Sonradan, ana varlık ayırır bu nesnelere bölümlere,

Birleştirir uyarınca, yaratır yeniden, düzenler,

Yetmez gözümüzün gücü bunları görmeye.

325

Ne yaşam gücü tükenir, eksilir bu nesnelere

Ne yaşlanma, kocalma söz konusudur onlarda,

Ne tuz tükenir, ne kayalar biter denizlerde,

Anlaşılmaz bu oluşumlar kısa sürede, doğada

Birleşemez nesnelere, boşluklar var arada, evrende,

Uygundur bunların bilinmesi, yanılmayı düşünme

Sürekli bir araştırmada, varlık bütünü yolunda,

Kuşku duymayasın açıklamamızdan, görüşümüzden.

Boşluklar vardır nesnelere içinde, el değmemiş,

Gözler görmemiş bilesin, yoksa bir kıvılcımda bile

335

Olamazdı bu nesnelere varlıklarda, bu yüzdendir.

Tüm nesnelere devinmesi, birtakım işler görmesi,

Birbirinin yanında, devinmeden kalırdı hepsi

Boşluk olmasa, engellerdi birbirini nesnelere,

Bir neden kalmazdı devinmeye, yer değiştirmeye,

Görürüz denizleri, karaları, göklerin yükselişini,

Daha birçok nesnenin türlü durumlarda, biçimlerde

Devindiğini görürüz açıkça, boşluk olmasa

Devinme de olmazdı nesnelere, kendiliğinden,

Kuşaklar bile varolmazdı, kalırdı kaskatı

345

Olduğu yerde nesnelere, kıvılcımdan,

Düşünülse bile dolu nesnelere varlığı

Kolay olmaz bunları varlıklarda görmek, anlamak

Kayalardan, oyuklardan, yarıklardan sızan suların

Besin verir ıslaklığı dökülen bol damlalarla

Diri varlıklara kendiliğinden, gelişir böylece

Ormanlar günden güne bolluk yağar ortalığa,

Kaynaklardan çıkan besleyici özler dağılır

Bütün dallara yayılır kökler aracılığıyla.
Sesler çıkar dalgalardan, kapı sürgülerinden **355**
Evlerin, gıcırtilar gelir, katılık verir
Kemiklere soğuk, olmasaydı boşluk olmazdı
Bunlar da, görülmezdi karşılıklı dönüşme nesnelere,
Bir olay doğmazdı boşluğun olmayışı yüzünden
Nedendir gördüğümüz eşit büyüklükte nesnelere
Birbirinden ağır geldiğini? Yoksa eşit olurdu
Bir yün yumağıyla kurşunun ağırlığı eş boyutlarda,
Basınç eşit olsaydı bütün nesnelere. Ne denli
Düşse de somut nesnelere, yine boşluklar vardır
İçlerinde, bundandır yeğnikliği büyük olanın, **365**
Daha büyüktür içerdikleri boşluklar, budur neden.
Daha ağırdır içinde daha küçük boşluk olan
Nesneler, budur anlatmak istediğim kolayca,
Bundandır nesnelere boşluklar dememiz de,
Gerçekten ayırmasın seni diye, bu konuda
Çürütmem gerekir başkalarının düşüncelerini.
Onlar, pullu balıkların su dolar arkadan boşluklarına
İtilir ileri, yer değiştirip diyorlar, buymuş devinme,
Sularla çarpışarak, yüzmenin nedeni suda,
Böyle değiştirmiş yerleri, dolu olmalarına karşın, **375**
Aralarında, yanlış olsa gerektir bu açıklama,
Nasıl ilerlerdi yüzücüler, nasıl değiştirirlerdi
Yerlerini bir kez, boşluk olmasa suların özünde?
Geriye çekildikçe sular, boşluk nedeniyle,
İlerler öne doğru balıklar, ya kendiliğinden
Devinir nesnelere, ya da içlerinde boşluk var
Benimsemek gerek bu görüşü, başka türlü değil
Devinmenin açıklanışı, başlaması bile.
Önce çarpışır, sonra ayrılır iki nesne
Birbirinden, soluk dolar gereğince aralarına, **385**
Açılan boşluğa, çok hızlı devindiğinden dolayı

Akar gibidir yel, doldurur ortalığı baştan başa
Birden, işte bu yüzdendir hızla doldurması
Havanın boşalan bir yeri, açılan boşluğu da.
Söylemek yanlıştır bu konuda, nesnelere
Birbirinden ayrılması, bütün öteki olaylar
Yoğunlaşması, katılaşması yüzündendir havanın,
Oysa yanlıştır bu düşünce, gerçekte böyle değil
Boşluğun oluşu, yine o soluktur boşalan yeri
Dolduran, oysa yanlıştır havanın böyle **395**
Katılaştığını öne sürmek, bir boşluğun
Bulunmadığını söylemek. Nesnelere birleşmesi,
Çekilmesi, açılıp kavuşması düşünülse bil
Devinmede kaçınılmazdır nesnelere içlerinde
Bir boşluğun bulunması, devinmeyi sağlaması.
Göstermem gerek sana bu konuda birçok kanıt,
Bunlarla kazanırım güvenini senin,
Yeter anlayabilmen için gerçeği,
Şu birkaç çizgi bile sana bolca:
Dağbaşında birini kovalayan köpekler, **405**
Bulurlar koklayarak yapraklar arasında
Burunlarıyla en kesin izleri şaşmadan, sen de
Görürsün ötekilerden ayrı bütün nesnelere içinde saklı, görünmeyen işleri,
burada,
Kavrarısın onların özünü, bulursun gerçeği.
Yavaşlarsa çalışman, bıkersin konudan, o gün
Bunu sererim gözlerinin önüne yeniden Memmius:
Yudum yudum içmek için yaklaşıyorum kaynaklara,
Bu bilgilerden zenginleşecek benim dilim,
Korkuyorum yaşlılığım yüzünden bozulacak **415**
Diye bu derli toplu düzen. Çözülmesin sürgüsü
Yaşadığımız kapının, duyacaksın tüm şiirlerimde
Gösterilen kanıtların çokluğunu bu konuda,
Dönelim bir daha eski sözüme, burada:

İki kaynağı vardır tüm varlığın, nesnelere,
Biri boşluk, öteki kurucu öge, ilke denen,
Bunların içinde gelişir, devinir varlık, yeter
Sağduyu anlamak için nesnelere oluş ilkelerini,
Hepsinin kurucu, bütünleyen özlerini **424**

Lucr. II, 390-405 (Çev. İ. Z. Eyüpoğlu)

Neden çok hızlı akar süzülen şarap, **390**
Ağır ağır damlar fıçıya zeytinyağı?
Açıktır, zeytinyağının daha küçük öğelerden
Oluştugu, ya da birbirine bağlanmış, çengelli,
Sıkı, Öyle benzer ki ayrılıyor tek tek öğeler,
Yavaşça süzülüyor ufak damlalar süzgecin **395**
Deliklerinden. Bundan anlaşılır sütün, balın
Ağızda, dil üzerinde tatlı duyum uyandırması,
Öte yandan acı bir içkinin dudaklarımızda
Tedirgin eden, ya da kantaronun teksindiren
Etkisine karşı tatlının yeğlenmesi. Buna
Bağlanır, doğrudur, düz, yuvarlak öğelerden
Oluştugu duyularımıza çarpan, tatlılık veren
Nesnelere. Çengellidir, geymelidir (*) acılık
Uyandıran, kaba görünen nesnelere öğeleri.
Bu tür öğeler duyuların önünü tıkar, tırnaklar,
Gövdemize ulaşınca batar, acı verir. **405**

Lucr. II, 757-796 (Çev. İ. Z. Eyüpoğlu)

Öz bakımından boyasız olan bütün öğeler 757

Kuruluş yönünden değişik biçimlerde,

Değişen renklerle görünür tüm nesnelere

Çok önemliyse nesnelere bağlamsal varlığı,

Nasıl bir değişkenlik içinde birleştiği,

Düzenlendiği, karşıt devinimde bulunduğu, kolay

Anlarsın bunu, bir nesnenin karayken ak olduğunu,

Sonradan bir mermer yığını gibi pırl pırl,

Denizde azgın yellerle kamçılanan suların 765

Parlayan mermer rengi ak dalgalara döndüğünü.

Diyebilirsin bunun ardından: Kara gördüğümüz

Bir nesnenin karışır birden kurucu öğeleri,

Özdeğinde, değişir ilkelerin düzeni, eklenir

Birbirine, yavaş yavaş dönüşür ışıldayan aka.

Koyu mavi öğelerden kurulmuş olsaydı denizin

Dalgalı suları parlamazdı bir gün bile.

Pek çok sarsıp çalkadığın mavi nesnelere

Alamazlar ak mermerin rengini, değişik

Türde kurucu ilkeler bulunsa renkte, denize 775

Geçici, arınmış bir duruluk veren, bir dörtgenin

Değişik biçimlerden kurulup, bir birlik,

Bütünlük göstermesi gibi, görmemiz gerekirdi

Bizim de, değişik biçimlerden kurulan

Dörtgende tanıdığımız açık seçik birliği,

Ya da keskin çizgili, çatışık nesnelere.

Öte yandan biçimlerin değişikliği,
Dıştan dörtgen görünmede bir engel
Değildir kuruluş yönünden özdeşler için,
Yalnızca tek tek nesnelere renklenmesinde **785**
Görülen değişik ışıltı bütünün parlaklığında
Bozabilir uyumu, birliği. Burada bizi, nesnelere
Öğelerindeki renklenmeyi anlamada yanıltan
Bir neden yok, aktan ak çıkmadığı gibi
Kara da karadan çıkmıyor, değişik renklerden
Doğarlar çokluk, daha kolay değil mi akın
Renksiz bir özden, karanın karadan ya da
Büsbütün karşıt renklerden geldiğini düşünmek.
Seçilemez renkler ışık olmadan, ışıktan
Yoksun kaldıkça nesnelere kurucu ilkeleri **795**
Anlaşılır bir renk örtüsünün de bulunmadığı,

SON NOTLAR

ⁱ ἀρχή (arkhe) kelimesi “başlangıç” olarak tercüme edilmektedir ki bu sözcükle evrenin kökeninde başlangıçta bulunan maddi öge ya da ilkeler kastedilmektedir (Liddel & Scott, 1940, s.v. ἀρχή; krş. Lewis & Short 1879, s.v. arche).

ⁱⁱ ἄπειρον (apeiron) sözcüğü yalnızca sonsuz ya da sınırsız olarak çevrilebilir ki, Anaksimandros ve diğer düşünürler bu kavramdan madde olarak yararlanmışlardır.

ⁱⁱⁱ Corpus kelimesi Latince de beden, ceset, şahıs, ana gövde ve yapı gibi farklı anlamlarda kullanılmaktadır, bkz. Lewis-Short, 1879, s.v. corpus

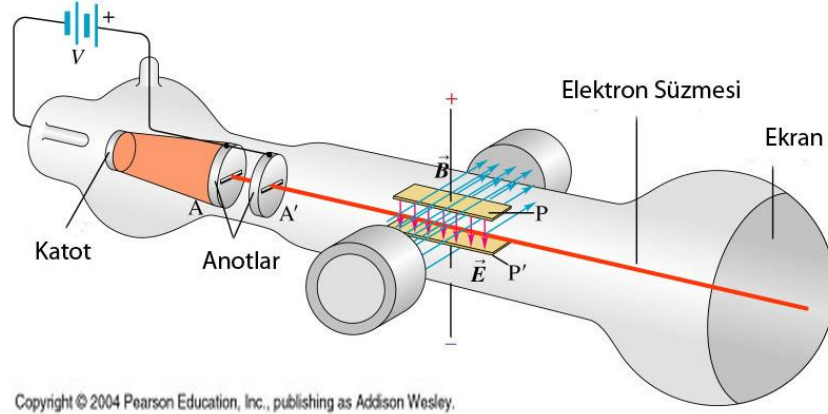
^{iv}E.g.;

“Corpora sunt porro partim primordia rerum,

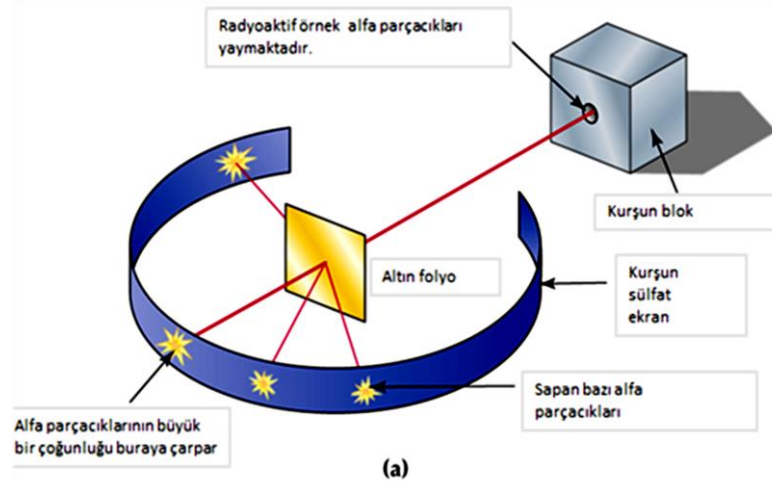
Partim concilio quae constant principiorum.” Lucr. I. 483-484.

^vGrafik 1.1.’de İlk Çağ atom düşüncesi bir zaman şeridi ile ifade edilmiştir ve bu zaman şeridi üzerinde, söz konusu kavramın gelişiminde belirli iniş ve çıkışlar yaşandığı görülür. Thales ve Anaksimandros ile doğan ve gelişen düşünce Anaksimenes’in, Anaksimandros’tan farklı olarak *arkhe*’yi Thales gibi maddesel bir tözde araması ile geriler. Ardından Anaksagoras’ın “var” oluşu ve “yok” oluşu birleşmeler ve çözümler ile açıklaması ile kavramın gelişiminin önü açılır. En önemli gerileme ise şüphesiz Aristoteles’in anti-atomcu düşünceleri ile yaşanır. Aristoteles ile, atom kavramının gelişimi Zenon döneminin düşüncelerine indirgenir. Buna karşın Epikouros ve ardılları, Aristoteles’in düşüncelerini reddederek Demokritos’un bıraktığı yerden süreci geliştirmeye devam ederler.

^{vi}Aşağıda yer alan şekilde görüldüğü üzere katot, cam tüp içinden bir tel ile eksi elektrik yükü sağlayan bir üretece bağlanır. Anot ve yönlendirici ise bir başka tel ile üretece bağlanır. Saptırma levhaları güçlü bir elektrik bataryasının uçlarına bağlanır; dolayısıyla levhalara güçlü eksi ve artı yükler verilir. Görünmeyen katot ışınları katot tarafından itilir; bazıları anot ve yönlendiricideki yarıklardan geçer. Işınlardan levhalar arasından geçerken elektrik kuvvetlerince yollarından saptırılırlar; daha sonra serbestçe yol alırlar. Böylece tüpün duvarına çarpıp bir ışık lekesi oluştururlar (Weinberg, 2005).



vii Aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere Rutherford deneyde $2,09 \times 10^7$ m/s'lik bir hızla radyoaktif radon elementinden çıkan alfa parçacıklarını kullanır. Radon elementinin etrafını kurşunla kaplayarak alfa parçacıklarının dışarı yayılmasını engeller ve bu kurşuna küçük bir delik açarak alfa parçacıklarının o delikten geçip altın folyoya doğru yol almasını sağlar. Alfa ışınlarının nasıl bir yol izlediğini anlamak için de çinko sülfür bir levha kullanır. Deney düzeneğini, alfa parçacıkları ile etkileştiğinde ışınlar yayan çinko sülfür levha ile tamamlar. Alfa parçacıkları herhangi bir şeyle etkileşerek saparsa, bu sapmaları çinko sülfür levha sayesinde görebilecektir. Alfa parçacıklarının en olası saçılma açısını 0,87 derece olarak hesaplar, ancak deney sonucunda her 20.000 alfa parçacığından birinin 90 derecelik bir açıyla saçıldığını gözlemler.



EKLER

EK1. İzleme Testi

İZLEME TESTİ

Bu testin amacı sizlerin atom kavramı hakkındaki düşüncelerinize başvurmaktır. Testin tamamlanması yaklaşık 15-20 dakikadır. Testte sizlere atom kavramına ilişkin belirli önermeler sunulmuştur. Öncelikle her önermenin doğru veya yanlış olduğuna karar veriniz. Şayet size sunulan önerme hakkında bir bilginiz yoksa “bilmiyorum”u işaretlemeniz yeterlidir. Ardından önermeye doğru/yanlış olarak karar verme nedeninizi oluşturacak “çünkü” ile başlayan çoktan seçmeli yanıtlardan birini seçiniz ya da bu seçeneklerden herhangi biri kendi gerekçenizi yansıtmıyorsa “diğer” seçeneğini işaretleyiniz ve nedenini yazınız.

Yardımlarınız ve katkılarınız için teşekkür ederiz.

1. Adınız-Soyadınız:.....
2. Grubunuz nedir? Normal Öğretim İkinci Öğretim
3. Cinsiyetiniz nedir? kız erkek
4. Hangi yılda doğdunuz? 19 __ __
5. Mezun olduğunuz lise türü
 anadolu lisesi
 anadolu öğretmen lisesi
 fen lisesi
 düz lise
 meslek lisesi
 imam hatip lisesi
 diğer.....
6. Kardeş sayısı (kendiniz dışında):
7. Annenizin mesleği:
 ev hanımı memur işçi serbest meslek Diğer (lütfen belirtiniz).....
8. Babanızın mesleği:
 çalışmıyor memur işçi serbest meslek Diğer (lütfen belirtiniz).....
9. Annenizin eğitim durumu:
 Okuryazar değil İlkokul Ortaokul Lise
 Üniversite Yüksek Lisans Doktora
10. Babanızın eğitim durumu:
 İlkokul Ortaokul Lise
 Üniversite Yüksek Lisans Doktora
11. Evinizde kaç tane kitap bulunuyor? (Magazin dergileri, gazete ve okul kitapları dışında)
 Hiç yok ya da çok az (0 – 10)
 11 – 25 tane
 26 – 100 tane
 101- 200 tane
 200 taneden fazla
12. Evinizde atom konusuna ilişkin ders kitabı dışında kitap var mı?
 Evet Hayır
13. Atom konusuna ilişkin haber, dergi yazısı vb. okumak ilginizi çeker mi?
 Evet Hayır
14. Cern’de yapılan çalışmalara ne kadar ilgi duyuyorsunuz?
 Hiçbir zaman Bazen Her zaman
15. Ne kadar sıklıkla bilim dergileri (Bilim Teknik, Bilim ve Ütopya, vs.) alıyorsunuz?
 Hiçbir zaman Bazen Her zaman

1. Kömür karbon atomlarından meydana gelmiştir, kömür çekiç ile ezildiğinde karbon atomları parçalanır.

- a. Doğru
- b. Yanlış
- c. Bilmiyorum

Çünkü;

- a. Karbon atomlarında herhangi bir şekil değişikliği olmaz.
- b. Çarpışma atomların büyüklüklerinin değişmesine neden olur.
- c. Madde ezildiğinde atomları da ezilir.
- d. Karbon atomlarının bazılarında ufak parçalar kopar ve bu atomlar küçülür.
- e. Diğer.....

2. Oda sıcaklığında ağzı açık bir kap içerisindeki etil alkol zamanla gaz haline dönüştüğü için azalır.

- a. Doğru
- b. Yanlış
- c. Bilmiyorum

Çünkü;

- a. Sıvı etil alkolün azalan kısmı hava olarak ortama dağılır.
- b. Etil alkol hidrojen, oksijen ve karbon atomlarına ayrılarak gaz haline dönüşür.
- c. Etil alkol molekülleri oda sıcaklığının etkisi ile genişler, büyür ve hafifleyerek ortamdaki uzaklaşır.
- d. Etil alkolün azalan kısmı etil alkol buharı olarak ortama dağılmıştır.
- e. Diğer

3. Atom soyuttur.

- a. Doğru
- b. Yanlış
- c. Bilmiyorum

Çünkü;

- a. Atomlar bilim insanlarının zihinlerindeki modellemelerdir.
- b. Atom madde olmadığı için soyuttur.
- c. Atomlar görülmez, var olduklarına inanılır.
- d. Atom kütle, hacim gibi büyüklüklere sahip olduğunda gözlemlenebilir ve ölçümlenebilir.
- e. Diğer.....

4. Atomların hepsi aynı büyüklüktedir.
a. Doğru
b. Yanlış
c. Bilmiyorum
Çünkü;
a. Atomların büyüklüklerini proton, nötron ve elektron sayısı belirler.
b. Evrende yalnızca tek bir atom türünden oluşmuştur ve büyüklüğü hep aynıdır.
c. Atomların büyüklüklerini proton sayıları belirler.
d. Atomların büyüklüğü sıcaklık değişimine bağlıdır.
e. Diğer:.....
5. Atom cansızdır.
a) Doğru
b) Yanlış
c) Bilmiyorum
Çünkü;
a) Atomlar bölünebilirler ve büyürler.
b) Atomlar canlılık karakteri taşımazlar.
c) Atomlar hareket ettikleri için canlıdır.
d) Canlı organizmaların atomları canlıdır.
e) Diğer:
.....
6. Atomlar küre şeklindedir.
a) Doğru
b) Yanlış
c) Bilmiyorum
Çünkü;
a) Atomlar türlerine göre farklı şekillerde olabilirler.
b) Atomlar tıpkı bilyeler gibi içi dolu kürelerdir.
c) Atomlar galaksiler gibi yassı görülürler.
d) Bir atom birçok nokta (daire) ile temsil edilir.
e) Diğer:.....
7. Hızla giden bir tren havadaki atomlara çaptığında, onları parçalayarak ilerler.
a) Doğru
b) Yanlış
c) Bilmiyorum
Çünkü;
a) Çarptığı anda atomların dış kabukları atomları korur.
b) Hava esnek olduğu için atomları da esnektir.
c) Atomlar serttir, parçalanamaz.
d) Çarpışma sonrasında atomların biçiminde bir değişiklik gözlenmez.
e) Diğer:.....

8. Katı (buz) halden sıvı hale geçen su molekülleri küçülür.

- a) Doğru
- b) Yanlış
- c) Bilmiyorum

Çünkü;

- a) Hal değişimi sırasında hidrojenin bir kısmı buharlaşarak uzaklaşır ve su molekülleri küçülür.
- b) Hal değişimi sırasında buz parçalanarak küçük su moleküllerine dönüşür.
- c) Hal değişimi sırasında moleküllerin büyüklükleri değişmez.
- d) Hal değişimi sırasında suyu oluşturan hidrojen ve oksijen atomları parçalanarak küçük molekülleri oluşturur.
- e) Diğer:.....

9. Tek bir atom renksizdir.

- a) Doğru
- b) Yanlış
- c) Bilmiyorum

Çünkü;

- a) Maddenin bütünü ile tek bir atomu aynı renge sahiptir.
- b) Atomlar tek başlarına iken belirli bir renkten söz edilemez.
- c) Opak maddeler opak atomlara sahiptir.
- d) Atomlar metalik renge sahiptir.
- e) Diğer:.....

10. Elektronu koparmak için atomu parçalamak gerekir.

- a) Doğru
- b) Yanlış
- c) Bilmiyorum

Çünkü;

- a) Atomu parçalamadan atomdan elektron koparılabilir.
- b) Atom proton, elektron ve nötrondan oluşur. Herhangi birinin kopartılması atomun parçalanmasıdır.
- c) Atomun temel yapıtaşlarından biri elektron olduğundan elektronlarının koparılması atomun parçalanmasına neden olur.
- d) Atomdan hiçbir şekilde elektron koparılmaz.
- e) Diğer:.....

11. Atomları göremeyiz.

- a) Doğru
- b) Yanlış
- c) Bilmiyorum

Çünkü;

- a) Atomlar mikroskopta görülebilecek kadar büyüktür.
- b) Atomlar görünmez, atomların varlığına inanılır.
- c) Atomları çıplak gözle görebiliriz.
- d) Atomları taramalı tünel mikroskopları ile görebiliriz.
- e) Diğer:.....

12. Sadece radyoaktif tepkimelerle farklı elementler elde etmek mümkündür.

- a) Doğru
- b) Yanlış
- c) Bilmiyorum

Çünkü;

- a) Güneş ışığı atomların değişip, birbirlerine dönüşmelerine sebep olur.
- b) Kararsız atomlar başka atomlara dönüşebilirler.
- c) Her atomun proton, nötron ve elektronu kendine özgüdür.
- d) Atomlar yıldırım, şimşek gibi olaylar ile birbirlerine dönüşebilirler.
- e) Diğer:.....

13. Katı halde bulunan maddelerde atomlar hareket etmez.

- a) Doğru
- b) Yanlış
- c) Bilmiyorum

Çünkü;

- a) Titreşim hareketi yaparlar.
- b) Tanecikler arası boşluklar hiç olmadığı için hareket edemezler.
- c) Sert oldukları için hareket etmezler.
- d) Sadece elektronlar yörüngelerde hareket ederler.
- e) Diğer:.....

14. Enerjisi artan atom genişir.

- a) Doğru
- b) Yanlış
- c) Bilmiyorum

Çünkü;

- a) Atomlar arası mesafe ve titreşimi artar.
- b) Elektronlar çekirdekten uzaklaşır ve atomun hacmi artar.
- c) Maddenin kendisi de genişlemektedir.
- d) Atom çekirdeği genişeyecektir.
- e) Diğer:.....

15. Bütün atomlarının kütleleri aynıdır.

- a) Doğru
- b) Yanlış
- c) Bilmiyorum

Çünkü;

- a) Havanın kütlesi yoktur.
- b) Atom kütlesi kaç atomdan meydana geldiğine bağlıdır.
- c) Bütün atomlar eşit kütleye sahip taneciklerdir.
- d) Bütün atomlar eşit kütle numarasına (aynı proton ve nötron sayısına) sahip değildirler.
- e) Diğer:.....

16. Madde özelliğini kaybetmeden sonsuza kadar bölünebilir.

- a) Doğru
- b) Yanlış
- c) Bilmiyorum

Çünkü;

- a) Madde süreklidir.
- b) Madde atom altı parçacıklara bölünebilir.
- c) Madde sonunda "hiçbir şey kalmayana" kadar bölünebilir.
- d) Madde kendi özelliğini gösteren tek bir atom kalıncaya kadar bölünebilir.
- e) Diğer:.....

17. Elektrik akımında maddenin atomları bir yerden başka bir yere taşınır.

- a) Doğru
- b) Yanlış
- c) Bilmiyorum

Çünkü;

- a) Katılarda yalnızca serbest elektronların hareketi söz konusudur.
- b) Çözeltilerde elektrik akımı atomların yer değiştirmesi ile meydana gelir.
- c) Eksi yüklü elektronlar artı yüklü atom çekirdeklerinin fazla olduğu yere akar.
- d) Elektronlar elektriksel olarak iletken parçacıklardır.
- e) Diğer:.....

18. Tek bir altın atomu bir mol altın atomunun göstermiş olduğu tüm özellikleri gösterir.

- a) Doğru
- b) Yanlış
- c) Bilmiyorum

Çünkü;

- a) Yumuşak bir madde sert moleküllerden meydana gelmiş olamaz.
- b) Tek bir atom maddenin bütününün gösterdiği özellikleri göstermez.
- c) Bir moleküldeki tüm atomlar aynıdır.
- d) Madde, atom ve atomlar arası maddeden meydana gelmiştir.
- e) Diğer:.....

19. Moleküller atomlardan oluşur ve çekim kuvvetleri onları bir arada tutar.

- a) Doğru
- b) Yanlış
- c) Bilmiyorum

Çünkü;

- a) Atomlar arası boşluğu kaplayan ara madde de vardır.
- b) Atomları birbirine bağlayan bağlar da vardır.
- c) Sadece atomlar vardır.
- d) Moleküller sadece boşluk ve atom çekim kuvvetleri ile bir arada bulunurlar.
- e) Diğer:.....

20. Atomda güneş sisteminde olduğu gibi elektronlar yörüngelerde döner.
a) Doğru
b) Yanlış
c) Bilmiyorum
Çünkü;
a) Modern atom kuramına göre elektronlar çekirdeğin çevresinde elektron bulutları üzerindedir ve yerleri olasılıkla belirlenir.
b) Elektronlar kendi enerji seviyesine uygun alanlarda kendi etrafında döner.
c) Güneş sistemi benzeri halkalar halinde bulunan orbitallerde bulunurlar.
d) Protonlar elektrona çekim uygular ve elektronlar sabit belirli bir yerde bulunurlar.
e) Diğer:.....
21. Kaynayan sudaki baloncuklar H_2 ve O_2 gazlarıdır.
a) Doğru
b) Yanlış
c) Bilmiyorum
Çünkü;
a) Su kaynadığında su molekülleri hava moleküllerine dönüşür.
b) Su kaynarken su bileşenlerine ayrılmaktadır.
c) Çıkan baloncuklar su buharı kümeleridir.
d) Suyun içinde çözülmüş olan O_2 ve H_2 ortamdan uzaklaşır.
e) Diğer:.....
22. Madde atomlardan meydana gelmiştir.
a) Doğru
b) Yanlış
c) Bilmiyorum
Çünkü;
a) Atomlar maddenin en temel hali, hücre ise canlılığın en temel halidir.
b) Maddede atomlar arasını saran bir ara madde daha vardır.
c) Canlılarda atomlar vardır ancak canlılar madde değildir.
d) Maddeye çok gelişmiş bir yakınlaştırma aracı ile bakıldığında sadece atomlardan oluştuğu görülecektir.
e) Diğer:.....
23. Bu kağıttaki tüm atomları çıkardığınızda geride yine bir parça kağıt kalacaktır.
a) Doğru
b) Yanlış
c) Bilmiyorum
Çünkü;
a) Bir parça toz kalır.
b) Hiçbirşey kalmaz.
c) Bir parça kağıt kalır ancak ağırlık azalır.
d) Enerji kalır.
e) Diğer:.....

Ek 2. Etik Kurul Raporu

T.C. MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ ETİK KURUL DEĞERLENDİRME FORMU


Araştırmanın Yürütücüsü	MSK Üniversitesi Eğitim Fakültesi İlköğretim Bölümü Öğretim Üyesi Doç.Dr.Ayşe OĞUZ ÜNVER'in danışmanlığını yaptığı Araş.Gör.Sertaç ARABACIOĞLU
Araştırmanın Başlığı:	Lucretius'tan Günümüze Atom Kavramının Gözlem ve Deneye Dayalı Ardışık Etkinlikler ile Öğretimi
Başvuru Formunun Etik Kurula geldiği tarih:	24.12.2012
Başvuru Formunun Etik Kurulda incelendiği tarih:	27.12.2012
Karar tarihi:	27.12.2012


SONUÇ

1.	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul. Araştırmanın/Projenin uygulanabilirliği konusunda bilimsel araştırmalar etiği açısından bir sakınca yoktur.
2.	<input type="checkbox"/> Düzeltme gereklidir.
3.	<input type="checkbox"/> Red.


Prof. Dr. Gül Asiye AYÇIK

(izinli)
Prof. Dr. Yasemin BALCI


Prof. Dr. Erdoğan GAVCAR


Prof. Dr. Taçnur BAYGAR


Prof. Dr. Alaattin KARACA


Prof. Dr. İbrahim GÜNER

Doç. Erol TURGUT
(izinli)

Ek 3. Etkinlik Çalışma yaprağı (Makro-Mikro dünya)

BİR DİLİM PORTAKAL

Adı:.....

Soyadı:.....

No:.....

Grubu:.....

Gözlem için gereken mazemeler:

Kağıt havlu, gazete, portakal ya da limon, bıçak



Gözlem için portakalı yanda belirtilen sırada bölerek en son bir damla portakal suyu kalana kadar yan yana yerleştiriniz



Bir damla portakal suyu bütün bir portakalı ne düzeyde temsil etmektedir?



Ek 4. Etkinlik Çalışma yaprağı (Boşluk öğretisine ilişkin)

Madde nelerden oluşur?

Adı:.....
Soyadı:.....
No:.....
Grup:.....



Bir şırınganın içi hava ile dolu iken açık olan ucunu silginin üzerine bastırın. (açık olan ucu kapatmak için) Şırınganın üst tarafından kuvvet uygulayın ve içerisindeki havayı mümkün olduğunca sıkıştırın. Şimdi gözlem yapalım ve aşağıdaki soruları yanıtlayalım.

SORU 1. Şırınganın üst tarafından bastırırken ne hissettiniz?

SORU 2. Bastırmayı bıraktığınızda şırınganın üst bölümü nasıl davrandı?

SORU 3. Havanın baskı uygulandığında ve salındığındaki davranışı sizde ne çağrışımlar yaptı?

SORU4. Şırıngada gözlemediğiniz olgu ile bir balığın suda yüzmesi, havanın içerisinde hareket etmemiz, suyun kayaların içerisinde derinlere sızması olayları arasında nasıl bir ilişki kurulabilir?

Ek 5. Etkinlik Çalışma yaprağı (Bölünemeyen Taneciğe Ulaşma Düşüncesi)

Sabunun etkinliği

Adı:.....

Soyadı:.....

No:.....

Grubu:.....



Bir nesneyi sürekli olarak ikiye böldüğümüzü düşünelim...

Örneğin bir sabun kalıbını yarıya bölelim...

Böldüğümüz parçalardan birini tekrar yarıya bölelim...

Ve bu işlemi sürekli olarak bu şekilde devam ettirelim...

Böldüğünüzde her bölünen parça sabun mudur?

Sabunu bölebilmemiz neye bağlıdır?

Sabunu bölmeye ne kadar daha devam edebilirsiniz?

Bölmeye devam edebilseniz bunun bir durma noktası var mıdır?

Evet vardır. Çünkü:

Hayır yoktur. Çünkü:

Ek 6. Etkinlik Çalışma yaprağı (Alev Testi)

ALEV TESTİ

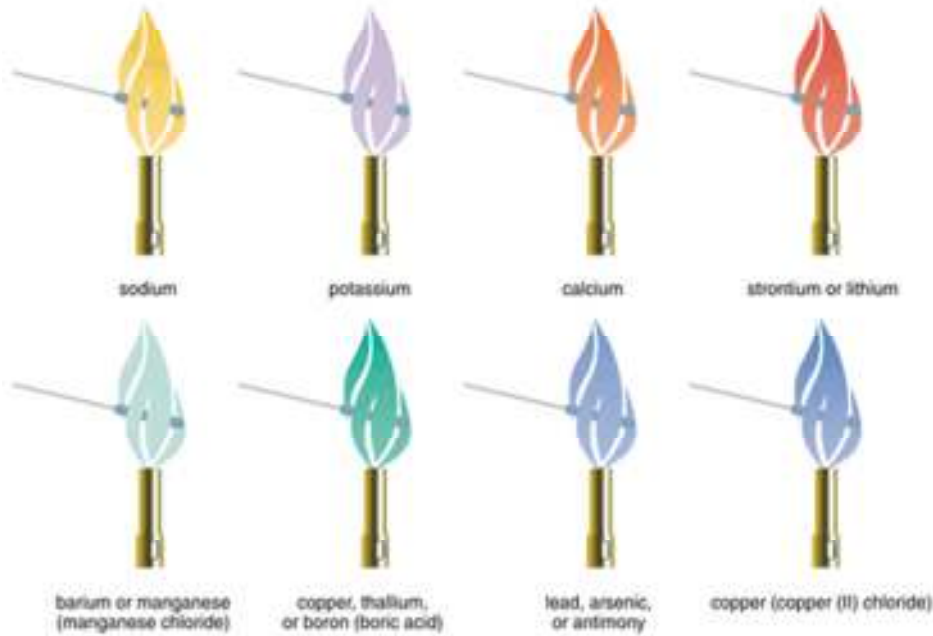


Adı:.....

Soyadı:.....

No:.....

Grubu:.....



Birinci saat camındaki madde içermektedir.

İkinci saat camındaki madde içermektedir.

Üçüncü saat camındaki madde içermektedir.

Dördüncü saat camındaki madde içermektedir.

Beşinci saat camındaki madde içermektedir.

© <http://www.chemguide.co.uk/inorganic/group1/flametests.html>,

http://faculty.sdmiramar.edu/fgarces/labmatters/instruments/aa/AAS_Theory/AASTheory.htm, Son erişim

tarihi: 30.09.2012 22:33:20

Ek 7. Etkinlik Çalışma yaprağı (Dalton Atom Teorisi Değerlendirme)

DALTON ATOM KURAMI DEĞERLENDİRME

(Aşağıdaki önermeleri dikkatlice okuyunuz ve bu önermelerin doğruluğuna ve yanlışlığına karar veriniz.)

Adı:

Soyadı:

No:

Grubu:



"Madde bölünemeyen ve tahrip edilemeyen atomlardan meydana gelmiştir." Önermesi

Doğrudur. Çünkü:

Yanlıştır. Çünkü:

"Bir elementin tüm atomları aynıdır." Önermesi

Doğrudur. Çünkü:

Yanlıştır. Çünkü:

"Farklı elementlerin atomları farklı ağırlıklara ve farklı kimyasal özelliklere sahiptir." Önermesi

Doğrudur. Çünkü:

Yanlıştır. Çünkü:

"Farklı elementlerin atomları bileşikler oluşturmak için basit tamsayıların katlarında bir araya gelmektedirler." Önermesi

Doğrudur. Çünkü:

Yanlıştır. Çünkü:

Ek 8. Etkinlik Çalışma yaprağı (Elementlerin elde edilişi)

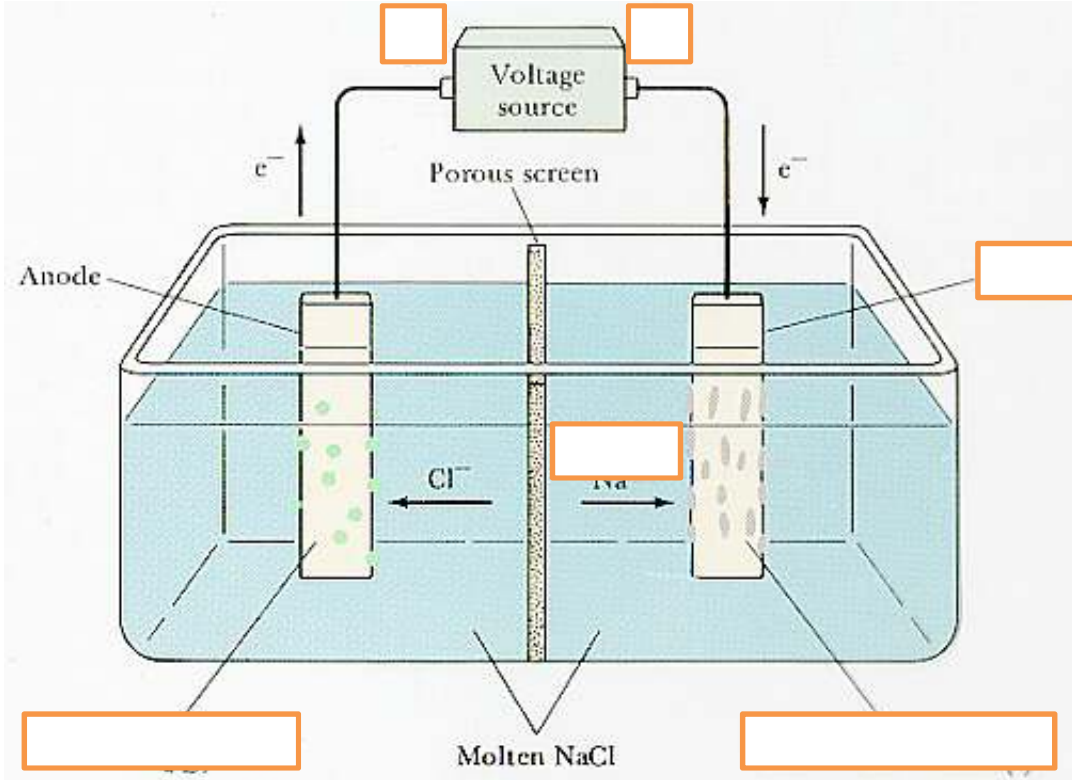
Ad:

Soyad:

Doğada bulunmayan elementlerin keşfi (Etkinlik Sonrası)

Aşağıda doğada serbest halde bulunmayan potasyum elementinin Potasyum Clorür (KCl) bileşiğinden eldesine ilişkin bir deney düzeneği verilmiştir. Aşağıda verilen anahtar kelimeleri doğru yerlerine yerleştiriniz.

Anahtar kelimeler: Katot, K, $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^-$, $2\text{K}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{K}(\text{k})$, +, -



ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı : Sertaç ARABACIOĞLU
2. Doğum Tarihi : 01 Eylül 1987
3. Unvanı : Araştırma Görevlisi
4. Öğrenim Durumu :

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Lisans	İlköğretim Fen Bilgisi Öğretmenliği	Dokuz Eylül Üniversitesi	2009
Y. Lisans	Fen Bilgisi Eğitimi A.B.D.	Muğla Üniversitesi	2013

5. Akademik Unvanlar

Araştırma Görevlisi Fen Bilgisi Öğretmenliği Muğla Üniv. 2010-

6. Yayınlar

6.1. SCI veya SCI Expanded, SSCI, AHCI dışındaki uluslararası indexler tarafından taranan dergilerde yayımlanan tam makale

Cam, A., M., S., Topcu, Y., Sulun, G., Guven, and S., Arabacioglu, "Translation and Validation of the Epistemic Belief Inventory with Turkish Pre-service Teachers." Educational Research and Evaluation 18 (5): 441–58 (2012).
ISSN 1380-3611 print – 2012

Aydede, M. N., T., Kesercioğlu, S., Arabacioglu, "Students' Opinions Regarding the Usage of Computer Technologies in Constructivist Learning", International Journal of Human Sciences [Online], (7)1, (2010). Available:
<http://www.insanbilimleri.com/en - 2010>

6.2. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanmış tam makale

Oğuz-Unver, A., S., Arabacıoğlu, "Overviews On Inquiry Based and Problem Based Learning Methods", Western Anatolia Journal of Educational Sciences (WAJES), Special Issue, 303-310, (2011). ISSN 1308-8917 – 2011

6.3. Uluslararası kongre, sempozyum, panel, çalıştay gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda sözlü olarak sunulan veya tam metin olarak yayımlanan bildiri

Oğuz-Unver, A., S., Arabacıoğlu, ve G., Unver, "Atom In Ancient Times: Evolution Process Of Atomic Idea In Antiquity," 9th International Conferance On Hands-On Science, Akdeniz University, Antalya, 2012. ISBN 978-989-98032-0-6 – 2012

Oğuz-Ünver, A., K., Yürümezoğlu, ve S., Arabacıoğlu, "Creating, Practicing and Disseminating Science-Based Experiments: The Science Kiosk", The 1st International Symposium on Science Centers and Sustainable Development, 2012, Istanbul Technical University, 2012.

Kesercioğlu, T., S., Arabacıoğlu, M. N., Aydede, "Teknoloji Destekli Proje Çalışmalarının Öğrencilerin Bilimsel Süreç Becerilerine Etkisi", The 5th International Balkan Education and Science Congress, Trakya Üniversitesi, Edirne, 2009.

6.4. Ulusal kongre, sempozyum, panel, çalıştay gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda sözlü olarak sunulan veya tam metin olarak yayımlanan bildiri

Arabacıoğlu, S., C., Tekkaya, "Üniversite Öğrencilerinin Epistemolojik İnançlarının İncelenmesi: Lise Alan Türleri ve Cinsiyet", IX Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2010.

Aydede, M. N., T., Kesercioğlu, S., Arabacıoğlu, "Aktif Öğrenmeye Dayalı Uygulamaların Öğrencilerin Problem Çözme Becerilerine Etkisi", VIII. Fen Bilimleri Ve Matematik Eğitimi Kongresi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, 2008.

Aydede, M. N., T., Kesercioğlu, S., Arabaciođlu, “İlköğretim Öğrencilerinin Aktif Öğrenme Uygulamalarına Yönelik Görüşleri” V. Aktif Eğitim Kurultayı, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2008.

7. TÜBİTAK, TÜBA, DPT, KOSGEB, Bakanlıklar vb. kamu kurumları veya özel kuruluşlarca desteklenen ve tamamlanan proje yürütücülüğü

Teknoloji Destekli Proje Çalışmalarının Öğrencilerin Bilimsel Süreç Becerilerine Etkisi, TUBİTAK-BİDEP 2209-Üniversite Öğrencileri Yurt İçi/Yurt Dışı Araştırma Projeleri Destekleme Programı, Sayı:

B.02.1.Tbt.0.06.01.00.209.01.02/321-3235 - Proje Danışmanı: Prof. Dr. Teoman Kesercioğlu - TUBİTAK-BİDEP