



## Atom Konusu ile İlgili Öğretim Etkinliklerinin Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Atom Modelleri İmajlarına Etkisi<sup>1</sup>

### The Effect of Teaching Activities Related to Atom Models on Pre-Service Science Teachers' Images of Atom Model

**Volkan BİLİR**

Doç. Dr. ◆ Artvin Çoruh Üniversitesi, Temel Eğitim Bölümü ◆ volkanbilir@artvin.edu.tr ◆ ORCID: 0000-0002-8709-6257

**Yezdan BOZ**

Prof. Dr. ◆ Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü ◆ yezdan@metu.edu.tr ◆ ORCID: 0000-0002-3122-9671

**Nejla YÜRÜK**

Prof. Dr. ◆ Gazi Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü ◆ nejlayuruk@gazi.edu.tr ◆ ORCID: 0000-0001-9240-750X

**Ahmet İlhan ŞEN**

Prof. Dr. ◆ Hacettepe Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü ◆ ailhan@hacettepe.edu.tr ◆ ORCID: 0000-0002-9913-8573

#### Özet

Bu araştırmanın amacı, atomla ilgili bilimsel bilginin tarihsel gelişimi dikkate alınarak farklı yöntem-teknik ve öğretim materyallerinin kullanımına dayalı öğretim etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının atom modellerine ilişkin imajlarına etkisini incelemektir. Atom modellerine yönelik, basit araç gereçlerle öğretim, modelleme, iş birlikli öğrenme (jigsaw), tahmin et-gözle-açıkla, STEM, 5E öğrenme modeli, ters-yüz öğrenme, sanal deneyler, kavram karikatürleri ve bilimin doğası uygulamalarını içeren etkinlikler yer almaktadır. Araştırmaya, 2021-2022 akademik yılında, 13 farklı devlet üniversitesi eğitim fakültesinden, fen bilgisi öğretmenliği üçüncü sınıfta öğrenim gören 20 fen bilgisi öğretmen adayı katılmıştır. Bu çalışmada nitel araştırma tekniklerinden olan durum çalışması türlerinden program etkileri durum çalışması kullanılmıştır. Veriler, araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarından, atom modelleri ile ilgili zihinlerinde canlanan resmi dağıtılan boş bir kâğıda çizimleri, atom modeli ile ilgili çizimi tamamlandıktan sonra çizimlerini ayrıntılı bir şekilde yazılı olarak anlatmaları istenerek öğretim etkinlikleri öncesinde ve sonrasında toplanmıştır. Elde edilen veriler içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda, araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının öğretim etkinlikleri öncesi atom modellerine dair kısmen bilimsel imaja sahip oldukları, imajlarının, Dalton, Thomson, Rutherford ve Bohr atom modellerini içerdiği, bilimsel olmayan ve ilgisiz imaja sahip oldukları atom modelinin ise Kuantum Atom Modeline olduğu görülmüştür. Öğretim etkinlikleri sonrasında ise araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının atom modellerine dair imajlarının Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr ve Kuantum modellerini içerdiğini ve imajlarının büyük çoğunluğunun tam bilimsel imajlara dönüştüğü sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçtan yola çıkarak öğretim etkinliklerinin araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının atom modelleri imajları üzerine olumlu etkisi olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atom, Atom modelleri, Atom modeli imajı, İmaj

<sup>1</sup> Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 2237-A Bilimsel Etkinlikleri Destek Programı kapsamında desteklenen "Etkinliklerle Atomun Dünü Bugünü Yarını" isimli projeden elde edilen veriler ile yapılmış, 8. Ulusal Kimya Eğitimi Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

### Abstract

This study aimed to examine the effects of activities prepared with different teaching methods, techniques and teaching materials, considering the history of the scientific development of the structure of the atom, on the images of preservice science teachers concerning atomic models. Activities for atomic models include teaching with simple tools, modeling, cooperative learning (jigsaw), guess-observe-explain, STEM, 5E learning model, flipped learning, virtual experiments, concept cartoons and nature of science applications. 20 preservice science teachers, who were studying in the third year of science teaching program of 13 state universities in the 2021-2022 academic year, participated in the research. Program effects case study, which is one of the qualitative research methods and case study types, was used. The data were collected before and after the teaching activities were implemented by asking the preservice science teachers to draw the picture that came to their mind concerning the atomic models on a blank paper, and to explain the content of their drawings in writing. Data were analyzed by content analysis method. Research results show that before the teaching activities, Preservice science teachers had a partially scientific image with respect to the atom models of Dalton, Thomson, Rutherford, and Bohr. However, it has been seen that they do not have a scientific image of the quantum atom model, and the image that they have is not related to the subject. After the teaching activities were transformed into fully scientific images regarding the Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr and Quantum models. Based on this result, it was determined that the teaching activities positively affected on preservice science teachers' images of atomic models.

**Keywords:** Atom, Atom models, Image of atomic model, Image

### 1. Giriş

Yapılandırıcı yaklaşıma göre, öğrenciler derse gelmeden önce fen kavramları ile ilgili günlük hayattaki deneyimleri ve diğer insanlarla etkileşimleri sonucu birtakım kavramlar geliştirirler. Bu kavramlar bilimsel açıdan doğru olmayabilir. Ayrıca bu kavramlar dirençli olup, öğrencilerin yeni öğrendikleri bilgileri sahip oldukları bu yanlış kavramlar ışığında yorumlamalarına neden olur. Bundan dolayı fen öğretimi sonunda bile birçok öğrencide fen konularıyla ilgili yanlış kavramalar gözlenmiştir (Driver et al., 1994; Gilbert et al., 1982). Atom konusu soyut bir konu olup, birçok fen ve kimya konularının temelini oluşturmaktadır. Soyut bir konu olmasından dolayı öğrencilerin atom ve atom modellerini anlamada zorlandıkları ve bu konuyla ilgili birçok yanlış kavramalara sahip oldukları tespit edilmiştir (Aygen, 2019; Harrison & Treagust, 1996; Kaya, 2018; Nakiboğlu, 2003; Oruncak, 2005; Taber, 1997). Harrison ve Treagust (1996) çalışmasında, 8. ve 10. sınıf öğrencilerinin atom ile ilgili birçok yanlış kavramalara sahip olduğunu bulmuştur. Bunlardan bir tanesi, öğrencilerin biyoloji dersinde anlatılan çekirdek kavramı ile atomu bağdaştırdıkları bu yüzden de atomun canlı ve bölünebilir olduğunu düşünmeleridir. Bu çalışmada, öğrencilere birtakım atom modelleri gösterilerek kendi zihinsel modellerine uyan atom modelini seçmeleri istenmiştir. Öğrencilerin çoğu atom modeli olarak yörünge atom modelini seçmişlerdir. Bunun yanında çok az öğrenci orbital modeli tercih etmiştir. Benzer şekilde, Oruncak (2005) çalışmasında, lise öğrencilerinin modern atom teorisini Rutherford atom modelinin özelliklerini dikkate alarak açıkladıklarını bulmuştur. Ayrıca çoğu öğrencinin atom altı parçacıklardan haberdar olmadıkları bulunmuştur. Kaya (2018), lise son sınıf öğrencileriyle yaptığı çalışmada, öğrencilerin atom ile ilgili birçok kavram yanlışlığına sahip olduğunu bulmuştur. Çalışmada, öğrencilerin atomun küre şeklinde olduğunu düşündükleri tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, öğrenciler elektronların atomda belli yörüngelerde hareket ettiğini düşünmektedir. Ayrıca, öğrencilerin birçoğunun atom altı parçacıklardan haberdar olmadığı bulunmuştur. Öğrencilerin atomları küre olarak tasvir etmesi (Eryılmaz Muştu & Ucer, 2018)'in çalışmasında da bulunmuştur.

Öğrencilerle yapılan çalışmaların yanı sıra öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmalarda da öğretmen adaylarının atom modelleri konusunda yanlış kavramalara sahip oldukları tespit edilmiştir. Kıray (2016), son sınıf fen bilgisi öğretmen adaylarıyla yaptığı araştırmada katılımcılardan atom modeli

çizimlerini istemiştir. Çizimlerin analizi öğretmen adaylarının yarıdan fazlasının Bohr Atom Modelini tercih ettiklerini ortaya çıkarmıştır. İkinci sırada tercih edilen atom modeli olarak öğretmen adayları Rutherford atom modelini belirtmişlerdir. Bir başka sonuç olarak da fen bilgisi öğretmen adaylarının orbital kavramına farklı bir anlam yükledikleri ve yörünge kavramıyla bağdaştırdıkları bulunmuştur. Benzer şekilde Cervellati ve Perugini (1981) öğrencilerin orbital kavramını anlamadaki zorlukları belirtmiştir. Bunun kaynağı olarak öğretmenleri ve ders kitaplarını göstermiştir. Tsaparlis (1997) de üniversite öğrencilerinin kuantum kimyası dersini almalarına rağmen orbital kavramı ile ilgili anlama zorluklarını belirtmiştir. Taber (1997) çalışmasında, öğrencilerin orbital kavramı ile kabuk, alt kabuk ve enerji seviyesi arasındaki farkları anlamada zorluk yaşadıklarına dikkat çekmiştir. Benzer olarak, Nakiboğlu (2003) çalışmasında, kimya öğretmen adaylarının orbital, kabuk ve yörünge kavramlarını birbirinin yerine kullandıklarını bulmuştur. Bunun bir nedeni olarak öğretmen adaylarının atomun yapısını açıklamada güneş sistemi modelini kullanmaları olarak belirtilmiştir. Ayrıca Bohr ve güneş sistemi modelinin daha somut ve basit olmasından dolayı öğretmen adayları modern atom teorisini görmüş olmalarına rağmen daha anlaşılır modelleri tercih etmektedirler. Benzer olarak, bir başka çalışmada Bilir vd., (2018), fen bilgisi öğretmen adaylarının birçoğunun Bohr ve modern atom teorilerini karıştırdıklarını bulmuştur. Bunun bir nedeni olarak öğretmen adaylarının katman, yörünge ve kabuk kavramlarını ayırt edememeleri olduğu belirtilmiştir. Atom ve atom kavramlarını anlayabilmek için öğrencilerin zihinlerinde işlevsel ve dinamik bir atom modelinin olması gerektiğini dile getiren Muştu, Eryılmaz ve Özkan (2017), atom ve atom kavramını açıklarken öğrencilerin kullandıkları analogilerinde günlük bilgileri kullandıkları, analogi kurmak için ise somut kavramlara başvurduklarını tespit etmişlerdir. Öğretmen adaylarıyla yapılan bir başka çalışmada Akyol (2009), üniversitede fen alanlarında öğrenim gören birinci ve dördüncü sınıf öğretmen adaylarından zihinlerindeki atom modelini çizimleri istenmiştir. Hem birinci hem de dördüncü sınıf fen bilgisi öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunun Rutherford atom modeline yakın çizimler ve açıklamalar yaptığı görülmüştür. Kimya öğretmen adaylarıyla yapılan bir diğer çalışmada, katılımcıların zihinindeki atom modeli olarak Bohr Atom Modelini resmettikleri görülmüştür. Kimya öğretmen adayları, elektronların çekirdeğin çevresindeki yörüngelerde bulunduğunu belirtmişlerdir (Nakiboğlu vd., 2002). Bunun sebeplerinden biri, öğrencilerin modern atom teorisini öğrenememesi ve özellikle orbitalleri zihinlerinde canlandıramamaları olabilir. Bir diğer sebebi ise ders kitaplarında yapılan çizimlerin daha çok Bohr Atom Modelini yansıması olabilir. Ayrıca atom modellerinin kopuk bir şekilde anlatılması da modern atom teorisini doğru bir şekilde öğrenmeyi engelleyebilir (Nakiboğlu vd., 2002). Son olarak da atom modellerini anlatırken kullanılan güneş sistemi modeli öğrencilerin modern atom teorisini öğrenememelerine de sebep olabilir (Nakiboğlu vd., 2002). Aygen (2019) çalışmasında, on dokuz kimya öğretmen adayı ve beş kimya öğretmenin atom modelleri ile ilgili kavramsal anlamalarını incelemiştir. Dalton atom modeli çizimlerinin analizi kimya öğretmen adaylarının yarısının bilimsel olmayan çizimler yaptığını ortaya koymuştur. Bazı kimya öğretmen adaylarının Dalton atom modeline göre atomu içi boş küre olarak ifade ettiği görülmüştür. Katılımcılardan Thomson ve Rutherford atom modellerini resmetmeleri istendiğinde birçok öğretmen adayının bilimsel olmayan çizimler yaptığı görülmüştür. Fakat öğretmen adaylarının Bohr Atom Modelini bilimsel bir şekilde çizdikleri gözlenmiştir. Modern atom teorisi ile ilgili çizimler incelendiğinde, sadece altı öğretmen adayının bilimsel çizimler yaptığı tespit edilmiştir. Altı öğretmen adayının hiç çizim yapamadığı ve diğerlerinin de bilimsel olmayan çizimler yaptığı görülmüştür. Aygen (2019) çalışmasında, atom modelleri konusunun düz anlatım yöntemiyle anlatılmasının bu konunun öğrenciler tarafından ezber bir şekilde öğrenilmesine sebep olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca atom modelleri konusu anlatılırken, atom modelleri arasında ilişkinin

kurulması, bir önceki modelin eksik yönlerinin belirtilip yeni modelin bu eksikleri nasıl açıkladığının ortaya konulmasının önemi belirtilmiştir (Aygen, 2019; Özgür & Bostan, 2007).

İlgili alan yazında, atom modelleri konusuyla ilgili olarak öğrencilerin ve öğretmen adaylarının birçok kavram yanlışlığına sahip oldukları belirtilmiştir. Atom konusu birçok fen ve kimya konusunun temelini oluşturduğu için bu konunun doğru bir şekilde öğrenilmesi oldukça önemlidir. Atom konusuyla ilgili sahip olunan yanlış kavramalar bu konunun temel oluşturduğu diğer konuların öğrenimini olumsuz bir şekilde etkileyeceğinden, öğrencilerin bu konuyla ilgili öğrenmelerini tespit etmek ve var olan yanlış kavramaları uygun öğretim metotlarıyla bertaraf etmek önemlidir. Baybars ve Küçüközer (2014) çalışmalarında, 7E öğrenme modelinin fen bilgisi öğretmen adaylarının atom konusunda kavramsal anlamalarını arttırdığını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, Erdamar (2017), iş birlikli öğrenme yönteminin 11. sınıf öğrencilerinin atomun yapısı ve atom modelleri konusundaki kavramsal anlamalarını etkili bir şekilde arttırdığını belirtmiştir. Öğrencilerin atom modellerini yanlış yorumlanması ve güncel kuantum kavramlarının yeterince anlaşılması, temel kuantum kimyası kavramının öğrenilmesinde temel sorunlar arasında yer almaktadır (Stefani & Tsapalis, 2009). Eryılmaz Muştı (2021), fen bilgisi öğretmen adayları ile yapmış olduğu çalışmada, öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin kavramsal anlamalarını kavram haritalarını kullanarak belirlemeye çalışmış ve öğretmen adaylarının atom kavramına ilişkin kavramsal anlamalarının anlamsız, geliştirilebilir ve kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Atom konusu, yüzyıllar boyunca bilimsel bilginin değişim ve gelişimine örnek olarak gösterilebilecek temel konulardan biridir. Özkan (2019) tarafından fen bilgisi öğretmen adayları ile yapılan çalışmada, atom ve atomun yapısı ile ilgili öğretmen adaylarının algıları belirlenmiş ve algılarının kavramsal düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna yönelik olarak da öğretim uygulamalarının gerçekleştirebileceği yönünde öneride bulunulmuştur. Buradan hareketle araştırmamıza katılan fen bilgisi öğretmen adaylarıyla geçmişten günümüze kadar ortaya atılan atom modelleri ile ilgili bilim tarihi ve bilimin doğası göz önüne alınarak çeşitli öğretim yöntem, teknik ve materyaller (TGA, 5E, kavram karikatürleri vb.) ile öğretim etkinlikleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, fen bilgisi öğretmen adaylarının hem etkinlikler öncesi hem de etkinlik sonrası atom modelleriyle ilgili çizimlerinden yola çıkarak sahip oldukları imajları incelenmiştir. Bu çalışmanın araştırma problemleri aşağıda yer almaktadır.

- Atom teorileri ve modellerine yönelik hazırlanan öğretim etkinlikleri öncesi fen bilgisi öğretmen adaylarının atom modellerine dair imajları nasıldır?
- Atom teorileri ve modellerine yönelik hazırlanan öğretim etkinlikleri sonrası fen bilgisi öğretmen adaylarının atom modellerine dair imajları nasıldır?

## 2. Yöntem

Bu bölümde araştırmanın deseni, araştırma katılımcıları, öğretim etkinliklerinin uygulanması, veri toplama araçları ve verilerin analizi ile ilgili açıklamalar yer almaktadır.

### 2.1. Araştırmanın Deseni

Fen bilgisi öğretmen adaylarının atom modelleri ile ilgili imajlarında meydana gelecek değişimi ortaya koymak amacıyla bu çalışmada nitel araştırma tekniklerinden olan durum çalışması türlerinden program etkileri durum çalışması kullanılmıştır. Durum çalışması, gözlemler, görüşmeler, görseller-işitseller dokümanlar gibi veri toplama araçları kullanılarak bir veya birkaç durumun derinlemesine incelendiği nitel bir araştırma yaklaşımıdır (Creswell, 2007).

## 2.2. Araştırmanın Katılımcıları

Bu araştırmada, amaçlı örnekleme yöntemlerinden maksimum çeşitlilik örnekleme yöntemi ile araştırmanın katılımcıları seçilmiştir. Katılımcıların mesleği, kariyeri, çalıştığı kurumu ve toplumsal konumu sosyal ölçütler, cinsiyet, yaş, etnik köken gibi değişkenleri bireysel ölçütler olarak adlandırılmış, maksimum çeşitlilik örnekleme yönteminde katılımcıların belirlenmesinde ölçüt olarak kullanılmaktadır (Creswell & Clark, 2016). Maksimum çeşitlilik örnekleme yöntemi kapsamında bu araştırmada çeşitli üniversitelerin fen bilgisi öğretmenliği lisans programı üçüncü sınıfında öğrenim gören öğrencilerden başvurular alınmıştır. Başvuru yapan fen bilgisi öğretmen adayları üniversitelere göre gruplandırılıp, kendi içlerinde genel not ortalamaları göre yüksekte düşüğe sıralanmıştır. Araştırma katılımcıları farklı üniversite ve genel ortalamaları yüksek olan fen bilgisi öğretmen adayları seçilerek belirlenmiştir. Araştırma katılımcılarına ait cinsiyet ve üniversite bilgisi aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

**Tablo 1.** Araştırmaya Katılan Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Cinsiyet ve Üniversitelerine Göre Dağılımları

Değişken	Düzy	N	%
Cinsiyet	Erkek	6	30
	Kadın	14	70
	Toplam	20	100
Üniversiteler	Boğaziçi Üniversitesi	1	5
	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi	1	5
	Düzce Üniversitesi	2	10
	Kayseri Erciyes Üniversitesi	1	5
	Gazi Üniversitesi	3	15
	Hacettepe Üniversitesi	3	15
	Kırıkkale Üniversitesi	2	10
	Mersin Üniversitesi	1	5
	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	1	5
	Necmettin Erbakan Üniversitesi	1	5
	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	2	10
	Pamukkale Üniversitesi	1	5
	Van Yüzüncüyıl Üniversitesi	1	5
	Toplam	20	100

Araştırmada katılımcı olarak on üç farklı üniversiteden 20 fen bilgisi öğretmen adayı yer almıştır. Tablo 1’de görüldüğü gibi araştırma etkinliklerine katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının %70’i (14) kadın, %30’u (6) erkektir. Katılımcı fen bilgisi öğretmen adaylarının dördümlük sistemdeki genel not ortalamaları dağılımı dördümlük sistemde en düşük 2,94, en yüksek 3,59’dur. Ayrıca katılımcı fen bilgisi öğretmen adayları atomun yapısı ile ilgili konuları birinci sınıfta Kimya 1, Genel Kimya-I ve Genel Kimya-II, ikinci sınıfta Fizik 3 ve Genel Fizik-III derslerinde işlemişlerdir.

## 2.3. Öğretim Etkinliklerinin Uygulanması

Öğretim etkinliklerinin uygulanması, TÜBİTAK2237-A Bilimsel Etkinlikler Desteği Programı’nın 28 Şubat- 4 Mart 2022 tarihleri arasında “Etkinliklerle Atomun Dünü Bugünü Yarını” isimli proje

kapsamında Akçakoca Öğretmenevi ve Akşam Sanat Okulunda beş günde tamamlanmıştır. Öğretim etkinlikleri kırk beş dakikalık ders saatlerinde gerçekleştirilmiştir ve her bir ders saati arasında on beşer dakikalık ara verilmiştir. Ayrıca dört ders saatinin ardından altmış dakika öğle arası verilmiştir.

Öğretim etkinlikleri, atomun yapısı konusu, farklı öğretim yöntem ve teknikler, basit araç gereçlerle öğretim, modelleme, iş birlikli öğrenme (jigsaw), tahmin et-gözle-açıkla, STEM, 5E öğrenme modeli, ters-yüz öğrenme, sanal deneyler, kavram karikatürleri ve bilimin doğası) işe koşularak hazırlanmış ve uygulanmıştır. Araştırma kapsamında yürütülen etkinliklerin her biri alanın uzman öğretim üyeleri tarafından gerçekleştirilmiştir. İlgili öğretim etkinliklerine dair bilgiler aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

**Tablo 2.** Öğretim Etkinlikleri ile İlgili Bilgiler

<i>Etkinlik No</i>	<i>Etkinliğin Adı</i>	<i>Etkinlik Süresi</i>	<i>Etkinliğin Amacı</i>
1	Atom ile İlgili Kavram Yanılgıları	2 Ders Saati	Maddenin tanecikli yapısı ve atom konusunda en yaygın olarak gözlenen kavram yanılgılarına yönelik hazırlanan kavram karikatürleri, açık uçlu ya da çoktan seçmeli sorular kullanılarak tartışma ortamı aracılığı ile fen bilgisi öğretmen adaylarının maddenin tanecikli yapısı ve atom konusunda sahip oldukları kavram yanılgılarının farkına varmalarını sağlamak
2	Filozofların Atom Hakkındaki Fikirleri	4 Ders Saati	Filozofların atom hakkındaki fikirleri dijital bir program kullanılarak soru-cevap eşliğinde anlatılacaktır. Bu kısım bilim tarihi kapsamında ele alınacaktır. Filozofların öne sürdüğü atoma ilişkin fikirlerini modellemek ve aynı zamanda bilimin doğası ile ilgili olarak bilimsel bilginin üretilmesinde gözlem ve çıkarımların rollerini, bilim insanının bakış açısının, hayal gücünün ve yaratıcılığının etkisini ve son olarak bilimsel bilginin değişebilir doğasına ilişkin anlayış geliştirmek.
3	Kimyada İlk Buluşlar	3 Ders Saati	Fen bilgisi öğretmen adaylarına günlük hayatta kullanılan basit malzemeler aracılığı ile kütlelerin korunumu, sabit oranlar ve katlı oranlar yasalarını keşfetmelerini sağlamak
4	John Dalton Kimdir?	2 Ders Saati	Fen bilgisi öğretmen adaylarına John Dalton'un hayatı ve Dalton atom modelinin özellikleri, bilgilerini kendi kendilerine yapılandırmalarına yardım eden ve aynı anda fen bilgisi öğretmen adaylarının etkinliğe katılımını sağlayan kavram karikatür destekli çalışma yaprakları kullanılarak kavratmak

Tablo 2 devamı

5	Faraday Deneyi	Elektroliz	4 Ders Saati	STEM etkinliği yaptırarak fen bilgisi öğretmen adaylarının Faraday yasalarını anlamalarına yardımcı olmak
6	Thomson Atom Modeli		2 Ders Saati	Katot ışın tüpü deneyini web tabanlı bir sanal deney düzeneği üzerinde gerçekleştirerek elektronun keşfi ve Thomson atom modelini fen bilgisi öğretmen adaylarına tanıtmak
7	Kara Kutu Rutherford Modeli	Etkinliği-Atom	4 Ders Saati	Fen bilgisi öğretmen adaylarına, kara kutu etkinliği ile gözlemlerine dayalı çıkarımlarda bulunmalarını sağlayarak içine bakamadıkları bir kutuda ne olduğunu belirlemeye çalışmalarını sağlamaktır. Daha sonra fen bilgisi öğretmen adayları bu etkinlikteki deneyimlerini Rutherford atom modelinin gelişimi ile ilişkilendirerek bilimde gözlem ve çıkarımın rolünü belirlemeye çalışmalarını sağlamak
8	Elektromanyetik Işımlar		4 Ders Saati	Atomların kuantumlu yapısı, enerji seviyeleri ve atomlardaki farklı tip ve mekanizmadaki ışımalar detayları ile ele alarak modern çağda atoma ve ışığa bakışımızın nasıl olduğunun fen bilgisi öğretmen adaylarına açıklanması
9	Atom Spektrumları		2 Ders Saati	Fen bilgisi öğretmen adaylarının kimyaya ilişkin bilgileri anlamlandırabilecek anlayış sistemlerini oluşturmalarına katkı sağlamak ve onları gruplar halindeki problem çözme çalışmalarıyla katıldıkları daha dinamik ve daha sosyal alanlara taşımak.
10	Bohr Atom Teorisi ve Bohr Atom Modeli		3 Ders Saati	İş birlikli öğrenme yönteminde kullanılan jigsaw tekniğinde bilim tarihi ve bilimin doğası anlayışına uygun şekilde hazırlanan "Bohr Atom Teorisi ve Bohr Atom Modeli" çalışma yaprağı kullanılarak fen bilgisi öğretmen adaylarının konu ile ilgili bilgilenmelerini sağlamak
11	Dalga-Tanecik İkiliği		3 Ders Saati	Tahmin-Gözlem ve Açıklama (TGA) tekniğinin, kullanımı ile fen bilgisi öğretmen adaylarının maddenin dalga-tanecik ikiliğinin farkına varmalarını sağlamak
12	Modern Atom Teorisi		4 Ders Saati	5E öğrenme döngüsü modeline dayalı modern atom teorisi etkinliği ile fen bilgisi öğretmen adaylarının modern atom teorisi ile ilgili bilgi vermek

Tablo 2 devamı

13	Atom Altı Parçacıklar	2 Ders Saati	Fen bilgisi öğretmen adaylarına atom altı parçacıklar hakkında bilgi vermek
14	Atomdan Nobel Ödülü'ne Uzanan İnsanları ve Fen Bilimlerine Katkıları	2 Ders Saati	Atom ile ilgili çalışmalar yaparak Nobel Ödülü alan bilim insanlarının fen bilimlerine katkısı, yaşamımızdaki yansımaları ve etkisinin önemini fen bilgisi öğretmen adaylarına anlatmak

Öğretim etkinlikleri 28 Şubat – 4 Mart 2022 tarihleri arasında beş gün süre ile toplam 41 ders saatinde tamamlanmıştır. Öğretim etkinlikleri yüz yüze gerçekleştirecek şekilde planlanmış ancak 2,4 ve 11 numaralı etkinlik sorumlularının Covid rahatsızlığından dolayı, ilgili etkinlikler çevrimiçi ortamda gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında yürütülen etkinlikler Tablo 2'de sunulmuş ve bazı öğretim etkinliklerinin uygulama süreci makale ekinde (Ek-1 ve Ek-2) verilmiştir. Diğer etkinliklere sorumlu yazardan ulaşılabilir.

#### 2.4. Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırmada elde edilen veriler, “Etkinliklerle Atomun Dünü Bugünü Yarını” projesine katılan farklı üniversitelerde öğrenim gören 20 fen bilgisi öğretmen adayının proje öğretim etkinlikleri öncesi ve sonrasında zihinlerinde yer alan atom modellerine ilişkin yapmış oldukları çizimler ile sınırlıdır. Ayrıca katılımcı sayısının az olması, öğretim etkinliklerinin beş günlük süre içerisinde tamamlanması, katılımcıların farklı ön öğrenmelere sahip olması bu araştırmanın diğer sınırlılıklarıdır.

#### 2.5. Veri Toplama Araçları ve Verilerin Analizi

Katılımcı fen bilgisi öğretmen adaylarına öğretim etkinlikleri öncesi ve sonrasında zihinlerinde yer alan atom modellerine ilişkin imajları ve bu imajlarda meydana gelen değişimi ortaya çıkarmak amacıyla belirtilen atom modeli ile ilgili zihinlerinde canlanan resmi dağıtılan boş bir kâğıda çizimleri istenmiştir. İlgili atom modeli ile ilgili çizimi tamamlandıktan sonra çizimlerini ayrıntılı bir şekilde yazılı olarak anlatmaları istenmiştir. Bir kavram ile ilgili önce çizim yapılması daha sonra bu çizimin yazılı olarak açıklanması, daha doğal ve kalite veri elde edilmesinde ve bu verilerin ayrıntı olarak incelenmesinde yardımcı olmaktadır (Reiss & Tunnicliffe, 2001). Katılımcı fen bilgisi öğretmen adaylarından çizimleri istenen atom modellerini rastgele bir sıra ile çizimleri, tüm katılımcılardan çizimleri tamamlandıktan sonra açıklama yapmaları istenmiştir. Çizim yaprakları toplanarak diğer atom modelleri için de sırası ile aynı işlem tekrar edilmiştir. Verilen atom modellerini çizimleri ve açıklamaları toplamda bir ders saati süresinde tamamlanmıştır.

Katılımcı fen bilgisi öğretmen adaylarının öğretim etkinlikleri öncesi ve sonrası atom modellerine ilişkin çizimleri ve açıklamaları, her bir atom modelinin tarihsel gelişimi ve ilgili bilim insanı tarafından ortaya konan model dikkate alınarak içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Fen bilgisi öğretmen adaylarının atom modellerine yönelik imajlarını ve imajlarında meydana gelen değişimleri belirlemek amacıyla çizim yapraklarından elde edilen veriler kodlanmış, kodlar revize edilerek kategoriler oluşturulmuş ve her bir kategori için frekans belirlenmiştir. Veri analizinin güvenilirliğini belirlemek için rastgele seçilen beş fen bilgisi öğretmen adayının çizimi, iki farklı alan uzmanı tarafından kodlanmış ve verilen kodlar arasındaki tutarlılığa bakılmıştır. Kodlar arasındaki tutarlılığı hesaplamak için Miles ve Huberman (1994) tarafından tanımlanan yaklaşım kullanılmıştır. Bu yaklaşıma göre kodlayıcılar arasındaki tutarlılık=ortak kod sayısı/(ortak kod sayısı + farklı kod sayısı) formülüyle



hesaplanmaktadır. Bu çalışmada araştırma etkinlikleri öncesi ve sonrası için kodlayıcılar arasındaki tutarlılık katsayıları sırasıyla 0,98 ve 0,96 olarak bulunmuştur. Kodlamada farklılık gösterilen veri kesitleri için kodlayıcılar arasında değerlendirilerek uzlaşıya varılmıştır. Miles ve Huberman (1994), nitel çalışmalarda kodlayıcıların verdikleri kodlar arasında %80 ve üzeri tutarlılığın olması durumunda çalışma sonuçlarının güvenilir olduğunun düşünülebileceğini ifade etmektedirler. Araştırma etkinlikleri öncesi ve sonrası elde edilen kodların frekansları karşılaştırılmıştır. Araştırma etkinlikleri sonrasında, fen bilgisi öğretmen adaylarının sahip oldukları atom modellerine ilişkin imajlarının araştırma etkinlikleri öncesine göre ne yönde farklılaştığı belirlenmiştir. Verilerin geçerliğini sağlamak amacıyla fen bilgisi öğretmen adaylarının çizimlerinden alıntılar sunulmuştur.

## 2.6. Etik

Bu araştırmanın Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu tarafından 07.02.2022 tarihinde 2022/44 sayılı kararıyla sayılı kararıyla verilen etik kurul izni bulunmaktadır. Bu araştırmanın planlanmasından, uygulanmasından, verilerin toplanmasından verilerin analizine kadar olan tüm süreçte “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Bu araştırmanın yazım sürecinde bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamıştır. Bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir.

## 3. Bulgular

Araştırma verilerinden elde edilen bulgular beş başlık altında toplanmıştır. Bunlar;



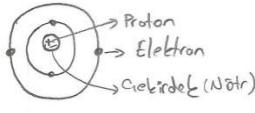
- i. Dalton atom modeli imajları
  - ii. Thomson atom modeli imajları
  - iii. Rutherford atom modeli imajları
  - iv. Bohr Atom Modeli imajları
  - v. Kuantum Atom Modeline imajları
- şeklindedir.

### 3.1. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Dalton Atom Modeline Dair İmajları

Fen bilgisi öğretmen adaylarının Dalton Atom Modeli'ne dair imajlarını ve imajlarında meydana gelen değişimi ortaya çıkarmak için araştırma etkinlikleri öncesinde ve sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarına 'Dalton Atom Modeli denildiğinde zihninizde yer alan görüntüyü çiziniz' şeklinde soru sorularak fen bilgisi öğretmen adaylarından çizim yapmaları, çizimlerini tamamladıktan sonra çizimlerini açıklamaları istenmiştir.

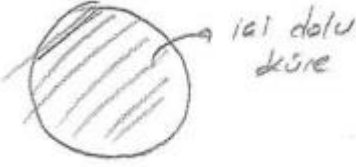
Fen bilgisi öğretmen adaylarının çizimleri; küresel ve içi dolu şeklinde ise tam bilimsel çizim kategorisine alınmıştır. Bu özelliklerden herhangi birini içermiyorsa (Örneğin içi boş küresel yapı) kısmen bilimsel, soruyla alakalı olmayan veya diğer atom modellerine dair çizimler (örneğin Thomson atom modelini çizimi) bilimsel olmayan ve ilgisiz çizimler kategorisine alınmıştır. Araştırma etkinlikleri öncesinde fen bilgisi öğretmen adaylarının Dalton Atom Modeli'ne dair imajlarına yönelik kategoriler ve frekanslar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 3.** Öğretim Etkinlikleri Öncesi Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Dalton Atom Modeline Dair İmajları ve Açıklamaları

Öğretmen Adayı Çizimleri	Örnek Çizimler	f (%)	Çizime Dair Açıklama
Tam Bilimsel Çizimler		5 (25)	İçi dolu berk küredir. Parçalanamaz ve bölünemez.
Kısmen Bilimsel Çizimler		12 (60)	Dalton'a göre atom, içi boşluklardan oluşur. Elektron, nötron ve protona dair bilgiler yoktur.
Bilimsel Olmayan ve İlgisiz Çizimler		3 (15)	Dalton atom modelimizde ilk önce nötron yani çekirdek kısmını oluşturup daha sonra çekirdek etrafına ise elektronları yerleştirdik.
Toplam Çizimler		20	

Tablo 3 incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının Dalton Atom Modeline dair imajlarının öğretim etkinlikleri öncesinde tam bilimsel çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %25'ini, kısmen toplam frekansın %60'ını, bilimsel olmayan ve ilgisiz çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %15'ini içerdiği görülmektedir. Öğretim etkinlikleri sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarının Dalton Atom Modeline dair imajlarına yönelik kategoriler ve frekanslar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 4.** Öğretim Etkinlikleri Sonrası Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Dalton Atom Modeline Dair İmajları

Öğretmen Adayı Çizimleri	Örnek Çizimler	f (%)	Çizime Dair Açıklama
Tam Bilimsel Çizimler		20 (100)	Dalton atomun içi dolu küre olduğunu savunmuştur. Bir elementin bütün atomları aynıdır.
Kısmen Bilimsel Çizimler	-	-	
Bilimsel Olmayan ve İlgisiz Çizimler	-	-	
Toplam Çizimler		20	

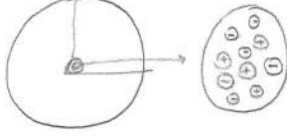
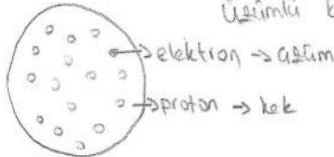
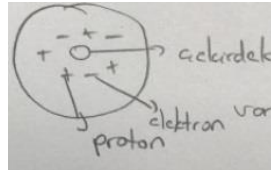
Tablo 4 incelendiğinde fen bilgisi öğretmen adaylarının Dalton Atom Modeline dair imajlarının araştırma etkinlikleri sonrasında tamamının (%100) tam bilimsel çizim kategorisinde olduğu görülmektedir.

### 3.2. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Thomson Atom Modeline Dair İmajları

Fen bilgisi öğretmen adaylarının Thomson Atom Modeline dair imajlarını ve imajlarında meydana gelen değişimi ortaya çıkarmak için öğretim etkinlikleri öncesinde ve sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarına 'Thomson Atom Modeli denildiğinde zihninizde yer alan görüntüyü çiziniz' şeklinde soru sorularak fen bilgisi öğretmen adaylarından çizim yapmaları, çizimlerini tamamladıktan sonra çizimlerini açıklamaları istenmiştir.

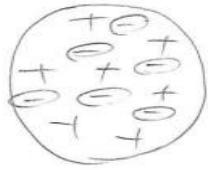
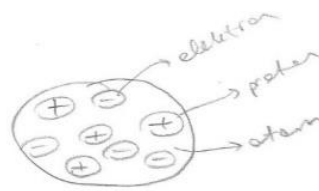
Fen bilgisi öğretmen adaylarının çizimleri; üzümlü kek modeli veya benzer modellemeler ile gösterilmiş, kekin ana kısmını pozitif yükler ve bu pozitif yükleri dengeleyecek kadar keke gömülmüş üzümler negatif yükleri temsil ediyor ise veya buna benzer çizimler şeklinde tam bilimsel çizim kategorisine alınmıştır. Bu özelliklerden herhangi birini içermiyorsa veya pozitif yüklerden proton, negatif yüklerden elektron olarak bahsediliyor ise kısmen bilimsel, soruyla alakalı olmayan veya diğer atom modellerine dair çizimler bilimsel olmayan ve ilgisiz çizimler kategorisine alınmıştır. Araştırma etkinlikleri öncesinde fen bilgisi öğretmen adaylarının Thomson Atom Modeline dair imajlarına yönelik kategoriler ve frekanslar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 5.** Öğretim Etkinlikleri Öncesi Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Thomson Atom Modeline Dair İmajları ve Açıklamaları

Öğretmen Adayı Çizimleri	Örnek Çizimler	f (%)	Çizime Dair Açıklama
Tam Bilimsel Çizimler		5 (25)	(+) ve (-) yükler atomun içerisinde dağınık halde bulunmaktadır. Bu modele üzümlü kek modeli de denmektedir.
Kısmen Bilimsel Çizimler		14 (70)	Elektronlar, proton adı verilen bulutun üzerinde rastgele dağılmışlardır.
Bilimsel Olmayan ve İlgisiz Çizimler		1 (5)	Atomun merkezinde çekirdek, çekirdek etrafından protonlar ve elektronlar bulunmaktadır.
Toplam Çizimler	-	20	

Tablo 5 incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının Thomson Atom Modeline dair imajlarının öğretim etkinlikleri öncesinde tam bilimsel çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %25'ini, kısmen bilimsel, toplam frekansın %70'ini, bilimsel olmayan ve ilgisiz çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %5'ini içerdiği görülmektedir. Araştırma etkinlikleri sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarının Thomson Atom Modeline dair imajlarına yönelik kategoriler ve frekanslar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 6.** Öğretim Etkinlikleri Sonrası Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Thomson Atom Modeline Dair İmajları ve Açıklamaları

Öğretmen Adayı Çizimleri	Örnek Çizimler	f (%)	Çizime Dair Açıklama
Tam Bilimsel Çizimler		11 (55)	Thomson atom benzetmesi "Üzümlü Kek" modelidir. Bu benzetmeye göre kek pozitif yük, üzümler negatif yüklerdir.
Kısmen Bilimsel Çizimler		9 (45)	Erikli puding ya da üzümlü kek diyebiliriz. Yalnızca elektron ve protonlardan bahseder. Elektronlar ve protonlar atom içerisinde rastgele yerleşmişlerdir.
Bilimsel Olmayan ve İlgisiz Çizimler	-	-	
Toplam Çizimler		20	

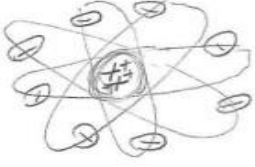
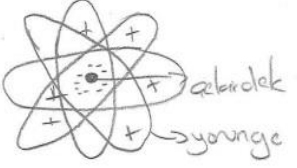
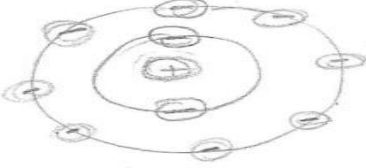
Tablo 6 incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının Thomson Atom Modeline dair imajlarının öğretim etkinlikleri sonrasında tam bilimsel çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %55'ini, kısmen toplam frekansın %45'ini, bilimsel olmayan ve ilgisiz çizim kategorisine ait çizimlerin yer almadığı görülmektedir.

### 3.3. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Rutherford Atom Modeline Dair İmajları

Fen bilgisi öğretmen adaylarının Rutherford Atom Modeline dair imajlarını ve imajlarında meydana gelen değişimi ortaya çıkarmak için öğretim etkinlikleri öncesinde ve sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarına 'Rutherford Atom Modeli denildiğinde zihninizde yer alan görüntüyü çiziniz' şeklinde soru sorulmuştur. Fen bilgisi öğretmen adaylarından çizim yapmaları, çizimlerini tamamladıktan sonra çizimlerini açıklamaları istenmiştir.

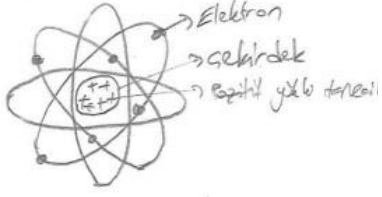
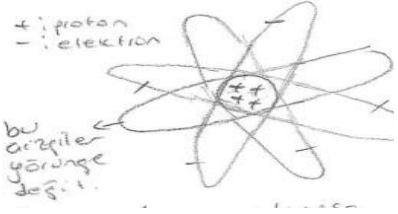
Fen bilgisi öğretmen adaylarının çizimleri; atomun merkezinde artı yüklülerin toplandığı bir çekirdek ve çekirdeğin etrafında negatif yükler (elektronlar) gösterilmiş ise tam bilimsel çizim kategorisine alınmıştır. Bu özelliklerden herhangi birini içermiyorsa veya pozitif yüklerden proton olarak bahsediliyor ise kısmen bilimsel, soruyla alakalı olmayan veya diğer atom modellerine dair çizimler bilimsel olmayan ve ilgisiz çizimler kategorisine alınmıştır. Araştırma etkinlikleri öncesinde fen bilgisi öğretmen adaylarının Rutherford Atom Modeline dair imajlarına yönelik kategoriler ve frekanslar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 7.** Öğretim Etkinlikleri Öncesi Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Rutherford Atom Modeline Dair İmajları ve Açıklamaları

Öğretmen Adayı çizimleri	Örnek Çizimler	f (%)	Çizime Dair Açıklama
Tam Bilimsel Çizimler		5 (25)	Merkezde, çekirdekte artı yüklü tanecikler var, çevresinde eksi yüklü tanecikler var.
Kısmen Bilimsel Çizimler		11 (55)	Rutherford atom modelinin merkezinde + yükler birikmiştir. Dışa doğru ise elektronlar vardır.
Bilimsel Olmayan ve İlgisiz Çizimler		3 (15)	Proton çekirdektedir. Katman kavramı vardır. 1. katman 2 elektron alır. 2. katman 8 elektron alır. Elektronlar hareket halindedir. Elektronlar belirli bir kurala göre dizilirler.
Toplam Çizimler		19	

Tablo 7 incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının Rutherford Atom Modeline dair imajlarının öğretim etkinlikleri öncesinde tam bilimsel çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %25'ini, kısmen toplam frekansın %55'ini, bilimsel olmayan ve ilgisiz çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %15'ini içerdiği görülmektedir. Öğretim etkinlikleri sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarının Rutherford Atom Modeline dair imajlarına yönelik kategoriler ve frekanslar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 8.** Araştırma Etkinlikleri Sonrası Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Rutherford Atom Modeline Dair İmajları ve Açıklamaları

Öğretmen Adayı çizimleri	Örnek Çizimler	f (%)	Çizime Dair Açıklama
Tam Bilimsel Çizimler		15 (75)	Atomun büyük bir kısmı boşluklardan oluşur. Pozitif yüklü tanecikler atomun merkezinde bulunur, kütlece çok büyüktür. Elektronlar çekirdeğin etrafındadır. Yörünge kavramı yoktur.
Kısmen Bilimsel Çizimler		5 (25)	Merkezde kütleli büyük hacmi küçük pozitif yüklü bir kısım bulunur. Atomun büyük bir kısmı boşluktur. Proton ve elektron sayıları eşittir. Yörünge yoktur.
Bilimsel Olmayan ve İlgisiz Çizimler	-	-	
Toplam Çizimler		20	

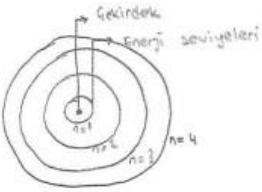
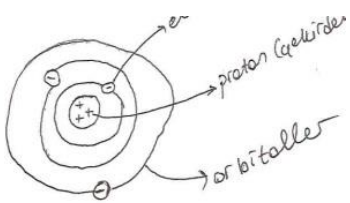
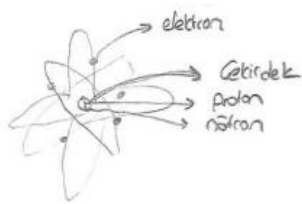
Tablo 8 incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının Rutherford Atom Modeline dair imajlarının öğretim etkinlikleri sonrasında tam bilimsel çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %75'ini, kısmen toplam frekansın %25'ini, bilimsel olmayan ve ilgisiz çizim kategorisine ait çizimlerin yer almadığı görülmektedir.

### 3.4. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Bohr Atom Modeline Dair İmajları

Fen bilgisi öğretmen adaylarının Bohr Atom Modeline dair imajlarını ve imajlarında meydana gelen değişimi ortaya çıkarmak için öğretim etkinlikleri öncesinde ve sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarına 'Bohr Atom Modeli denildiğinde zihninizde yer alan görüntüyü çiziniz' şeklinde soru sorularak kendilerinden çizim yapmaları, çizimlerini tamamladıktan sonra çizimlerini açıklamaları istenmiştir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarının çizimleri; atomun merkezinde pozitif yükün bulunduğu çekirdek (nükleus) ve çekirdek etrafında belirli enerji seviyelerinde veya yörüngelerde, elektronların hareket ettiği gösterilmiş ise tam bilimsel çizim kategorisine alınmıştır. Bu özelliklerden herhangi birini içermiyorsa, pozitif yüklerden proton olarak bahsediliyor ise ayrıca yüksek elektron sayılı gösterimler kısmen bilimsel, soruyla alakalı olmayan veya diğer atom modellerine dair çizimler bilimsel olmayan ve ilgisiz çizimler kategorisine alınmıştır. Öğretim etkinlikleri öncesinde fen bilgisi öğretmen adaylarının Bohr Atom Modeline dair imajlarına yönelik kategoriler ve frekanslar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 9.** Öğretim Etkinlikleri Öncesi Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Bohr Atom Modeline Dair İmajları Ve Açıklamaları

Öğretmen Adayı çizimleri	Örnek Çizimler	f (%)	Çizime Dair Açıklama
Tam Bilimsel Çizimler		7 (35)	Çekirdekte artı yüklü tanecikler, elektronlar yörüngelerde yer almaktadırlar. N=1, 2, 3, 4 değerlerini almış, elektronlar her enerji seviyesinde farklı miktarlarda bulunmaktadır.
Kısmen Bilimsel Çizimler		11 (55)	Çekirdekte protonlar yani artı yüklü iyonlar bulunur. Çekirdek çevresinde orbitaller bulunur. Orbitaller üzerinde elektronlar yani eksi yüklü iyonlar bulunur.
Bilimsel Olmayan ve İlgisiz Çizimler		2 (10)	Atomun içinde çekirdek bulunur. Çekirdeğin içerisinde nötron ve proton bulunur. Atomun yörüngelerinde elektronlar hareket eder.
Toplam Çizimler		20	

Tablo 9 incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının Bohr Atom Modeline dair imajlarının öğretim etkinlikleri öncesinde tam bilimsel çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %35'ini, kısmen toplam frekansın %55'ini, bilimsel olmayan ve ilgisiz çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %10'unu içerdiği görülmektedir. Öğretim etkinlikleri sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarının Bohr Atom Modeline dair imajlarına yönelik kategoriler ve frekanslar aşağıdaki tabloda verilmiştir.



**Tablo 10.** Öğretim Etkinlikleri Sonrası Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Bohr Atom Modeline Dair İmajları ve Açıklamaları

Öğretmen Adayı Çizimleri	Örnek Çizimler	f (%)	Çizime Dair Açıklama
Tam Bilimsel Çizimler		15 (75)	Az elektron sayılı türleri açıklamıştır. Elektronlar buldukları yörüngelere göre bir enerjileri vardır. Çekirdekte pozitif yüklü tanecikler vardır. Elektronlar negatif yüklüdür.
Kısmen Bilimsel Çizimler		5 (25)	Yörünge kavramından söz etti. Çekirdek merkezdedir, elektronlar belirli yörüngelerde bulunur. Elektronlar yörüngelerde hareket ederler.
Bilimsel Olmayan ve İlgisiz Çizimler	-	-	-
Toplam Çizimler		20	

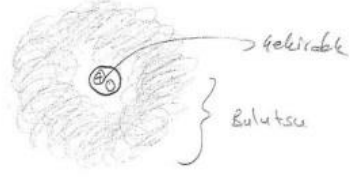
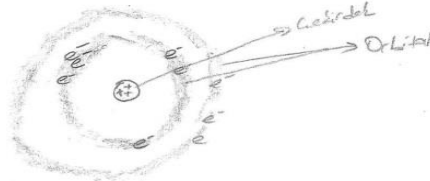
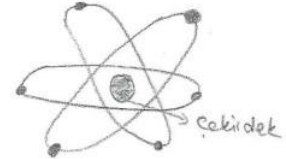
Tablo 10 incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının Bohr Atom Modeline dair imajlarının araştırma etkinlikleri sonrasında tam bilimsel çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %75'ini, kısmen toplam frekansın %25'ini, bilimsel olmayan ve ilgisiz çizim kategorisine ait çizimlerin yer almadığı görülmektedir.

### 3.4. Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kuantum Atom Modeline Dair İmajları

Fen bilgisi öğretmen adaylarının Kuantum Atom Modeline ne dair imajlarını ve imajlarında meydana gelen değişimi ortaya çıkarmak için öğretim etkinlikleri öncesinde ve sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarına 'Kuantum Atom Modeline denildiğinde zihninizde yer alan görüntüyü çiziniz' şeklinde soru sorulmuştur. Fen bilgisi öğretmen adaylarından çizim yapmaları, çizimlerini tamamladıktan sonra çizimlerini açıklamaları istenmiştir.

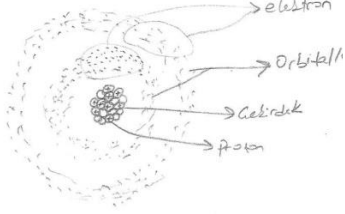
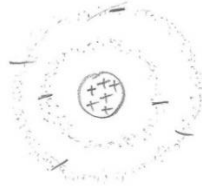
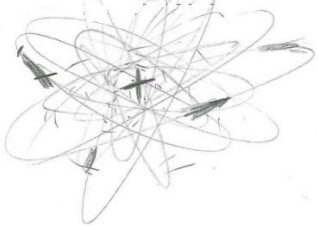
Fen bilgisi öğretmen adaylarının çizimleri; atomun merkezinde protonlar ve nötronlardan oluşan çekirdek, çekirdeğin etrafında belirli enerji seviyelerinde kabuklar bulutumsu şekilde gösterilmiş ve bu alanlarda elektronların bulunma ihtimalleri gösterilmiş ise tam bilimsel çizim kategorisine alınmıştır. Bu özelliklerden herhangi birini içermiyorsa kısmen bilimsel, soruyla alakalı olmayan veya diğer atom modellerine dair çizimler bilimsel olmayan ve ilgisiz çizimler kategorisine alınmıştır. Öğretim etkinlikleri öncesinde fen bilgisi öğretmen adaylarının Kuantum Atom Modeline ne dair imajlarına yönelik kategoriler ve frekanslar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 11.** Öğretim Etkinlikleri Öncesi Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kuantum Atom Modeline ne Dair İmajları ve Açıklamaları

Öğretmen Adayı Çizimleri	Örnek Çizimler	f (%)	Çizime Dair Açıklama
Tam Bilimsel Çizimler		1 (5)	Yörünge kavramı yoktur, katmanlar bulunur. Elektronların yeri ve hızı aynı anda tespit edilemez. Çekirdekte proton ve nötronlar bulunur.
Kısmen Bilimsel Çizimler		6 (30)	Atomun merkezinde çekirdek bulunur. Çekirdek protonlardan meydana gelir. Çekirdeğin etrafından katmanlar vardır. Bu katmanlarda elektronlar vardır. Elektronların yeri tam olarak bilinmez.
Bilimsel Olmayan ve İlgisiz Çizimler		9 (45)	Elektronların hangi yörüngeden geldiği ve nereye gittiği saptanamaz. Atomun merkezinde çekirdek adı verilen yoğun bir bölge vardır.
Toplam Çizimler	-	16	

Tablo 11 incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının Kuantum Atom Modeline ne dair imajlarının öğretim etkinlikleri öncesinde tam bilimsel çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %5'ini, kısmen toplam frekansın %30'unu, bilimsel olmayan ve ilgisiz çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %45'ini içerdiği görülmektedir. Ayrıca 4 fen bilgisi öğretmen adayı herhangi bir çizim yapmamıştır. Öğretim etkinlikleri sonrasında fen bilgisi öğretmen adaylarının Kuantum Atom Modeline ne dair imajlarına yönelik kategoriler ve frekanslar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 12.** Öğretim Etkinlikleri Sonrası Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kuantum Atom Modeline ne Dair İmajları ve Açıklamaları

Öğretmen Adayı Çizimleri	Örnek Çizimler	f (%)	Çizime Dair Açıklama
Tam Bilimsel Çizimler		10 (50)	Proton ve nötron çekirdekte bulunur. Protonlar pozitif yüklü parçacıklardır, nötronlar ise yüksüzdür. Elektronların yeri tam olarak tespit edilemez, bulunma ihtimali yüksek olan yerler vardır. Bu yerlere orbital denir.
Kısmen Bilimsel Çizimler		9 (45)	Proton çekirdekte yer alır. Elektronlar bulunma ihtimalinin yüksek olduğu orbitallerde yer alırlar. Net yörüngeler yerine bulutlardan bahsedilmiştir.
Bilimsel Olmayan ve İlgisiz Çizimler		1 (5)	Elektron temel atom altı parçacık olarak kabul edilir. Nötron ve proton çekirdek altı parçacıklardır.
Toplam Çizimler		20	

Tablo 12 incelendiğinde, fen bilgisi öğretmen adaylarının Kuantum Atom Modeline ne dair imajlarının öğretim etkinlikleri sonrasında tam bilimsel çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %50'sini, kısmen toplam frekansın %45'ini, bilimsel olmayan ve ilgisiz çizim kategorisine ait frekans toplam frekansın %5'ini içerdiği görülmektedir.

#### 4. Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu araştırmada, TÜBİTAK-2237A Bilimsel Eğitim Etkinlikleri Desteği programı kapsamında yürütülen "Etkinliklerle Atomun Dünü Bugünü Yarını" etkinliğinin, etkinliğe katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının sahip oldukları atom modelleri imajına etkisi ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Fen bilgisi öğretmen adaylarına öğretim etkinlikleri öncesi uygulanan veri toplama araçlarından elde edilen sonuçlara bakıldığında, öğretim etkinliklerine katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının Dalton Atom Modeline dair imajlarının büyük oranda (%60) kısmen bilimsel olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çizimler detaylıca incelendiğinde, kısmen bilimsel imaja ait çizimlerde fen bilgisi öğretmen adaylarının Dalton Atom Modelini içi boş küreler şeklinde çizdikleri, bilimsel olmayan veya ilgisiz çizimlerde ise diğer atom modellerine ait çizimlerin olduğu görülmüştür. Öğretim etkinlikleri sonrasında elde edilen veriler analiz edildiğinde, öğretim etkinliklerine katılan tüm fen bilgisi öğretmen adaylarının Dalton Atom Modeline ait imajlarının tam bilimsel olduğu görülmüştür. Bilir vd. (2016)'nin

birinci ve ikinci sınıf fen bilgisi öğretmen adayları ile atom modellerine dair imajlarının belirlenmesine yönelik yapmış olduğu çalışmada, fen bilgisi öğretmen adaylarının Dalton Modeline dair imajlarının %58.8 tam bilimsel olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada, fen bilgisi öğretmen adaylarının araştırma etkinlikleri öncesi %20 olan tam bilimsel imajlarının araştırma etkinlikleri sonrası %100 oranında tam bilimsel olması, araştırma etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarının Dalton Atom Modeli imajlarına olumlu yönde etki ettiği şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca Dalton Atom Modelinin ilk atom modeli olarak karşımıza çıkması ve model yapısının diğer atom modellerine göre daha basit olmasının fen bilgisi öğretmen adaylarının Dalton Atom Modeli imajlarını tam bilimsel olarak çizmelerinde de etkisi olduğu söylenebilir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarına öğretim etkinlikleri öncesi uygulanan veri toplama araçlarından elde edilen sonuçlara bakıldığında, öğretim etkinliklerine katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının Thomson Atom Modeline dair imajlarının büyük oranda (%70) kısmen bilimsel olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Benzer sonuçlara Bilir vd. (2016)'nin fen bilgisi öğretmen adayları ile yaptıkları çalışmada da ulaşılmıştır. Öğretim etkinlikleri sonrasında araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının Thomson Atom Modeline yönelik imajlarının %55 tam bilimsel imajlara dönüştüğü, %45 oranında ise kısmen bilimsel imajda yer aldığı gözlenmiştir. Kısmen bilimsel imaja sahip katılımcı fen bilgisi öğretmen adaylarının modelde yer alan pozitif yüklü parçacıkları proton olarak adlandırdıkları görülmektedir. Tarihsel gelişim süreci içerisinde incelendiğinde, Micheal Faraday (1791-1867), havası büyük oranda boşaltılmış bir cam borudan elektrik akımı geçirildiğinde negatif uç (katot) tarafından yayılan katot ışınlarını keşfetmiş, katot ışınları için elektron terimini ilk olarak George Stoney (1874) kullanmıştır. 1897 yılında J.J Thomson, katot ışınlarının kütesinin (m) yüküne oranını (e), m/e değerini, değerini hesaplamış, 1906-1914 yılları arasında Robert Milikan tarafından yapılan yağ damlası deneyi ile katot ışınlarının yani elektronların m ve e değerleri bulunmuştur. J. J. Thomson, bu bilgiler ışığında ortaya attığı atom modelini, nötr bir atomda eksi yükü (elektronları) dengeleyen artı yükler bulunmalı ve bu artı yükler bulut şeklinde olmalıdır. Elektronlar bu pozitif yük bulutu içinde olacağı şeklinde açıklamıştır. (Petrucci vd., 2015). J.J. bu atom modelini 1897 yılında ortaya koymuştur (Akyol, 2009). Artı yükü taneciklere proton ismi 1919 yılında Rutherford tarafından verilmiştir (Petrucci vd., 2015). Bu bağlamda Thomson Atom Modeli 1897 yılında ortaya atılmış, artı yüklü taneciklere proton ismi 1919 yılında verilmiştir. Thomson Atom Modelinde artı yüklü tanecikleri, proton olarak adlandırmak bilimin tarihsel gelişim sürecini doğru yansıtmayacağı için çizimlerinde bu şekilde ifade eden öğretmen adayları kısmen bilimsel hata yaptıkları sonucuna ulaşılmıştır.

Fen bilgisi öğretmen adaylarına öğretim etkinlikleri öncesi uygulanan veri toplama araçlarından elde edilen sonuçlara bakıldığında, fen bilgisi öğretmen adaylarının Rutherford Atom Modeline dair imajlarının %55 oranında kısmen bilimsel, %25 oranında bilimsel olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bilir vd. (2016)'nin fen bilgisi öğretmen adayları ile yaptıkları çalışmada da fen bilgisi öğretmen adaylarının Rutherford Atom Modeline dair imajlarının en fazla kısmen bilimsel (%48) olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Öğretim etkinlikleri sonrasında araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının Rutherford Atom Modeline yönelik imajlarının %75 tam bilimsel imajlara dönüştüğü, kısmen bilimsel imajlarının %25'e düştüğü, bilimsel olmayan ve ilgisiz imajlarının hiç yer almadığı sonucu görülmüştür. Katılımcı fen bilgisi öğretmen adaylarının çizimleri incelendiğinde, yine en büyük hatayı çekirdekdeki artı yüklü parçacıklara proton ismi vererek yaptıkları görülmektedir. 1909 yılında Rutherford ve yardımcısı Hans Geiger alfa parçacıkları ile atomun iç yapısını ortaya çıkarmak için bir dizi araştırmalar yapmışlardır. Geiger ve bir öğrenci olan Ernest Marsden'in yapmış oldukları ince altın yapraklarına alfa parçacıkları gönderdikleri çalışmanın sonuçlarından 1911 yılında Rutherford Atom Modelini atom çekirdeği içeren bir model üzerine kurmuş, bu modelde atomun kütesinin ve çok büyük bir kısmını ve pozitif yükün tamamının

çekirdek denen çok küçük bir bölgede toplandığı, çekirdekte yer alan pozitif yüke eşit sayıda çekirdeğin dışında elektronların bulunduğunu öne sürmüştür (Petrucci vd., 2015). Bu modele ait çizimlerde yer alan kısmen bilimsel hataların çekirdekteki artı yüklü taneciklere proton denilmesi, bazı çizimlerde nötronlara yer verilmesi ve elektronların buldukları yerlere yörünge isminin verilmesi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Fen bilgisi öğretmen adaylarına öğretim etkinlikleri öncesi uygulanan veri toplama araçlarından elde edilen sonuçlara bakıldığında, fen bilgisi öğretmen adaylarının Bohr Atom Modeline dair imajlarının %55 oranında kısmen bilimsel, %35 oranında bilimsel olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bilir vd. (2016)'nin fen bilgisi öğretmen adayları ile yaptıkları çalışmada fen bilgisi öğretmen adaylarının büyük oranda bilimsel imajlara sahip oldukları şeklinde bu araştırma sonuçları ile çelişmektedir. Öğretim etkinlikleri sonrasında araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının Bohr Atom Modeline yönelik imajlarının %75 tam bilimsel imajlara dönüştüğü, kısmen bilimsel imajlarının %25'e düştüğü, bilimsel olmayan ve ilgisiz imajlarının hiç yer almadığı sonucu görülmüştür. Zarkadis vd., (2017) öğrencilerin atoma dair zihinsel modellerinin baskın olarak Bohr Atom Modeli olduğunu dile getirmektedir, bu durum öğretmen adaylarının Bohr Atom Modeli imajlarının tam bilimselle geçişinin nedenlerinden biri olduğu şeklinde yorumlanabilir. Katılımcı fen bilgisi öğretmen adaylarının çizimleri incelendiğinde, imajlarında yer alan hataların artı yüklü taneciklerden proton olarak bahsetmeleri, elektron sayısı çok olan ve yörüngelerdeki elektron sayılarını olması gerekenden çok göstermeleri ve bazı çizimlerde çekirdekteki yüksüz tanecikleri nötron olarak gösterdikleri görülmektedir. Niels Bohr, elektronların atom çekirdeği çevresinde nasıl yerleştiğini açıklamak üzere 1913 yılında, klasik fizik ve kuantum kuramının ilginç bir sentezini yaparak atom modelini hidrojen atomu için varsayımlarda bulunarak yapmıştır (Petrucci vd., 2015). Bu modelde, artı yüklü tanecik olarak bahsedilmiş, ayrıca nötronların keşfi süreci, Rutherford'un (1919) atom çekirdeğinde elektrik bakımından nötr taneciklerin bulunacağını tahmin etmesi ve 1932 yılında James Chadwick'in 1932 yılında nötr parçacıklarından oluştuğunu bulması ve bunlara nötron ismini vermesinden (Petrucci vd., 2015) dolayı fen bilgisi öğretmen adaylarının Bohr Atom Modelinde proton ve nötron isimlerine yer vermeleri kısmen bilimsel hata yaptıklarını göstermektedir.

Fen bilgisi öğretmen adaylarına öğretim etkinlikleri öncesi uygulanan veri toplama araçlarından elde edilen sonuçlara bakıldığında, fen bilgisi öğretmen adaylarının Kuantum Atom Modeline ne dair imajlarının %5 oranında bilimsel, %30 oranında kısmen bilimsel ve %45 oranında bilimsel olmayan ve ilgisiz çizim olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmaya katılan bazı fen bilgisi öğretmen adaylarının da hiç çizim yapmadığı (%20) görülmüştür. Bu sonuçlar Bilir vd. (2016)'nin fen bilgisi öğretmen adayları ile yaptıkları çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Öğretim etkinlikleri sonrasında araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının Kuantum Atom Modeline ne yönelik imajlarının, %50'sinin tam bilimsel imajlara dönüştüğü, kısmen bilimsel imajlarının %45 ve bilimsel olmayan ve ilgisiz imajların %5 oranında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çizimler detaylı şekilde incelendiğinde katılımcı fen bilgisi öğretmen adaylarının kısmen bilimsel çizimlerinde çekirdekte nötronu göstermemeleri, elektronların yerini enerji düzeylerinde tam olarak göstermeleri hatalarının olduğu görülmüştür. İlgisiz ve bilimsel olmayan çizimlerde ise katılımcı fen bilgisi öğretmen adaylarının çizimlerinde Bohr Atom Modeli çizimlerine yer verdikleri görülmüştür. Bilir vd. (2018)'nin fen bilgisi öğretmen adaylarının en çok karıştırdıkları atom teorileri ile ilgili bir çalışmada araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adayları en çok karıştırdıkları atom teorilerinin Bohr ve modern atom teorisi olduğunu dile getirmişlerdir.

Araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının öğretim etkinlikleri öncesi atom modellerine dair imajlarında kısmen bilimsel imaja sahip oldukları atom modellerinin Dalton, Thomson,

Ruhterford ve Bohr atom modelleri olduğu, bilimsel olmayan ve ilgisiz imaja sahip oldukları atom modelinin ise Kuantum Atom Modeli olduğu görülmüştür. Üniversite ve lise öğrencilerinin atomla ilgili imajları incelendiğinde derslerde modern atom teorisinden ve orbitalerden çok az bahsedildiği gözlemlenmektedir. Bu durum, çizimlerdeki yörünge, katman ve orbital imajlarının yanlış olmasının nedeni olabileceği düşünülmektedir. Fen eğitimi için atom konusu, atomun yapısı ve atom modellerinin tarihsel süreçte tam ve eksiksiz öğrenilmesi oldukça önemlidir (Aygen, 2019). Örneğin araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının Bohr Atom Modelini çizerken çekirdekte nötronu gösterdikleri gözlemlenmiştir. Niels Bohr'un atom modelini ortaya atışı (1913) ile James Chadwick'in çekirdekte nötr taneciklerin yer almasından (1932) bahsetmeleri arasında zamansal farklılık bulunmaktadır. Bu durum atom modellerine dair öğretim yapılırken, modellerdeki tarihsel sürecin iyi vurgulanmaması atom modellerine dair imajlarda yanlış imajların nedeni olabileceği fikrini ortaya çıkarmaktadır. Öğretim etkinlikleri sonrasında ise araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının atom modellerine dair imajlarının Dalton, Thomson, Ruhterford, Bohr ve Kuantum modellerinde çoğunlukla tam bilimsel imajlara dönüştüğü sonucuna ulaşılmıştır. Araştırma sonuçlarından yola çıkarak öğretim etkinliklerinin araştırmaya katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının atom modelleri imajları üzerine olumlu etkisi olduğu belirlenmiştir. Sunyono vd., (2015) Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü öğrencileri ile yaptıkları çalışmada, çoklu gösterimlerin kullanılarak gerçekleştirilen öğretimin, geleneksel öğretim yöntemlerine nazarla öğrencilerin atom yapısı kavramını anlamalarında zihinsel modellerini oluşturmada daha etkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Araştırmaya katılan bazı katılımcıların imajlarında halen değişim olmaması yapılan farklı öğretim yöntemleri ile etkinliklerin öğretmen adaylarının Atom ve Atomun Yapısı ünitesindeki kavramları algılamada hala zorluk yaşadıklarını ortaya koyan Eryılmaz Muştı ve Özkan (2019) çalışma sonuçları ile paralellik göstermektedir. Araştırma süreci ve sonucu değerlendirildiğinde, lise ve üniversite düzeylerinde atomun yapısı konusu ile ilgili kitaplarda ve öğretim sürecinde kullanılan atom modellerinin, atomun yapısının gelişimi ile ilgili tarihsel bilimsel gelişime uygunluğunun incelenebileceği çalışmalar yapılabilir. Ayrıca atom konusunun öğretimi ile ilgili farklı öğretim yöntem, teknik ve stratejilerin kullanımına yönelik fen, kimya ve fizik öğretmen ve öğretmen adaylarına uygulama örnekleri ile eğitim yapılabileceği önerilmektedir.

#### Kaynaklar

- Akyol, D. (2009). *Fen alanlarında öğrenim gören üniversite öğrencilerinin zihinlerindeki atom modellerinin incelenmesi* (Yayın No. 239336) [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr>
- Aygen, A. (2019). *Kimya öğretmen ve öğretmen adaylarının atom modelleri ile ilgili kavramsal anlamaları* (Yayın No. 592193) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr>
- Baybars, M. G. & Küçüközer, H. (2014). Fen bilgisi öğretmen adaylarının "atom" kavramına ilişkin kavramsal anlama düzeyleri. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 4, 405-417. <https://doi.org/10.17556/erziefd.332350>
- Bilir, V., Digilli Baran, A., & Karaçam, S. (2016). The science teacher candidates' images related to atom models, *International Congresses on Education. Sarajevo/Bosnia and Herzegovina (2-4 June)*.
- Bilir, V., Digilli Baran, A. & Karaçam, S. (2018). Atomic theories that preservice science teachers confuse and underlying reasons. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(1), 212-220. <https://doi.org/10.17679/inuefd.331368>

- Cervellati R. & Perugini D. (1981). The understanding of the atomic orbital concept by italian high school students. *Journal of Chemical Education*, 58(7), 568–569.
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry & research design: choosing among five approaches* (2nd ed.). Sage.
- Creswell, J.W. & Clark, V.L.P. (2016). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage. New York.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science*. Routledge.
- Erdamar, N. (2017). *İşbirlikli öğrenme yönteminin 11. sınıf öğrencilerinin atomun yapısı ve atom modelleri konusundaki kavramsal başarılarına etkisi* (Yayın No. 485987) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr>
- Eryılmaz Muştu, Ö. (2021). Qualitative evaluation of prospective science teachers' concept maps about the atom. *International Journal of Progressive Education*, 17(1), 158-171.
- Eryılmaz Muştu, Ö., & Özkan, E. B. (2017). The use of analogy for the determination of pre-service science teachers' cognitive structures about the concept of atom. *European Journal of Education Studies*. 3(10), 583-591.
- Eryılmaz Muştu Ö., & Ucer, S. (2017). Ortaokul öğrencilerinin atom kavramına ilişkin bilişsel yapılarının çizim tekniği ile incelenmesi. *Journal of Human Sciences*, 15(2), 984- 995.
- Eryılmaz Muştu, Ö., & Özkan, E. B. (2019). Determining the pre-service teachers' perceptions of atom and atomic structure through word association test. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 20(1), 1–30. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1233471> .
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66, 623-633.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (1996). Secondary students mental models of atoms and molecules: Implications for teaching science. *Science Education*, 80, 509–534. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199609\)80:5<509::AID-SCE2>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199609)80:5<509::AID-SCE2>3.0.CO;2-F)
- Kaya, A. (2018). Ortaöğretim öğrencilerinin atom kavramını anlama seviyelerinin tespiti. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 5(1), 1-9. <https://doi.org/10.21666/muefd.309222>
- Kiray, S. A. (2016). The pre-service science teachers' mental models for concept of atoms and learning difficulties. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(2), 147-162. <https://doi.org/10.18404/ijemst.85479>
- Miles, M.B., & Huberman, A.M. (1994). *Qualitative data analysis* (2nd ed.), Sage.
- Nakiboglu, C. (2003). Instructional misconceptions of Turkish prospective chemistry teachers about atomic orbitals and hybridization. *Chemistry Education Research and Practice*, 4(2), 171-188. <https://doi.org/10.1039/B2RP90043B>.
- Nakiboğlu, C., Karakoç, Ö. & Benlikaya, R. (2002). Öğretmen adaylarının atomun yapısı ile ilgili zihinsel modelleri. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(4), 88-98.

- Oruncak, B. (2005). *Ortaöğretim ve yükseköğretimde öğrencilerin atom kavramı ile ilgili algıları ve bunun eğitim kesiti içerisindeki değişimi* (Yayın No. 168658) [Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr>
- Özgür, S. & Bostan, A. (2007). Atom kavramının epistemolojik analizi ve öğrencilerin konu ile ilgili kavram yanlışlarının karşılaştırılması. *e-Journal of New World 133 Sciences Academy*, 2(3), 214-231.
- Özkan, E. B. (2019). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının "atom ve atomun yapısı" konuları ile ilgili algılarının belirlenmesi* (Yayın no. 553415) [Yüksek lisans tezi, Aksaray Üniversitesi]. YÖK. <https://tez.yok.gov.tr>.
- Petrucci, R. H., Herring, G. F., Madura, J. D., & Bissonnette, C. (2015). *Genel Kimya ilkeler ve modern uygulamalar 1 [General Chemistry principles and modern applications 1]*. Palme Yayıncılık.
- Reiss, M. J., & Tunnicliffe, S. D. (2001). Students' understandings of human organs and organ systems. *Research in Science Education*, 31(3), 383-399. <https://doi.org/10.1023/A:1013116228261>
- Stefani, C., & Tsapalis, 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. <https://doi.org/10.1002/tea.20279>.
- Sunyono, S., Leny, Y., & Muslimin, I. (2015). Supporting students in learning with multiple representation to improve student mental models on atomic structure concepts. *Science Education International*, 26(2), 104-125.
- Taber, K.S. (1997). *Understanding Chemical Bonding - the development of A level students' understanding of the concept of chemical bonding*, Ph.D. thesis, University of Surrey.
- Tsapalis, G. (1997). Atomic orbitals, molecular orbitals and related concepts: conceptual difficulties among chemistry students. *Research in Science Education*, 27, 271-287.
- Zarkadis N., Papageorgiou G., & Stamovlasis D., (2017), Studying the consistency between and within 635 the student mental models of atomic structure. *Chemistry.Education Research And Practice*, 18, 893-902.



## Ekler

### Ek 1.

**Etkinliğin Adı:** Kimyada İlk Buluşlar

**Etkinlik Süresi:** 3x45 dakika

**Hedef Kitle:** Katılımcı 20 Fen Bilgisi Öğretmen Adayı

**Etkinliğin Konusu:** Kütlelenin korunumu yasası, sabit oranlar yasası, katlı oranlar yasası

**Etkinliğin Detaylı İçeriği:**

- I. **Oturum:** Bu etkinliğin amacı fen bilimleri öğretmen adaylarına kimyasal tepkimelerde kütlelenin korunumu yasası ile ilgili basit araç gereçler yardımıyla deney tasarlatmak ve kütlelenin korunumu yasasını keşfetmelerini sağlamaktır. Öncelikle basit araç gereçlerle yapılan etkinliklerin ne anlama geldiği ve fen ve kimya eğitimindeki önemi tartışılacaktır. Daha sonra basit malzemeler kullanılarak yapılmış birkaç fen ve kimya etkinlikleri örneği gösterilecektir. Sonrasında öğretmen adaylarını gruplara ayırdıktan sonra materyaller (karbonat, sirke, balon, tartı ve pet şişe) dağıtılarak onlardan kimyasal tepkimelerde kütlelenin korunumu yasası ile ilgili deney tasarımları istenecektir. Bu sırada eğitmen çeşitli sorular soracak ve rehber rolü üstlenerek ihtiyaç duyulması halinde öğretmen adaylarını yönlendirecektir. Daha sonra, öğretmen adayları nasıl bir deney tasarlayacaklarını sınıfa açıklayacaklardır. Bu esnada eğitmen öğretmen adaylarına çeşitli sorular yönlendirecektir. Sonrasında öğretmen adayları deneylerini yapacaklar, eğitmen tarafından dağıtılan çalışma yaprağını dolduracaklardır. Basit malzemelerle yaptıkları deneyin sonucunda kimyasal tepkimelerde kütlelenin korunumu yasasını keşfedeceklerdir. Daha sonra bu etkinliğin sınıf ortamında kullanımı ile ilgili fikir paylaşımı yapılacaktır. Son olarak kimyasal tepkimelerde kütlelenin korunumu yasası ile ilgili teorik bilgi paylaşımı yapılacaktır.
- II. **Oturum:** Bu etkinliğin amacı fen bilimleri öğretmen adaylarına kimyasal tepkimelerde sabit oranlar yasasını modeller kullanarak keşfetmelerini sağlamaktır. Dersin başında modellemenin ne anlama geldiği, modellerin fen ve kimya konularını öğretmedeki katkısı tartışılacaktır. Sonrasında bazı fen ve kimya eğitimi konularını öğretmede kullanabileceğimiz birkaç model örneği gösterilecektir. Daha sonra öğretmen adaylarının dağıtılan malzemeler (ataşlar, tartı) yardımıyla kimyasal tepkimelerde sabit oranlar yasasını grupça modellemeleri ve keşfetmeleri istenecektir. Bu sırada eğitmen çeşitli sorular soracak ve rehber rolü üstlenerek ihtiyaç duyulması halinde öğretmen adaylarını yönlendirecektir. Her grup keşfetmeden önce kendi planını açıklayacak ve diğer öğretmen adaylarıyla paylaşacaktır. Sonrasında öğretmen adayları grup olarak keşfetme aşamasına geçecekler, eğitmen tarafından dağıtılan çalışma yaprağını doldurarak kimyasal tepkimelerde sabit oranlar yasasını kanıtlayacaklardır. Daha sonra bu etkinliğin sınıf ortamında kullanımı ile ilgili fikir paylaşımı yapılacaktır. Son olarak kimyasal tepkimelerde sabit oranlar yasası ile ilgili teorik bilgi paylaşımı yapılacaktır.
- III. **Oturum:** Bu etkinliğin amacı öğretmen adaylarına kimyasal tepkimelerde katlı oranlar yasasını modeller kullanarak keşfetmelerini sağlamaktır. Bir önceki derste modeller ve kullanımı ile ilgili tartışma yapıldığı için öğretmen adaylarının bu konuda bilgi sahibi olmaları beklenir. Bu yüzden ilk olarak öğretmen adaylarının dağıtılan malzemeler (ataşlar, tartı) yardımıyla kimyasal tepkimelerde katlı oranlar yasasını grupça modellemeleri ve keşfetmeleri istenecektir. Bu sırada eğitmen çeşitli sorular soracak ve rehber rolü üstlenerek ihtiyaç duyulması halinde öğretmen adaylarını yönlendirecektir. Her grup

keşfetmeden önce kendi planını açıklayacak ve diğer öğretmen adaylarıyla paylaşacaktır. Sonrasında öğretmen adayları grup olarak keşfetme aşamasına geçecekler, eğitmen tarafından dağıtılan çalışma yaprağını doldurarak kimyasal tepkimelerde katlı oranlar yasasını keşfedeceklerdir. Daha sonra bu etkinliğin sınıf ortamında kullanımı ile ilgili fikir paylaşımı yapılacaktır. Son olarak kimyasal tepkimelerde katlı oranlar yasası ile ilgili teorik bilgi paylaşımı yapılacaktır.

## **Ek 2.**

**Etkinliğin Adı:** Bohr Atom Teorisi ve Bohr Atom Modeli

**Etkinlik Süresi:** 3x45 dakika

**Hedef Kitle:** Katılımcı 20 Fen Bilgisi Öğretmen Adayı

**Etkinliğin Konusu:** Bohr Atom Teorisi ve Bohr Atom Modeli

**Etkinliğin Detaylı İçeriği:** Bu etkinliğin ilk bölümünde, etkinlikte kullanılacak olan işbirlikli öğrenme yönteminde kullanılan jigsaw tekniği hakkında fen bilgisi öğretmen adaylarına bilgilendirme yapılacaktır. Daha sonra etkinliğe katılacak katılımcı fen bilgisi öğretmen adayları gruplara ayrılacak ve kendi gruplarına bir isim vermeleri istenecektir. Her gruba etkinliği yaptıracak öğretim üyeleri tarafından bilim tarihi ve bilimin doğası anlayışına uygun şekilde hazırlanan “Bohr Atom Teorisi ve Bohr Atom Modeli” ile ilgili konu anlatım föyü içerisindeki her bir konu başlığı grup içerisinde katılımcı fen bilgisi öğretmen adayları arasında paylaşılacaktır. Aynı konuyu alan farklı gruplardaki her bir katılımcı fen bilgisi öğretmen adayı bir araya gelerek tartışarak, fikir alışverişinde bulunarak, uzmanlık konularını birbirlerine öğreterek, asıl gruplarına geri döneceklerdir. Asıl gruplarına dönen katılımcı fen bilgisi öğretmen adayları eğitimciler tarafından hazırlanan konu anlatım föyünde yer alan konu akış sırasına uygun şekilde, konu öğretimini grup arkadaşlarına yapacaklardır. Her bir grubun “Bohr Atom Teorisi ve Bohr Atom Modeli” ile ilgili rapor hazırlaması istenerek etkinlik tamamlanacaktır.

## Extended Abstract

### Introduction

The atom is an abstract subject that forms the basis of many science and chemistry subjects. It has been determined that students have difficulties in understanding the atom and atom models and they have many misconceptions about it because of its abstract nature (Aygen, 2019; Harrison & Treagust, 1996; Kaya, 2018; Nakiboğlu, 2003; Oruncak, 2005; Taber, 1997). Harrison and Treagust (1996) found in their study that 8th and 10th grade students have many misconceptions about the atom. One of them is that the students associate atom with the concept of nucleus, which is explained in the biology lesson, and therefore they think that the atom is alive and divisible. In this study, students were shown some atom models and asked to choose the atomic model that fits their mental models. It was found that most of the students chose the Rutherford-Bohr atom model as the atomic model. In addition, it was determined that very few students preferred the orbital model. Similarly, Oruncak (2005) found that high school students explained the modern atom theory using the features of the Rutherford-Bohr atom model. It was also found that most students were not aware of subatomic particles. Moreover, Kaya (2018) found that senior high school students have many misconceptions about atom. Students thought that atom was spherical. In addition, students thought that electrons move in certain orbits in the atom. Moreover, most of the students were not aware of subatomic particles. Eryılmaz Muştu and Ucer (2018) revealed that students depicted atoms as spheres. In another study, Kiray (2016) asked senior pre-service science teachers to draw atom models. Analysis of the drawings revealed that more than half of the preservice teachers preferred Bohr atom model. In the second place, the pre-service teachers stated the Rutherford atom model as the preferred atom model. As another result, it was found that preservice science teachers attributed a different meaning to the concept of orbital and associated it with the concept of orbit. Similarly, Tsarpalis (1997) stated that university students had difficulties in understanding the concept of orbital despite taking the quantum chemistry course. Moreover, Taber (1997) pointed out in his study that students had difficulty in understanding the differences between the concept of orbital and the shell, subshell and energy level. Similarly, Nakiboğlu (2003) found that preservice chemistry teachers use the concepts of orbital, shell and orbit interchangeably. One of the reasons for this was stated as the preservice teachers' use of the solar system model to explain the structure of the atom. In addition, because the Bohr and the solar system model more concrete and simpler, preservice teachers prefer more understandable models even though they have seen modern atomic theory. Similarly, in another study, Bilir, Baran, and Karaçam (2018) found that many preservice science teachers confuse Bohr and Modern atom theories. It was stated that one reason for this was that preservice teachers could not distinguish the concepts of layer, orbit and shell. In another study conducted with prospective teachers, Akyol (2009) asked first and fourth year preservice science teachers to draw a model of the atom in their minds. It was seen that the majority of both first and fourth grade preservice science teacher made drawings and explanations similar to the Rutherford atom model. In another study conducted with prospective chemistry teachers, it was seen that the participants pictured the Bohr atom model as the atom model in their minds. Preservice chemistry teachers stated that electrons are located in orbits around the nucleus (Nakiboğlu, Karakoç, & Benlikaya, 2002). One of the reasons for this may be that the students are not able to learn the modern atom theory and especially cannot visualize orbitals in their minds. Another reason may be that the drawings made in the textbooks mostly reflect the Bohr atom model. In addition, explaining atomic models in a disconnected manner may prevent students from learning the modern atom theory correctly (Nakiboğlu et al., 2002). Finally,

the solar system model used in explaining atom models may also prevent students from learning modern atom theory (Nakiboğlu et al., 2002). In another study, Aygen (2019) examined the conceptual understandings of 19 preservice chemistry teachers and five chemistry teachers about atom models. Analysis of Dalton atom model drawings revealed that half of the preservice chemistry teachers made non-scientific drawings. It was observed that some preservice chemistry teachers expressed atom as a hollow sphere according to the Dalton atom model. When the participants were asked to draw Thomson and Rutherford atom models, it was observed that many preservice teachers made non-scientific drawings. However, it was observed that preservice chemistry teachers drew the Bohr atom model in a scientific manner. When the drawings related to the modern atom theory were examined, it was determined that only 6 preservice chemistry teachers made scientific drawings. Furthermore, it was observed that 6 preservice chemistry teachers could not draw at all and the others created non-scientific drawings.

Since the subject of atom forms the basis of many science and chemistry subjects, it is particularly important to learn this subject correctly. Since misconceptions about the subject of the atom will negatively affect the learning of other subjects on which this subject is based, it is important to determine the understanding of the students about this subject and to eliminate the existing misconceptions with appropriate teaching methods. Baybars and Küçüközer (2014) found in their study that the 7E learning model increased prospective science teachers' conceptual understanding of the atom. Similarly, Erdamar (2017) stated that cooperative learning method effectively increased 11th grade students' conceptual understanding of the atom's structure and atom models. The subject of the atom is one of the basic subjects that can be shown as an example of the change and development of scientific knowledge for centuries. Considering the history of science and the nature of science, activities were carried out with various teaching strategies, methods and techniques (POE, 5E, concept cartoons etc.) In this research, the images of preservice science teachers about atom models will be examined both before and after the teaching activities. The research questions of this study are as listed below.

- What are the images of preservice science teachers concerning atom models before the teaching activities?
- What are the images of preservice science teachers concerning atom models after the teaching activities?

## Method

To reveal the change that will occur in the images of preservice science teachers about atom models, the program effects case study, which is one of the qualitative research methods, was used in this study. The participant of the research consists of preservice science teachers studying in the third year of the science teaching undergraduate program of state universities in Turkey in the 2021-2022 academic year. 20 preservice science teachers from thirteen different universities took part as participants in the research. 70% (14) of the science teacher candidates participating in the research activities are female and 30% (6) are male. The implementation of the teaching activities was completed in a total of 41 lesson hours for five days in Akçakoca Teachers' House and Evening Art School within the scope of the project named "The Past, Present and Future of the Atom with Activities" between February 28 and March 4, 2022, within the scope of TÜBİTAK2237-A Scientific Activities Support program. Teaching activities were prepared and applied by employing the subject of atomic structure, different teaching methods and techniques, teaching with hands-on activities, modelling, cooperative learning (jigsaw) predict-observe-explain, STEM, 5E learning model, flipped

learning, virtual experiments, concept cartoons and the nature of science. Each of the activities carried out within the scope of the research was carried out by expert faculty members of the field. The implementation of the teaching activities was completed in five days in Akçakoca Teachers' House and Evening Art School within the scope of the project named "The Past, Present and Future of the Atom with Activities" between February 28 and March 4, 2022, of the TÜBİTAK2237-A Scientific Activities Support program.

In order to reveal the images of the atomic models in their minds before and after the teaching activities and the changes in these images, participating preservice science teachers were asked to draw the picture that came to their minds about the atom model on a blank piece of paper and after completing the drawing of the related atomic model, they were asked to describe their drawings in writing in detail. Participating preservice science teachers were asked to draw the atomic models that were stated to them. Afterwards, all participants were asked to explain their drawings in text. Then, the drawing sheets were collected. The same process was repeated for the other atom models. The drawings and explanations of the preservice science teachers' atomic models before and after the teaching activities were analyzed by content analysis method, taking into account the historical development of each atomic model and the model put forward by the respective scientist. To determine the images of preservice science teachers about atomic models and the changes in their images, the data obtained from the drawing sheets were coded, the codes were revised, categories were created, and the frequency was determined for each category. By comparing the frequencies of the codes obtained before and after the research activities, it was determined how the images of the atom models of the preservice science teachers differed from before the research activities and after the research activities.

### **Results, Conclusion, Suggestion and Recommendations**

It was seen that preservice science teachers had a partially scientific image regarding the atom models of Dalton, Thomson, Rutherford, and Bohr before the teaching activities. However, it has been seen that they do not have a scientific image of the quantum atom model, and the images they have are not related to the subject. When the images of university and high school students about the atom are examined, it is observed that modern atomic theory and orbitals are rarely mentioned in the lessons. For science education, it is especially important to learn the subject of the atom, the structure of the atom and atomic models in the historical process (Aygen, 2019). For example, it was observed that the preservice science teachers participating in the research showed the neutron in the nucleus while drawing the Bohr atomic model. There is a temporal difference between Niels Bohr's introduction of the atomic model (1913) and James Chadwick's mention of neutral particles in the nucleus (1932). This situation reveals the idea that when teaching atomic models, the historical process in the models is not well emphasized, which may be the cause of false images in the images of atomic models. After the teaching activities, it was concluded that the images of the preservice science teachers participating in the research about atomic models mostly turned into fully scientific images in Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, and Quantum models. Based on the results of the research, it was determined that the teaching activities had a positive effect on the atomic model images of the preservice science teachers participating in the research. When the research process and results are evaluated, studies can be conducted to examine the compatibility of the atomic models used in the books and teaching process on the subject of atomic structure at high school and university levels with the historical scientific development related to the development of the structure of the atom. In addition, it is suggested that science, chemistry and physics teachers and preservice teachers to be

trained with application examples for the use of different teaching methods, techniques and strategies related to the teaching of the atomic subject.

#### **Yayın Etiği Beyanı**

Bu araştırmanın, Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu tarafından 07.02.2022 tarihinde 2022/44 sayılı kararıyla sayılı kararıyla verilen etik kurul izni bulunmaktadır. Bu araştırmanın planlanmasından, uygulanmasına, verilerin toplanmasından verilerin analizine kadar olan tüm süreçte “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Bu araştırmanın yazım sürecinde bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamıştır. Bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir.

#### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı**

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde yazarlar eşit katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### **Çatışma Beyanı**

Araştırmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar/çatışma beyanımız olmadığını ifade ederiz.