

Curriculum Differentiation with a Holistic Approach in the Teaching of Atomic Structure to Gifted Students¹

Melek Nur ERDOĞAN

Ministry of National Education

Abstract

The purpose of this study to examine the effect of a science course focused on curriculum differentiation with holistic approach on gifted students' understandings about atomic structure. The case study approach was used in this research. The sample of the study consisted of 10 (ten) gifted students. Implementation period lasted 8 weeks for 3 hours each week. The data were collected through open-ended questionnaire, semi-structured interviews and written reflections. The findings have shown that gifted students were able to switch between macroscopic, microscopic, and symbolic dimensions of atomic structure as a result of teaching a differentiated chemistry lesson with a holistic approach. It was also seen that there are advancements in understandings of theory-law-model development and nature of science.

Keywords: Gifted students, holistic approach, program differentiation, nature of science, teaching atomic structure



İnönü University
Journal of the Faculty of Education
Vol 19, No 3, 2018
pp. 714-738
DOI: 10.17679/inuefd.480588

Received : 08.11.2018
Accepted : 31.12.2018

Suggested Citation

Erdoğan, M. N. (2018). Curriculum differentiation with a holistic approach in the teaching of atomic structure to gifted students, *İnönü University Journal of the Faculty of Education*, 19(3), 714-738. DOI: 10.17679/inuefd.480588

¹ This article is an extended version of the oral presentation presented in the International Congress on Gifted and Talented Education 2018 (IGATE'18) held on 1-3 November 2018 at İnönü University.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

In recent years, there has been a shift towards the "Science for All" paradigm to prepare new citizens for science in science education (American Association for the Advancement of Science (AAAS), 1990, 1993; Bybee, 1997; Rutherford & Ahlgren, 1989; Shamos, 1995; UNESCO, 2012). This paradigm shift has led science education to move from a narrow perception to a more holistic perception involving the social aims of science education, scientific content, and the educational approach. However, when we look at science education practices in schools, it is shown that it is possible to establish a limited relationship between various forms of scientific knowledge and that there is no emphasis on cognitive, epistemic and social aspects (Erduran, 2014; Kaya & Erduran, 2016).

Purpose

In this context, the principles of program differentiation (Maker, 1982; Sak, 2016; Tomlinson, 2009) was considered in the implementation of the holistic approach (Badjanova & Ilisko, 2015; Bundsgaard & Hansen, 2011; Miller, 1993; Orion, 2003; 2007; Patel 2003) in this study. The differentiated program prepared by the researcher in the study consists of two groups of activities. In the first group activity, there are particle cards (Taber, 2000) for students to reveal the student's understandings of atom, element, compound, molecule, pure substance and mixture concepts and applications of Venn diagram which is one of the listing, charting and graphic organization tools. The second group of activities consist of three scientific historical narratives inspired the work of Haigh and Ward (2000) and the closed-box experiment (Khalick, 2002) to reveal the students' understanding of the atom models, model-theory-law and nature of science.

Method

The sample of the study is composed of ten (10) gifted students (8th grade level) who attend Ankara Yasemin Karakaya Science and Art Center in Turkey connected to the Ministry of Education, whose aim is to support education of gifted students. In this study which examines the development of understanding of atomic structure of gifted students as a result of teaching a chemistry course focused on program differentiation with a holistic approach, case study (Merriam, 1998; Yıldırım & Şimşek, 1999; Wellington, 2000) was used as a qualitative research method to determine students' viewpoints in detail. Throughout the study, the recommended assessment forms (Dodge, 2009; Erdoğan 2015; Köseoğlu & Tümay 2013; Marzano, Pickering & Pollock, 2001; McBride, 2004; Wormeli, 2005) for differentiated instruction (Tomlinson & Kalbfleisch, 1998; Tomlinson & Jarvis; 2009) were used.

Findings

The findings of this research show that, after the teaching of chemistry content focused on program differentiation with holistic approach, gifted students are able to switch in microscopic, macroscopic and symbolic dimensions, the three-level display of chemistry (Coll & Taylor, 2001; Johnstone, 1993; Taber, 2007, 2014) and advance in their understandings of nature of science (Abd-El-Khalick, Akerson, 2004; Leblebicioglu, Metin, Çapkinoğlu, Eroğlu Dogan ve Schwartz, 2017; Khishfe, 2015; Erdoğan, Köseoğlu, 2015). It has been determined that the students have developed their understandings of atomic structure both verbally, in writing, and by modeling. It has been seen that students have developed a positive understanding of model-theory-law and nature of science.

Discussion & Conclusion

It has been found that students have developed various skills such as critical thinking, inquiry and scientific thinking skills after teaching the chemistry content focused on program differentiation through a with holistic approach. The most important factor in the development of these positive understandings about the atomic structure of the gifted students is to differentiate the content in terms of the students' thinking process, learning environment and products (Maker, 1982; Sak, 2016; Tomlinson, 2009), by taking into consideration the individual differences of the students. It can be said that it is especially influential that the students experienced the mental processes of a scientist and their discussions on these experiences with an explicit-

reflective approach, by differentiating these results on content and thinking processes on these results. In this study, presenting the scientific historical narratives, the features of scientific atomic models, their relations and interactions with each other taking into account the possibilities at that time, together with the empirical data available, the knowledge patterns accepted at that time helped students to understand the model and to conceptualize the emergence mechanism of it (Abd-El-Khalick, 1999; Clough, 2004; Erdoğan & Köseoğlu, 2015; Matthews, 1994; Tümay, 2016). It has been observed that there is a cooperative learning environment in which active participation of all students is supported throughout the education and social interaction is increased.

Üstün/Özel Yeteneklilerde Atomun Yapısı Konusunun Öğretiminde Bütüncül Yaklaşımla Program Farklılaştırma²

Melek Nur ERDOĞAN

Milli Eğitim Bakanlığı

Öz

Bu çalışmanın amacı, bütüncül yaklaşımla program farklılaştırma odaklı bir fen dersinin üstün/özel yetenekli öğrencilerin atomun yapısı konusundaki anlayışlarına etkisini incelemektir. Bu bağlamda, bütüncül yaklaşımın uygulanmasında program farklılaştırma ilkeleri göz önünde tutularak bilimin bilişsel, epistemik ve sosyal yönlerinin vurgulanması esas alınmıştır. Araştırmanın örneklemi, 8. sınıf düzeyinde 10 (On) üstün/özel yetenekli öğrenciden oluşmaktadır. Uygulama haftada 3 saat olmak üzere 8 hafta sürmüştür. Durum çalışması yöntemi kullanılan bu araştırmada görüşme ve yazılı geri bildirim formu gibi çeşitli nitel veri kaynakları kullanılmış ve verilerin analizinde nitel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular özel yetenekli öğrencilerin bütüncül yaklaşımla farklılaştırılmış bir fen dersi öğretiminin sonucunda atomun yapısı konusunda makroskobik, mikroskobik ve sembolik boyutları arasında geçiş yapabildikleri ve modelleme yapabildiklerini göstermiştir. Ayrıca teori-kanun-modelin gelişimi ve bilimin doğası anlayışlarında da gelişmeler olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: üstün/özel yetenekliler, bütüncül yaklaşım, program farklılaştırma, bilimin doğası, atomun yapısının öğretimi



İnönü Üniversitesi
Eğitim Fakültesi Dergisi
Cilt 19, Sayı 3, 2018
ss. 714-738
DOI: 10.17679/inuefd.480588

Gönderim Tarihi : 08.11.2018
Kabul Tarihi : 31.12.2018

Önerilen Atıf

Erdoğan, M. N. (2018). Üstün/Özel yeteneklilerde atomun yapısı konusunun öğretiminde bütüncül yaklaşımla program farklılaştırma. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(3), 714-738. DOI: 10.17679/inuefd.480588

² Bu makale, 1-3 Kasım 2018 tarihlerinde, İnönü Üniversitesi'nde düzenlenen Uluslararası Özel Yetenekliler Eğitimi Kongresi 2018 (IGATE'18)'de sözel olarak sunulan bildirinin genişletilmiş halidir.

GİRİŞ

Son yıllarda bir ülkenin vatandaşlarını hazırlamak için bilim eğitiminde, "Herkes İçin Bilim" paradigmasına doğru bir kayma olmuştur (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1990,1993; Bybee, 1997; Rutherford ve Ahlgren, 1989; Shamos, 1995). Bu paradigmanın en önemli yönü fen eğitiminin amacının gelecekteki bilim insanını yetiştirmekten daha çok gelecekteki vatandaşların eğitilmesine doğru bir değişiklik göstermesidir. Bu paradigma değişimi, fen eğitimini dar bir algıdan çıkararak, bilimsel içeriklerin ve eğitim yaklaşımının sosyal amaçlarını da içine alan daha bütüncül bir fen eğitimi algısına doğru hareket etmesine neden olmuştur. Bu bütüncül algı; i) Gelecekteki bilim insanı yetiştirmekten daha çok bir toplumun gelecekteki vatandaşlarının hazırlanmasına doğru, ii) Disiplin merkezli yaklaşımdan disiplinler arası yaklaşıma doğru; iii) Sadece fizik, kimya ve biyoloji içeren dar görünüşlü bir bilim algısından dünyayı ve çevre bilimlerini de kapsayan daha geniş bir algılamaya doğru; iv) Sınıf temelli eğitimden laboratuvar, açık hava ve bilgisayarlı içine alan çoklu öğrenme ortamlarının entegrasyonuna doğru; v) Bilim dünyasında türetilen algılamadan gerçek dünyada türetilen özgün bir algılamaya doğru fen öğretimini içerir (Orion, 2003).

Bütüncül yaklaşım, öğrenciyi bizzat araştırıp bulmaya yönelten kazanımlara teşvik etmeyi amaçlayan öğrencilerin anlayışlarının gelişimine yardımcı olabilecek etkiye sahip olan eşgüdümlü bir yaklaşımdır (Bundsgaard ve Hansen, 2011; Erduran, Dagher, 2014; Miller, 1993). Öğrencilerin bilimsel düşünce ve bilgi birikimlerini geliştiren etkinliklerin yanı sıra bilim insanlarının doğal dünyayı nasıl incelediklerini kavramaları, fen öğretiminin sıklıkla birbirinden kopuk yönlerinin anlamlı bir şekilde ilişkilendirilmesini sağlayabilir. Ancak okullardaki fen eğitimi uygulamalarına bakıldığında, bilimsel bilginin çeşitli biçimleri arasında sınırlı bir ilişki kurulabildiği ve bilimsel pratiklerin epistemik, bilişsel ve sosyal yönlerine vurgunun az verildiği ya da hiç verilmediği ortaya konulmuştur (Duschl, 2000; Millar, Leach ve Osborne, 2000; Minstrel ve Van Zee, 2001; Sandoval, 2003).

Erduran ve Dagher (2014), fen öğretiminde bütüncül yaklaşımın nasıl olması gerektiği ile ilgili bilimsel pratiklerin her bir bileşeni ve aralarındaki bağlantıyı görselleştiren bir model ortaya koymuştur. Benzen Halkası Benzetimi (Şekil 1) adını verdikleri bu modelde, benzen halkası altı karbon atomundan oluşan ve karbon atomları arasında ikili bağlar bulunduran organik bir bileşiktir. Karbon atomlarına bağlı olan ve ikili bağları oluşturan elektronlar da halkanın iç kısmında yayılmıştır. Bu açıdan bilimin epistemik ve bilişsel yönleri benzen halkasını oluşturan altı adet karbon atomu olarak temsil edilmiştir. Benzen halkasının iç kısmında yer alan elektronlar ve yayılan bağlar ise bilimin tüm bu bileşenlerini şekillendiren sosyal ortam (sosyal kabul ve söylem, temsil etme, muhakeme yapma) olarak ifade edilmiştir (Kaya ve Erduran, 2016b). Bu yönüyle bu benzetim, bilimin epistemik, bilişsel ve sosyal bileşenlerinin bir arada çalıştığını gösteren bir görsel olarak karşımıza çıkmaktadır. Benzen halkası benzetimi, öğrenciyi bizzat araştırıp bulmaya yönelterek açıklama ve tahmin yürütmek için gerçek dünyadan gelen verilerin nasıl kullanıldığını açıklamaktadır. Bir anlamda bu benzetim, Teori-Kanun-Model'in nasıl oluştuğunu ve birbirleriyle olan ilişkilerinin ne olduğunun mekanizmalarını vurgular. Bilimsel pratiklerin gösterimi olan benzen halkası benzetimi iki amaca hizmet etmektedir. Bu amaçlardan biri, bilimsel pratikleri temsil eden bütüncül bir yaklaşım sunması, diğeri ise bilimsel pratiklerin öğrenilmesi ve öğretilmesi için pedagojik bir çerçeve sunmasıdır (Kaya, Erduran 2016b).



Şekil 1. Benzen Halkası Benzetimi (Erduran ve Dagher, 2014a, s. 82)

Bütüncül Yaklaşım Göre Program Farklılaştırma İlkeleri ve Eylemler

Program farklılaştırma, farklı öğrenme profillerini ve çoklu zeka kuramını desteklerken insan beyninin işleyişini içine alan güncel araştırmaları temel alarak öğrenci farklılığını merkeze alan etkili bir araç sunar (McBride 2004; Tomlinson 2004b, 2004c). Program farklılaştırma ile öğretmen sınıfta bir uzman ve rehber olarak her bir öğrenme bağlamı içinde öğrencilerin potansiyellerine ulaşmada uygun yöntem ve teknikleri kullanarak onlara yardımcı olabilir. Ayrıca her bir öğrenci için değerli olan güçlü yönlerini farklılaştırılmış değerlendirme teknikleri yoluyla göstermeleri için bir fırsat sunar (Tomlinson ve Kalbfleisch, 1998; Tomlinson ve Jarvis, 2009). Okullarımızda fen eğitiminde ne yazık ki, bilim bir bilgi bütünü olarak algılanıp bilgi yüklemesi yapılmaktadır. Öğrencilerin kendi içgüdüsel yeteneklerini geliştirmeye yönelik değil sadece sınavlarda sorulan soruları cevaplamak için hazırlamaya odaklanmaktadır. Öğrencilerin bilimi bütüncül bir şekilde anlamalarını sağlamak fen eğitiminde önemli bir ihtiyaçtır. Bilimin bilişsel, epistemik ve sosyal yönlerinin vurgulanması; öğrencilerin, bilimsel çalışmaları, bilimsel bilginin gelişim sürecini, bilimdeki sosyal yapı ve ilişkilerin nasıl kurulduğunu ve tüm bunların bilimin gelişimine olan etkilerinin kavranmasını sağlayabilir. Bilimin farklı yönlerinin fen eğitiminde öğrencilere aktarılması konusunda yapılan çalışmalar da, bilimin doğasının bütüncül olarak öğretilmesinin önemini ortaya koymaktadır (Abd-El-Khalick ve Lederman, 2000; Khishfe ve Abd-El-Khalick, 2002; Köseoğlu, Tümay ve Üstün, 2010; Erdoğan ve Köseoğlu, 2015a; Schwartz, Lederman ve Crawford, 2004; Orion, 2007).

Bu çalışmada Erduran ve Dagher (2014) tarafından ortaya konan bilimsel bilginin üretilmesine yol açan bilimin epistemik, bilişsel ve sosyal yönlerini basit bir şekilde birleştiren benzer halkası benzetimi temel alınarak atomun yapısı konusunun öğretimine dayalı farklılaştırılmış bir programın ilkeleri ve uygulamaları ortaya konmuştur. Bunun için öğrencilerin bilimsel bilgi gelişiminin nasıl gerçekleştiğini anlamalarını sağlamak için öğretim programında var olan bir içerik konusu (atomun yapısı) program farklılaştırma yoluyla yeniden düzenlenmiştir. Öğrencilere atomun yapısı konusu öğretilirken aynı süreçte fikirlerin gelişimi, zamanla fikirlerin nasıl değiştiği ve fikirlerin bazen yeni fikirler için nasıl gözardı edilebileceği anlayışlarının kazandırılması gibi bilimin doğası anlayışları (bilimsel bilginin değişimi, bilimin özneliği, bilimde hayal gücü ve yaratıcılığın rolü, bilime sosyal ve kültürel değerlerin etkisi, teori-kanun-model ilişkisi vb.) içerik konusu zenginleştirilerek ve genişletilerek farklılaştırılmış bir öğretimle verilmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışmada, bir fen içerik konusunun öğretilmesinde, program farklılaştırma ve bilimsel pratiklerin değerlendirilmesi gibi bütüncül düşünmeyi gerektiren stratejiler verilmiştir. Üstün/özel yetenekli öğrencilerin bilimi bilişsel, epistemik ve sosyal bileşenlerini bütüncül bir şekilde kavraması, bilimin bütüncül şekilde algılanmasındaki bilimsel pratiklerin fen içerik konusu ile birlikte farklılaştırılmış öğretim stratejileri ile birlikte ortaya konması adına bu çalışmanın alanyazına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmada fen eğitiminde bütüncül bir yaklaşımın ilkeleri ve eylemleri (Orion, 2007) temel alınarak hazırlanan farklılaştırılmış programın genel çerçevesi Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1.

Farklılaştırılmış bir programın ilkeleri ve eylemler

İlkeler	Eylemler
Doğru ve ilgili bağlamlarda öğrenme	Gerçek yaşam konularında öğrenme birimlerinin geliştirilmesi Dış çevreyi ayrılmaz ve temel öğrenme ortamı olarak kullanma Atomun yapısı konusunu farklılaştırılmış programın bir platformu olarak görme Öğrenmeyi doğru sorular ve doğru görevler etrafında gerçekleştirme.
Öğrenme dizisinin aşamalı olarak somuttan soyuta doğru gitmesi.	Her öğrenme birimi sınıfta, labda veya dışarda gerçekleştirilen “ellerim işliyor (hands-on)” etkinlikleri ile başlar. Ortaya çıkan soruların ardından öğrenciler, doğal olguları somut etkileşimler yoluyla yapılandırılabilirler daha soyut kavramlarla baş etmek için harekete geçer.
Öğrenenlerin çeşitliliğine (ilgi, ihtiyaç, hazırbulunuşluk, yetenek vb.) göre öğrenimin ve öğretimin ayarlanması.	Her birimin bilişsel ve duygusal yönleri ile uğraşan çeşitli öğrenme, öğretim stratejileri ve ortamları içerir. Öğrencilerin hem bilişsel hem de duygusal ihtiyaçlarına odaklanılır. Bilişsel ve duygusal ihtiyaçlarına odaklanarak program farklılaştırmanın dört boyutunu (içerik, düşünme süreçleri, öğrenme ortamı/kaynaklar, ürün) vurgular.

YÖNTEM

Bütüncül yaklaşımla program farklılaştırma odaklı fen dersi öğretimi sonucunda üstün/özel yetenekli öğrencilerin atomun yapısı konusu ve bilimin doğası anlayışlarındaki gelişimi inceleyen bu çalışmada öğrencilerin bakış açılarını ayrıntılı bir şekilde belirleyebilmek için nitel araştırma metodlarından durum çalışması kullanıldı. Durum çalışması yönteminin seçilme nedeni, araştırılan problemin bir yönünün derinlemesine ve kısa sürede çalışılmasına imkân sağlayarak problemin özel bir durumu üzerine yoğunlaşma fırsatı vermesidir (Merriam, 1998; Yıldırım ve Şimşek, 1999; Wellington, 2000). Araştırmada, özel/üstün yetenekli olarak tanılanmış ve bilim ve sanat merkezinde destek eğitim alan öğrencilere bütüncül yaklaşımla atomun yapısı konusunun öğretiminde çeşitli etkinlikler uygulanmıştır. Uygulama haftada 3 saat olmak üzere 8 hafta sürmüştür. Çalışmanın örneklemini Türkiye’de özel yetenekli bireylere destek eğitim veren Millî Eğitim Bakanlığına bağlı bir Bilim ve Sanat Merkezinde, 8. sınıf düzeyi 10 üstün/özel yetenekli öğrenci oluşturmaktadır. Bu öğrenciler Millî Eğitim Bakanlığı tarafından özel/üstün yetenekli olarak tanılanmış hem okuluna hem de destek eğitim almak için Bilim ve Sanat Merkezine devam eden öğrencilerdir. Çalışmaya katılan öğrenciler, Bilim ve Sanat Merkezi’nde verilen eğitim süreçlerinden Bireysel Yetenekleri Fark Ettirme (2 yıl) aşamasında eğitimine devam etmektedir. Bu aşamada, öğrencilerin bireysel yeteneklerini fark ettirebilmek amacıyla yaratıcılıklarını öne çıkaran disiplinlere yönelik programlar hazırlanmakta ve uygulanmaktadır. Öğrencinin en çok ilgi duyduğu, yetenekli olduğu ve ileride üzerinde derinlemesine çalışmalar yapabileceği alanları belirlemek için her bir alana özgü tutum ve becerileri fark ettirici etkinlikler, ilgili alan öğretmeni tarafından planlanmaktadır. Bireysel yetenekleri fark ettirme programının tamamlanmasını takiben öğrenciler, çoklu değerlendirme yöntemiyle değerlendirilerek özel yetenekleri geliştirme programına yönlendirilmektedir (BİLSEM Yönergesi, 2016).

Bütüncül yaklaşıma dayalı program farklılaştırma odaklı fen öğretimi dersi

Bu çalışmada, bütüncül yaklaşımın uygulanmasında benzer halkası benzetimi temel alınarak Tablo 1’de yer alan program farklılaştırma ilkeleri göz önünde tutularak atomun yapısı konusunun öğretimi ele alınmıştır. Bu öğretimde program farklılaştırmanın zenginleştirme ve genişletme türü uygulanmıştır. Zenginleştirme, tüm öğrenci grubuna hitap eden öğretim programları dışındaki her türlü öğrenme etkinliklerini kapsar ve var olan öğretim programına yapılan bir ilavedir. Öğretim programının yerine geçmez ve onu destekler. Etkinlikler çeşitlendirilerek normal öğretim programından daha farklı verilmeye çalışılır. Genişletme ise öğrencilere öğretim programının ötesinde belirli içerik konularının daha derinlemesine verilmesidir. Böylece öğrencinin belirli bir içerik alanındaki konuyu derinlemesine ve kendi hızında öğrenmesi sağlanır (CCEA, 2006).

Çalışmada öncelikle araştırmacı tarafından atomun yapısı konusunda müfredat materyallerinin (fen bilimleri ve kimya ders kitapları, ders notları, ders planları ve öğrencilerin kullandığı ders çalışma kitapları vb.) ayrıntılı bir incelemesi yapılmıştır. Araştırmacı daha sonra Benzer Halkası benzetimine uygun her bir anahtar kavramın açıklamasını üretmek için bu veri kaynaklarını sentezleyerek farklılaştırılmış bir program geliştirmiştir. Geliştirilen bu programda içerik, düşünme süreçleri, araştırma becerileri/kaynaklar ve ürün boyutlarında farklılaştırmaya izin veren etkinlikler hazırlanmıştır. Hazırlanan etkinliklerde en az bir boyutta farklılaştırma yapılmasına dikkat edildi. Uygulama, araştırmacının kendisi tarafından kimya dersi öğretmeni olarak uygulandı. Uygulamada atomun yapısı konusunda ele alınan konular, anahtar kavramlar ve kazanımlar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2.

Atomun yapısı konusunda farklılaştırılmış program konuları ve kazanımlar

Konu	Anahtar Kavramlar	Kazanımlar
A. Her Yerde Onlar Var	Atom	Model ve şekilleri kullanarak atom, molekül element, bileşik, karışım kavramlarını açıklar (Düzyey 1).
	Molekül	Atom, molekül, element, bileşik, karışım kavramlarını model resimlerle eşleştirir (Düzyey 2).
	Element	Bu kavramlar arasındaki ilişkiyi Venn diyagramında gösterir ve madde isimlerinin veya model resim örneklerini bu diyagramda uygun yere yerleştirir (Düzyey 3).
	Bileşik	
	Karışım	

B. Hangi Atom Modeli Olsam	Bilimsel Model Zihinsel Model	Bilimsel bilginin oluşturulmasında ve başkalarına açıklamada modellerden yararlanmanın önemini bilir (Düzyey 1). Maddeyi oluşturan atomları, bağı atomları ve molekülleri model veya temsili resim üzerinde gösterir (Düzyey 2). Bilimsel modellerin gözlenen olguları açıkladığı sürece geçerli olacağını, modellerin gerçeğe tıpatıp uyma iddiası ve gereği olmadığını fark eder (Düzyey 3).
C. Bilimin Doğası Anlayışları	Teori-Kanun-Model Bilimsel bilginin geçiciliği Deney, gözlem ve çıkarım Hayal gücü ve yaratıcılık Sosyal ve kültürel değerler	Teori, kanun ve modellerin bilimsel bilginin gelişmesinde birlikte çalıştığını anlar (Düzyey 1). Teori-Kanun-Modelin birbiriyle nasıl ilişkili olduklarını ve biriken kanıtlarla nasıl büyüdüğüne örnekler vererek açıklar (Düzyey 2). Bilgiyi yapılandırmada akıl yürütme, argüman ortaya koyma ve fikirlerin sosyal olarak onaylanması uygulamalarını dikkate alarak bir olguyu açıklar (Düzyey 3).

Tabloda yer alan üçüncü konu birinci ve ikinci konuya entegre edilerek bütüncül yaklaşıma uygun etkinliklerle verildi. Tabloda verilen kazanımlar 3 düzeyde tanımlanmıştır:

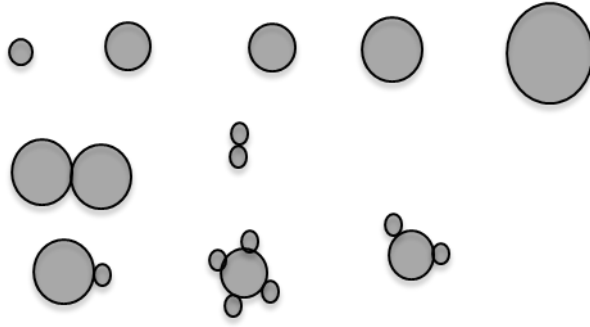
Düzyey 1: Öğrenci istenen bilgiyi bulur ve hatırlar. Kavram, fikir ve olayları ifade eder. Bilgiyi tanımlamadan tek düze ele alır. Bilgi alanlarının birbiri ile ilişkilerini kuramaz.

Düzyey 2: Bilgiyi hatırlar, açıklar ve ilişkilendirir. Anlayan birey, her zaman olmasa bile birden çok kaynaktan aldığı bilgiyi kullanır.

Düzyey 3: Birden çok kaynaktan alınan bilgiyi eleştirel ve etkili bir şekilde kullanır ve değerlendirir. İlk iki düzeydeki süreçleri içselleştirir ve kendiliğinden bu süreçleri yerine getirir.

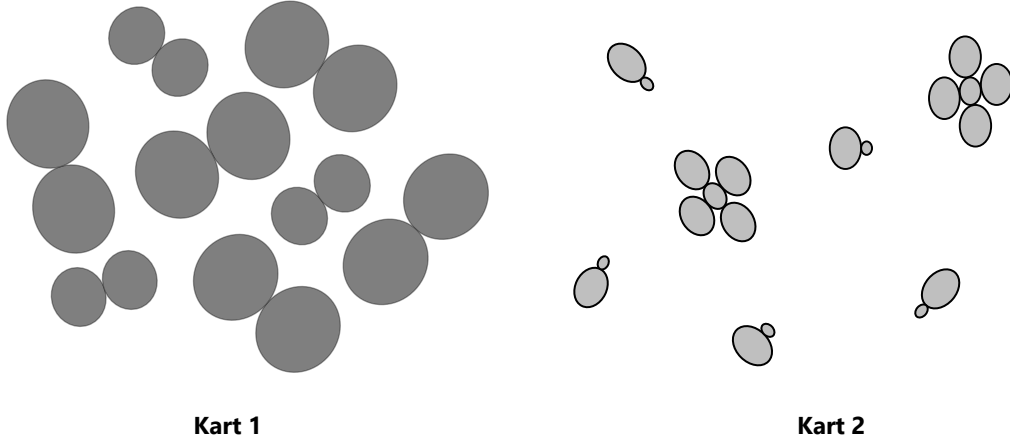
Çalışmada hazırlanan ve uygulanan etkinlikler aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

A. Her Yerde Onlar Var. Bu konu başlığında ilk olarak Erdoğan (2005)'in tezindeki sorgulayıcı-araştırma yaklaşımı olan 5E öğrenme döngüsü modeline uygun etkinliklerden biri temel alınarak üstün/özel yetenekli öğrencilere göre program farklılaştırma ilkeleri göz önünde bulundurularak yeniden düzenlenmiş ve uygulanmıştır. Etkinlikte öncelikle öğrencilere katı Ca, Au, Hg, I₂ ile O₂, H₂, Cl₂ molekül yapı gaz elementleri ve CCl₄, HI, H₂O bileşiklerinin model resimleri incelemeleri ve gruplandırmaları istenmiştir. Gruplandırmada aynı atomdan oluşan model resimleri bir grup, farklı atomlardan oluşan model resimleri diğer bir gruba ayırmaları beklenir. Öğrencileri yönlendirmek amacıyla "Hangi maddeler aynı renk ve büyüklükte atomlardan oluşmuştur?", "Hangi maddeler farklı renk ve büyüklükte atomlardan oluşmuştur" gibi sorulara sorarak ayırdıkları gruplardaki maddelerin kaç tür atomdan oluştuğu, aynı tür atomdan oluşan maddelere ve farklı tür atomlardan oluşan yapıların nasıl adlandırıldığı sorulmuştur. Üstün/özel yetenekli öğrencilerin normal örgün eğitim okullarında bu konuları öğrendikleri düşünülerek element ve bileşik demeleri beklenir. Daha sonra öğretmen tarafından öğrencilerden hangi yapıların birden fazla atomun bir araya gelmesinden oluştuğunu söylemelerini ve birden fazla atomun bir araya gelmesiyle oluşan yapılara ne dediği sorulmuştur. Element, bileşik ve molekül kavramları öğretmen tarafından açıklanmıştır. Öğrenciler ikişerli gruplara ayrılarak öğrencilere saf madde ve karışımın ne olduğunu yazmaları istenmiştir. Yazma işlemi tamamlandıktan sonra öğrencilere bilim insanlarının her şeyin çok güçlü mikroskoplar bile görülemeyecek kadar çeşitli küçük taneciklerden oluştuğuna inandıkları ve bilim insanlarının yaratıcılık ve hayal güçlerini kullanarak bu tanecikleri sembol olarak gösterebildikleri öğretmen tarafından açıklanmıştır. Öğrenciler ikişerli gruplara ayrılarak öğrencilere farklı türdeki taneciklerin sembollerini içeren resimler gösterilmiş (Şekil 1) ve bu resimdeki taneciklerin ne olabileceği sorularak öğrencilerin atom, molekül (element molekülü, bileşik molekülü) kavramlarına ulaşması beklenir.



Şekil 1. Tanecik çeşitleri

Öğrenciler ikiye ayrılarak saf madde ve karışım arasındaki farkı görebilmeleri için Taber (2000) tarafından üstün/özel yetenekli öğrencilere yönelik hazırlanmış 63 adet farklı renk ve boyutta hazırlanan Şekil 2’de örnekleri verilen tanecik model kartları dağıtılarak bu kartları saf madde ve karışım olarak ayırmaları istenmiştir.



Şekil 2. Öğrencilere dağıtılan kart örnekleri

Burada öğrencilerin birlikte tartışarak aynı türde taneciklerden oluşan kartları saf madde, farklı türde taneciklerden oluşan kartları karışım olarak ayırmaları beklenir. Ayrıca bu kartlardan yararlanarak kartlarda gösterilen her bir maddenin tanecik türü (atom, molekül, iyon) ve tanecikler arası uzaklıkları dikkate alarak maddenin fiziksel hali hakkında (katı, sıvı, gaz) ne düşündükleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Öğrencilere daha sonra farklılaştırılmış öğretimde ölçme-değerlendirme aracı olarak kullanılan listeleme, tablo ve grafik oluşturma yöntemlerinden biri olan Venn şeması (Jolliff, 2017) dağıtılmıştır (Ek-1). Dağıtılan bu Venn şemasında element, bileşik, karışım, molekül ve atom kelimelerinin ilişkilerinin gösteriminde birkaç hatanın olduğu ve bu hataları bularak Venn şemasını yeniden düzenlemeleri istenmiştir. Öğrencilerin fikirlerini açıklamaları sağlanarak zihinlerindeki modelleri ve birbirlerinin fikirlerini desteklemeleri veya çürütmeleri için argüman ortaya koymaları istenmiştir. Tartışma ortamı tamamlandıktan sonra grupların yeniden düzenledikleri şemaları tahtaya çizmeleri istenerek doğru Venn şemasını oluşturmaları sağlanmıştır. Venn şeması düzenlendikten sonra öğrencilere doğru olan Venn şemasına uygun Çalışma Kağıdı-2 (Ek-2) verilerek bu çalışma kağıdında yer alan maddeleri (isim ve model resim olarak gösterilen) Venn şemasında göstermeleri istenmiştir. Böylece öğrencilerin bu kavramlar konusundaki anlayışlarını ve bu kavramlar arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmada Venn şeması kullanma becerilerini geliştirmesi sağlanmıştır.

B. Hangi Atom Modeli Olsam. Bu konu başlığında atomun yapısı konusunun tarihsel gelişimi ile ilgili Haigh ve Ward (2000) "Demokritustan Günümüze: Atomun Yapısı Konusunda Anlayışımızı Geliştirmek" çalışmasından esinlenerek araştırmacı tarafından kavramsal değişim yaklaşımını esas alan etkileşimli üç kısa tarihi hikâye hazırlanmıştır. Bu hikâyelerde atom modellerinin tarihsel gelişim süreci ile ilgili bir problem veya çelişkili bir durum ortaya konarak öğrencilerin hikâyeye ilgisinin çekilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, hikâyelerin dünyada ve evrende gerçekleşen olayların bilim yolu ile anlaşılabilmesi, bilimsel modellerin ne olduğu, bilimsel model, teori ve kanunlar arasında bir hiyerarşinin olup olmadığı, bilimde gözlem ve deneyin rolü, bilimsel fikirlerin değişime karşı dayanıklı olmadığı, sosyal ve kültürel değerlerin bilime olan etkisi gibi bilimin doğası anlayışları ile ilgili öğrencilerin düşünmesini ve bu konu ile ilgili bir tartışma ortamı oluşturulmasını

sağlayacak soruların yer almasına da özen gösterilmiştir. Araştırmacı tarafından hazırlanan hikayeler ve açıklamaları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Hikaye 1: Democritus cahil!

Bu hikayede, Aristo ve Demokritusun yaşadıkları dünyayla ilgili fikirlerini tartışmak üzere öğrencileri ile bir araya gelerek dünyanın doğası ilgili ortaya atmış oldukları teorileri yer almaktadır. "Demokritus Cahil!" başlıklı hikaye (Ek-3) öğrencilere dağıtılarak öğrencilerin hikayeyi bireysel olarak okumaları sağlanmıştır. Daha sonra Demokritus ve Aristo'nun atomun yapısı konusundaki görüşlerinin ne olduğu sorularak bu filozofların fikirlerini test etmek için deneysel bir çalışma yapıp yapmadıkları üzerine tartışmalar yürütülerek bilim insanı ve filozofun çalışma yöntemleri hakkındaki görüşlerin ortaya çıkması sağlanmıştır.

Hikaye 2: Filozoflar ve Bilim İnsanları

Öğrencilere "Hikaye 2: Filozoflar ve Bilim İnsanları" hikayesi (Ek-4) dağıtılarak öğrencilerin bu hikayeyi okumaları ve ikiyeşerli gruplar halinde aşağıdaki soruları birlikte tartışmaları istenmiştir.

- Dalton ve Lavoisier'in çalışmalarının Aristo ve Demokritus'un çalışmalarından farkı var mıdır? Varsa nelerdir?
- Dalton Lavoisier'in çalışmalarından nasıl etkilenmiş olabilir?
- Bilim insanları sosyal ve kültürel değerlerden etkilenir mi? Hikayeden örnek vererek açıklayınız?
- Hangi filozofun düşünceleri ile Dalton'un ortaya koyduğu teoriler arasında benzerlik vardır?

Öğrencilerin ikiyeşerli gruplar halinde tartışmalarını tamamladıktan sonra öğretmen tarafından bilim insanının çalışma yöntemleri, bilimsel bilginin değişebilirliği, bilimde yaratıcılık gibi bilimin doğası anlayışlarını geliştirmek için aşağıdaki soruları sorarak sınıf ortamında açık-düşündürücü yaklaşımla tartışma ortamının devamını sağlamıştır.

- Lavoisier'in başarıya ulaşmasında sizce hangi noktalar etkili olmuştur?
- Dalton'un atom teorisi "Demokritus Cahil!" hikayesinde hangi filozofun düşünceleri ile benzerlik göstermektedir? Neden?
- Dalton çalışmalarında hangi noktalarda dikkatli davranmıştır? Bu noktalar Lavoisier'in dikkat ettiği noktalara benzerlik ya da farklılık gösteriyor mu? Açıklayınız.
- Dalton'un atom teorisini günümüzde de geçerli mi? Katılmadığınız kısımlar var mı? Varsa nelerdir?

Tartışmalar sırasında öğrencilerin Lavoisier ve Dalton'un çalışmalarında deney ve gözlemlere yer verdikleri, elde edilen sonuçları diğer bilim insanlarının sonuçları ile karşılaştırarak bilimsel hataları tespit ettikleri sonucunu çıkarmaları sağlanmıştır. Ayrıca öğrencilerin bilim insanlarının, bilimsel çalışmalarında deney ve gözlem yaptıkları ve bunları yaparken dikkatli bir şekilde kayıt tuttıkları, bulgularını ikna edici bir şekilde yazdıkları gibi sonuçlara ulaşmaları sağlanmıştır.

Hikaye 3: Ben elektronlarla oynarım

Öğrencilere dağıtılan bu hikaye (Ek-5) öğrenciler tarafından bireysel bir şekilde okunduktan sonra Thomson'un katot ışınları deneyinin gösterimini anlatan yaklaşık 1dk'lık bir video izlenmiştir. Bu video ile öğrencilerin hikayede geçen katot ışınları cam tüpün ne olduğu, havası boşaltılmış cam tüpün içinde düşük basınçta bulunan maddeden elektrik akımı geçirildiğinde maddenin nasıl bir yol izlediği ve mıknatıs yaklaştırıldığında maddenin izlediği yolda nasıl bir sapma olduğunu görmeleri sağlanmıştır. Özellikle mıknatısın bir ucunun yaklaştırıldığında çekme, diğer ucu yaklaştırıldığında itme olayı öğrencilerin çok dikkatini çektiği ve hikayenin başlığı olan Thomson'un "Ben elektronlarla oynarım" sözünü daha iyi anladıklarını ifade etmişlerdir. Öğrencilere Thomson'un atom modeli resmi gösterilerek bu modelin Dalton'un atom modeli ile benzerliklerini ve farklılıklarını söylemeleri istenmiştir. Daha sonra Abd-El-Khalick (2002)'in çalışmasında yer alan kara kutu deneyi doğrultusunda araştırmacı tarafından hazırlanan kutuya öğrencilerin sırayla pin-pon tabanca ile top atmaları sağlanmıştır. Attıkları bu topların kutunun diğer tarafına geçip geçmedikleri, geçti ise hangi doğrultuda geçtiği ile ilgili gözlem yapmaları istenerek bu gözlemleri verilen çalışma kağıtlarına not etmeleri söylenmiştir. Kara kutu deneyi tamamlandıktan sonra Rutherford'un altın folyo deneyinin simülasyonu gösterilerek kara kutu deneyi ile bu simülasyon deneyinin benzerlikleri tartışılmıştır. Öğrencilere gönderilen alfa yüklü parçacıkların artı yüklü olduğu özellikle vurgulanarak "Aynı yükler birbirini iter, farklı yükler birbirini çeker" fizik kuralının bu deneyde hangi çıkarımların ortaya çıkmasını sağladığı üzerine sorgulamalar yapılarak Rutherford'un atom modelinin ne olabileceği üzerine tartışmalar yürütülmüştür. Öğrencilerden Rutherford'un yaptığı altın folyo deneyi sonuçlarından gönderilen alfa ışınlarının büyük bir çoğunluğunun doğrudan karşı tarafa geçmesi ile atomun büyük bir kısmının boşluk olduğu, geçen ışınların bazılarının sapma oluşturmasının gönderilen ışının + yüklü olması ve atomda negatif yüklü bir şeyle karşılaşarak birbirini çekmesine bağlı sapma oluşturduğu, ışınların çok çok az bir kısmının ise çekirdekte küçük bir hacimde + yüklü bir bölümün olması nedeni ile "aynı yükler birbirini iter" görüşünden

yola çıkarak geri döndüğü çıkarımlarına ulaşmaları sağlanmıştır. Daha sonra öğretmen tarafından öğrencilere o dönemlerde Rutherford'un atom modeline de itirazlar olduğu söylenerek bu itirazların ne olduğu ile ilgili öğrencileri tartışma ortamına sürükleyecek aşağıda verilen sorular sorulmuştur:

- Rutherford'un atom modelinde çekirdeği oluşturan pozitif yüklü protonların neden birbirini itmeden küçük bir hacimde bir arada kalabiliyor?
- Eksik yüklü elektronların neden artı yüklerden oluşan çekirdeğe yapışmıyor?

Öğrencilerin büyük bir çoğunluğu soruların çok mantıklı olduğunu söyleyerek bu sorulara cevap bulmaya çalışmışlardır. Tüm bu tartışmalar yürütülürken bilimde gözlem ve çıkarımın, bilimsel model oluşturmada yaratıcılığın ve hayal gücünün rolü ve bilimsel bilginin değişebilirliği gibi bilimin doğası anlayışları üzerinde de tartışmalar yürütülmüştür. Özellikle Thomson ve Rutherford atom modellerinin ortaya çıkmasında teori-konum-model arasında bir hiyerarşinin olup olmadığı konusu hikayedeki örneklerden yola çıkılarak tartışılmıştır. Öğretmen daha sonra o dönemde Rutherford gibi Danimarkalı Bohr, İngiliz olan Moseley gibi birçok farklı ülkeden insanların atom üzerinde çalıştıklarını belirtmiştir. Rutherford'un 1914'te çalışması ile pozitif protonun varlığını ileri sürdüğü ancak 1918 yılına kadar teknolojiye gelişmeler bilim insanlarının atomun doğasını daha ayrıntılı olarak incelemesine izin verinceye kadar varlığının tespit edilemediği açıklanmıştır. Diğer teknolojik ilerlemelerin, özellikle kütle spektrometresi gibi aletlerin bilim insanlarına birden fazla atom kütlesi bulunan bir elementi analiz etmelerini sağladığı söylenerek bilim insanlarının bir protonun kütlesini ve herhangi bir çekirdeğin yükünü bildikten sonra, protonların birbirini itmesine engel olacak başka bir tanecik çekirdeğin içinde olması gerektiğini fark ettikleri açıklanmıştır. Atomun yapısı hakkındaki anlayışımızın, sunulandan çok daha karmaşık olduğu, bu alanda Meitner, Mendeleef, Mosely, Pauli, Planck, Priestley, Proust, Schrödinger gibi birçok bilim insanının katkısı olduğu belirtilmiştir. Bu bilim insanlarının çalışmaları sonucunda günümüzde hala atomun yapısı konusunda geçerliliğini koruyan Modern Atom Teorisi olduğu ve bu teorinin sonucunda Elektron Bulutu Modelinin ortaya konduğu belirtilerek bu atom modelinin de değişip değişmeyeceği üzerine tartışmalar yürütülerek etkinlik sonlandırılmıştır.

Veri toplama araçları

Bütüncül yaklaşım temel alınarak benzer halkası benzetimine uygun geliştirilen program farklılaştırma odaklı fen dersi öğretiminde öğrencilerin atomun yapısı konusundaki anlayışlarını ve bu anlayışlardaki değişimleri izleyebilmek için başlıca nitel veri kaynakları kullanıldı. Çalışma boyunca öğrencilere farklılaştırılmış öğretim için önerilen (Dodge, 2009; Erdoğan 2015) ölçme-değerlendirme formları (Hızlı Yazma/Çizme, BMÖ (Bildiklerim-Merak Ettiklerim-Öğrendiklerim), Hakkında Yazalım, Ne Öğrendim?) kullanılmıştır. Bu formlar ve açıklamaları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Ders sonrasında ise, öğrencilerin atomun yapısı konusundaki ve bilimin doğası anlayışlarını derinlemesine inceleyebilmek için her bir öğrenci ile birebir yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Ayrıca ders esnasında öğrenciler tarafından doldurulan çalışma kağıtları, araştırmacının gözlemleri de ikincil veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

Hızlı yazma/Çizme. Bu form, öğrencilerin düşüncelerini hem yazı hem de çizim yoluyla açıklamaya davet eden bir değerlendirme aracıdır. Marzano, Pickering ve Pollock, (2001), gösterimde bu iki sistemin kullanılmasının bilgiyi daha iyi düşünme ve bilgiyi hatırlama açısından yarar sağlayacağını önermiştir.

BMÖ (Bildiklerim-Merak Ettiklerim-Öğrendiklerim). Katılımcıların ön bilgilerini belirlemede, ne öğreniyor olduklarını daha iyi anlamalarına yardımcı olma ve öğrenmelerini izlemede bilgi edinebilecek çizelgedir. Katılımcıların atomun yapısı konusunda önceden Bildiklerini, Merak ettiklerini ve daha sonra Öğrendiklerini bir çizelgeye kaydetmeleri istenmiştir (Köseğlu, Tümay 2014). Her oturum öncesinde ve sonrasında tüm katılımcıların bu formu doldurmaları istenmiştir.

Hakkında Yazalım. Araştırmalar, özetlemeye bağlı çalışmaların bilginin uzun süre unutulmaması ve anlaşılmasında çok büyük etkisi olduğunu göstermiştir (Wormeli, 2005). Hakkında Yazalım tekniği, bir paragraftaki anlayışları sentezlemek için öğrencilerin anahtar terimleri (içerik alanı dili) kullanarak özetleme yapması için somut bir araçtır.

Ne Öğrendim. Bu değerlendirme formu, bilginin organize edilmesine yardımcı olmak ve öğrencilerin okulda başarılı olmalarını sağlayacak olan eleştirel beceriler için bir giriştir. Öğrencilere ana fikir, soru ya da anahtar kelimeleri kazandırmak için bu değerlendirme aracı kullanılabilir. Böylece öğrencilerin not tutmalarını ve çabalarını görmeyi sağlar.

Verilerin analizi

Bu çalışmada toplanan nitel verilerin analizi ve değerlendirilmesinde temellendirilmiş kuram (grounded theory) veri çözümleme metodolojisi kullanılmıştır (Strauss & Corbin, 1990; akt. Yıldırım & Şimşek, 2006). Bu prosedürde kodlamak, ne olduğunu tanımlamak, sınıflandırmak ve temaları belirlemek için tüm dokümanlar "burada ne demek istemiş", "hangi noktaya vurgu yapıyor?" sorularına cevap bulabilmek için tekrar tekrar okunmuştur. İçerik analizinde ilk olarak veriler ayrıntılı bir şekilde incelenerek kodlama yapılmıştır. Farklı bölümlerde ve/veya farklı veri kaynağında yer alan ve anlam bakımından ilişkili olan veriler aynı kodlarla

kodlanarak bir araya getirilmiş ve ilişkilendirilmiştir. İçerik analizinin ikinci bölümünde ise birinci bölümde elde edilen kodların benzerlik ve farklılıkları saptanarak tematik kodlar oluşturulmuştur. Çalışmada veri analizi ve kodlama işlemi iki araştırmacı tarafından bağımsız olarak yapılmıştır.

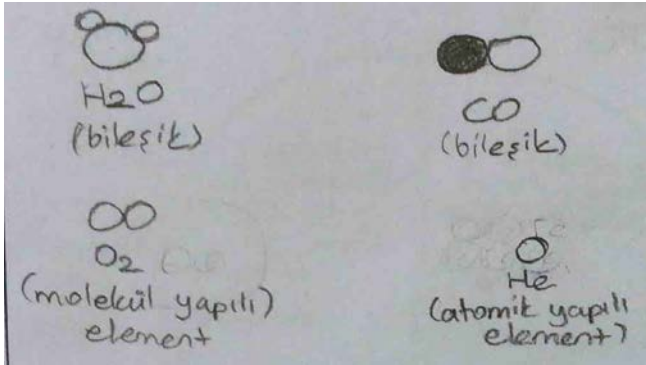
Çalışmada araştırmacının geçerlik ve güvenilirliğini artırmak için çeşitli önlemler alınmıştır. Bu önlemler, analizlerin ve yorumların öğrencilerin görüşlerini yansıttığından emin olmak için yarı-yapılandırılmış görüşme, değerlendirme formları ve öğrenci çalışma kağıtlarından elde edilen veriler kodlanarak her öğrenci için karşılaştırıldı ve oluşturulan kodların öğrencinin görüşlerini yansıtıp yansıtmadığı kontrol edildi. Çalışmada ayrıca veri analizi ve kodlama işlemi iki araştırmacı tarafından (doktorasını tamamlamış kimya eğitimcisi ve fizik eğitimcisi) bağımsız olarak yapıldı. İlk kodlamanın ardından verilerin yaklaşık %25'i alınarak iki araştırmacının kodları karşılaştırıldı ve uyumsuzluklar tartışılarak giderildi. Daha sonra tüm veriler iki araştırmacı tarafından tekrar kodlandı. Oluşturulan kodlar karşılaştırıldı ve iki araştırmacının kodlaması arasında yaklaşık %87 uyuma olduğu görüldü.

BULGULAR

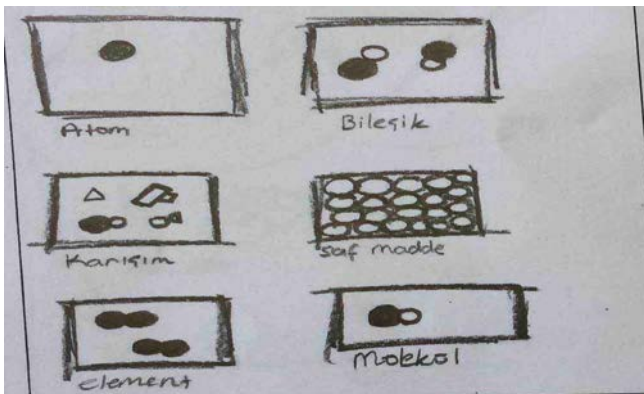
Nitel veriler analiz edildiğinde üstün/özel yetenekli öğrencilerin bütüncül yaklaşımla program farklılaştırma odaklı fen içeriği öğretimi sonunda atomun yapısı konusundaki anlayışları 3 kategoride toplanmıştır: 1) Atom, molekül, element, bileşik 2) Saf madde, karışım 3) Atom modelleri ve bilimin doğası anlayışları. Aşağıda nitel veri çözümlemesi sonucunda oluşturulan üç kategori ve her kategori ile ilgili bulgular sunulmuştur (Bulgular sunulurken öğrenciler; Ö1, Ö2, ... şeklinde kodlanmıştır. Değerlendirme formları "Ne Öğrendim" için NÖ, "Hakkında Yazalım" için HY, "Hızlı Yazma/Hızlı Çizme" için HY-Ç, "Bildiklerim-Merak Ettiklerim-Öğrendiklerim" için BMÖ kodları kullanılmıştır).

Atom, molekül, element, bileşik

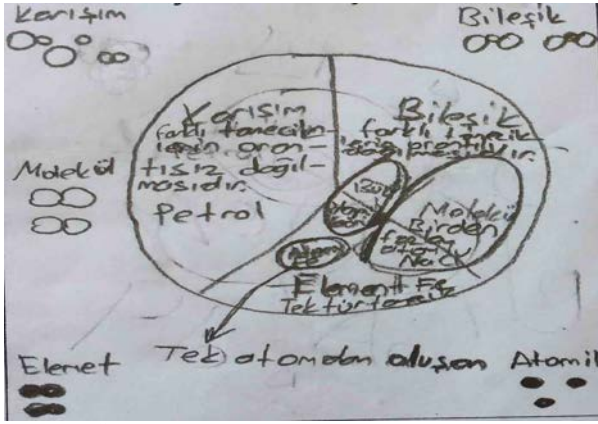
Bütüncül yaklaşımla program farklılaştırma odaklı fen içeriği öğretiminden sonra öğrencilerin atomun yapısı konusundaki anlayışlarını hem sözel, hem yazı ile hem de modelleyerek geliştirdikleri tespit edilmiştir. Öğrencilerin atom, molekül, element ve bileşik kavramlarını modelleyebildikleri ve örnekler vererek açıkladıkları görülmüştür. Örneğin; Ö3 (Şekil 3), Ö9 (Şekil 4), Ö10 (Şekil 5) çizdikleri model resimlerde element, bileşik ve molekül modellerini doğru çizdikleri, çizdikleri bu model resimleri yazılı ve sözlü olarak da doğru ifade ettikleri görülmüştür. Ö10 (Şekil 5), Venn şemasında molekül yapıları maddeleri ayırırken zorlandığını belirtmiştir.



Şekil 3. Ö3 kodlu öğrencinin HY kağıdında bir bölüm

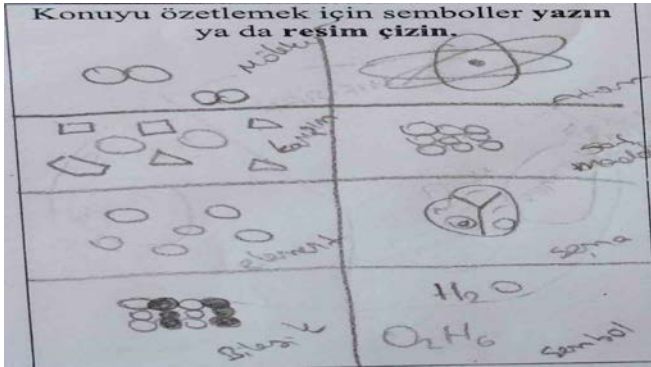


Şekil 4. Ö9 kodlu öğrencinin HY kağıdından bir bölümü

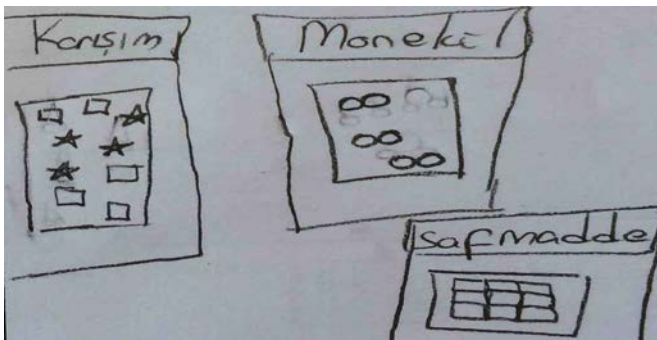


Şekil 5. Ö10 kodlu öğrencinin HY kağıdından bir bölümü

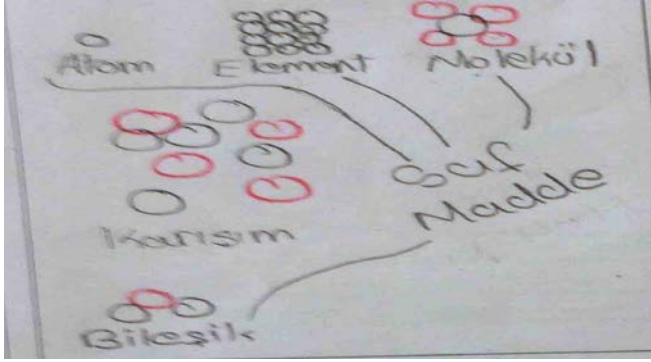
Bazı öğrencilerin (%40) molekül kavramını daha çok element molekülü şeklinde gösterdikleri, bileşiği oluşturan molekülü ise doğrudan bileşik olarak adlandırdıkları tespit edilmiştir. Öğrencilerle ders sonunda yapılan görüşmelerde sözel olarak bileşiğin en küçük biriminin molekül olduğunu söylemelerine rağmen molekül olarak gösterdikleri çizimi doğrudan bileşik olarak adlandırdıkları bu yapıların bir araya gelerek bileşiği oluşturduğunu yazılı ve görsel olarak ifade edemedikleri gözlenmiştir. Örneğin; Ö5 (Şekil 6), ve Ö2 (Şekil 7) molekül olarak sadece element molekülünün çizmiştir. Ö7 (Şekil 8), molekül çiziminde bileşik modelini doğru çizdiği fakat element molekülünü göstermediği görülmüştür. Ayrıca Ö2, yazılı ifadesinde bileşik molekülünün bir araya gelerek bileşiği oluşturduğunu ifade etmesine rağmen bileşiği sadece tek bir molekül olarak göstermiştir.



Şekil 6. Ö5 kodlu öğrencinin HY kağıdından bir bölümü



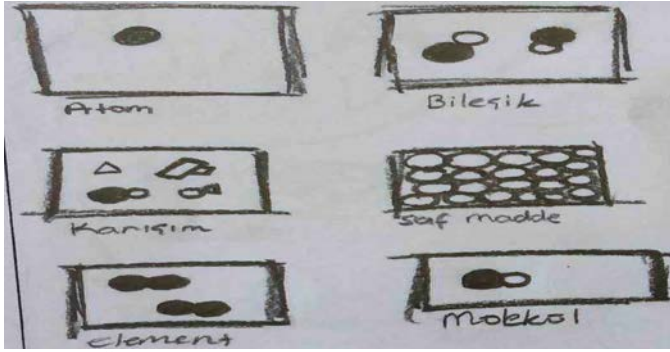
Şekil 7. Ö2 kodlu öğrencinin HY kağıdından bir bölümü



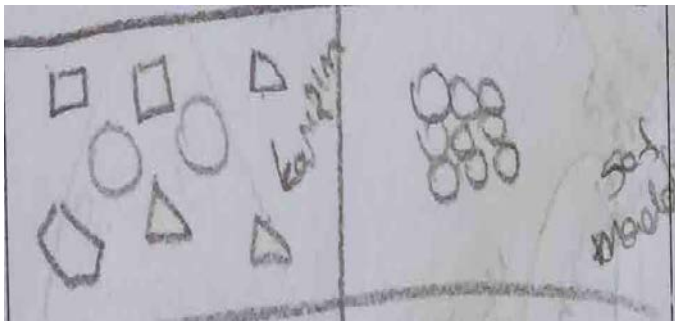
Şekil 8. Ö7 kodlu öğrencinin HY kağıdından bir bölümü

Saf madde, karışım

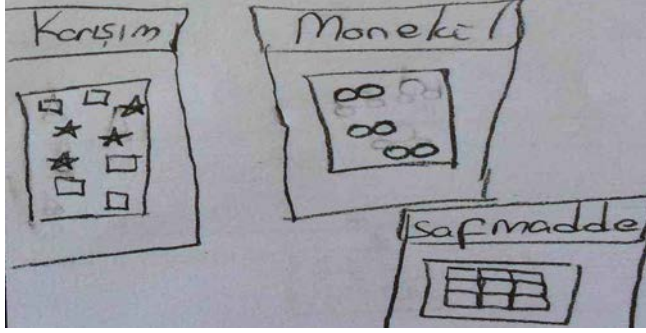
Öğrencilerin %30'u saf maddeyi aynı tür tanecik (atom, molekül, iyon) yerine aynı tür atomlardan oluşan maddeler olarak tanımladığı ve görsel olarak da bu şekilde gösterdikleri tespit edilmiştir. Fakat karışım da farklı tür tanecik olduğunu hem yazılı olarak hem de görsel olarak ifade ettikleri gözlenmiştir. Örneğin; Ö3 (Şekil 9), Ö7 (Şekil 10) ve Ö2 (Şekil 11), model çiziminde saf maddeyi aynı atomdan oluşan madde olarak, karışımı ise farklı tür tanecik olarak göstermiştir. Bu öğrencilerle yapılan görüşmelerde saf madde çizimlerinde maddenin fiziksel halinin ne olduğu sorulmuş ve katı cevabı alındıktan sonra "saf maddeler hep katı mıdır?" diye sorulduğunda hayır cevabını vermişlerdir. Saf maddeyi bu şekilde daha kolay gösterdikleri için çizdiklerini belirtmişlerdir. Ö8'in (Şekil 12) ise element ve bileşiği saf madde olarak gösterdiği, karışımı da farklı tür tanecik olarak çizdiği görülmüştür.



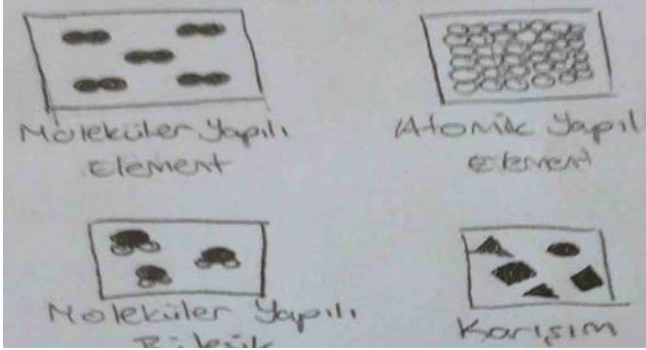
Şekil 9. Ö3 kodlu öğrencinin HY-Ç kağıdından bir bölüm



Şekil 10. Ö7 kodlu öğrencinin HY-Ç kağıdından bir bölüm

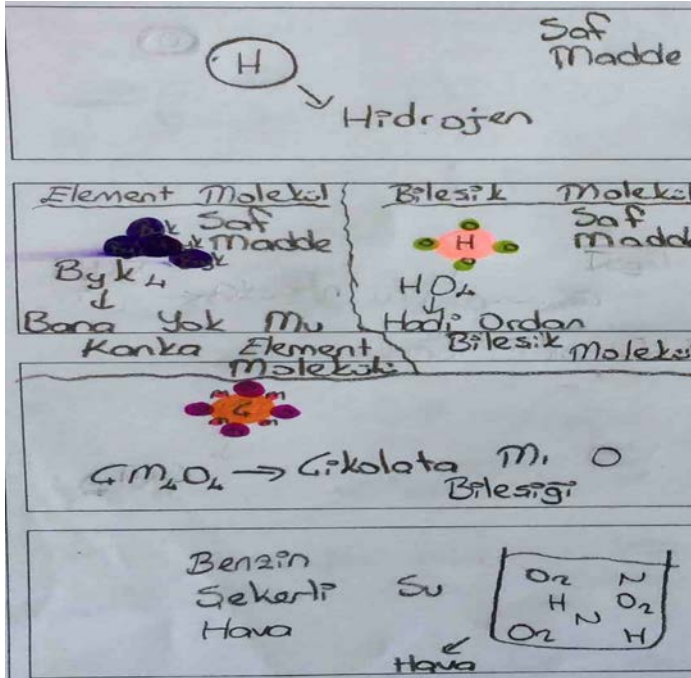


Ŗekil 11. Ö2 kodlu öğrencinin HY-Ç kağıdından bir bölüm



Ŗekil 12. Ö8 kodlu öğrencinin HY kağıdından bir bölüm.

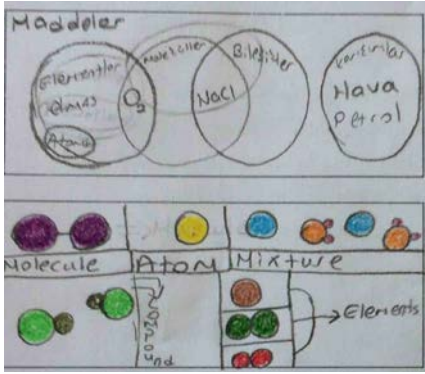
Öğrencilere top model ve çubuklar verilerek element, bileŖik, karıŖım modelleri yapmaları istenerek yaptıkları bu modelleri çizmeleri, isimlendirmeleri ve kendi sembollerini ya da formüllerini yazmaları istenmiŖtir. Öğrencilerin yaptıkları model ve çizimler incelendiğinde tanımlamalarda doğru anlayıŖlar geliŖtirdikleri fakat bazı öğrencilerin gösterimlerinde bazı yanlışlıklar olduğu tespit edilmiŖtir. Örneğin; Ö6'nın moleköl, saf madde ve karıŖımı modelleyebildiği ve isimlendirdiği çizimler Ŗekil 13'de gösterilmiŖtir.



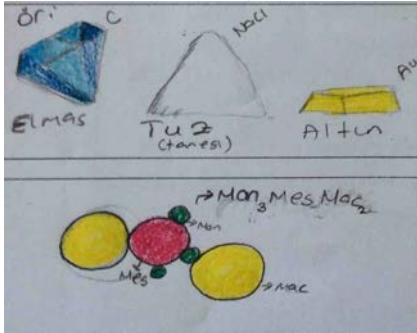
Ŗekil 13. Ö6 kodlu öğrencinin NÖ değerlendirme formunun bir bölümü

Ŗekil 13 incelendiğinde; Ö6'nın, atom, element, bileŖik, saf madde ve karıŖım modellerinin çizimleri incelendiğinde; karıŖımı sadece homojen karıŖım olarak gösterdiği ve buna uygun örnekler verdiği

görülmüştür. Öğrencilerin oluşturdukları modelleri isimlendirmeleri istendiğinde, Ö6 element molekülünü doğru olarak modellediği, element sembolünü B_4k_4 olarak gösterdiği ve elementini “Bana yok mu kanka” element molekülü olarak adlandırdığı ve saf madde olarak gösterdiği görülmektedir. Sembolün aynı tür atom ve sayısını ifade etmesi gerekirken farklı iki atom türü ve sayısı göstermiş olduğu için modelini sembol olarak yanlış ifade ettiği görülmektedir. Bileşik molekülünü saf madde olarak tanımladığı, bileşiği doğru modellediği ve sembolünü HO_4 olarak doğru gösterdiği ve bileşiği “Hadi Ordan” bileşiği olarak adlandırdığı görülmektedir. Ö10’un yaptığı modeller ve çizimler incelendiğinde (Şekil 14), atom, molekül, element, bileşik ve karışımı doğru modellediği görülmüştür. Ayrıca Şekil 15 incelendiğinde; Ö10 saf madde olarak element ve bileşik modellerini ve isimlerini doğru olarak çizmiş ve isimlendirmiştir. Modellediği bileşik ismi ile ilgili olarak “Eğer ben bir bilim insanı olsaydım ve şekildeki gibi bir bileşik (Şekil 15) keşfetseydim ismini “ $Man_3MesMac_2$ ” koyardım. Çünkü bileşiğe bakınca aklıma Mesir Macunu geldi. Renkleri belki alakasız ama aklıma gelen isim böyle” şeklinde ifade etmiştir. Bileşik formülü incelendiğinde, atom türü ve sayısını doğru bir şekilde gösterdiği görülmektedir.



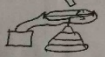


Şekil 14. Ö10 kodlu öğrencinin NÖ formundan bir bölüm



Şekil 15. Ö10 kodlu öğrencinin NÖ formundan bir bölüm



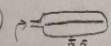

Atom modelleri ve bilimin doğası anlayışları

Bütüncül yaklaşımla program farklılaştırma odaklı fen içeriği öğretiminden sonra öğrencilerin atomun yapısı konundaki anlayışlarını hem sözel, hem yazı hem de modelleyerek geliştirdikleri tespit edilmiştir. Öğrencilerin atom modelleri ile ilgili düşünceleri incelendiğinde; öğrencilerin %60'ı kendi düşüncelerine en yakın modelin Rutherford atom modeli olduğunu belirtmiştir. Çizdikleri bu modelin kitle iletişim araçlarında ve kitaplarda gösterildiği için öğrencilerin bu modeli kabul ettikleri düşünülebilir. Buna ek olarak; gösterdikleri bu atom modelinde atom altı tanecikler atomun içinde ayrı ayrı olarak gösterilmekte, elektronlarda belli yörüngelerde dolaşmaktadır. Öğrencilerin atom modellerinin ortaya çıkması ile ilgili olarak atom modelinin değişebileceği fikrine ulaştıkları gözlenmiştir. Örneğin; Ö5 (Şekil 16), Rutherford ve Thomson atom modelleri ile ilgili modellemeleri doğru olarak gösterdiği ve bu modelleri doğru bir şekilde açıkladığı görülmüştür.

BMÖ (Bildiklerim, Merak Ettiklerim, Öğrendiklerim) Farklaştırılmış Öğretim		
Bildiklerim	Merak Ettiklerim	Öğrendiklerim
<p>Katod ışınlarının nasıl çalıştığını biliyoruz. Silindirin şeklindeki bir tüpün içine bir hangisi bir gaz konuluyor ve iki taraftan plakalar yerleştiriliyor. Bu plakalar elektrik verildiğinde de bir ışın ortaya çıkıyor. Bu ışın mikroskopla gözlemleniyor, bu ışın katod ışınıdır, katod ışınıdır.</p> 	<p>Katod ışını sayesinde nasıl bir sonuç elde ettiğini merak ediyorum.</p>	<p>Thompson atomu üzümlü kek benzeri bir keke (a) üzümlü, (b) üzümlüdür.</p>  <p>Rutherford altın folyo deneyi yaptığı deneyde ise atomda boşlukların olduğunu ve bir çekirdeğin olduğunu bu çekirdeğin (+) yüklü olduğunu, etrafında (-) yüklü taneciklerin olduğunu keşfetmiştir.</p> 







Şekil 16. Ö5 kodlu öğrencinin BMÖ Çalışma Kağıdı.

Ders sonunda yapılan görüşmelerde öğrencilerin %50'sinde atom içinde boşluklar olduğunu kavramalarında zorluklar olduğu tespit edilmiştir. Ö3 (Şekil 17), Thomson ve Rutherford atom modelleri ile ilgili deneysel çalışmalar sonucunda atom modellerinin ortaya çıktığını, Rutherford atom modelinin Thomson'un atom modeli üzerinden yapılan deneysel çalışmalar sonucunda yaptığı gözlemleri yorumlayarak yeni bir teori ve bu teori sonucunda yeni bir model ortaya koyduğunu bu nedenle modelden teori bazen de teoriden model ortaya çıkabildiğini öğrendiğini belirtmiştir.

BMÖ (Bildiklerim, Merak Ettiklerim, Öğrendiklerim) Farklaştırılmış Öğretim		
Bildiklerim	Merak Ettiklerim	Öğrendiklerim
<p>1) Democritus'un her maddenin atomdan oluştuğu teorisi. 2) Dalton'un atomu içi dolu bir küre olarak görmesi. 3) Thompson'un üzümlü kek modeli (proton = kek, elektronlar = üzümlü). 4) Rutherford'un atom modeli.</p>  <p>5) Bohr atom modeli.</p> 	<p>Rutherford'ın sorulan soruların cevabı</p>	<p>1) Thompson'un katod ışını deneyi 2) Rutherford'ın altın folyo deneyi 3) Modelden Teori üretilebilirdi gibi teoriden model üretilebilir.</p> <p>1) </p> <p>2) </p>

Şekil 17. Ö3 kodlu öğrencinin BMÖ kağıdı.

Ö9, atom modellerinin tarihsel gelişim sürecini hem yazı olarak doğru ifade ettiği hem de model resim olarak çizdiği görülmüştür (Şekil 18). Ayrıca yazılı geri bildirim formunda ve yapılan görüşme sonucunda gelecek atomun nasıl olacağını ve atom altı taneciklerden daha küçük tanecikler olup olmadığını merak ettiğini söylemiştir. Öğrencilerin özellikle bilimsel tarihi hikayelerle bilimsel bilginin değişebilirliği, bilimde deney ve gözlemin rolü, hayal gücü ve yaratıcılığın rolü ve bilimsel modellerin önemi anlayışlarında gelişmeler olduğu görülmüştür. Öğretim süresince özellikle bilimsel tarihi hikayelerden örnekler vererek özellikle yukarıdaki bilimin doğası anlayışlarını açıklamaya çalıştıkları gözlenmiştir.

Öğrendiklerim		
<p>Atomun Geçmişi; Atom Abanında Çalışma Yapan kişiler; Aristo, Dalton, Thompson, Rutherford, Democritus, Bohr Atom altı parçacıkların isimleri ve yükleri e^-, p^+, n^0 Atom modelleri.</p>		
<p>Aristo'nun 4 elementi</p> 	<p>Dalton Atom Modeli</p> 	<p>Democritus Atom Modeli</p> 
<p>Thompson Atomu</p> 	<p>Rutherford Atomu</p> 	<p>Bohr'un Atomu</p> 

Şekil 18. Ö9 kodlu öğrencinin BMÖ kağıdı.

Atom modellerinden yola çıkılarak Teori-Kanun-Model konusundaki anlayışlarındaki değişim incelendiğinde; öğrencilerin %20'sinin modelden sonra teori ve kanununun gelişebileceğini, %40'ının teori ve kanun geliştikten sonra modelin ortaya konacağını, %40'ı ise bir hiyerarşi olmadığını ve her iki durumda da bilimsel bilginin ortaya çıkıp gelişebileceğini ifade etmiştir. Öğrencilerin hemen hemen hepsinin öğretim öncesinde teori ve kanun arasında hiyerarşik bir ilişkinin olduğunu, kanunun daha kapsamlı olduğunu ifade etmişlerdir. Örneğin; Ö10, bilimsel teoriyi "bir konu hakkında ortaya atılmış fikir" olarak açıklarken bilimsel modeli "o fikrin gösterimi", bilimsel kanunu ise "teorinin ispatlanmış ve değişmeyen ifadesi" olarak bildiğini, ders sonunda ise "bilimsel kanunun teori sonucu ortaya çıkan fikrin matematiksel ispatı olduğunu, bu yüzden teorinin kanundan daha kapsamlı açıklamalar olduğunu öğrendiğini" belirtmiştir (Şekil 19).

BMÖ (Bilgilerim, Merak Ettiklerim, Öğrendiklerim) Farklılaştırılmış Öğretim		
Bilgilerim	Merak Ettiklerim	Öğrendiklerim
Bilimsel kanunun bir konu hakkında ortaya atılmış Fikir. Bilimsel modelin o fikrin gösterimi. Bilimsel kanunu ise teorinin ispatlanmış ve değişmeyen ifadesi olarak bildim.	Matematiksel olarak ispatlanmış bir bilimsel kanunun değişimden sonra kanunun değişime sebebi neyi nasıl hesaplandı veya neyin farklılığıdır?	Bilimsel kanunun, Teorinin ortaya atıldığı Fikrinin matematiksel ispatı olduğu bu yüzden kanunun kanundan daha kapsamlı olduğunu öğrendim. Aynı zamanda Modelin teori sonucu oluşturduğu gibi teorinin de sonucu oluşturabileceğini öğrendim.

Şekil 19. Ö10 kodlu öğrencinin BMÖ kağıdı.

Ö5, bugüne kadar teorinin daha kapsamlı olduğunu, bilimsel kanunun daha kesin olduğunu, teorinin ise denenmeyen veya kanıtlanmayan bir bilgi olarak bildiğini, öğretim sonunda teorinin kanunu açıkladığını, bilimsel kanunun nesnel olduğunu ve teorinin de gerçeğe çok yakın olabileceğini belirtmiştir. Bilimin objektif olmasına karşın teorinin açıklamalar içerdiğinden öznel olma riski taşıyabileceğini ifade eden Ö5, bunun gerçekte böyle olup olmadığını merak ettiğini belirtmiştir (Şekil 20). Teorinin öznel olup olmadığı üzerine öğrenci (Ö5) ile yapılan birebir görüşmelerde ve yazılı geri bildiriminde (Şekil 20) ve sınıfça yapılan tartışmalarda "herhangi bir konuda gözlem yaptığınızda, yaptığınız gözlemleri anlamlandırırken ve bu gözlemlerden çıkarımlar yaparken her zaman önyargısız bir gözlem ve yorumlama yapabilir miyiz?" sorusuna cevap aranmıştır. Öğrencilerin verdikleri cevaplar doğrultusunda diğer tüm insanlar gibi bilim insanlarının gözlemleri de, kaçınılmaz olarak bilim insanını o gözlemi yapmaya iten zihnindeki teori ve önyargılardan; deneyim ve beklentilerinden etkilenir sonucuna varmaları için bilimsel tarihi hikayelerdeki olaylardan örnekler vererek açıklamaları istenmiştir. Gözlemlerin ve gözlemlerden yapılan çıkarımların gözlemcinin ön bilgi, deneyim, beklenti ve teorilerinden etkilenmesi nedeniyle bilimsel bilgi her zaman objektif değildir; bilimsel bilgi teori yüklü ve subjektiftir sonucuna ulaşmaları sağlanmıştır.

BMÖ (Bilgilerim, Merak Ettiklerim, Öğrendiklerim) Farklılaştırılmış Öğretim		
Bilgilerim	Merak Ettiklerim	Öğrendiklerim
* Teorinin daha kapsamlı olduğu. * Bilimsel Kanunun daha kesin olduğu ama yeni bilgilerle çürütülebilir. * Kanunun aynı şartlarda aynı sonucu vereceği, teorinin ise denenmediği veya kanıtlanmadığı. (ki bu sorunu yanltı.)	* Teoriye ne gerek var anlayamadım. Daha zor olurdu ama daha açıklayıcı alt kanunlar ile şu anki bilgilerle kesin sonuca ulaşılabilir. Ayrıca bilim de öznel açıklamalar yer yok. Anladığım kadarıyla teori açıklama ve açıklama hangi yüzden bakılıyorsa göre değişebilir.	* Teori de gerçeğe çok yakın olabilir. * Bilimsel kanun nesnel, Teori ise olaylar hakkında gözlemlerin yorumları diğerlerinde de öyle olduğunu gözlemesi. * Teori, kanunu açıklar.

Şekil 20. Ö5 kodlu öğrencinin BMÖ kağıdı.

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bütüncül yaklaşımla program farklılaştırma odaklı fen içeriği öğretiminin sonunda elde edilen bulgular, üstün/özel yetenekli öğrencilerin atomun yapısı konusunda ve bilimin doğası anlayışlarında olumlu yönde

gelişmeler olduğunu göstermiştir. Bilimsel bilginin üretilmesine yol açan bilimin çeşitli epistemik, bilişsel ve sosyal yönlerini basit bir şekilde birleştiren benzen halkası benzetimi temel alınarak atomun yapısı konusunun öğretimine dayalı farklılaştırılmış bir programın genel çerçevesinin ortaya konduğu bu çalışmada, üstün/özel yetenekli öğrencilerin fen kavramlarını anlamının üç düzey gösterimi olan mikroskobik, makroskobik ve sembolik boyutlarda (Johnstone, 1993; Taber 2014) geçiş yapabildikleri görülmüştür. Öğrencilerin atomun yapısı konusundaki zihinsel modellerinin çok az alternatif kavram içerdiği alanyazında yer alan diğer çalışmalar (Coll ve Taylor, 2001; Harrison, 2008; Taber 2007) ile uyumluluk göstermektedir. Ayrıca, öğrencilerin yazılı geri bildirim formlarında ve yapılan tartışmalarda elde edilen gözlemlerde destekleyici kanıt toplama, kriterleri değerlendirme, delillerle kanıtlama gibi eleştirel düşünme, sorgulama ve bilimsel düşünme becerisi gibi çeşitli becerilerinin de geliştiği gözlenmiştir. Öğrenciler bu süreçte atomun yapısı konusunda birçok farklı düşüncenin paylaştığı, tartışıldığı, sorgulanarak gerekçelendirildiği ve tüm bu süreçlerin etkisiyle bilimsel bir fikrin nasıl ortaya çıktığını ya da değiştiği konusunda anlayışlarının geliştiği söylenebilir. Öğretim süresince tüm öğrencilerin aktif katılımının desteklendiği işbirlikli bir öğrenme ortamının oluştuğu ve sosyal etkileşimin arttığı gözlenmiştir.

Üstün/özel yetenekli öğrencilerin atomun yapısı konusunda bu olumlu anlayışları geliştirmesinde en önemli faktörün öğrencilerin bireysel farklılıkları dikkate alınarak içerik, öğrencinin düşünme süreçleri, araştırma becerileri/kaynaklar ve ürün boyutunda farklılaştırma (Maker, 1982; Sak, 2016; Tomlinson, 2009) yapılmasıdır. Bu dört boyuttan en az biri dikkate alınarak farklılaştırma yapılan etkinliklerle öğrencilerin bir bilim insanının yaşadığı zihinsel süreçleri bizzat kendilerinin yaşamaları ve bu deneyimlerini açık-düşündürücü bir yaklaşımla tartışmalarının da etkili olduğu söylenebilir. Nitekim, dersten sonra yapılan görüşmelerde öğrencilerin çoğu okulda bunları bilgi olarak öğrendiklerini ancak bu bilgilerin nasıl ve ne şekilde ortaya çıktığını gerekçelendirerek öğrenmenin çok anlamlı olduğunu belirtmiştir.

Alanyazında bazı çalışmalarda, bilimin zaman içinde geçirdiği değişiklikler hakkında bilgi elde etmek için bilim tarihinden yararlanılabileceğini gösteren ve bilimin doğası öğretiminde, bilimin tarihi örneklerinin kullanımını teşvik eden çeşitli çalışmalar olduğu görülmektedir (Abd-El-Khalick, 1999; Clough, 2004; Erdoğan ve Köseoğlu, 2015; Matthews, 1994; Tümay, 2016). Bu çalışmada atomun yapısı konusundaki bilimsel atom modellerinin özelliklerini, birbirleri ile olan ilişkilerini ve etkileşimlerini, araştırma problemlerini, o dönemdeki mevcut imkanlar, eldeki ampirik veriler, o tarihte kabul edilmiş olan bilgi kalıpları ile birlikte sunmak öğrencilerin modelin anlaşılmasına ve ortaya çıkış mekanizmasının kavramsallaştırılmasına yardımcı olduğu söylenebilir. Bu bağlamda bilim tarihini bilim insanlarının neden ve nasıl atomun yapısı konusuna odaklandıklarını öğrencilerin anlayabilecekleri kısa bilimsel hikayeler yoluyla verdiğimizde onların atomu nasıl kavramsallaştırdıkları, modelledikleri, açıkladıkları ve ne gibi öngöründe bulduklarını öğrencilerin anlamaları sağlanabilir.

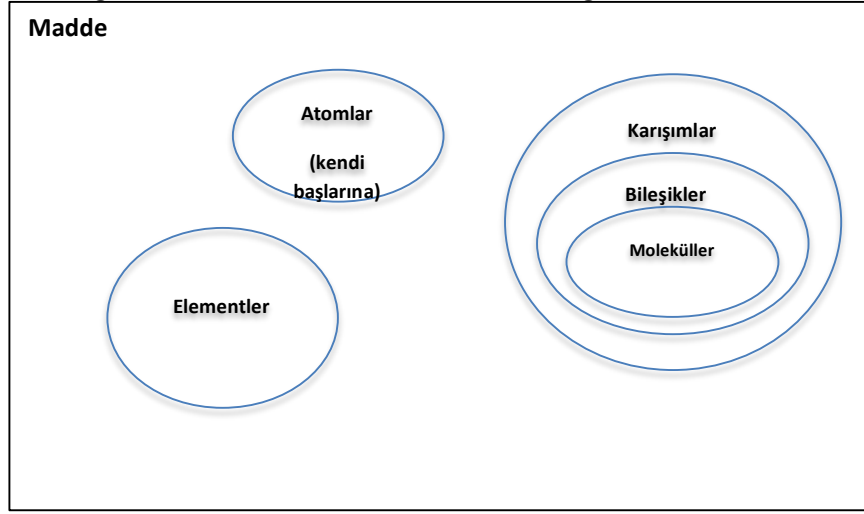
Eğitimle ilgili bütüncül yaklaşımı temel alan bir öğretme ve öğrenme sürecinin kavramsal bir çerçevesini oluşturmak için yalnızca öğretim ve öğrenmenin yapısını değil aynı zamanda öğrencinin öğretmenle etkileşimi ve öğrenme içeriği gibi usul yönlerini de değerlendirmek hayati önem taşımaktadır. Çünkü bütüncül yaklaşım bir yönden diğerine ilerleme anlamına gelen katmanlı ya da hiyerarşik bir yaklaşım değildir. Aksine, yaklaşım bütüncüldür ve tüm analitik katmanlar sosyal öğrenme ve öğretme eyleminde içiçe geçmiş durumdadır. Bu katmanlar ayrı bloklar değil öğrencilerin deneyim kazanmalarına yol açan öğretmen ve eleştirel düşünen öğrenciler arasında zengin bir sosyal dinamiği yansıtan öğrenme ve öğretmenin içiçe geçmiş yönleridir (Patel, 2003). Bilimin bilişsel, epistemik ve sosyal yönlerinin vurgulandığı bu çalışmada geliştirdiğimiz program farklılaştırma odaklı fen öğretimi dersinde öğrencilerin sürekli sosyal etkileşim içinde aktif bir şekilde derse katılmaları ve bilim insanı zihinsel düşünme süreçlerini yaşayarak bu düşünceleri açık-düşündürücü yaklaşımla tartışmaları teşvik edilmiştir. Açık-düşündürücü yaklaşımla (Abd-El-Khalick, Akerson, 2004; Leblebicioğlu, Metin, Çapkınoğlu, Eroğlu Dogan ve Schwartz, 2017; Khishfe, 2015; Erdoğan, Köseoğlu, 2015) bilimin doğası anlayışlarında ve Teori-Kanun-Modelin gelişiminde sosyal ve kültürel değerlerin nasıl etki ettiği konusu ile ilgili tartışmaların subjektiflik boyutu ile ilişkilendirilerek verilmesi bu boyutlarla ilgili görüşlerin daha etkili gelişimini sağlamıştır.

KAYNAKÇA/REFERENCES

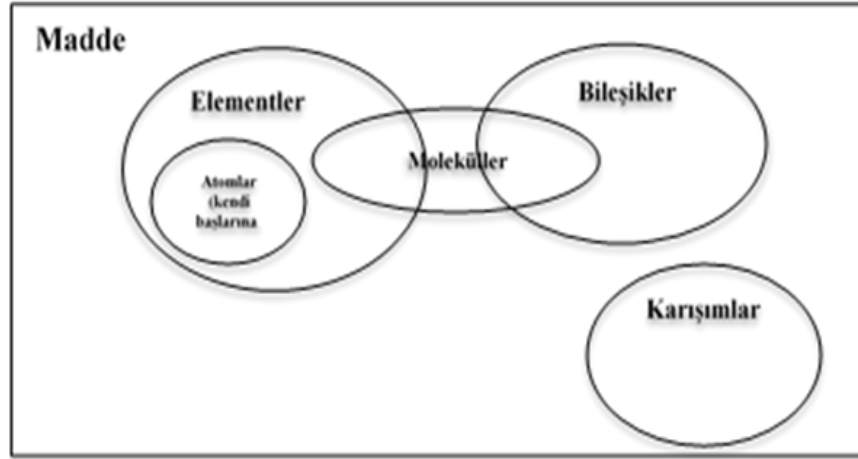
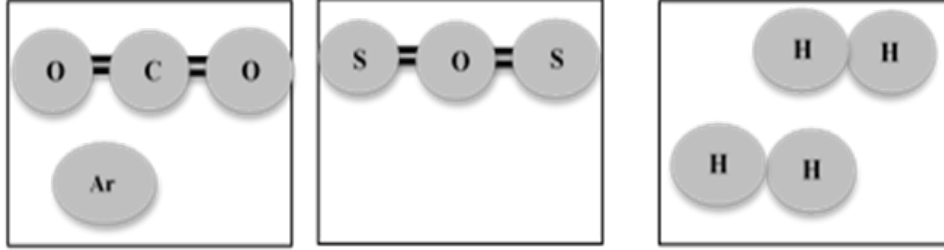
- Abd-El-Khalick, F. (1999). Teaching science with history. *The Science Teacher*, 66 (9), 18-22.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N.G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research In Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Abd-El-Khalick F. (2002). Rutherford's enlarged: A content-embedded activity to teach about nature of science, *Physics Education*, 37(1).
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- Badjanova J., Ilisko, D. (2015). Holistic approach as viewed by the basic school teachers in Latvia. *Discourse and Communication for Sustainable Education*, (6), 132-140.
- Bundsgaard, J. S., & Hansen, T. I. (2011). Evaluation of learning materials: A holistic framework, *Journal of Learning Design*, 4 (4), 31-44.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*, Portsmouth, NH: Heinemann.
- CCEA (2006). A report for the Council of Curriculum Examinations and Assessment. Gifted and talented children in (and out of) the classroom. Erişim tarihi: 07.10.2013, http://www.nicurriculum.org.uk/docs/inclusion_and_sen/gifted/gifted_children_060306.pdf
- Clough, M. P., & Olson, J. K. (2004). The nature of science: Always part of the science story. *The Science Teacher*, 71 (9), 28-31.
- Coll, R. K., & Taylor, N. (2001). Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students. *Research in Science and Technological Education*, 19, 171-191.
- Dodge J. (2009). *25 Quick formative assessment for a differentiated classroom*. Scholastic Teaching Resources.
- Duschl, R. (2000). *Making the nature of science explicit*. In R. Millar, J. Leech, & J. Osborne (Eds.). *Improving science education: The contribution of research*. Philadelphia: Open University Press.
- 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*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erdoğan, M. N. (2015). *Eğitim programında ve uygulamada farklılaştırma*. Ankara: Pegem Akademi.
- Erdoğan, M. N., & Köseoğlu, F. (2015a). Explicit-reflective instruction of nature of science as embedded within the chemical equilibrium. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 11(2), 717-741.
- Erdoğan M.N. & Köseoğlu F. (2015b). Explicit-reflective teaching nature of science as embedded within the science topic: Interactive historical vignettes technique. *Journal of Education and Training Studies*, 3 (6), 40-49.
- Erduran, S., Dagher, Z. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories*. Dordrecht: Springer.
- Erduran, S. (2014). A holistic approach to the atom. *Educacio Quimica EduQ*, 19, pp. 39-42.
- Haigh, M. & Ward, G. (2000). From Democritus to Rutherford: Developing our understanding of atomic structure. *From a paper presented at Scicon 2000*, Palmerston North.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: a changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Jolliff, T. (2007). *Chemistry for Gifted and Talented*. Royal Society of Chemistry. Erişim Tarihi: 25.10.2015, <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00000617/atoms-elements-molecules-compounds-and-mixtures?cmpid=CMP00000638>.
- Kaya, E. & Erduran, S. (2016b). Yeniden Kavramsallaştırılmış "Aile benzerliği yaklaşımı": Fen eğitiminde bilimin doğasına bütünsel bir bakış açısı. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 13(2), 77-90.
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). The influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.
- Khishfe, R. (2015). A look into students' retention of acquired nature of science understandings, *International Journal of Science Education*, 37(10), 1639-1667.
- Köseoğlu, F., Tümay H., Üstün U., (2010). Bilimin doğası öğretimi mesleki gelişim paketinin geliştirilmesi ve öğretmen adaylarına uygulanması ile ilgili tartışmalar. *Ahi Evran Ün., Kırşehir Eğitim Fak. Dergisi*, 11 (4), 129-162.
- Köseoğlu F., Tümay H. (2013). Bilim eğitiminde yapılandırıcı paradigma. *Ankara: Pegem Akademi*.

- Leblebicioglu, G., Metin, D., Capkinoglu, E., Cetin, P. S., Eroglu Dogan and Schwartz R. (2017). Changes in students' views about nature of scientific inquiry at a science camp. *Science & Education*, 7-9, 889-917.
- McBride, B. (2004). Data-driven instructional methods: "One-strategy-fits-all" doesn't work in real classrooms. *T.H.E Journal*, 31(11), 38-40.
- Marzano, R. J., Pickering, D. J., & Pollock, J. E. (2001). *Classroom instruction that works* (1st ed.). Alexandria, VA: ASCD.
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*, Routledge, New York.
- Merriam, S. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco, CA: Jossey Bass, Inc.
- Millar, R., Leach, J., Osborne, J., & Ratcliffe, M. (2000). *Evidence-based Practice in Science Education: A New Research Network. Education in Science*, (190), 12 - 13.
- Miller, J. P. (1993). *The holistic teacher*. Toronto: Canadian Cataloguing in Publication Data.
- Orion, N. (2003). *Teaching global science literacy: a professional development or a professional change*. In Mayer, V. (Ed.), *Implementing Global Science Literacy*. (pp.279-286). Ohio State University.
- Orion, N. (2007). A Holistic Approach for Science Education for All. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(2), 111-118.
- Patel N.V. (2003). A holistic approach to learning and teaching interaction: Factors in the development of critical learners. *The International Journal of Educational Management*. 7(6/7), 272-284.
- Rutherford, J., and Ahlgren, A. (1989). *Science for All Americans*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 42(1), 254-266.
- Sak, U. (2016). EPTS Curriculum Model in the Education of Gifted Students. *Anales de psicología*, 32, nº 3 (octubre), 683-694.
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5-51.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. (2004). Developing views about nature of science in authentic contexts: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.
- Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
- Taber, K. S. (2014). The significance of implicit knowledge in teaching and learning chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*. Doi: 10.1039/C4RP00124A
- Taber, K. S. (2000) Multiple frameworks: Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure. *International Journal of Science Education*, 22 (4), 399-417.
- Taber, K. S. (2007). *Science education for gifted learners?* In K. S. Taber (Ed.), *Science Education for Gifted Learners* (pp. 1-14). London: Routledge.
- Tomlinson, C. A., and Kalbfleisch, M. L. (1998). Teach me, teach my brain: A call for differentiated classrooms. *Educational Leadership*, 56(3), 52-55.
- Tomlinson, C. A. (2004b). *Research evidence for differentiation*. *School Administrator*, 61(7), 30 Tomlinson, C. A. (2004c). Sharing responsibility for differentiating instruction. *Roeper Review*, 26(4), 188-200.
- Tomlinson, C. A. & Jarvis, J.M. (2009). *Differentiation: Making Curriculum work for all students through responsive planning and Instruction*. In J.S. Renzulli, E.J. Gubbins, K.S. McMillen, R.D. Eckert & C.A. Little (Eds.), *Systems and Models for Developing Programs for the Gifted and Talented*. (2nd Ed: 599-628). Mansfield Center CT: Creative Learning Press.
- Tümay, H. (2016). Reconsidering learning difficulties and misconceptions in chemistry: Emergence in chemistry and Its implications for chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), (229-245).
- UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2012). *Learning to be: a holistic and integrated approach to values education for human development: core values and the valuing process for developing innovative practices for values education toward international understanding and a culture of peace*. Bangkok: Unesco Asia and Pacific Regional Bureau for Education.
- Wellington, J. (2000). *Educational research, contemporary issues and practical approaches*. London: Continuum.
- Wormeli, R. (2005). Busting myths about differentiated instruction. *Principal Leadership*, 5 (7), 28-33.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (1999). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayınevi.

Ek-1. Öğrencilere verilen Venn Şeması çalışma kağıdı-1.



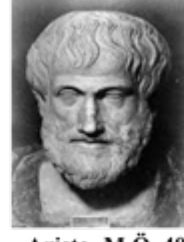
Ek-2. Öğrencilere verilen çalışma kağıdı-2.



Ek-3. Öğrencilere dağıtılan "Demokritus Cahil" hikayesi.



Demokritus M.Ö. 400



Aristo M.Ö. 400

Demokritus: Düşünme ve soru sormak için çok zaman harcadım. Acaba bir blok altın alıp onu sürekli bölmeye devam edersem ne olurdu? Büyük blok toptan bölünmeyecek en küçük parçaya ulaşabilir miydim? Belki daha fazla bölemeyeceğim bir noktaya gelebilirim. Ben kesilemeyen bir parçacık olacağını düşünüyorum. Bölünemez olan bu parçacığa "atoms" adını veriyorum. Ben maddenin sadece atomlar ve boşluklardan oluştuğunu düşünüyorum. Ayrıca maddelerin nasıl değiştiğini düşünmek için biraz zaman harcadım. Bu değişikliklerin atom olarak adlandırdığım parçacıkların birleşip ayrılması sonucunda oluştuğunu öneriyorum.

Aristo: Demokritus cahil! Bana bir atom gösterebilir misin? Hayır gösteremezsin. Çünkü ben onların var olduğuna ve küçük küçük taneciklerin bir araya gelerek maddeyi oluşturduğuna inanmıyorum. Eğer doğayı açıklamak için atomun varlığına inanırsak o zaman tanrı olmadan evren var olabilir. Ben maddenin dört unsurdan oluştuğuna inanıyorum - su, ateş, hava ve toprak. Ayrıca sadece göklerde bulunan beşinci unsur vardır. O da eter.

Ek-4. Öğrencilere dağıtılan "Filozoflar ve Bilim İnsanları" hikayesi



**Antoine Lavoisier
(1743-1794)**



**John Dalton
(1766-1844)**

Lavoisier: Eşim ve ben, İngiltere'den ve Avrupa'dan gelen kimyagerlerle bilimsel konularda birlikte tartışmaktan keyif alıyoruz. Tartışmalarımızın büyük bir kısmı havada yanan maddelerin ne olduğu konusu ile ilgiliydi. Meslektaşlarımdan bazıları, havada bir madde yakıldığında bir şeylerin kaybolduğuna ve bunun filojiston olduğuna inanıyordu. Ancak yaptığım deneylerde, bir kimyasal tepkimede kütle değişmediğini gördüm ve 1789'da kütle korunumu yasasını anlatan bir kitap yayınladım. Bu çalışmalarım sırasında eşim yanımda olmasaydı bu sonuçları elde etmede zorlanabilirdim. Çünkü kayıt tutmada çok titizdi, deneylerimde bana yardımcı oldu ve diğer kimyagerlerin yazılarını tercüme etti. Bu tercüme sayesinde bu kimyagerlerin çalışmalarındaki bilimsel hataları buldum. Bütün bu çalışmalarımı bir vergi toplama şirketinden elde ettiğim yatırımlar sonucunda finanse ettiğim özel bir laboratuvarı gerçekleştirdim.

John Dalton: Çok dolu dolu bir hayat yaşadım. 12 yaşındayken okula başladım. Öğretmenimle birlikte kimya laboratuvarında deneyler yapmaktan hoşlanıyordum. Lavoisier ve Proustun çalışmalarından oldukça etkilendim. 37 yaşındayken 1808'de yayınladığım atom teorisini önerdim. Benim teorimdeki temel fikirler şunlardı:

- Tüm elementler atomlardan oluşur.
- Aynı elementi oluşturan atomların büyüklükleri, kütleleri ve diğer özellikleri aynıdır. Farklı elementleri oluşturan atomların büyüklükleri, kütleleri ve diğer özellikleri farklıdır.
- Her kimyasal değişiklik, tüm atomların birleşmesi veya ayrılması ile oluşur.
- Atomlar bölünemez, yok edilemez, var edilemez.

Tüm bu çalışmalarım sırasında ölçümlerde ve kayıt tutma konusunda çok dikkatli davrandım ve bulgularımı ikna edici bir şekilde yazdım. Oldukça popüler oldum ve insanlar eserimi tartışmak için benimle buluşmak istiyorlardı. Bununla birlikte, Quaker (Protestan dininin "Dostlar Derneği" olarak bilinen bir mezhebi üyesi) olarak, göz önünde olmaktan çok memnun değildim. Mezhebimin de gereği sade bir yaşam sürmek istiyordum. Bazı arkadaşlarım beni Kral IV. William'a götürmek istiyorlardı. Bana kralın da bulunduğu bir törende fahri doktora unvanı vermek istediler. Ancak bunun için törende kırmızı bir cübbe giymem gerekiyordu. Dini inançlarıma göre ters olan bu kırmızı renkli cübbeyi giymek istemediğim için bu törene katılmak istemedim. Fakat arkadaşlarım benim renk körü olmamdan yararlanarak bu cübbenin kırmızı değil gri olduğunu söylediler ve böylece ben o törene katılarak fahri doktora unvanını almış oldum.

Ek-5. Öğrencilere dağıtılan "Ben Elektronlarla Oynarım" hikayesi.



Joseph John Thomson
(1856-1940)



Ernest Rutherford
(1871-1937)

Thomson: Katot ışınlarıyla çalışan bir meslektaşım William Crookes, negatif yüklü parçacıklar olduklarını düşündüğü taneciklerin manyetik alanlar tarafından saptırılabileceğini keşfetti. Gazların düşük basınçta elektrik akımından geçişi ile ilgili yapılan bu deneyler katot ışınları cam deney tüplerinde gerçekleştiriliyordu. Ben de çalışmalarında bu fikrin gelişimine devam ettim ve bu parçacıkların atomdan yaklaşık 2000 kat daha küçük bir kütleyle sahip olduğunu buldum. George Stoney'in önerisini takiben, bu parçacıkları elektron olarak tanımladım. Katot ışınları cam deney tüpüne mıknatısın bir ucunu yaklaştırdığımda tüpün içindeki gaz halindeki taneciklerin mıknatıs tarafından çekildiğini, mıknatısın diğer tarafını yaklaştırdığımda ise itildiğini gözlemledim ve "*Ben elektronlarla oynarım*" diye espri yaptım. Bugüne kadar atomla ilgili yapılan çalışmalarını ve kendi çalışmalarımı birleştirerek yeni bir atom modeli önerdim. Bu modelde negatif yüklü elektronların pozitif yüklü bir küre içinde dağınık olarak bulunduğunu puding içinde olan eriklere benzettiğim için "erikli puding modeli" adını verdim. Atom modelime göre genel etki, atomun nötr yüklü olduğu şekildeydi.

Rutherford: Fizik okuduğum kolejde manyetizma üzerine yaptığım çalışma bana Avrupa'da bir burs kazandırdı ve Thomson'un öğrencilerinden biri oldum. Radyoaktif uranyumun alfa ve beta olmak üzere iki farklı ışını açığa çıkardığını keşfettim. Bu beni gerçekten çok etkilemişti. Atom için artık bölünmez diyemeydik. Fakat atomun yapısı neydi? Öğrencilerim Geiger ve Marsden'la birlikte yaptığım altın folyo deneyinde altın folyoya alfa parçacıkları gönderdiğimde beklenmedik bir sonuçla karşılaştık. Çünkü elde ettiğimiz gözlemler hocam Thomson'un atom modeline uygun olmayan sonuçlardı. Parçacıkların büyük kısmı altın folyo içerisinden doğrudan geçti, bazıları geçti fakat belli açılarda saparak geçti. Çok az sayıda alfa ışını ise altın folyoya çarpıp geri döndü. Benim için inanılmaz bir olaydı. Bu sonucu araştırmak ve fikirlerimizi diğer deneylerle test etmek için üç yıl boyunca çalıştık. Alfa parçacıklarının çoğunun altın folyodan geçmesi nedeniyle atomun büyük bir kısmının boşluk olması gerektiğine karar verdik. Çok az sayıda alfa taneciğinin çarpıp geri dönmesini ise atomun merkezinin çok yoğun, küçük ve pozitif yüke sahip olduğuna inandık. 1911'de atomun yapısı ile ilgili güneş sistemi modelimizi önerdik. Bu modelde, çekirdek bir beyzbolun büyüklüğünde kabul ederse, atomun tamamı yaklaşık 600 metrelik bir alanı kapsamaktadır.

İletişim/Correspondence

Dr. Melek Nur ERDOĞAN
mnerdogan@gmail.com