



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Ana Bilim Dalı

MODERN FİZİK ÖĞRETİMİNDE ARGÜMANTASYONA DAYALI SORGULAMA: BİR
DURUM ÇALIŞMASI

Serkan EKİNCİ

Doktora Tezi

Ankara, 2022

Liderlik, araştırma, inovasyon, kaliteli eğitim ve değişim ile

Daha ileriye... En İyiyeye...



Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Ana Bilim Dalı

MODERN FİZİK ÖĞRETİMİNDE ARGÜMANTASYONA DAYALI SORGULAMA: BİR
DURUM ÇALIŞMASI

ARGUMENT BASED INQUIRY IN MODERN PHYSICS TEACHING: A CASE STUDY

Serkan EKİNCİ

Doktora Tezi

Ankara, 2022

Öz

Bu çalışmanın üç temel amacı bulunmaktadır: Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) yaklaşımını temel alan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde fizik öğretmen adaylarının (i) modern fizik kavramlarına yönelik bilişsel yapılarındaki değişimleri incelemek, (ii) yazılı argüman becerilerine yönelik değişimleri belirlemek ve (iii) lise düzeyindeki fizik derslerinde ADS yaklaşımının kullanımına ilişkin görüşlerini tespit etmektir. Nitel bir yaklaşımın benimsendiği bu araştırmada durum çalışması deseni kullanılmıştır. Çalışmanın katılımcılarını Ankara'daki bir devlet üniversitesinde fizik öğretmenliği lisans programında öğrenim gören 12 fizik öğretmen adayı oluşturmaktadır. Araştırmanın verilerini öğretmen adaylarının uygulama sürecinde oluşturdukları kavram haritaları, etkinlik raporları ve bireysel yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler oluşturmaktadır. Verilerin analizinden elde edilen sonuçlar, ADS yaklaşımını temel alan teknoloji destekli modern fizik öğretiminin fizik öğretmen adaylarının birçok modern fizik kavramını bilişsel yapılarına entegre etmelerine olanak tanıdığını göstermektedir. Öte yandan, analiz sonuçları katılımcıların modern fizik kavramlarını anlamalarında farklılıklar olduğunu göstermektedir. Ayrıca, katılımcıların yazılı argüman becerilerinin sürekli bir gelişim göstermediği tespit edilmiştir. Görüşme verilerinin analizi, öğretmen adaylarının gelecekte sınıflarında ADS yaklaşımını kullanırken daha çok karşılaşılabilecekleri engeller üzerinde durduklarını göstermektedir.

Anahtar sözcükler: modern fizik öğretimi, fizik eğitimi, argümantasyona dayalı sorgulama yaklaşımı, teknoloji

Abstract

In this study focusing on technology-supported modern physics teaching based on the Argument Based Inquiry (ABI) approach, the purpose was threefold: (i) to investigate the development of pre-service physics teachers' cognitive structures about the modern physics concepts, (ii) to reveal the development of their written argument skills, and (iii) to explore their views on the implementation of the ABI approach in high school physics courses. In this qualitative study, case study was used as a research methodology. The participants were 12 pre-service physics teachers enrolled in an undergraduate physics education program at a state university in Ankara, Turkey. The data comprised of pre-service physics teachers' drawn concept maps, the written argument reports, and their responses to the semi-structured interview questions. The analyses results have shown that technology-supported modern physics teaching based on the ABI approach helped the pre-service physics teachers to integrate many different modern physics concepts into their cognitive structures. However, there were differences in the participants' understanding of modern physics concepts. In another perspective, the results have shown that the participants' written argument skills did not continuously developed over time. Finally, the analyses of semi-structured interviews have revealed that the pre-service teachers focused more on the obstacles they might encounter during the implementation of the ABI approach in their classes in the future.

Keywords: modern physics teaching, physics education, argument based inquiry approach, technology

Teşekkür

Yüksek lisans eğitiminden itibaren akademik kariyerime bilgi ve deneyimleri ile yön veren değerli hocam Prof. Dr. Ahmet İlhan ŞEN'e bu tez çalışmasının ortaya çıkmasındaki akademik katkıları, yapıcı eleştirileri ve gösterdiği anlayış ve sabır için çok teşekkür ederim.

Bu çalışmanın başından itibaren bilimsel bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan ve çalışmama önemli katkılar sunan Doç. Dr. Sevgi KINGİR'a ve Prof. Dr. Musa SARI'ya çok teşekkür ederim. Tez savunma sınavındaki değerli görüş ve önerileri için de Prof. Dr. Özgür ÖZCAN'a ve Doç. Dr. Ömer Faruk ÖZDEMİR'e ayrıca teşekkür ederim.

Doktora eğitimi sürecinde "2228-B Yüksek Lisans Öğrencileri için Yurt İçi Doktora Burs Programı" kapsamında sağladığı maddi destek için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) teşekkür ederim.

Fizik Öğretmenliği Lisans Programındaki öğrenimim boyunca değerli emekleri ile akademik kariyerimin temellerini oluşturan ODTÜ Fizik Bölümü ile Fizik Eğitimi Ana Bilim Dalı öğretim üye ve yardımcılara teşekkür ederim.

Son olarak, doktora eğitimi sürecindeki anlayışı ve desteği için değerli eşim Günnur EKİNCİ'ye ve varlığından her zaman destek aldığım oğlum İlkin EKİNCİ'ye çok teşekkür ederim.

İçindekiler

Kabul ve Onay	ii
Öz	iii
Abstract	iv
Teşekkür	v
Tablolar Dizini	viii
Şekiller Dizini	ix
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini	x
Bölüm 1 Giriş	1
Araştırmanın Amacı ve Önemi	6
Sayıtlılar	7
Sınırlamalar	7
Bölüm 2 Araştırmanın Kuramsal Temeli ve İlgili Araştırmalar	9
Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) Yaklaşımı	9
Modern Fizik Öğretiminde Yapılan Araştırmalar ve Sonuçları	16
Bölüm 3 Yöntem	21
Araştırma Deseni	21
Katılımcılar	21
Veri Kaynakları	22
Prosedür	25
Verilerin Analizi	30
Araştırmanın Geçerliği ve Güvenirliğine İlişkin Konular	36
Araştırmacının Rolü	37
Etik Konular	38
Bölüm 4 Bulgular, Yorumlar ve Tartışma	39
Kavram Haritalarından Elde Edilen Bulgular	39
Etkinlik Raporlarından Elde Edilen Bulgular	47
Yarı Yapılandırılmış Görüşmelerden Elde Edilen Bulgular	48
Bulguların Özeti	50

Bölüm 5 Sonuç ve Öneriler	51
Sınırlılıklar ve Öneriler	54
Kaynaklar.....	57
EK-A: Gözlem Kontrol Formu.....	65
EK-B: Bir Gizemi Çözme: Gözlemler, İddialar, Kanıt ve Hesaplar	66
EK-C: Etkinlik Rapor Örneği.....	67
EK-Ç: Atom Kavramına Bağlanan Kavramlar (İlk Uygulama)	69
EK-D: Elektron Kavramına Bağlanan Kavramlar (İlk Uygulama)	70
EK-E: Foton Kavramına Bağlanan Kavramlar (İlk Uygulama)	71
EK-F: Işık Kavramına Bağlanan Kavramlar (İlk Uygulama)	72
EK-G: Atom Kavramına Bağlanan Kavramlar (Son Uygulama)	73
EK-Ğ: Elektron Kavramına Bağlanan Kavramlar (Son Uygulama)	74
EK-H: Foton Kavramına Bağlanan Kavramlar (Son Uygulama)	76
EK-I: Işık Kavramına Bağlanan Kavramlar (Son Uygulama).....	78
EK-İ: Etik Komisyonu Onay Bildirimi	lxxx
EK-J: Etik Beyanı	lxxxi
EK-K: Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu	lxxxii
EK-L: Dissertation Originality Report.....	lxxxiii
EK-M: Yayımlama ve Fikrî Mülkiyet Hakları Beyanı	lxxxiv

Tablolar Dizini

Tablo 1 <i>Geleneksel Laboratuvar Rapor Yapısı ve ADS Rapor Yapısı</i>	10
Tablo 2 <i>ADS Öğretmen Şablonu</i>	11
Tablo 3 <i>ADS Öğrenci Şablonu</i>	12
Tablo 4 <i>Alanyazında ADS Yaklaşımını Temel Alan Bazı Araştırmalara İlişkin Bilgiler</i>	13
Tablo 5 <i>Modern Fizikte Tespit Edilen Bazı Kavramsal Zorluklar ve Kavram Yanılgıları</i> ...	16
Tablo 6 <i>Araştırma Sorularına Yanıt Aramak İçin Kullanılan Veri Kaynakları</i>	23
Tablo 7 <i>Etkinliklerde Kullanılan Fizik Simülasyonları</i>	27
Tablo 8 <i>Uygulama Sürecinde Yapılan Etkinlikler</i>	28
Tablo 9 <i>Bütüncül Argüman Puanlama Matrisi</i>	35
Tablo 10 <i>İlk Kavram Haritalama Uygulamasında Anahtar Kavramlara Bağlanan Kavram Çiftleri</i>	40
Tablo 11 <i>Son Kavram Haritalama Uygulamasında Anahtar Kavramlara Bağlanan Kavram Çiftleri</i>	44
Tablo 12 <i>Her Bir Etkinlik İçin Grupların Aldığı Ortalama Puanlar</i>	48

Şekiller Dizini

Şekil 1 <i>Young Çift Yarıık Deneyi Etkinliğinde Oluşturulan Araştırma Soruları</i>	29
Şekil 2 <i>Katılımcıların Grup Çalışmasından Bir Fotoğraf</i>	29
Şekil 3 <i>Öğretmen Adaylarının Hazırladığı Poster Sunumlarına Örnekler</i>	30
Şekil 4 <i>İlk Kavram Haritalama Uygulamasından Örnek Bir Kavram Haritası</i>	33
Şekil 5 <i>Beş Kavram Haritalama Uygulamasındaki Ortalama Kavram Ve Önerme Sayıları</i>	40
Şekil 6 <i>İlk Kavram Haritalama Uygulaması İçin Elde Edilen Kavram Çiftleri</i>	41
Şekil 7 <i>İlk Kavram Haritalama Uygulamasından Bir Kavram Haritası Örneği</i>	43
Şekil 8 <i>Son Kavram Haritalama Uygulaması İçin Elde Edilen Kavram Çiftleri</i>	45
Şekil 9 <i>Son Kavram Haritalama Uygulamasından Bir Kavram Haritası Örneği</i>	47

Simgeler ve Kısaltmalar Dizini

ADS: Argümantasyona Dayalı Sorgulama

PhET: Physics Education Technology (Fizik Eğitimi Teknolojisi)

milq: Munich Internet Project to Learn Quantum Physics (Kuantum Fiziği Öğrenmeye Yönelik Münih İnternet Projesi)

YÖK: Yükseköğretim Kurulu

Bölüm 1

Giriş

2019 yılının aralık ayında Çin'in Wuhan şehrinde ortaya çıkan ve küresel boyuttaki korona virüs (Covid-19) salgını bütün ülkelerdeki eğitim-öğretim sürecini olumsuz etkilemiştir. Ülkemizde de örgün eğitimin tüm basamaklarında olduğu gibi en üst basamağı olan yükseköğretim düzeyinde küresel salgının etkileri hâlâ hissedilmektedir. Ülkemizde ilk korona virüs vakası 11 Mart 2020 tarihinde tespit edilmiş ve hemen ardından 16 Mart 2020 tarihinde yükseköğretim kurumlarındaki eğitim-öğretim faaliyetlerine ara verilmiştir. Bu sürecin devamında da birçok fakülte ve birimde eğitim-öğretim faaliyetlerinin uzaktan öğretim yoluyla devam edilmesine karar verilmiştir. Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Eğitim-Öğretim Dairesi Başkanlığı tarafından Üniversite rektörlüklerine iletilen yazıda 2020-2021 eğitim ve öğretim yılı güz dönemi işleyişine ilişkin Sağlık Bakanlığının önerilerine yer verilmiştir. Bu yazıda teorik derslerin uzaktan ve dijital imkânlarla yapılması, uygulamalı eğitimlerin de zorunlu olmadıkça ertelenmesi gerekliliğine dikkat çekilmiştir. Sağlık Bakanlığının da önerisi dikkate alınarak - belirli programlar dışında - 2020-2021 akademik yılı güz döneminde de yükseköğretim kurumlarındaki eğitim-öğretim faaliyetlerinin uzaktan öğretim yoluyla sürdürülmesine karar verilmiştir. Küresel salgının olumsuz etkilerinin devam etmesi sebebiyle bu dönemi takip eden bahar döneminde de eğitim-öğretim faaliyetleri yine uzaktan öğretim yoluyla sürdürülmüştür.

Diğer tüm örgün eğitim basamaklarında olduğu gibi yükseköğretim kurumlarındaki derslerin uzaktan öğretim yoluyla sürdürülmesi öğrencilerin gerekli bilgi, beceri ve deneyim kazanmalarında büyük bir tehdit oluşturmuştur. Bu kayıpları asgari düzeye indirmek amacıyla birçok yükseköğretim kurumu teknolojik altyapı ve kaynaklarını uzaktan öğretime adapte etmiştir. Bu süreçte ayrıca Google Meet, Microsoft Teams, Skype ve Zoom gibi çeşitli video konferans teknolojilerinden de sıklıkla yararlanılmıştır. Bununla birlikte, YÖK'ün girişimiyle özellikle uygulamalı derslerdeki sorunlara çözüm olarak 15 Ekim 2020 tarihinde "YÖK Sanal Laboratuvar Projesi" tanıtılmış ve 2020-2021 Akademik Yılı itibarıyla da hayata

geçirilmiştir (Yükseköğretim Kurulu, 2020). Proje kapsamında öncelikle lisans düzeyindeki genel kimya ve genel fizik laboratuvar dersleri için toplam 24 deney 2020 yılı sonuna kadar tamamlanarak akademik personelin ve öğrencilerin kullanımına sunulacağı ifade edilmiştir. Sonuç olarak, küresel etkileri hâlen devam eden Covid-19 salgını sebebiyle daha çok deneyimlemek durumunda kaldığımız uzaktan öğretim süreci, her ne kadar yüz yüze eğitim için bir alternatif olmasa da eğitim-öğretim faaliyetlerinde teknolojinin sağladığı imkânlardan yararlanmanın giderek artan önemini ve gerekliliğini açıkça ortaya koymuştur.

Öte yandan, bilim ve teknolojideki gelişmelere paralel olarak ortaya çıkan birçok teknolojik araç ve uygulama küresel salgının çok öncesinde de farklı öğretim kademelerinde etkin bir şekilde kullanılmaktaydı. Fizik öğretimi bağlamında ele alındığında, hem günlük yaşantımızda deneyimleyebildiğimiz hem de günlük yaşantımızda gözlemleyemediğimiz ve deneyimlerimize tezat oluşturan kavram, olgu ve olayların öğretiminde teknolojiden etkin bir şekilde yararlanılmaktadır. Bu durumun en çarpıcı örneği ise modern fizik öğretiminde karşımıza çıkmaktadır. Modern fizik doğası gereği günlük yaşamda gözlemleyemediğimiz ve içgüdüsel düşünmemizle çelişen birçok kavram içermektedir (Ireson, 2000). Ayrıca, klasik fizikte kullanılan bazı kavramların (örn., momentum) modern fizikteki anlam ve ele alınış şekilleri dahi farklılık göstermektedir. Bu perspektiften bakıldığında günümüzdeki bilimsel ve teknolojik gelişmelerin sağladığı imkânlar, öğrencilerin modern fizik kavramlarını bilişsel yapılarında anlamlı olarak yapılandırmalarında önemli rol oynayabilmektedir. Farklı yaş ve öğrenim düzeyleri için modern fizik kavramlarını inceleyen animasyon ve bilgisayar simülasyonları gibi çeşitli multimedya teknolojileri geliştirilmiştir (Mason ve diğerleri, 2014). Ancak yapılan çalışmalar, modern fizik öğretimi sürecinde bu tür multimedya teknolojilerinden yeterli düzeyde yararlanılmadığını ortaya koymaktadır (Girwidz ve diğerleri, 2019).

Modern fizik öğretimine ilişkin bu durum sadece multimedya kullanımı bağlamında kendini göstermemektedir. Son otuz yılda belirli aralıklarla yapılan derleme çalışmaları, modern fizik kavramlarını temel alan çalışmaların diğer fizik kavramlarına kıyasla oldukça

az sayıda olduğunu da ortaya koymaktadır (Duit, 2009; McDermott & Redish, 1999; Wandersee ve diğerleri, 1994). Örneğin, Wandersee vd. (1994) fizik eğitimindeki toplam 700 araştırma makalesini analiz etmiştir. Bu çalışmalarda sıkça irdelenen kavramlar mekanik (%43) kategorisine ait iken modern fizik kavramlarını ele alan çalışmaların oranı yalnızca %1'dir. Bir diğer araştırmada ise McDermott ve Redish (1999), yapılan çalışmaların yalnızca %3'ünün modern fizik kavramlarını içerdiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmalara ek olarak, günümüze kadarki en kapsamlı bibliyografik derlemeyi Duit (2009), fizik eğitimindeki toplam 2379 çalışmayı inceleyerek yapmıştır. Kuantum fiziği kapsamındaki çalışmaların sayısı dikkate alındığında bu kategorideki çalışmaların analize dâhil edilen tüm çalışmaların yalnızca %3,4'üne karşılık geldiği görülmektedir. Özetle elde edilen bu sonuçlar, araştırmalarda kullanılan yaklaşım, strateji, yöntem, ölçme ve değerlendirme araçlarından bağımsız olarak fizik eğitimi çalışmalarında modern fizik kavram ve konularına yeterli düzeyde yer verilmediğini ortaya koymaktadır.

Her ne kadar modern fizik öğretimi bağlamında yapılan çalışmalar sınırlı sayıda olsa da bu çalışmalarda öğrencilerin farklı kavramsal eksiklik ile zorluklara ve kavram yanlışlarına sahip oldukları rapor edilmiştir (Krijtenburg-Lewerissa ve diğerleri, 2017).

Genel çerçevede değerlendirildiğinde, öğrencilerde kavramsal zorlukların ve kavram yanlışlarının oluşmasına kaynaklık eden çeşitli faktörler bulunmaktadır. Yip (1998, s. 462) bu faktörleri şu şekilde belirtmiştir:

- Öğrencilerin günlük deneyimleriyle oluşan ve sınıfa getirdikleri düşünceler
- Sınıf içi öğretim sürecinde öğrencilerin oluşturduğu eksik ya da hatalı fikir ve düşünceler
- Öğretmen ve ders kitaplarından kaynaklanan hatalı kavramlar

Öte yandan Kikas (2004), öğrencilerde tespit edilen kavram yanlışlarının olası kaynaklarını

- Analoji temelinde yapılan genellemeler

- Ontolojik olarak farklı kategorilere ait olan kavramlar
- Ders kitaplarındaki bilgiler
- Öğretmenlerin bilgi düzeyleri

şeklinde dört kategori altında değerlendirmektedir.

Genel bir ifadeyle, klasik fizikte tespit edilen kavramsal zorluklar ve kavram yanılgıları yukarıda belirtilen faktörlerden birçoğundan beslenebilmektedir. Diğer taraftan, modern fizikte tespit edilen sorunların ortaya çıkmasındaki belirleyici unsur temel olarak öğretim sürecidir (Zarkadis ve diğerleri, 2017). Modern fizik konularından biri olan atomun yapısına yönelik ortaöğretim düzeyinde öğrenim gören öğrencilerin zihinsel modellerini araştırdıkları çalışmalarında Zarkadis vd. (2017) öğrencilerin bu konudaki bilgilerinin temel olarak öğretim programı ve öğretim süreci tarafından şekillendiğini belirtmişlerdir. Bu perspektiften değerlendirildiğinde öğretim programının belirlediği sınırlar çerçevesinde formal eğitim sürecine yön veren ve öğrencilere rehberlik eden öğretmenler bu sürecin en önemli paydaşı olarak karşımıza çıkmaktadır. Formal eğitim süreci dikkate alındığında lise düzeyindeki modern fizik kavramlarının öğretiminde ortaya çıkabilecek sorunları önlemek ve öğrencilerin modern fizik kavramlarını bilişsel yapılarında anlamlı olarak yapılandırılabilmesi için öncelikle fizik öğretmen adaylarının lisans öğretmenlik programında bu kavramlara yönelik bilgi düzeylerinin ve kavramsal anlamalarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Alanyazında bireylerde tespit edilen öğrenme zorluklarını ve kavram yanılgılarını ortadan kaldırmaya ve bireylerin kavramsal anlamalarını, bilgi ve başarı düzeylerini arttırmaya yönelik çeşitli yaklaşım, strateji ve tekniklerin kullanıldığı görülmektedir. Bu amaçlar doğrultusunda örneğin, işbirlikli öğrenme (Acar & Tarhan, 2007), kavram haritalama (Novak ve diğerleri, 1983), birleştirici benzeşimler (Yılmaz ve diğerleri, 2006) ve argümantasyona dayalı sorgulama (Keys ve diğerleri, 1999) gibi farklı birçok yaklaşım ve strateji ve teknikten yararlanılmıştır.

Son yıllarda fen eğitimi araştırmalarında öğrencilerin başarılarını arttırmaya yönelik kullanılan yaklaşımlardan biri de Argümantasyon Dayalı Sorgulamadır (ADS). Özgün adı “Science Writing Heuristic” (SWH) olan ve Keys vd. (1999) tarafından geliştirilen bu yaklaşım ilk olarak “Yaparak Yazarak Bilim Öğrenme” şeklinde Türkçeye uyarlanıp kullanılmıştır (Günel ve diğeri, 2010). Sonraki yıllarda ulusal alanyazındaki çalışmalarda bu yaklaşımın “Argümantasyon Tabanlı Bilim Öğrenme” şeklinde kullanıldığı görülmektedir (Kingir ve diğeri, 2011; Günel ve diğeri, 2012). Diğeri taraftan son yıllarda uluslararası yayınlarda “Science Writing Heuristic” ifadesi daha genel bir çerçevede ele alınmakta ve “Argument Based Inquiry” ifadesi sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışmanın tamamında da “Argument-Based Inquiry” ifadesinin Türkçe karşılığı olan “Argümantasyona Dayalı Sorgulama” ifadesi kullanılmıştır.

ADS'yi temel alan çalışmalar incelendiğinde, bu yaklaşımın öğrencilerin çeşitli fen konularını anlamalarına ve bu konulardaki başarı düzeylerine olumlu etkide bulunduğunu göstermektedir. Örneğin, kimyasal değişim ve karışımlar (Kingir ve diğeri, 2013), fiziksel denge (Rudd ve diğeri, 2001), organik kimya (Schroeder & Greenbowe, 2008) ve ışık (Cavagnetto ve diğeri, 2011) konularında bu yaklaşımın öğrencilerin başarısına olumlu yönde etki ettiği tespit edilmiştir. Buradan hareketle çalışmanın temel amacı; ADS yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde fizik öğretmen adaylarının (i) modern fizik kavramlarına yönelik bilişsel yapılarındaki değişimleri incelemek, (ii) yazılı argüman becerilerine yönelik değişimleri belirlemek ve (iii) lise düzeyindeki fizik derslerinde ADS yaklaşımının kullanımına ilişkin görüşlerini tespit etmektir. Bu çerçevede, araştırma kapsamında incelenen araştırma soruları aşağıdaki gibidir:

1. Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde fizik öğretmen adaylarının modern fizik kavramlarına yönelik bilişsel yapıları nasıl değişmektedir?

2. Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde fizik öğretmen adaylarının yazılı argüman becerileri nasıl değişmektedir?
3. Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecindeki deneyimlerine dayanarak fizik öğretmen adaylarının gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde ADS yaklaşımını kullanmalarına yönelik görüşleri nelerdir?

Araştırmanın Amacı ve Önemi

Alanyazındaki fizik eğitimi çalışmaları incelendiğinde bu çalışmalar içinde modern fizik öğretimine yönelik çalışmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Buna paralel olarak modern fizik öğretiminde multimedya kullanımı bağlamında da sayıca sınırlı düzeyde çalışma bulunmaktadır. Dolayısıyla, alanyazındaki bu boşluğu doldurmaya yönelik yeni çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

Modern fizik öğretiminde karşılaşılan sorunların temel olarak öğretim sürecinden kaynaklandığı göz önünde bulundurulduğunda formal öğretimin önemli paydaşlarından biri olan öğretmenlerin bu alana yönelik sahip oldukları bilgi, beceri ve deneyimleri ile bu sürecin belirleyicisi olabilmektedir. Öğretmenlerin modern fizik kavramlarına yönelik deneyimleri, gelecekteki öğrencilerinin de bu kavramları anlamlı şekilde yapılandırmalarına doğrudan etki edecektir. Özetle bu araştırmadan elde edilen çıktıların, yalnızca öğretmen adaylarının modern fiziğe yönelik bilgi ve deneyimlerine değil gelecekteki öğrencilerinin de bilgi ve anlama düzeylerine katkı sağlayacağına inanılmaktadır.

Alanyazındaki çalışmalarda genel eğilim bireylerin modern fizik kavramlarına ilişkin bilgi ve anlama düzeylerini ortaya çıkarmak, sahip oldukları kavramsal anlamadaki eksiklikleri ve kavram yanılgılarını belirlemeye yöneliktir. Ancak tespit edilen bu türden sorunların ortadan kaldırılmasını amaçlayan somut uygulama örneklerine de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaçtan hareketle çalışma kapsamında fizik öğretmen adaylarının

modern fizik kavram ve konularına yönelik bilgi ve anlama düzeylerini arttırmayı amaçlayan bir ders tasarımına yer verilmiş ve ilerleyen bölümlerde de detaylı olarak tartışılmıştır.

Alanyazında da görüldüğü üzere, ADS yaklaşımının öğrencilerin farklı fen konularındaki başarılarına olumlu etki ettiğini ortaya koyan birçok çalışma bulunmaktadır. Yukarıdaki açıklamalar da dikkate alındığında, hem modern fizik kavram ve konularının irdelendiği hem de ADS yaklaşımı temelinde geliştirilen bir ders içeriğinin ele alındığı bu çalışmanın alanyazına katkı sağlayacağına inanılmaktadır. Bu bağlamda, elde edilecek çalışma sonuçlarının gelecekte yapılacak benzer çalışmalara da ışık tutması hedeflenmektedir.

Sayıtlılar

Sekiz hafta boyunca devam eden bu çalışmaya gönüllü olarak katılan fizik öğretmen adaylarının verilerin toplanması sürecinde verdikleri tüm yanıtların içten olduğu varsayılmıştır. Bu bağlamda, fizik öğretmen adayları tüm kavram haritalarını aynı standart koşullar altında oluşturmuşlardır. Benzer şekilde, öğretmen adayları tüm etkinlik raporlarını aynı koşullarda tamamlamışlardır. Katılımcılarla yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler de bireysel olarak aynı fiziksel koşullar altında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaya katılan fizik öğretmen adayları çalışma kapsamında incelenen modern fizik kavramlarını daha önceki yıllarda aldıkları lisans öğretmenlik programındaki fizik derslerinden bildikleri varsayılmıştır.

Sınırlamalar

Bu çalışma,

- Bir devlet üniversitesinde 2017-2018 akademik yılı güz döneminde Fizik Öğretmenliği Lisans Programında yer alan “Modern Fizik Öğretimi” dersindeki 8 haftalık öğretim süreci ile

- Modern fiziğin temel konularından fotoelektrik olay, Young çift yarık deneyi, Hidrojen atom modelleri - Bohr atom modeli ve elektron çift yarık deneyi olmak üzere toplam dört fizik konusu ile

sınırlandırılmıştır.

Bölüm 2

Araştırmanın Kuramsal Temeli ve İlgili Araştırmalar

Araştırma soruları dikkate alındığında bu çalışmanın kuramsal temeli iki boyuttan oluşmaktadır: i) argümantasyona dayalı sorgulama (ADS) yaklaşımı ve ii) modern fizik öğretimi. Bu bağlamda, araştırmanın kuramsal temeli ve ilgili araştırmalar iki ana başlıkta tartışılmıştır. İlk olarak ADS yaklaşımı ile ilgili genel bilgilere yer verilmiş, ardından alanyazında bu yaklaşımı temel alan çalışmalar genel çerçevede ele alınmıştır. Araştırmanın kuramsal çerçevesini oluşturan ikinci boyut kapsamında alanyazında modern fizik kavramlarına ilişkin tespit edilen sorunlar genel çerçevede özetlenmiş ve elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) Yaklaşımı

Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) yaklaşımı ilk olarak fen konularının öğretimine yönelik laboratuvar uygulamalarında kullanılmak amacıyla geliştirilmiştir (Keys ve diğerleri, 1999). Bu yaklaşım temel olarak laboratuvar gibi uygulamalı etkinliklere yönelik kavramsal öğrenmeyi arttırmaya amaçlarken, öğrencilerin topladıkları verilerden anlam çıkarmalarını ve ayrıca araştırma soruları, prosedür, veri, iddia ve kanıt arasında ilişki kurmalarına olanak tanıyan bir yaklaşımdır (Keys ve diğerleri, 1999). Bu bağlamda, ADS yaklaşımındaki etkinlikler geleneksel laboratuvar etkinliklerinden farklılık göstermektedir (Burke ve diğerleri, 2006). Geleneksel laboratuvar rapor yapısında öğrencilerden sırasıyla etkinliğin başlığı, amacı, etkinliğin yapılışına ilişkin bilgiler, veriler, tartışma ve ilgili hesaplamalar istenirken ADS’de ise öğrencilerden araştırma sorularını oluşturmaları, bu sorulara yanıt aramak için hangi yöntemleri kullanacaklarını belirlemeleri ve gözlemlerini kaydedip iddialarını ortaya koyarak bunları gözlem sonuçlarıyla kanıtlamaları beklenir (Burke ve diğerleri, 2006). Geleneksel rapor yapısında karşılığı olmayan yansıma bölümünde ise öğrenciler laboratuvar etkinlikleri sonunda fikirlerinde ne tür değişiklikler olduğunu ifade etmektedirler. Tablo 1’de ADS yaklaşımına göre hazırlanan rapor yapısı ile

geleneksel laboratuvar yaklaşımında benimsenen rapor yapısı karşılaştırılmaktadır (Burke ve diğerleri, 2006).

Tablo 1

Geleneksel Laboratuvar Rapor Yapısı ve ADS Rapor Yapısı

Geleneksel Laboratuvar Rapor Yapısı	ADS Laboratuvar Rapor Yapısı
Başlık, amaç.	Başlangıç Soruları – Sorularım nelerdir?
Taslak prosedür	Testler – Ne yapıyorum?
Veriler ve gözlemler	Gözlemler – Ne gördüm?
Tartışma	İddialar – Ne iddiada bulunabilirim?
Eşitlikler, hesaplamalar ve grafikler	Kanıt – Nasıl biliyorum? Neden bu iddialarda bulunuyorum?
-	Yansımalar – Fikirlerim diğer fikirlerle nasıl karşılaştırılır? Fikirlerim nasıl değişti?

Bununla birlikte ADS yaklaşımında öğretmen ve öğrencilere rehber olmak için iki şablon geliştirilmiştir. Öğretmen şablonunda öğrencilerin laboratuvar kavramları hakkında düşünceleri, okumaları, yazmaları ve tartışmalarını sağlayacak çeşitli etkinlikler önerilmektedir (Keys ve diğerleri, 1999).

Bu şablona göre, öncelikle öğrencilerin konuyla ilgili sahip olduğu ön bilgiler ortaya çıkarılır. Bu amaca yönelik öğretmen öğrencilerden bireysel ya da grup olarak bir kavram haritası oluşturmalarını isteyebilir. İkinci aşamada, öğretmen laboratuvar kavramları hakkında beyin fırtınası ya da soru sorma etkinlikleri düzenleyip öğrencilerin kavramlar hakkındaki düşüncelerini ifade etmelerini sağlayabilir. Bir sonraki aşamada ise, öğrenciler laboratuvar etkinliklerini gerçekleştirirler. Laboratuvar etkinliklerinin devamında ise bir dizi müzakere süreci bulunmaktadır. Bu sürecin ilkinde öğrencilerin elde ettikleri veriler üzerinde bireysel olarak düşüncelerine olanak sağlanır ve öğrencilerden bu düşüncelerini yazıya aktarmaları istenir. Bir sonraki süreçte öğrenciler küçük gruplar halinde veriler hakkındaki düşünceleri ve yorumlarını birbirleriyle paylaşır ve ortaya bir iddia koyarlar. Ardından, bu

iddialarını çeşitli kaynaklara (ders kitapları, ansiklopediler vb.) başvurarak kanıtlarlar. Son müzakere sürecinde ise öğrenciler laboratuvar etkinliğiyle ilgili bireysel yansıma raporu yazarlar. Son olarak, öğrencilerin öğretim bitiminde anlamalarını belirlemek amacıyla yeni bir kavram haritası etkinliği yapılır. Yukarıda özetlenen bu bilgileri içeren öğretmen şablonu Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2

ADS Öğretmen Şablonu

-
1. Bireysel ya da grupla oluşturulan kavram haritalama tekniği ile öğretim öncesindeki ön bilgilerin ortaya çıkarılması
 2. Informal yazma, gözlemler yapma, beyin fırtınası ve soru sorma tekniklerinin yer aldığı laboratuvar öncesi etkinliklerinin yapılması
 3. Laboratuvar etkinliklerine katılım
 4. I. Müzakere Fazı – Laboratuvar etkinlikleri için kişisel yazma etkinliklerinin yapılması (Örn. günlük yazma)
 5. II. Müzakere Fazı – Küçük gruplarda veri yorumlarının paylaşılması ve karşılaştırılması (Örn. grup olarak taslak oluşturma)
 6. III. Müzakere Fazı – Düşüncelerin ders kitapları ve diğer kaynaklarla karşılaştırılması (Örn. başlangıç sorularını cevaplandırmaya yönelik grup notu çıkarma)
 7. IV. Müzakere Fazı – Bireysel yansıma ve yazma faaliyetlerinin yapılması (Örn. poster gibi bir sunum hazırlama veya bilgi verilecek kitle için rapor oluşturma)
 8. Kavram haritalama tekniği ile öğretim sonundaki anlamaların ortaya çıkarılması
-

ADS yaklaşımındaki bir diğer şablon ise öğrenci şablonudur (Hand & Choi, 2010).

Tablo 3’teki bu şablona göre ilk olarak laboratuvar etkinliklerine ilişkin araştırma soruları belirlenir. Ardından, araştırma sorularına uygun bir şekilde öğrenciler tarafından laboratuvar etkinliği gerçekleştirilir ve gözlemler yapılır.

Tablo 3*ADS Öğrenci Şablonu*

-
1. Başlangıç Düşünceleri – Sorularım nelerdir?
 2. Testler – Ne yaptım?
 3. Gözlemler – Ne gördüm?
 4. İddialar – Ne iddiada bulunabilirim?
 5. Kanıt – Nasıl biliyorum? Neden bu iddialarda bulunuyorum?
 6. Okuma – Düşüncelerim diğer düşüncelerle nasıl karşılaştırılır?
 7. Yansıma – Düşüncelerim nasıl değişti?
-

Daha sonra, gözlemlerden elde edilen sonuçlara dayanarak bir iddia ortaya konulur. Bunu takip eden bir sonraki adımda ise öğrencilerin bu iddialarını açıklamaları, diğer bir ifadeyle, kanıtlamaları gerekmektedir. Öğrenciler çeşitli kaynaklara başvurarak yaptıkları açıklamaların doğruluğunu araştırır ve ulaştıkları bilgilerle kıyaslamalar yaparlar. Son aşamada etkinlik sonrasında laboratuvar kavramlarına ilişkin bilgilerinde ne tür değişiklikler olduğuna ilişkin yansıtıcı etkinlikler (rapor yazma, sunum hazırlama gibi) hazırlarlar.

Günümüze kadar alanyazında ADS yaklaşımını farklı açılardan ele alan birçok çalışma bulunmaktadır. Çalışmanın kuramsal temelini oluşturmak ve sınırlarını belirlemek amacıyla veri toplama sürecinin öncesinde çeşitli veri tabanlarından (örn., Web of Science, Education Resources Information Center (ERIC), Scopus ve EBSCO) yararlanılmış, özellikle fizik ve kimya konularına yönelik ADS yaklaşımının ele alındığı uluslararası çalışmalar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu çerçevede, çalışmanın kuramsal temeline yön veren bazı ADS çalışmalarına ilişkin bilgiler Tablo 4'te özetlenmektedir.

Tablo 4*Alanyazında ADS Yaklaşımını Temel Alan Bazı Araştırmalara İlişkin Bilgiler*

Araştırma	Çalışılan Grup	Disiplin	Araştırılan Kavramlar	Araştırma Yaklaşımı	Veri Toplama Yöntemleri
Stephenson & Sadler-McKnight (2016)	Üniversite	Kimya	Belirtilmemiş	Yarı deneysel	Ön test – son test
Gupta vd. (2015)	Üniversite	Kimya	Temel sentez, yüzde verim hesaplamaları, matematiksel hesaplamalar, ısı transferi	Yarı deneysel	Laboratuvar raporları
van Opstal & Daubenmire (2015)	Üniversite	Kimya	Belirtilmemiş	Karma desen	Anket, Ön test – son test, Görüşmeler
Choi vd. (2015)	Öğretmen	Yaşam bilimleri	Belirtilmemiş	Nitel	Yansıtıcı yazılı raporlar ve ders planları
Choi vd. (2013)	Üniversite	Kimya	Genel kimya konuları	Nitel	Laboratuvar raporları, Genel kimya laboratuvar dersi sınav notları
Kingir vd. (2013)	Lise	Kimya	Kimyasal değişim ve karışımlar	Yarı deneysel	Ön test – son test, Yarı yapılandırılmış görüşme
Xu & Talanquer (2013)	Üniversite	Kimya	Ölçme, ışığın özellikleri, emilim ve soğurma vb.	Nitel	Bireysel laboratuvar raporları

Günel vd. (2012)	Öğretmen	Fizik ve Kimya	Atom ve özellikleri, Elektrik, Genleşme vb. konular	Nitel	Video kayıtları
Kingir vd. (2012)	Lise	Kimya	Kimyasal değişim ve karışımlar	Yarı deneysel	Ön test – son test (başarı testi),
Cavagnetto vd. (2011)	Öğretmen İlköğretim	Fizik, Biyoloji	Işık ve renk, Ses, Karasal ve denizde yaşayan canlılar	Karma desen	Ön test – son test (başarı testi), Gözlemler,
Nam vd. (2011)	Öğretmen İlköğretim	Fizik	Yeryüzü katmanları, Epirojenik hareket, elektrik devreleri, direnç ve akım	Yarı deneysel	Gözlemler, Özet yazmaya dayalı sınav
Putti (2011)	Lise	Kimya	Hess yasası, Redoks tepkimesi vb. kimya konuları	Nitel	Laboratuvar notları, Tutum ölçüğü
Hand & Choi (2010)	Üniversite	Kimya	Alkenler, Aromatik yer değiştirme, sentez vb.	Nitel	Laboratuvar raporları, Laboratuvar sınavları
Schroeder & Greenbowe (2008)	Üniversite	Kimya	Nükleofilik yer değiştirme tepkimeleri	Nitel	Sınav kâğıtları, Anket
Wink & Hwang-Choe (2008)	Üniversite	Kimya	Kütle, hacim, yoğunluk	Nitel	Laboratuvar etkinlik raporları
Poock vd. (2007)	Üniversite	Kimya	Atom, molekül, element, elementlerin periyodik özellikleri vb.	Yarı deneysel	Ön test, Ders başarı notları

Rudd vd. (2007)	Üniversite	Kimya	Kimyasal denge	Yarı deneysel	Genel kimya ders notu, Ön test, Ders sınav sorusu, Laboratuvar sınavı
Rudd vd. (2001)	Üniversite	Kimya	Fiziksel denge	Yarı deneysel	Genel kimya ders notu, Ön test, Fiziksel denge problemi, Laboratuvar sınavı, Anket

Tablodaki bilgiler çerçevesinde ADS yaklaşımını temel alan çalışmalar incelendiğinde, yapılan çalışmaların farklı yaş ve grup seviyelerinde gerçekleştirildiği görülmektedir. Yine tablodaki bilgiler dikkate alındığında bu çalışmalarda ağırlıklı olarak kimya konularının ele alındığı görülmektedir. Bu bağlamda, fiziksel ve kimyasal denge, kimyasal değişim ve karışımlar, atom, molekül ve element gibi kavramlar ADS yaklaşımı temelinde araştırmacılar tarafından ele alınmıştır. Son olarak, Tablo 4'teki çalışmalar araştırma deseni ve veri toplama yöntemleri bakımından incelendiğinde çalışmalarda üç temel araştırma deseninin de kullanıldığı ve veri toplama yöntemleri bakımından da büyük bir çeşitliliğin olduğu görülmektedir.

Modern Fizik Öğretiminde Yapılan Araştırmalar ve Sonuçları

Günümüze kadar farklı yaş seviyelerindeki öğrencilerin modern fizik kavramlarını nasıl anladıklarına dair birçok araştırma yapılmıştır. Genel olarak bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar, modern fizik kavram ve konularından atomun yapısı ve özellikleri, atom altı taneciklerin davranışları, foton, yörünge, katman, orbital kavramları ile belirsizlik ilkesi hakkında öğrencilerin kavramsal zorluklara ve kavram yanılgılarına sahip olduklarını göstermektedir. Tespit edilen bazı önemli kavramsal zorluk ve kavram yanılgılarına Tablo 5'te yer verilmiştir.

Tablo 5

Modern Fizikte Tespit Edilen Bazı Kavramsal Zorluklar ve Kavram Yanılgıları

Atomun yapısı sert/katı bir küre ya da topa benzemektedir (Griffiths & Preston, 1992, Harrison & Treagust, 1996).

Atomlar mikroskop altında görülebilirler (Cokelez, 2012; Griffiths & Preston, 1992, Harrison & Treagust, 1996; Nakhleh & Samarapungavan, 1999).

Atomlar canlıdır (Griffiths & Preston, 1992; Nicoll, 2001).

Atomlar canlı olup büyüyüp bölünebilirler (Harrison & Treagust, 1996).

Atomlar hareket ettikleri için canlıdır (Griffiths & Preston, 1992).

Çekirdek atomun kontrol merkezidir (Harrison & Treagust, 1996).

Orbitaller çekirdeğin etrafında elektronların dolandıkları yörüngelerdir (Cervellati & Perugini, 1981; Nakiboğlu, 2003).

Elektron gezegenlerin Güneş etrafındaki dolandıkları gibi çekirdek etrafında dolanırlar (Nicoll, 2001).

Elektronlar birbirini çeker (Nicoll, 2001).

Elektronlar spin hareketi yapmazlar (Nicoll, 2001).

Spin, elektronların kendi ekseni etrafında dönmelerinin sonucu olarak ortaya çıkan bir büyüklüktür (Özcan, 2013).

Elektronun her zaman belirli bir konumu vardır (Şen, 2002).

Elektron taneciktir (Olsen, 2002).

Elektron hem tanecik hem de dalgadır (Olsen, 2002).

Elektron katmanı, orbital / elektron bulutu eş anlamlıdır (Harrison & Treagust, 2000; Taber, 2005).

Orbital elektronun hareket ettiği hayali ve olası bir yörüngedir (Cervellati & Perugini, 1981).

Orbital elektronun bulunduğu/dolandığı enerji düzeyidir (Cervellati & Perugini, 1981; Nakiboğlu, 2003).

Orbital boş ya da elektronların doldurduğu bir kutudur (Nakiboğlu, 2003).

Orbital elektronların belli bir düzene göre dizildikleri yerdir (Nakiboğlu, 2003).

Foton parlak küresel bir topa benzer (Mashhadi & Woolnough, 1999).

Modern fiziğin öğrenilmesinde karşılaşılan sorunların başında atomun yapısı gelmektedir. Öğrenciler genellikle atomu klasik bir nesne olarak düşünme eğilimindedirler. Bu çerçevede, atom ya salt bir küreye ya da Güneş sistemine benzetilmektedir (Nicoll, 2001). Tabloda görüldüğü üzere, bazı öğrenciler atomu mikroskop altında görebileceklerini düşünmektedirler (Cokelez, 2012; Griffiths & Preston, 1992, Harrison & Treagust, 1996; Nakhleh & Samarapungavan, 1999). Bazı öğrenciler de atomun canlı olduğuna dair bir inanca sahiptirler (Griffiths & Preston, 1992). Hatta bazı öğrenciler atomların hücre gibi bölünebileceklerine inanırken bazı öğrenciler de çekirdeğin atomun yönetim merkezi olduğuna inanmaktadır (Harrison & Treagust, 1996).

Alanyazında tespit edilen kavram yanlışlarından bir kısmını orbital kavramıyla ilgili kavram yanlışları oluşturmaktadır. Orbital ile ilgili tabloda verilen bazı kavram yanlışları orbitalin öğrenciler tarafından yörünge şeklinde algılandığını göstermektedir. Diğer yandan, elektronla ilgili olan kavram yanlışları, atom yapısının önemli bileşenlerinden olan elektronun atomdaki davranışının yeterince anlaşılamadığını göstermektedir. Örneğin, Olsen'in (2002) belirttiği üzere birçok öğrenci elektronu atomda olduğu gibi klasik bir nesne gibi, yani bir tanecik olarak algılamaktadır.

Orbital kavramında olduğu gibi yörünge kavramına ilişkin kavram yanlışlarına da modern fizik öğretiminde sıklıkla karşılaşılmaktadır. Örneğin, Ekinci ve Şen (2020) yaptıkları çalışmada lise öğrencilerinin atomun yapısına ilişkin bilişsel yapılarını incelemişlerdir. Kavram haritaları ile topladıkları verileri çalışma kapsamında geliştirdikleri yeni bir nitel analiz yöntemi kullanarak analiz etmişlerdir. Analiz sonuçları lise öğrencilerinin bilişsel yapılarında Bohr atom modelinin güçlü bir şekilde yer edindiğini, bu bağlamda birçok öğrencinin kavram haritalarında yörünge kavramına yer verdiklerini göstermektedir. Ayrıca, çalışma kapsamında elde edilen bulgular ışığında araştırmacılar, öğrencilerin lise fizik ve kimya derslerinde öğrendikleri kavramları birbiriyle yeterince ilişkilendiremediklerini ifade etmişlerdir. Bu durumun temel sebebi olarak araştırmacılar fizik ve kimya öğretim programlarında atomun yapısına ilişkin kavram ve konuların ele alınma şeklinin öğrencilerin bu konuyu bilişsel yapılarında anlamlı bir şekilde ilişkilendirmelerine olanak tanımadığını, dolayısıyla da atomun kuantum modelinin öğrenilmesinde zorluklara neden olduğunu belirtmişlerdir.

Bir başka çalışmada Shiland (1997), sekiz farklı kimya ders kitabını atom modelleri bağlamında kavramsal değişim modeli bağlamında incelemiştir. Kavramsal değişimin dört temel bileşeni dikkate alarak yaptığı analizler sonucunda Shiland, ders kitaplarının atomun kuantum modelini öğretme konusunda dört temel bileşenin yeterince vurgulanmadığını, bu durumun da öğrencilerin Bohr atom modelini daha çok benimsemelerine yol açtığı sonucuna varmıştır.

Öğrencilerin modern fizik kavramlarına yönelik düşüncelerini ortaya çıkaran çalışmaların yanı sıra, modern fizik öğretiminde uygulamaya dönük çalışmalar da yapılmıştır (Fischler & Lichtfeldt, 1992; Kalkanis ve diğerleri, 2003; Müller & Wiesner, 2002). Fischler ve Lichtfeldt (1992) lise düzeyindeki modern fizik konularının öğretiminde yeni bir ünite geliştirmişlerdir. Toplam 32 ders saatini kapsayacak şekilde geliştirilen üniteye foton yerine elektron kavramı ön plana çıkarılırken konuların işleme sırasında da değişiklikler yapılmıştır. Bu doğrultuda, elektron kırınımı, elektronlarla yapılan çift yarık deneyi, Heisenberg belirsizlik ilkesi, enerjinin kuantize olması, Frank-Hertz deneyi vb. konulara geliştirilen üniteye yer verilmiştir. Deney gruplarında bu ünite uygulanmış, kontrol gruplarında ise hali hazırda uygulanmakta olan öğretim programına bağlı kalınarak modern fizik konularının öğretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kontrol grubundaki öğrencilere kıyasla deney grubundaki öğrencilerin kavramsal anlamalarında olumlu değişikliklerin olduğunu göstermiştir.

Diğer bir çalışmada Müller ve Wiesner (2002), üniversite düzeyindeki kuantum mekaniği konularının öğretimi için bir ders içeriği geliştirmişlerdir. Fotoelektrik etki, dinamik özelliklerin hazırlanması, elektron kırınımı ve belirsizlik ilkesi vb. konular ders tasarımına entegre edilmiştir. Ayrıca, uygulama sürecinde deney grubunda araştırmacıların geliştirdiği kaynak kitap ve çeşitli simülasyonlar da kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, deney grubundaki öğrenciler geleneksel yaklaşımla eğitim gören öğrencilere göre kuantum mekaniği konularını anlamada daha çok ilerleme kaydetmişlerdir.

Sonuç olarak, modern fizik öğretimi alanında sınırlı düzeyde çalışma olsa da bu çalışmaların ortaya koyduğu sonuçlar öğrencilerin modern fizik kavramlarına ilişkin birçok kavramsal zorluğa ve kavram yanılgısına sahip olduklarını ortaya koymaktadır. Diğer taraftan, fen öğretiminde öğrencilerin başarılarını arttırmada da etkili bir yaklaşım olduğu rapor edilen ADS çalışmaları irdelenen konu bakımından da geniş bir spektrumda çeşitlilik göstermektedir. Yukarıda özetlenen çalışmalar dikkate alınarak tasarlanan bu çalışmada ADS yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi süreci ele

alınmıştır. Dolayısıyla, bu çalışma ile alanyazındaki ADS yaklaşımı çalışmalarına modern fizik öğretimi bağlamında katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Bölüm 3

Yöntem

Bu bölümde ilk olarak araştırma deseni hakkında bilgilere yer verilmiştir. Bir sonraki kısımda araştırmanın katılımcıları hakkında genel bilgiler ve araştırma kapsamında kullanılan veri kaynaklarına ilişkin bilgiler sunulmuştur. Bu kısmın devamında, prosedür başlığı altında uygulama süreci detaylı olarak anlatılmıştır. Ardından, her bir veri kaynağının analizine ilişkin bilgilere, araştırmanın geçerliği ve güvenilirliğine ilişkin konular ile birlikte etik konulara yer verilmiştir. Bu bölümün son kısmında ise araştırmacının rolüne ilişkin bilgiler ele alınmıştır.

Araştırma Deseni

Araştırma sorularına yanıt bulmak amacıyla bu araştırmada nitel araştırma desenlerinden biri olan durum çalışması kullanılmıştır. Creswell (2007) durum çalışmasını bir olay, bir etkinlik ya da bir veya daha fazla sayıdaki bireylerin dâhil olduğu bir durumun yazılı anket, görüşme vb. çeşitli ölçme araçları ile incelenmesi olarak açıklamaktadır. Bu çalışmada da araştırma sorularına yanıt aramak amacıyla kavram haritaları, katılımcıların her bir uygulama için grupça oluşturdukları etkinlik raporları ve yarı yapılandırılmış görüşme sorularına verdikleri yanıtlar kullanılarak araştırma sorularına yanıt aranmaya çalışılmıştır. Araştırma deseni çerçevesinde yapılacaklara ilişkin diğer bilgilere aşağıda tartışılmaktadır.

Katılımcılar

Çalışmanın katılımcılarını, 2017-2018 akademik yılı güz döneminde Ankara'daki bir devlet üniversitesinin Fizik Öğretmenliği Lisans programında öğrenim gören ve Modern Fizik Öğretimi dersini alan toplam 12 öğretmen adayı (8 kadın, 4 erkek) oluşturmaktadır. Araştırma verilerinin toplandığı süreçte, Fizik Öğretmenliği Lisans programında eş zamanlı olarak iki farklı öğretmenlik programı bir arada yürütülmekteydi. Modern fizik öğretimi dersi beş yıllık lisans programı için zorunlu, dört yıllık lisans programı için ise seçmeli ders olarak öğretim programında yer alırken dersin kazanımları ve içeriğinde herhangi bir farklılık

bulunmamaktadır. Bu dersi alan 9 öğrenci beş yıllık lisans programına kayıtlı iken diğer 3 öğrenci ise dört yıllık lisans programına kayıtlıdır.

Modern fizik öğretimi dersi ülkemizde sadece Hacettepe Üniversitesindeki Fizik öğretmenliği lisans programında zorunlu/seçmeli ders olarak yer almaktadır. Ders kapsamında öğretmen adaylarının gelecekte kendi sınıflarında modern fizik kavramlarının öğretimine ilişkin deneyim sahibi olmaları; bu bağlamda kullanabilecekleri yeni öğretim yaklaşımı, yöntem ve stratejileri tanımaları ve bunları ders sürecine adapte edip etkili bir şekilde kullanabilecekleri teknolojilere yönelik bilgi edinmeleri de amaçlanmaktadır. Ayrıca dersin amaçları arasında öğretmen adaylarının modern fizik öğretimine ilişkin alanyazında tespit edilen bazı kavramsal zorluklar ve kavram yanılgıları hakkında farkındalıklarının artırılması bulunmaktadır.

Araştırma öncesinde katılımcılar, Mekanik, Elektrik ve Manyetizma I ve II, Termodinamik gibi temel fizik derslerinin yanı sıra öğretmenlik deneyimi kazanmalarına yönelik lisans programında yer alan Program Geliştirme ve Öğretim, Ölçme ve Değerlendirme ile Özel Öğretim I ve II gibi dersleri de tamamlamışlardır. Bununla birlikte katılımcılar lisans programındaki Optik, Kuantum Fiziği I, Kuantum Fiziği II gibi dersleri almışlardır. Dolayısıyla, öğretmen adaylarının bu çalışma kapsamında irdelenen modern fizik konularına yönelik bilgi yapılarına sahip oldukları varsayılmaktadır.

Veri Kaynakları

Araştırma kapsamında yanıt aranan araştırma soruları için toplam üç veri kaynağından yararlanılmıştır (Tablo 6): kavram haritaları, öğretmen adaylarının gruplar halinde oluşturdukları etkinlik raporları ve bireysel olarak yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler. Her bir veri kaynağına ilişkin bilgiler aşağıda tartışılmaktadır.

Tablo 6*Araştırma Sorularına Yanıt Aramak İçin Kullanılan Veri Kaynakları*

Araştırma Soruları	Veri Kaynakları
Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde fizik öğretmen adaylarının modern fizik kavramlarına yönelik bilişsel yapıları nasıl değişmektedir?	Kavram haritaları
Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde fizik öğretmen adaylarının yazılı argüman becerileri nasıl değişmektedir?	Etkinlik raporları
Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecindeki deneyimlerine dayanarak fizik öğretmen adaylarının gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde ADS yaklaşımını kullanmalarına yönelik görüşleri nelerdir?	Bireysel yarı yapılandırılmış görüşmeler

Kavram Haritaları

Novak'ın öncülüğünde 1972 yılında geliştirilen kavram haritalama tekniği eğitim – öğretim sürecinin tüm kademelerinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca kavram haritalama tekniğinden bir öğretim aracı olarak yararlanıldığı gibi alternatif bir ölçme aracı olarak da eğitim-öğretim faaliyetlerinde sıklıkla yararlanılmaktadır (Şen & Özgün-Koca, 2003). Bununla birlikte, kavram haritalama tekniği bireylerin ön bilgilerini ortaya çıkarmak ve öğretim sonunda da bireylerin anlama düzeylerindeki değişiklikleri belirlemek amacıyla ADS yaklaşımında da önerilmektedir (Tablo 2). Bu öneriden de hareketle ADS yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde fizik öğretmen adaylarının modern fizik kavramlarına yönelik bilişsel yapılarındaki değişimi incelemek amacıyla atom, elektron, foton ve ışık olmak üzere dört anahtar kavramı kullanarak öğretmen adaylarından bir kavram haritası oluşturmaları istenmiştir.

Her bir katılımcı bireysel olarak toplam beş kez aynı kavram haritası üzerinde çalışmıştır. Bu doğrultuda, her bir uygulama bitiminde kavram haritaları katılımcılara yeniden verilerek katılımcılar kavram haritaları üzerinde yeniden çalışmışlardır. Bu süreçte katılımcılar, kavram haritalarına yeni kavramlar ekleyerek kavramlar arasında yeni bağlantılar oluşturmakta ve kavram haritalarına daha önceden ekledikleri kavram, bağlantı ve önermeleri değiştirmekte ve silmekte de serbest bırakılmışlardır. Bu yaklaşım ile katılımcıların süreç içinde (i) bilişsel yapılarındaki değişimi kavram haritalarına daha iyi yansıtılabilmeleri ve (ii) etkinliklerde incelen tüm kavramları birbirleriyle ilişkilendirerek bilişsel yapılarındaki değişimi bütüncül bir yaklaşımla ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

Etkinlik Raporları

Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde fizik öğretmen adaylarının yazılı argüman becerilerindeki değişimi belirlemek amacıyla Tablo 3'teki şablona uygun olarak geliştirilen etkinlik rapor formatı kullanılmıştır (Hand & Choi, 2010). Altı aşamadan oluşan bu şablona göre hazırlanan etkinlik rapor formatında katılımcılar öncelikle araştırma sorularını oluşturmuşlar, gruplar halinde simülasyonları kullanarak araştırma sorularına yanıt aramış ve elde ettikleri gözlem ve veriler yardımıyla da iddia ve kanıtlarını ortaya koymuşlardır. Katılımcılar gruplar halinde ADS yaklaşımına uygun olarak geliştirilen rapor şablonunu kullanarak etkinlik raporlarını oluşturmuşlardır.

Yarı Yapılandırılmış Görüşmeler

Fizik öğretmen adaylarıyla yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler ile ADS yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecindeki deneyimlerine dayanarak katılımcıların gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde ADS yaklaşımını kullanmalarına ilişkin görüşlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda yarı yapılandırılmış görüşme soruları oluşturulmuş ve görüşme sorularının incelenmesi amacıyla fizik eğitiminden bir alan uzmanının görüşüne başvurulmuştur. Alan uzmanının geri bildirimleri doğrultusunda görüşme soruları ele alınmış ve bir görüşme sorusu

temelinde katılımcıların görüşleri belirlenmeye çalışılmıştır. Görüşmeler sırasında katılımcılardan daha fazla bilgi alabilmek amacıyla katılımcıların yanıtları doğrultusunda ek sorular da yöneltilmiştir (örn., ADS yaklaşımını sınıfında uygulamak için gerekli koşullar var mıdır?, Bu koşullar ne olabilir?). Yapılan görüşmeler ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınmış ve elde edilen kayıtlar birebir transkript edilerek yazıya aktarılmıştır. Görüşmelerde katılımcılara yöneltilen görüşme sorusu şu şekildedir:

- Gelecekte öğretmenlik mesleğinizde ADS yaklaşımını kullanma konusunda neler düşünüyorsunuz?

Sınıf İçi Gözlemler

Verilerin toplanması sürecinde geliştirilen ders içeriklerinin ADS yaklaşımına uygun bir şekilde gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğini belirlemek (ders öncesi ve ders sonrası uygulanacak kavram haritası etkinliği, araştırma sorularının oluşturulması, müzakere süreçleri, etkinlik raporlarının oluşturulması, dersin uygulayıcısı ile öğretmen adayları arasındaki iletişim vb.) ayrıca, katılımcıların simülasyonlarla etkileşimlerini tespit etmek amacıyla araştırmacı tarafından tüm etkinliklerde katılımcı olarak gözlemci (observer as participant) rolü bağlamında gözlemler yapılmış ve her bir etkinlik bitiminde gözlemlere ilişkin günlükler oluşturulmuştur. Ayrıca Kingır'ın (2011) geliştirdiği sınıf için gözlem kontrol formu (Ek- A), fizik eğitimi alanında uzman olan ders sorumlusu tarafından doldurularak değerlendirilmiştir. Tutulan günlükler ile gözlem formları bir arada değerlendirilmiş, etkinliklerin ADS yaklaşımına uygun bir şekilde gerçekleştirilmesindeki tutarlık incelenmiş ve tespit edilen sorunlar ortadan kaldırılmıştır.

Prosedür

İnteraktif Bilgisayar Simülasyonlarının Belirlenmesi ve Ders İçeriklerinin Geliştirilmesi

Araştırma kapsamında kullanılan interaktif bilgisayar simülasyonlarını belirlemek için öncelikle alanyazında modern fizik öğretimine yönelik çalışmalar incelenmiştir. Bu

bağlamda, Mason vd.'nin (2014) kuantum fiziği ve kuantum mekaniğinde geliştirilen multimedya tabanlı öğrenme materyallerinin derlemesine yönelik yaptıkları derleme çalışmalarında incelenen multimedya materyalleri bu araştırma için önemli bir yol gösterici olmuştur. Bu derleme çalışmasında ortaya konulan bulgu ve öneriler ile multimedya tabanlı öğrenme materyallerinden interaktif bilgisayar simülasyonlarına ilişkin araştırmacının deneyimleri sonucunda çalışmada kullanılmak üzere seçilecek simülasyonların belirlenmesinde toplam üç kriterin ortaya çıkmıştır. Bu çerçevede araştırmaya dâhil edilecek simülasyonlar; i) Türkçe dil desteğine sahip olmalı, ii) ADS yaklaşımına uygun olacak şekilde katılımcıların araştırılabilir sorular oluşturmalarına olanak tanıyacak şekilde birden fazla değişken içermeli ve iii) çevrimdışı kullanılabilir olmasıdır. Öncelikle, katılımcıların dil yeterlikleri dikkate alındığında simülasyonların Türkçe dil desteğine sahip olmaları, simülasyon seçiminde ilk ve en önemli belirleyici faktör olmuştur. Diğer taraftan bu durum, geliştirilen birçok simülasyonun değerlendirme sürecinden çıkarılmasına sebep olmuştur. Dolayısıyla, dar bir kapsam dahilinde Türkçe dil desteğine sahip simülasyonlar ikinci kritere uygunluk bakımından değerlendirilmiştir.

Simülasyonların ikinci kritere göre uygunluğunun belirlenmesi ile ders içeriklerini belirleme süreci eş zamanlı olarak yürütülmüştür. Bu bağlamda öğretmenlik lisans programında modern fizik kavramlarını içeren derslerin analizi ile ortaöğretim düzeyindeki fizik dersleri bir arada incelenmiştir. Farklı öğretim düzeylerindeki ders içeriklerini bir arada incelemekteki amaç i) ortak modern fizik kavram ve konularını belirlemek ve ii) öğretmen adaylarının bu araştırma kapsamında edinecekleri deneyimler ile gelecekte kendi sınıflarında edinecekleri tecrübeler arasında bir ilişki kurmaktır. Diğer bir ifadeyle, öğretmen adaylarının ADS temelinde teknoloji destekli modern fizik öğretimindeki tecrübelerini gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde aynı konuların öğretime yansıtılmalarına olanak tanımaktır. Son olarak, simülasyonlar belirlenirken etkinlikler sırasında internet bağlantısında ve simülasyonlara erişimde yaşanabilecek olası sorunların önüne geçebilmek amacıyla kullanılacak simülasyonların çevrimdışı da kullanılabilir olmasına dikkat edilmiştir.

Yukarıdaki kriterler doğrultusunda dört temel modern fizik konusu araştırma kapsamında irdelenmek üzere belirlenmiştir: fotoelektrik olay, Young çift yarık deneyi, Hidrojen atom modeli, elektron çift yarık deneyi. Belirlenen ders içeriklerine uygun olarak geliştirilen fizik simülasyonları ve kaynakları Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7

Etkinliklerde Kullanılan Fizik Simülasyonları

Fizik Simülasyonları	Kaynaklar
Eğik atış	Physics Education Technology (PhET)
Fotoelektrik olay	Physics Education Technology (PhET)
Young çift yarık deneyi	Munich Internet Project to Learn Quantum Physics (milq)
Hidrojen atom modeli	Physics Education Technology (PhET)
Elektron çift yarık deneyi	Munich Internet Project to Learn Quantum Physics (milq)

Örneğin, Fizik öğretmen adaylarının çalışma kapsamında kullandığı simülasyonlardan Young çift yarık deneyi ile elektron çift yarık deneyinin ele alındığı simülasyon 1999 yılında Klaus Mutsham tarafından Munich Internet Project to Learn Quantum Physics (milq) (Kuantum Fiziği Öğrenmeye Yönelik Münih İnternet Projesi) kapsamında geliştirilmiş ve Türkçe çevirisi Ahmet İlhan Şen tarafından yapılmıştır. Simülasyon üzerinde çalışırken öğretmen adaylarının değiştirebileceği birçok değişken bulunmaktadır. Bu değişkenler; kaynak, yarık genişliği (w), yarıkları arası uzaklık (d), kaynağın enerjisi ve lamba. Örneğin, katılımcılar kaynak butonuna tıklayarak renk spreyi, elektron, foton, proton, sodyum molekülleri 10 farklı kaynaktan birini seçebilmektedirler. Bununla birlikte katılımcılar levha butonuna tıklayarak yarık genişliğini $1\mu\text{m}$ - $100\mu\text{m}$ aralığında ve yarıklar arası uzaklığı da $1\mu\text{m}$ - $200\mu\text{m}$ aralığında istedikleri değere getirip araştırma sorularına yanıt bulabilmektedirler. Ayrıca katılımcılar simülasyon üzerinde ekranla yarıklar arasındaki uzaklığı ölçeklendirilmiş olup ekranın en alt köşesinde bulunan bilgi ve değerler yardımıyla gerekli verilere kolaylıkla erişim sağlayabilmektedirler.

Etkinliklerin Uygulanması Ve Verilerin Toplanması

Genel bir çerçevede bu araştırmanın veri toplama sürecinde izlenen aşamalar Tablo 8'de özetlenmektedir. Tablodaki bilgilere göre, uygulama sürecinin ilk haftasında öğretmen adaylarının argümantasyon süreçlerini ve uygulamalarını tanımaları ve uygulamalar sürecinde kullanılacakları soru, iddia, delil vb. kavramları anlamlandırmaları için örnek bir olay (EK- B) etkinliği yapılmıştır (Kıngır, 2011).

Tablo 8

Uygulama Sürecinde Yapılan Etkinlikler

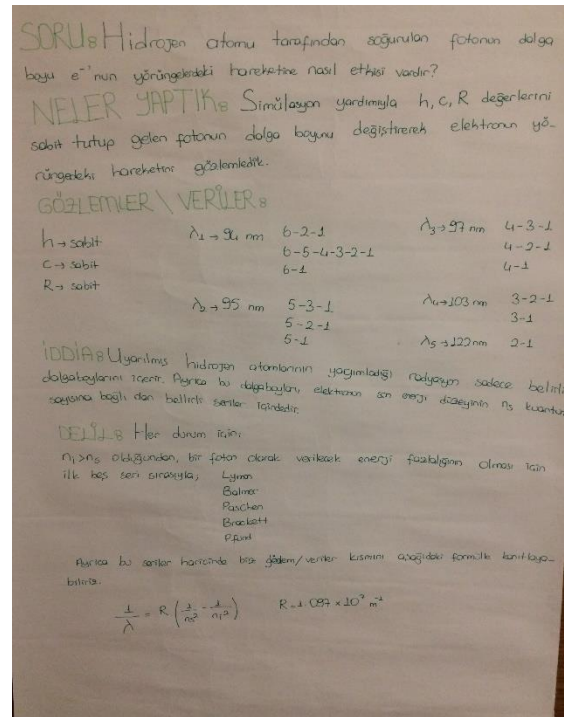
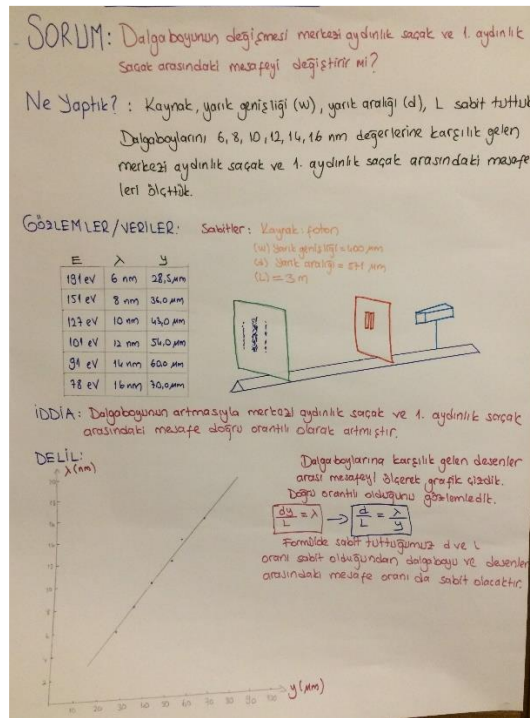
Haftalar	Yapılan Etkinlikler / Toplanan Veriler
1. Hafta	Örnek etkinlik 1: Gizemli olay etkinliği, soru-iddia-delil ilişkisi (Bir Gizemi Çözme: Gözlemler, İddialar, Kanıt ve Hesaplar)
2. Hafta	Örnek etkinlik 2: Eğik Atış / 1. kavram haritası uygulama etkinliği
3. Hafta	Etkinlik 1: Fotoelektrik olay
4. Hafta	Etkinlik 1 (devamı): Fotoelektrik olay / 2. kavram haritası uygulama etkinliği
5. Hafta	Etkinlik 2: Young çift yarık deneyi / 3. kavram haritası uygulama etkinliği
6. Hafta	Etkinlik 3: Hidrojen atom modelleri – Bohr atom modeli
7. Hafta	Etkinlik 3 (devamı): Hidrojen atom modelleri – Bohr atom modeli / 4. kavram haritalaması uygulama etkinliği
8. Hafta	Etkinlik 4: Elektron çift yarık deneyi / 5. kavram haritası uygulama etkinliği
-	Bireysel yarı yapılandırılmış görüşmeler

Bir sonraki haftada mekanik konularından eğik atış konusunda geliştirilen PhET simülasyonu uygulamaya adapte edilerek araştırma verilerinin toplanması öncesinde örnek bir etkinlik daha yapılmıştır. Tabloda görüldüğü üzere, bu etkinliklerin bitimini takip eden süreçte katılımcılar sırasıyla fotoelektrik olay, Young çift yarık deneyi, Hidrojen atom modelleri- Bohr atom modeli ve son olarak da elektron çift yarık deneyi konularına yönelik ADS temelinde teknoloji destekli modern fizik öğretimini deneyimlemişlerdir. Her bir modern fizik konusunun öğretimi sürecinde ADS yaklaşımına uygun araştırma sorularını oluşturmaya çalışmışlardır (Şekil 1).

Bir sonraki aşamada katılımcılar, ADS yaklaşımındaki müzakere süreçlerine uygun olarak etkinlik raporlarını grup olarak tamamlamışlar, devamında da büyük grup tartışması için soru, iddia ve delillerini içeren posterler hazırlamışlardır (Şekil 3). Poster sunumlarının ardından katılımcılar ilgili etkinlikte irdeledikleri kavramlara yönelik kavram haritalama uygulamasına katılmışlardır. Elektron çift yarık deneyinin bitiminde yapılan beşinci ve son haritalama uygulaması ile birlikte araştırmanın uygulama süreci tamamlanmıştır. Son olarak, sekiz hafta süren uygulamanın bitiminde katılımcılarla bireysel yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır.

Şekil 3

Öğretmen Adaylarının Hazırladığı Poster Sunumlarına Örnekler



Verilerin Analizi

Kavram Haritalarının Analizi

Joseph D. Novak ile birlikte diğer araştırmacıların 1970'li yılların başında geliştirdikleri kavram haritalama bir öğretim aracı olarak kullanıldığı gibi etkili bir ölçme aracı olarak da eğitim araştırmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla birlikte eğitim-öğretim

sürecinde bir ölçme aracı olarak kullanılan kavram haritalama tekniğinin analizinde birçok nicel ve nitel analiz yaklaşımı ve yöntemi bulunmaktadır. Nicel analize kıyasla kavram haritalarının nitel analizinin araştırmacılara, öğrencilerin bilişsel yapısı hakkında daha fazla bilgi verdiği ifade edilmektedir (Özgün Koca & Şen, 2004), Ayrıca alanyazındaki çalışmalarda kavram haritalarının nicel analizinde bazı geçerlik ve güvenirlik sorunlarının olduğuna dikkat çekilmektedir (Ekinci & Şen, 2020). Bu nedenle, fizik öğretmen adaylarının uygulama süreci boyunca bilişsel yapılarındaki olası değişiklikleri tespit etmek amacıyla nitel bir analiz yaklaşımı benimsenmiş ve katılımcıların oluşturdukları ilk ve son kavram haritaları analize dahil edilmiştir. Bu doğrultuda yapılan analizde Ekinci ve Şen'in (2020) kavram haritaları için geliştirdikleri analiz yöntemi araştırmaya adapte edilerek kullanılmıştır. Bununla birlikte, bulgular bölümünde ilk araştırma sorusuna yanıt bulmak amacıyla katılımcıların her bir uygulamaya yönelik bazı betimsel bilgilere de (örn., kavram ve önerme sayıları) da yer verilmiştir.

Ekinci ve Şen (2020), rapor ettikleri çalışmalarında geliştirdikleri nitel analiz yöntemini tek bir anahtar kavram üzerinden test etmişlerdir. Öte yandan, bu çalışmada katılımcılara dört temel kavram verilerek bir kavram haritası oluşturmaları istenmiştir. Dolayısıyla, bu araştırma özelinde Ekinci ve Şen'in geliştirdikleri analiz yönteminde belirtilen kriterlerin yanı sıra bazı değişiklikler ve uyarlamalar yapılmıştır.

Analiz sürecinde öncelikle her bir anahtar kavram için anahtar kavrama yalnızca ilk üç seviyeden bağlanan kavramlar ve kavram çiftleri analize dâhil edilmiştir. Analiz sürecinde ayrıca elde edilen kavram çiftlerinden katılımcıların en az %25'ini temsil edecek şekilde frekans değeri 3 ve 3'ün üzeri olan kavram çiftleri analize dâhil edilmiştir. Bağlantı seviyelerinin analizinde Türkçedeki alfabetik sıra dikkate alınmış; sırasıyla atom, elektron, foton ve son olarak da ışık kavramı analiz edilmiştir. Her bir anahtara doğrudan bağlanan kavram (Kavram 1) birinci seviyeden bağlantıyı oluştururken bu seviyedeki kavram çiftini anahtar kavramla Kavram 1 oluşturmaktadır. Benzer şekilde bir kavram (Kavram 2) anahtar kavrama ikinci bağlantı seviyesinden bağlandıysa Kavram 1 ile Kavram 2 ikinci düzeyden

bir kavram çiftini oluşturmaktadır. Üçüncü bağlantı seviyesinden anahtar kavrama bağlanan kavram (Kavram 3) ise Kavram 2 ile birlikte üçüncü bağlantı seviyesindeki kavram çiftini oluşturmaktadır.

Katılımcılardan biri tarafından ilk kavram haritalama uygulamasında çizilen kavram haritası Şekil 4'te gösterilmektedir. Şekil 4'teki kavram haritası 4'ü anahtar kavram olmak üzere toplam 11 kavramdan oluşmaktadır. Alfabetik sıraya göre incelendiğinde; atom anahtar kavramına birinci bağlantı seviyesinden elektron ve proton, ikinci bağlantı seviyesinden iki defa olmak üzere parçacık, üçüncü bağlantı seviyesinden de siyah cisim ışınması, Compton saçılması ve fotoelektrik olay kavramları atom kavramına bağlanmıştır. Benzer yaklaşım elektron, foton ve ışık kavramlarının analizinde de izlenmiştir.

Anahtar kavramlara bağlanan kavramların analizinde anahtar kavrama bağlanan bir kavram ilk üç seviyeden başka bir anahtar kavrama daha bağlanıyorsa ilk anahtar kavram için yapılan analiz o noktada sonlandırılmıştır. Söz konusu koşulda ilgili kavramın diğer anahtar kavramla bağlantısı birinci bağlantı seviyesinden bir bağlantı olarak değerlendirilerek diğer anahtar kavramın analizinde dikkate alınmıştır. Örneğin, Şekil 4 incelendiğinde atom kavramına birinci bağlantı seviyesinden bağlanan parçacık kavramı aynı zamanda elektron ve ışık anahtar kavramlarına da doğrudan – ilk bağlantı seviyesinden – bağlanmıştır. Parçacık kavramının elektron ve ışık anahtar kavramları ile oluşturduğu bağlantılar atom kavramının analizinde dikkate alınmamış, diğer iki anahtar kavramın analizine dâhil edilmiştir.

Şekil 4'te de görüldüğü gibi eğer iki anahtar kavram birbiriyle doğrudan ilişkilendirilmişse tekrardan kaçınmak amacıyla ilgili bağlantı sadece alfabetik olarak ilk sırada yer alan kavram için sayılmıştır. Örneğin, Şekil 4'te atom ile elektron kavramı doğrudan birbirine bağlanmıştır. Bu bağlantı yalnızca atom kavramının analizine dâhil edilmiştir. Atom kavramına bağlanan elektron bir diğer anahtar kavram olduğu için elektronun ilişkilendirdiği parçacık ve foton kavramları da atom kavramı için yapılan bağlantı

seviyeleri analizinde dikkate alınmamıştır. Analiz sürecinde dikkate alınan diğer hususlar aşağıdaki gibidir:

Farklı anahtar kavramların bağlantı seviyelerinin analizinde bir kavram çifti birden fazla kez ortaya çıkıyorsa ilgili kavram çifti analizde bir defa sayılmıştır.

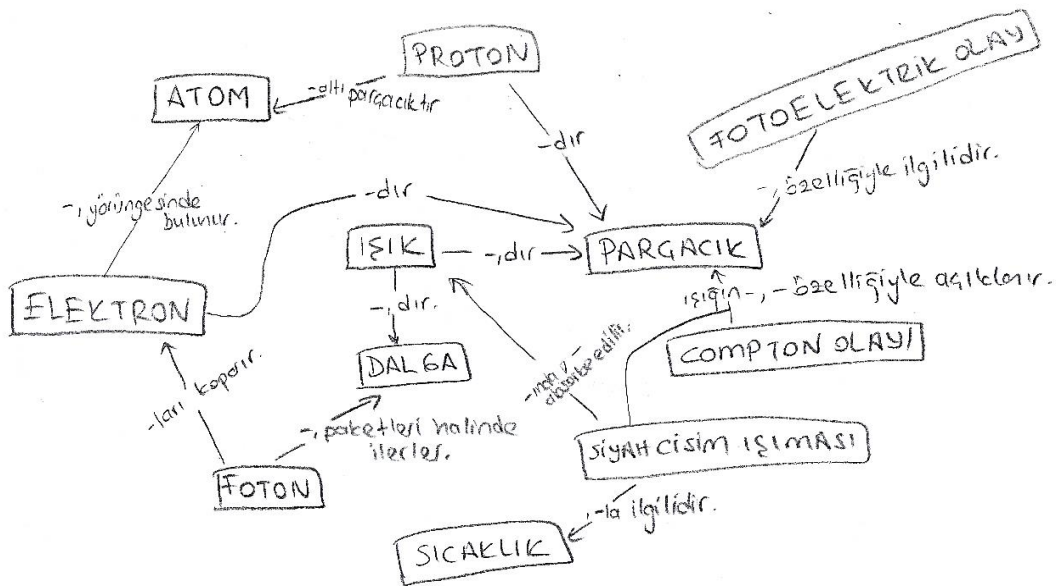
Bazı katılımcıların kavram olmayan bazı ifadelere (örn., özel isim) kavram haritalarında yer verdikleri ve bu ifadeleri diğer kavramlarla bağladıkları tespit edilmiştir. Bu ifade kullanılarak yapılan tüm bağlantılar analize dâhil edilmemiştir.

Eğer aynı bağlantı seviyesinden olmak üzere iki kavram arasında birden fazla bağlantı kurulduysa tüm bağlantılar analize dâhil edilmiştir.

Analiz sürecinde bazı katılımcıların bir kavramı anahtar kavrama farklı bağlantı seviyelerinden bağladıkları tespit edilmiştir. Ayrıca bazı katılımcıların bir kavramı birden fazla kere kavram haritalarında kullandıkları belirlenmiştir. Her bir anahtar kavrama ilişkin yapılan bağlantı seviyelerinin analizinde yalnızca iki kavram arasındaki en yüksek bağlantı seviyesindeki bağlantılar dikkate alınmıştır.

Şekil 4

İlk Kavram Haritalama Uygulamasından Örnek Bir Kavram Haritası



Bağlantı seviyelerinin analizinde bazı katılımcıların iki kavramı birbirine bağlarken herhangi bir bağlantı ifadesi kullanmadıkları tespit edilmiştir. Bu tür bağlantılar katılımcıların bilişsel yapılarındaki değişime ışık tutacağı düşüncesiyle analize dâhil edilmiştir.

Yukarıdaki kriterler doğrultusunda her bir anahtar kavramın analizinden elde edilen kavram çiftleri incelenerek bağlantı ifadeleri, dolayısıyla da katılımcıların kavram haritalarında yazdıkları önermeler analiz edilmiştir. Ancak kavramsal zorluk ya da kavram yanlışlığı olmayan ancak eksik ya da bir anlam içermeyen bağlantı ifadeleri analizde dikkate alınmamıştır.

Etkinlik Raporlarının Analizi

ADS yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde fizik öğretmen adaylarının yazılı argüman becerilerindeki değişimi belirlemek amacıyla katılımcıların her bir etkinlik bitiminde ADS rapor formatına uygun hazırladıkları grup etkinlik raporları veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Bu bağlamda, etkinlik raporlarının analizinde Choi (2008) tarafından geliştirilen “Bütüncül Argüman Şablonu” adı verilen puanlama matrisi bu araştırmaya uyarlanarak kullanılmıştır. Etkinlik raporlarının niteliğinin belirlendiği puanlama matrisi 5 seviyeden oluşmaktadır: çok zayıf argüman, zayıf argüman, orta düzeyde argüman, güçlü argüman ve çok güçlü argüman (Tablo 9). Katılımcıların grupça hazırladıkları etkinlik raporları en düşük 0 ve en yüksek 10 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Elde edilen puanlar, grupların her bir etkinlikten aldıkları toplam etkinlik rapor puanını yansıtmaktadır.

Tablo 9*Bütüncül Argüman Puanlama Matrisi*

Puan	Kriterler
2	Argüman çok zayıftır. Sorular test edilebilir değil, iddialar geçersiz, kanıtlar ise güvenilir değildir. Sorular, iddialar ve kanıtlar arasındaki ilişkilendirme çok zayıftır. Bir alandan diğer alana akıcı bir geçiş yapılmamıştır.
4	Argüman zayıftır. Sorular test edilebilir olamayabilir, iddialar geçersiz ve kanıtlar da güvenilir olamayabilir. Sorular, iddialar ve kanıtlar arasındaki ilişkilendirme zayıftır. Bir alandan diğer alana akıcı bir geçiş yapılamamıştır.
6	Argüman kabul edilebilir / orta düzeydir. Sorular anlamlı, iddialar yeterli, kanıtlar uygun olabilir Sorular, iddialar ve kanıtlar arasındaki ilişkilendirme orta düzeydir. Bir alandan diğer alana akıcı bir geçiş yapılmış olabilir.
8	Argüman güçlü / zengindir. Sorular anlamlı, iddialar geçerli, kanıtlar ise güçlüdür. Sorular, iddialar ve kanıtlar arasındaki ilişkilendirme güçlüdür. Bir alandan diğer alana akıcı bir geçiş yapılmıştır.
10	Argüman çok güçlü / zengindir. Sorular gerekli, iddialar inandırıcı, kanıtlar ise çok güçlüdür Sorular, iddialar ve kanıtlar arasındaki ilişkilendirme çok güçlüdür. Bir alandan diğer alana çok iyi geçiş yapılmıştır.

Yarı Yapılandırılmış Görüşmelerin Analizi

Öğretmen adaylarıyla bireysel olarak yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler içerik analizi kullanılarak analiz edilmiştir. Görüşme verilerinin analizinde sıkça kullanılan içerik analizi yöntemi, verilerin anlamlı bir şekilde organize edilerek kategoriler yoluyla anlamlandırılmasına olanak tanımaktadır (Fraenkel ve diğerleri, 2012).

Bu doğrultuda ilk olarak ses kayıt cihazıyla kaydedilen görüşme kayıtları birebir transkript edilmiştir. Ardından, görüşme verileri araştırmacı tarafından kodlanarak kategoriler belirlenmiştir. Ham verilerin %25'ini oluşturan veri seti eğitim alanındaki bir uzman tarafından ayrıca kodlanmış ve her iki analizden elde edilen veriler arasındaki farklar tartışılarak görüş birliğine varılmıştır.

Araştırmanın Geçerliliği ve Güvenirliğine İlişkin Konular

Nicel araştırmalardan farklı olarak nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenilirlik kavramları yerine inandırıcılık, aktarılabilirlik, teyit edilebilirlik ve tutarlık kavramlarının kullanılması önermektedir (Lincoln & Guba, 1985). Bu öneri dikkate alınarak yukarıdaki kavramlar için kullanılan stratejiler aşağıda tartışılmıştır.

İnandırıcılık

Katılımcı teyidi inandırıcılığın sağlanmasında kullanılan en önemli stratejidir (Lincoln & Guba, 1985). Bu doğrultuda öğretmen adaylarının çizdikleri kavram haritaları ile etkinlik raporlarının analizi sürecinde dil ya da anlam olarak anlaşılamayan ifadelerden kaynaklı sorunları ortadan kaldırmak için katılımcılardan hem kavram haritalarında hem de raporlarında tam olarak ne ifade etmek istedikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı strateji, katılımcılarla yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerde de kullanılmış, katılımcıların görüşme sorularına verdikleri yanıtlar ile araştırmacının bu yanıtlardan yaptığı çıkarım arasında tutarlık değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda, katılımcılara araştırmacının yaptığı çıkarımların verdikleri yanıtlar ile örtüşüp örtüşmediğini teyit etmeleri istenmiştir.

İnandırıcılığın sağlanmasında kullanılan bir diğer strateji de uzun süreli etkileşimdir. Bu bağlamda bu araştırmanın verilerini toplama sürecinden en az iki yıl öncesinden araştırmacı katılımcıların laboratuvar derslerinde deney sorumlusu olarak rol almıştır. Araştırmacı katılımcılarla uzun süreli etkileşim içerisinde bulunduğu için veri kaynakları üzerinde araştırmacının varlığından kaynaklanabilecek olası sorunların ortadan kalktığı söylenebilir.

Aktarılabirlik

Araştırma sonuçlarının aktarılabirliğini sağlamak amacıyla ayrıntılı betimleme stratejisinden yararlanılmıştır. Bu strateji ile veri toplama sürecinden verilerin analize ve elde edilen bulgular kadarki tüm süreç ayrıntılı bir şekilde tartışılmaya çalışılmıştır.

Teyit Edilebilirlik

Araştırma sonuçlarının teyit edilebilirliğini sağlamak için kullanılan yöntemlerden biri teyit incelemesidir. Araştırma kapsamında kavram haritalama yöntemiyle toplanan ham veriler fizik eğitimi alanındaki bir uzman tarafından değerlendirilmiş ve çalışma bulgularının teyit edilebilir olmasına çalışılmıştır. Benzer yaklaşım, etkinlik raporları için de uygulanmış elde edilen puanların güvenilirliğini test etmek amacıyla raporların %20'si fizik eğitimi alanındaki bir uzman tarafından incelenmiştir. Veri kaynaklarından yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler de yine eğitim alanındaki farklı bir alan uzmanı tarafından değerlendirilmiş ve araştırma sonuçlarının teyit edilebilirliği sağlanmaya çalışılmıştır.

Tutarlık

Araştırmanın geçerliği ve güvenilirliğini sağlamak amacıyla kullanılan bir diğer strateji de tutarlıktır. Tutarlığı sağlamak amacıyla tutarlık incelemesi yönteminden yararlanılmıştır. Giriş bölümünde değinildiği üzere elde edilen tüm veriler aynı standart koşullar gözetilerek toplanmıştır. Bununla birlikte her bir etkinliğin aynı koşullarda toplanmasına dikkat edilmiş, bu amaç doğrultusunda da ders sorumlusunun doldurduğu gözlem formu ile araştırmacının yazdığı günlükler işe koşulmuştur.

Araştırmacının Rolü

ADS yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde araştırmacı etkinliklerin gerçekleştirilmesinde uygulayıcı olarak yer almıştır. Araştırmacı etkinlikler öncesinde yaklaşık beş yıldır lisans düzeyinde yürütülen ve bu tez çalışması kapsamında ele alınan kavramların yer aldığı Fizik Laboratuvarı IV ve Fizik Laboratuvarı V derslerinde öğretmen adaylarıyla bu kavramları detaylı şekilde tartışmıştır.

Ayrıca, bu araştırmanın verilerinin toplandığı Modern Fizik Öğretimi dersini ders sorumlusunun izniyle ders içeriğini bozmayacak şekilde bir dönem boyunca düzenli olarak takip etmiş ve modern fizik öğretimine yönelik deneyimini arttırmaya çalışmıştır.

Buna ek olarak, çalışma öncesinde ulusal düzeyde ve geniş katılımı 2016 yılında düzenlenen 12. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresindeki çalıştayda modern fizik öğretimi üzerine öğretmenlerle çalışma fırsatına sahip olmuştur. Bununla birlikte, araştırmacı 2017 yılı Eylül ayında Orta Doğu Teknik Üniversitesinde düzenlenen Amgen Teach çalıştayına katılmış ve ADS yaklaşımına yönelik bilgi birikimi ve deneyimini arttırmaya çalışmıştır.

Etik Konular

Araştırma öncesinde gerekli etik komisyon izni için Hacettepe Üniversitesi Senatosu Etik Komisyonuna başvurulmuş ve Etik Komisyonunun 26 Eylül 2017 tarihinde yapmış olduğu toplantıda bu tez çalışması etik açıdan uygun bulunmuştur (Sayı: 35853172/433-3334) (Ek- İ). Ayrıca araştırma öncesinde katılımcılara gönüllü onam formu dağıtılarak araştırmanın kapsamı hakkında gerekli bilgilendirme yapılmış ve izinleri doğrultusunda da araştırmaya dâhil edilmişlerdir. Buna ek olarak kişisel bilgilerinin yalnızca araştırma amacıyla kullanılacağı belirtilmiştir.

Bölüm 4

Bulgular, Yorumlar ve Tartışma

Araştırmadan elde edilen bulgular araştırma soruları dikkate alınarak üç alt başlık altında aşağıda özetlenmektedir. Bu bağlamda ilk olarak, sekiz haftalık uygulama sürecinde fizik öğretmen adaylarının modern fizik kavramlarına yönelik bilişsel yapılarındaki değişiklikleri tespit edebilmek için öncelikle beş kavram haritalama uygulamasında elde edilen bazı genel bulgulara yer verilmiştir. Daha sonra, ilk kavram haritalama uygulaması ile son kavram haritalama uygulamasından elde edilen bulgular sırasıyla özetlenmiştir. Bir sonraki alt başlıkta ise ADS temelinde teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde fizik öğretmen adaylarının yazılı argüman becerilerindeki gelişimlerine ilişkin analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Son kısımda, fizik öğretmen adaylarının ADS yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecindeki deneyimlerine dayanarak gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde ADS yaklaşımını kullanmalarına yönelik görüşlerinin analizinden elde edilen bulgular özetlenmiştir.

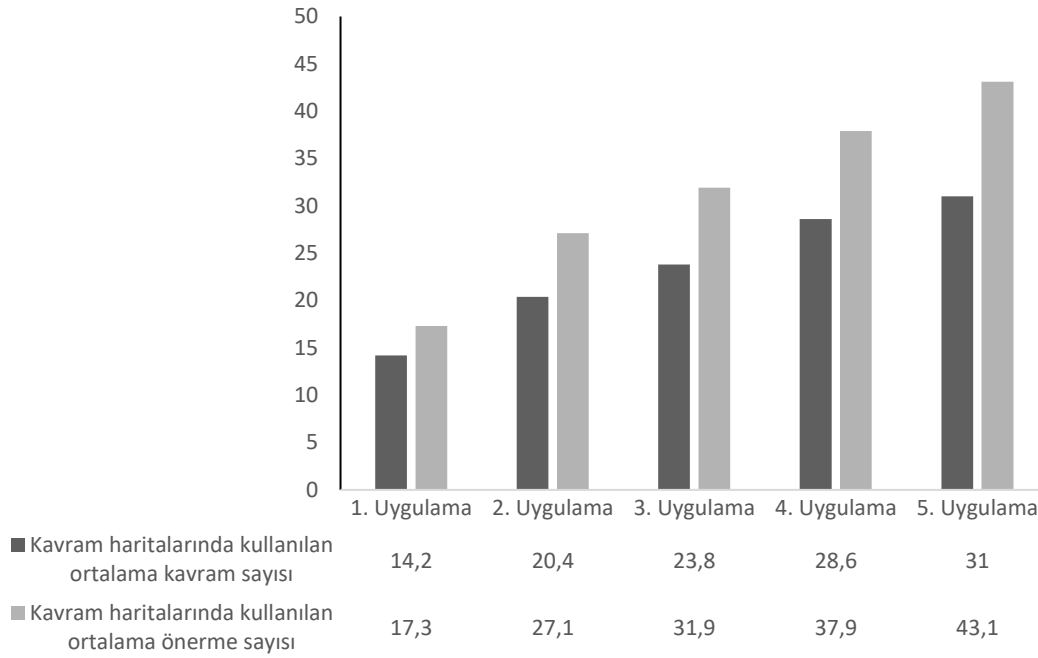
Kavram Haritalarından Elde Edilen Bulgular

Genel Bulgular

Dört anahtar kavrama ilk üç bağlantı seviyesinden yapılan bağlantıların analizi Şekil 5'te gösterilmektedir. Şekildeki verilere göre ilk kavram haritalarından son kavram haritalarına kadar katılımcıların kullandıkları ortalama kavram ve önerme sayılarındaki sürekli bir artışın olduğu görülmektedir.

Şekil 5

Beş Kavram Haritalama Uygulamasındaki Ortalama Kavram Ve Önerme Sayıları



İlk Kavram Haritalama Uygulamasına İlişkin Bulgular

Katılımcıların ilk kavram haritalarında her bir anahtar kavram için elde edilen kavram çiftleri Tablo 10'da gösterilmektedir. Şekildeki veriler dikkate alındığında, her ne kadar ilk üç seviyeden anahtar kavramlara bağlanan kavramlar analiz edilse de katılımcıların ilk kavram haritalarında çoğunlukla diğer kavramları anahtar kavramlara birinci seviyeden bağlamayı tercih ettikleri görülmektedir.

Tablo 10

İlk Kavram Haritalama Uygulamasında Anahtar Kavramlara Bağlanan Kavram Çiftleri

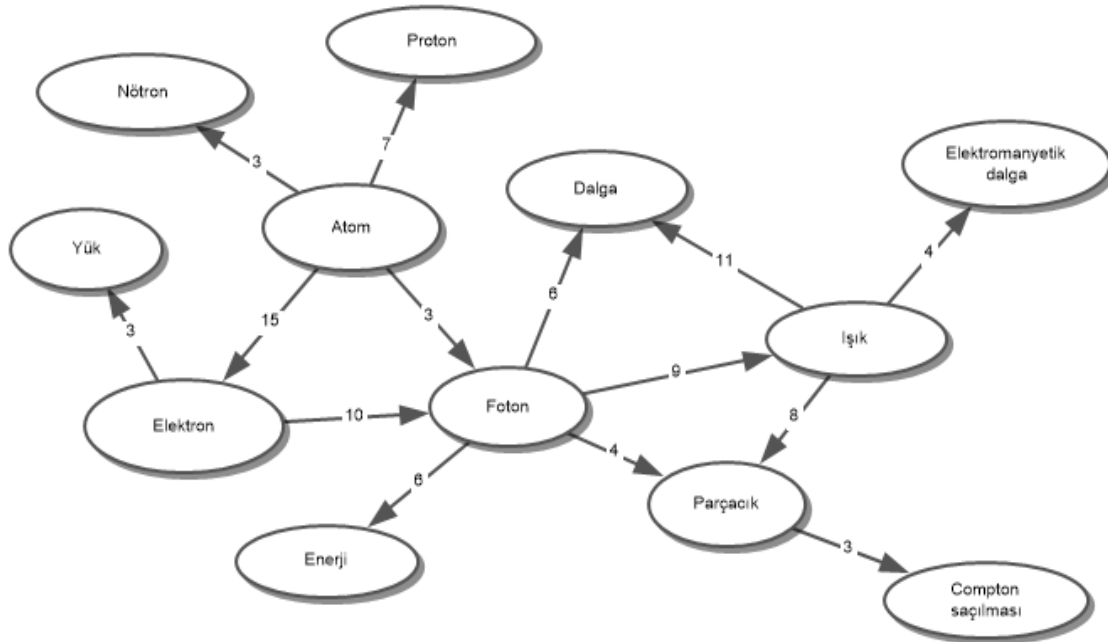
Kavramlar	Bağlantı Seviyesi	Kavram Çiftleri	f
Atom	1. Seviye (Anahtar Kavram – Kavram 1)	Atom - Elektron	15
		Atom - Proton	7
		Atom - Nötron	3
		Atom - Foton	3
Elektron	1. Seviye (Anahtar Kavram – Kavram 1)	Elektron - Foton	10

		Elektron - Yük	3
Foton	1. Seviye (Anahtar Kavram – Kavram 1)	Foton - Işık	9
		Foton - Dalga	6
		Foton - Enerji	6
		Foton - Parçacık	4
Işık	1. Seviye (Anahtar Kavram – Kavram 1)	Işık - Dalga	11
		Işık - Parçacık	8
		Işık - Elektromanyetik Dalga	4
	2. Seviye (Kavram 1 – Kavram 2)	Parçacık - Compton Saçılması	3

Ayrıca, Tablo 10'daki veriler kullanılarak Inspiration 10 yardımıyla çizilen şekil aşağıda gösterilmektedir (Şekil 6). Şekil 6'daki bu yapı sayesinde anahtar kavramların hangi kavramlarla bağlandığını görsel olarak da incelenebilmektedir.

Şekil 6

İlk Kavram Haritalama Uygulaması İçin Elde Edilen Kavram Çiftleri



Buna ek olarak, öğretmen adayları ilk kavram haritalama uygulamasında daha çok anahtar kavramları birbiriyle bağlamayı tercih etmişlerdir. Örneğin, atom kavramına en çok bağlanan kavram elektron iken ($f= 15$), elektrona ise en çok bağlanan kavram bir diğer anahtar kavram foton ($f= 10$) olmuştur. Benzer şekilde, foton kavramı ile birinci seviyeden en çok bağlanan kavramın da ışık kavramı olduğu görülmektedir ($f=9$).

İlk kavram haritalama uygulamasında katılımcıların yazdığı önermeler incelendiğinde katılımcıların ağırlıklı olarak klasik atom yapısını kavram haritalarına yansıttıkları tespit edilmiştir. Bu bağlamda katılımcılar, atomun elektron, proton ve nötron gibi temel parçacıklardan oluştuğunu, ayrıca elektronların da atomun yörüngesinde hareket ettiklerini kavram haritalarında yer vermişlerdir. Örneğin, katılımcılardan altısı “elektron atomun yörüngesinde bulunur/dolanır.” önermesini yazmışlardır. Bohr atom modelinin öğretiminde sıklıkla kullanılan yörünge kavramının fizik öğretmen adaylarının kavram haritalarında yer alması bu kavramın, dolayısıyla da Bohr atom modelinin, katılımcıların bilişsel yapısında önemli bir yere sahip olduğu ifade edilebilir. Diğer taraftan, beş katılımcı atom ile protonu ilişkilendirerek “Atom protondan oluşur.”, iki katılımcı da atom ile nötron kavramını ilişkilendirerek “Atom nötrondan oluşur.” önermesini yazmışlardır.

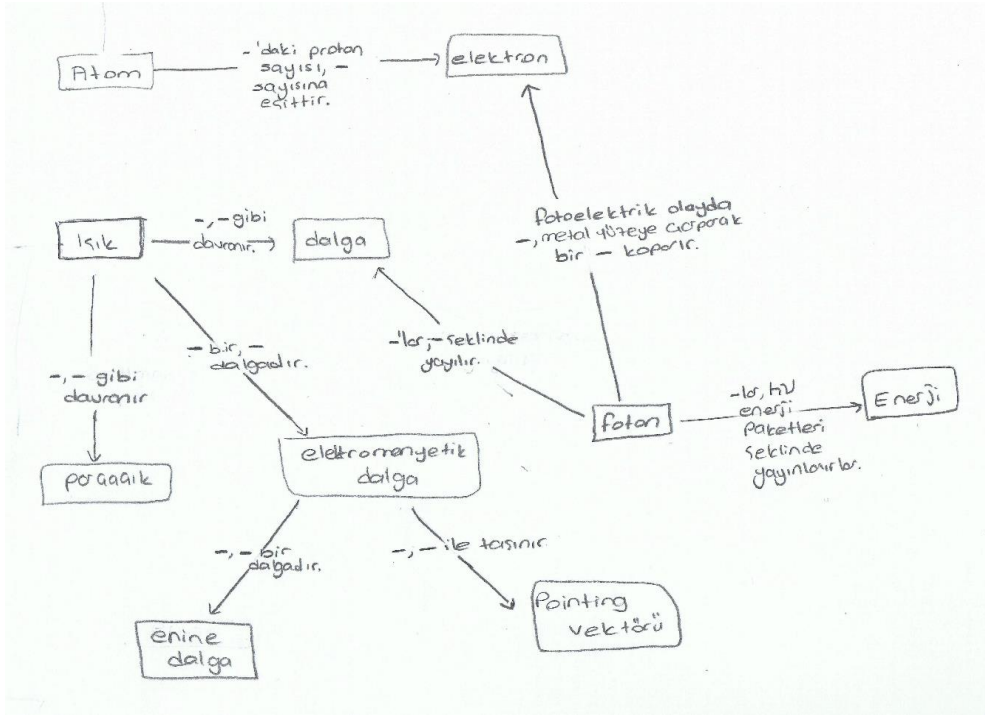
Yukarıda da değinildiği gibi, ilk kavram haritalama uygulamasında elektrona en fazla sayıda bağlanan kavram fotondur ($f=10$). Önermelerin analizi, katılımcıların fotoelektrik olay bağlamında bu iki anahtar kavramı birbiriyle ilişkilendirdiklerini ortaya koymaktadır. Bu çerçevede, beş katılımcı “Foton elektronları koparır.” ifadesine kavram haritalarında yer vermiştir.

İlk kavram haritalama uygulamasında foton kavramına bağlanan kavramlar analiz edildiğinde ışık kavramı katılımcıların dokuzu tarafından ilk bağlantı seviyesinden bu kavrama bağlanmıştır. İki anahtar kavram arasında bağlantı kuran katılımcıların çoğunluğu kavram haritalarında ise fotonun ışığı oluşturan parçacık olduğunu ifade etmiştir. Foton ile ışık arasındaki bu güçlü ilişkilendirme dikkate alındığında foton kavramının 6 katılımcı

tarafından dalga kavramına, dört katılımcı tarafından da parçacık kavramına bağlanması bir diğer önemli bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Şekil 7

İlk Kavram Haritalama Uygulamasından Bir Kavram Haritası Örneği



Son olarak, katılımcılar ilk kavram haritalama uygulamasında ışık anahtar kavramını en çok dalga (f=11) ve parçacık (f=8) kavramlarıyla ilişkilendirmiştir. Bağlantı ifadelerinin analizi, katılımcıların ışığın dalga-parçacık doğasına sahip olduğunu düşündüklerini ortaya koymaktadır. Bu çerçevede, en sık kullanılan iki önerme şu şekildedir: "Işığın dalga özelliği vardır." ve "Işığın parçacık özelliği vardır."

Son Kavram Haritalama Uygulamasına İlişkin Bulgular

Katılımcıların son kavram haritalarında her bir anahtar kavram için elde edilen kavram çiftleri Tablo 11'de gösterilmektedir. Şekildeki veriler dikkate alındığında, ilk kavram haritalama uygulamasına kıyasla son kavram haritalama uygulamasında katılımcıların kavram haritalarında daha fazla sayıda kavrama yer verdikleri görülmektedir.

Tablo 11*Son Kavram Haritalama Uygulamasında Anahtar Kavramlara Bağlanan Kavram Çiftleri*

Kavramlar	Bağlantı Seviyesi	Kavram Çiftleri	<i>f</i>
Atom	1. Seviye (Anahtar Kavram – Kavram 1)	Atom - Elektron	15
		Atom - Proton	9
		Atom - Nötron	6
		Atom - Foton	3
	3. Seviye (Kavram 2 – Kavram 3)	Enerji - Fotoelektrik Olay	3
Elektron	1. Seviye (Anahtar Kavram – Kavram 1)	Elektron - Foton	9
		Elektron - Fotoelektrik Olay	7
		Elektron - Parçacık	4
		Elektron - Heisenberg	4
		Belirsizlik İlkesi	
		Elektron - Yük	3
		Elektron - Metal Yüzey	3
		Elektron - Enerji	3
		Elektron - Akım	3
	2. Seviye (Kavram 1 – Kavram 2)	Parçacık - Compton Saçılması	3
Foton	1. Seviye (Anahtar Kavram – Kavram 1)	Foton - Işık	9
		Foton - Dalga	6
		Foton - Enerji	5
		Foton - Parçacık	4
Işık	1. Seviye (Anahtar Kavram – Kavram 1)	Işık - Dalga	10
		Işık - Parçacık	9
		Işık - Elektromanyetik Dalga	5
		Işık - Fotoelektrik Olay	3
		Işık - Enerji	3
	2. Seviye (Kavram 1 – Kavram 2)	Dalga - Girişim	5
	Parçacık - Compton Saçılması	4	

İlk kavram haritalama uygulaması ile son kavram haritalama uygulaması arasındaki dikkat çekici en önemli bulgu elektron kavramının analizinde karşımıza çıkmaktadır. İlk olarak, elektrona bağlanan yeni kavramların sayısındaki artış ile bu kavrama bağlanan kavramların çeşitliliği öğretmen adaylarının yeni kavramları daha çok elektron üzerinden bilişsel yapılarında anlamlandırma eğiliminde olduklarını göstermektedir. Kavram çiftlerinin analizinden elde edilen bulgular bir arada incelendiğinde (bkz., Şekil 6 ve Şekil 8) elektron kavramına bağlanan kavramların daha çok fotoelektrik olay ve bu konuyla ilişkili kavramların olduğu görülmektedir. Bu çerçevede, öğretmen adaylarının yarıdan fazlası (f=7) son kavram haritalarında fotoelektrik olay kavramına yer vermişlerdir. Ayrıca, akım ve metal yüzey kavramlarının üç katılımcının son kavram haritalarında elektrona birinci seviyeden bağlandığı belirlenmiştir. İlk kavram haritalama uygulamasında olduğu gibi son kavram haritalama uygulamasında da katılımcıların fotoelektrik olay bağlamında elektron ve foton kavramlarını birbiriyle ilişkilendirmeye devam etmeleri, katılımcıların bilişsel yapılarında fotoelektrik olayı elektron aracılığıyla anlamlandırmaya eğilim gösterdiklerini ortaya koymaktadır.

İlk kavram haritalama uygulamasından elde edilen bulgular dikkate alındığında dikkat çekici bir diğer bulgu da atom kavramında olduğu gibi foton kavramına bağlanan kavramların sayısında ve kavram çiftlerinin çeşitliliğinde neredeyse bir farklılığın olmamasıdır. Öte yandan, son etkinlikte ışık kavramına bağlanan kavramlar incelendiğinde girişim, kırınım vb. ilk kavram haritalama uygulamasında bulunmayan kavramların ışık kavramına bağlandığı görülmektedir. Işık kavramına bağlanan bu kavramlar, bazı katılımcıların Young çift yarık deneyindeki deneyimlerini kavram haritalarına aktardıklarını ortaya koymaktadır.

argüman becerilerinin zayıf ile orta düzeye yakın aralıklarda değişmektedir. Katılımcıların ortalama etkinlik puanları fotoelektrik olay, Young çift yarık deneyi ve Hidrojen atom modelleri – Bohr atom modeli için yaklaşık aynı düzeydeyken elektron çift yarık deneyinde en düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 12

Her Bir Etkinlik İçin Grupların Aldığı Ortalama Puanlar

Etkinlikler	N	Ortalama (\bar{x})
Fotoelektrik olay	12	5,75
Young çift yarık deneyi	12	5,60
Hidrojen atom modelleri – Bohr atom modeli	11	5,75
Elektron çift yarık deneyi	11	3,50

Yarı Yapılandırılmış Görüşmelerden Elde Edilen Bulgular

Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecindeki deneyimlerine dayanarak fizik öğretmen adaylarının gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde ADS yaklaşımını kullanmalarına yönelik görüşlerini belirlemek amacıyla yapılan yarı yapılandırılmış görüşme verilerinin analizi sonucunda ortaya iki temel kategori çıkmıştır: (i) ADS yaklaşımını kullanmanın gerekçeleri ve (ii) ADS yaklaşımını kullanmanın önündeki engeller. Her iki kategori görüşmelerden yapılan doğrudan alıntılar yardımıyla aşağıda açıklanmaktadır.

ADS yaklaşımını kullanmanın gerekçeleri

Katılımcılar ADS yaklaşımını kullanmalarına gerekçe olarak bu yaklaşımın anlamlı öğrenmeye uygun bir yaklaşım olmasını gösterdikleri tespit edilmiştir ($f=2$). Diğer araştırma-sorgulama tabanlı yaklaşımlarda olduğu gibi ADS yaklaşımının da aynı amaca hizmet ettiği düşünüldüğünde katılımcıların bu görüşleri, bu yaklaşımın aynı zamanda kendi deneyimlerinde de anlamlı öğrenmeleri desteklediğine ilişkin somut bir kanıt oluşturduğu sonucunu doğrulamaktadır. Örneğin, katılımcılardan K4 görüşme sırasında şu ifadeleri

kullanmıştır: ... burada [uygulama etkinlikleri kastediliyor] kendimiz araştırıyoruz, buluyoruz, bir şeyler yapmaya çalışıyoruz. Bu nedenle öğrendiklerimiz daha kalıcı oluyor...

ADS yaklaşımını kullanmanın önündeki engeller

Görüşmeler sırasında katılımcılar bu araştırma kapsamındaki deneyimlerine dayanarak ADS yaklaşımını gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde kullanmalarının önünde çeşitli engellerin olabileceği yönünde görüş belirtmişlerdir. Yapılan görüşmelerde katılımcıların yarıya yakını (f=5), ADS yaklaşımının lise düzeyindeki fizik derslerinde uygulanmasında karşılaşılabilecekleri en önemli engel olarak zaman kavramına vurgu yapmışlardır. Öğretmen adaylarından K11 şu ifadeleri kullanmıştır:

- *Genelde zaman çok kısıtlı oluyor. 40 dakika ders oluyor... tabiki bir konu bir derste bitmiyor. 2-3 ders belki hatta 3-4 hafta süren konular oluyor... Bu yüzden büyük zaman sıkıntımız olduğu için belki ekstra derslerle yapılabilir... Çünkü bu yaklaşım tartışma ortamı gerektiriyor... Çok yeterli bir süre değil 40 dakika...*

Benzer şekilde bir başka öğretmen adayı da zaman konusunda şu ifadeleri kullanmıştır:

- *Zaman sıkıntısı olmasa soru-iddia-delil yaklaşımı kullanılır. Çünkü lisede dersler 40 dakika. 40 dakikaya bunu uyarlamak zor bir şey. Öğrencileri gruplara ayıracaksın, iddia yazdıracaksın, poster hazırlatacaksın... biz dört saatte yaptık o da bazen bir sonraki haftaya kalıyordu...*

Zaman konusundan farklı olarak katılımcılardan üçü bir diğer engel olarak ADS yaklaşımının kullanılacağı okulun, daha dar bir bakış açısıyla da sınıfın sahip olduğu koşullar üzerinde görüş belirtmişlerdir. Örneğin, K12 görüşme sırasında şu ifadeleri kullanmıştır:

- *Burada sınıfın özelliklerinin devreye gireceğini düşünüyorum. Çünkü sizi dinlemeyen bir sınıfta bunları yapmak çok zor bence.*

Diğer taraftan, ADS yaklaşımını kullanmanın önündeki engellerden biri olarak 4 katılımcı öğretim programına, dolaylı olarak da dersin içeriğine dikkat çekmişlerdir. Bu noktada katılımcılar ADS yaklaşımının her fizik konusuna uygun olmayacağını düşünürken lise fizik dersi öğretim programının da yoğun olduğuna, dolayısıyla da bu yaklaşımın uygulanmasında önemli bir engel oluşturacağını ifade etmişlerdir. Buna ilişkin iki katılımcının görüşleri şu şekildedir:

- *Müfredatı yetiştirebilirsem soru-iddia-delil yaklaşımını kullanırdım (K6); Fizik konusuna göre soru-iddia-delili kullanırım (K2).*

Bulguların Özeti

Sonuç olarak, araştırmada kullanılan üç farklı veri kaynağından elde edilen bulgulardan şu sonuçlar çıkarılabilir:

1. Fizik öğretmen adaylarının süreç içinde bilişsel yapılarına entegre ettikleri modern fizik kavramları çeşitlilik göstermektedir.
2. Fizik öğretmen adaylarının yazılı argüman becerileri sürekli bir gelişim göstermemektedir.
3. Gelecekteki öğretmenlik deneyimlerinde ADS yaklaşımını kullanmalarına ilişkin fizik öğretmen adayları, daha çok karşılaşılabilecekleri engeller üzerinde durmuşlardır.

Bir sonraki bölümde yukarıda özetlenen her bir sonuç alt başlıklar halinde detaylı olarak tartışılmaktadır.

Bölüm 5

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmanın temel amacı, ADS yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde fizik öğretmen adaylarının (i) modern fizik kavramlarına yönelik bilişsel yapılarındaki değişimleri incelemek, (ii) yazılı argüman becerilerine yönelik değişimleri belirlemek ve (iii) lise düzeyindeki fizik derslerinde ADS yaklaşımının kullanımına ilişkin görüşlerini incelemektir. Çalışma kapsamında aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır:

1. Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde fizik öğretmen adaylarının modern fizik kavramlarına yönelik bilişsel yapıları nasıl değişmektedir?
2. Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecinde fizik öğretmen adaylarının yazılı argüman becerileri nasıl değişmektedir?
3. Argümantasyona Dayalı Sorgulama (ADS) yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretimi sürecindeki deneyimlerine dayanarak fizik öğretmen adaylarının gelecekteki öğretmenlik kariyerlerinde ADS yaklaşımını kullanmalarına yönelik görüşleri nelerdir?

Nitel araştırma yaklaşımıyla yürütülen bu çalışmada yukarıdaki araştırma sorularına yanıt bulmak amacıyla durum çalışması kullanılmıştır. Bir devlet üniversitesinde öğrenim gören 12 fizik öğretmen adayı gönüllü olarak araştırmaya katılmış ve farklı veri kaynakları kullanılarak öğretmen adaylarından veriler toplanmıştır. Veri kaynaklarını kavram haritaları, etkinlik raporları ve bireysel olarak düzenlenen yarı yapılandırılmış görüşmeler oluşturmaktadır. Toplam sekiz hafta boyunca devam eden ADS yaklaşımı temelinde uygulanan teknoloji destekli modern fizik öğretiminde fotoelektrik olay, Young çift yarıık deneyi, Hidrojen atom modelleri - Bohr atom modeli ve elektron çift yarıık deneyi

konuları ele alınmıştır. Katılımcılar birincisi ilk modern fizik konusunun öncesinde olmak üzere toplam beş kavram haritalama uygulamasına katılmışlardır. Ayrıca, her bir modern fizik etkinliği için gruplar halinde etkinlik raporları oluşturmuşlardır. Sekiz hafta süren etkinliklerin bitimini takip eden süreçte öğretmen adaylarıyla bireysel yarı yapılandırılmış görüşmeler düzenlenmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen sonuçlar alt başlıklar halinde aşağıda tartışılmıştır.

Fizik öğretmen adaylarının süreç içinde bilişsel yapılarına entegre ettikleri modern fizik kavramları çeşitlilik göstermektedir.

Kavram haritalama uygulamalarının analizinden elde edilen bulgular, fizik öğretmen adaylarının ADS yaklaşımı temelinde ele alınan fotoelektrik olay, Young çift yarık deneyi, Hidrojen atom modelleri - Bohr atom modeli ve elektron çift yarık deneyi bağlamında birçok kavram kavram haritalarına eklediklerini ortaya koymaktadır. Ancak kavram haritalarındaki bağlantı seviyelerinin, kavram çiftlerinin ve bağlantı ifadelerinin analizi öğretmen adaylarının bu dört modern fizik konusuna yönelik bilişsel yapılarındaki değişimin homojen olmadığını göstermektedir. Bu durumun temel sebeplerinden biri olarak öğretmen adaylarının etkinlikler kapsamında irdelenen modern fizik konularına ilişkin daha önceden sahip oldukları ön bilgileri gösterilebilir. Ön bilgiler ile yeni öğrenilen bilgiler arasında kurulacak anlamlı ilişkilendirmelerle öğrenmenin mümkün olabileceği dikkate alındığında (Ausubel, 1968), nitel analiz sonucunda tespit edilen bu çeşitlilik öğretmen adaylarının sahip oldukları ön bilgiler ile açıklanabilir.

Fizik öğretmen adaylarının sahip oldukları ön bilgilerinin yanı sıra, bu durumun sebeplerinden biri olarak diğer gruplardan bağımsız şekilde her bir grubun kendi belirlediği araştırma sorularını kullanmaları ve bu doğrultuda iddia ve delillerini oluşturmaları gösterilebilir. Grupların araştırma sorularında farklı değişkenleri, diğer bir ifadeyle, farklı kavramları kullanmaları birçok farklı kavramın kavram haritalarına eklenmesine sebep olduğu söylenebilir.

Kavram haritalarının analizinde elde edilen çarpıcı bulgulardan biri de fizik öğretmen adaylarının klasik atom yapısını güçlü bir şekilde benimsediklerini göstermektedir. Bu sonuç alanyazındaki çalışmalarla da paralellik göstermektedir (Ekinci & Şen, 2020; Petri & Niedderer, 1998).

Fizik öğretmen adaylarının kavram haritalarından elde edilen bulgular, öğretmen adaylarının bilişsel yapılarına yeni kavramları entegre ederken elektron kavramını daha çok tercih ettiklerini ortaya koymaktadır. İlk ve son kavram haritalama uygulamaları arasındaki farklar dikkate alındığında diğer kavramlara kıyasla elektron kavramına bağlanan kavramların sayısı ve çeşitliliğinde kayda değer bir artışın olduğu görülmektedir. Ayrıca elektrona bağlanan kavramlar incelendiğinde bu kavramların ağırlıklı olarak fotoelektrik olayla ilişkili olduğu görülmektedir. Bu sonuç Fischler ve Lichtfeldt'in (1992) çalışmalarında ortaya koydukları öneriyi somut olarak desteklemektedir. Fischler ve Lichtfeldt çalışmalarında fotoelektrik olay konusu ele alınırken foton kavramı yerine elektron kavramıyla başlanması gerekliliğine vurgu yapmışlardır. Ayrıca foton kavramına ilişkin elde edilen nitel analiz bulguları da bu öneriyi açıkça desteklemektedir.

Fizik öğretmen adaylarının yazılı argüman becerileri sürekli bir gelişim göstermemektedir.

Çalışmadan elde edilen bulgular fizik öğretmen adaylarının yazılı argüman becerilerinin fotoelektrik olay, Young çift yarık deneyi ve Hidrojen atom modelleri-Bohr atom modeli etkinliklerinde yaklaşık aynı düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır. Öte yandan analiz sonuçları, grupların uygulama sürecinin son uygulaması olan elektron çift yarık deneyindeki yazılı argüman becerilerinin diğer üç uygulamaya kıyasla daha düşük nitelikte olduğunu ortaya koymaktadır. Alanyazındaki çalışmaların aksine (örn., Chen ve diğerleri, 2016) elde edilen bu sonuç, bireylerin yazılı argüman becerilerinin süreç içinde gelişim gösteremediğini ortaya koymaktadır. Ancak yapılan çalışmalarda da vurgulandığı üzere (Cavagnetto, 2010), argüman becerilerinin gelişmesinde zaman faktörü belirleyici olabilmektedir. Bu perspektiften modern fizik öğretimi etkinliklerinin süresi dikkate

alındığında, katılımcıların yazılı argüman becerilerinin geliştirebilmeleri için sekiz haftalık uygulama sürecinden daha fazla zamana ihtiyaç duyabilecekleri ifade edilebilir.

Gelecekteki öğretmenlik deneyimlerinde ADS yaklaşımını kullanmalarına ilişkin fizik öğretmen adayları, daha çok karşılaşılabilecekleri engeller üzerinde durmuşlardır.

Fizik öğretmen adaylarıyla yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelerde öğretmen adaylarının bu araştırma kapsamındaki deneyimlerinden yola çıkılarak gelecekteki öğretmenlik deneyimlerinde ADS yaklaşımını kullanmalarına ilişkin görüşleri belirlenmeye çalışılmıştır. Genel çerçevede değerlendirildiğinde, öğretmen adayları tarafından ADS yaklaşımının anlamlı ve kalıcı öğrenmeye olanak tanıdığını belirtilse de bu yaklaşımın kullanılmasında karşılaşılabilecekleri engellere daha çok vurgu yapılmıştır. Bu bağlamda öğretmen adaylarının dikkat çektikleri konuların başında zaman faktörü gelmektedir. Alanyazında da vurgulandığı üzere ADS yaklaşımının uygulanmasında ve başarılı olmasında zaman kavramı önemli bir faktör olarak rol oynamaktadır (Cikmaz ve diğerleri, 2021).

Yapılan görüşmelerde fizik öğretmen adaylarının zaman faktörüne dikkat çekmelerinin bir sebebi olarak çalışma verilerinin toplandığı süreçte ortaöğretim kurumlarında staj yapmaları gösterilebilir. Çünkü ortaöğretim düzeyindeki bir ders saati 40 dakika sürmekte iken bu çalışma kapsamında yapılan etkinlikler yaklaşık 3-4 saat sürmekteydi. Bu bağlamda değerlendirildiğinde, öğretmen adaylarının staj sürecindeki deneyimleri doğrultusunda görüşmeler sırasında zaman faktörüne daha çok dikkat çektikleri ifade edilebilir.

Sınırlılıklar ve Öneriler

Araştırma kapsamında kavram haritaları yardımıyla toplanan verilerin analizinde Ekinci ve Şen'in (2020) kullandığı analiz yaklaşımı uyarlanarak kullanılmış ve modern fizik öğretimi sürecinde öğretmen adaylarının modern fizik kavramlarına yönelik bilişsel yapılarındaki değişim belirlenmeye çalışılmıştır. Ekinci ve Şen, çalışmalarında kullandıkları

analiz yöntemi ile bireylerin ya da bir grubun bilişsel yapılarındaki değişimi nitel analiz sonucunda elde edilecek ilk ve son kavram haritalarını karşılaştırarak belirlenebileceğini ifade etmişlerdir. Ancak bu çalışmanın bulguları, fizik öğretmen adaylarının kavram haritalarına yansıttıkları kavramlarda çeşitlilik olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla öğretmen adaylarının bilişsel yapılarını ortaya koyacak tek bir nihai kavram haritası elde edilememiştir. Kavramlardaki çeşitlilikle birlikte bu durumun olası sebeplerinden biri de nihai kavram haritası oluşturma sürecinde belirlenen eşik frekans değeridir. Her bir anahtar kavram için katılımcı sayısının %25'ini temsil edecek şekilde bağlantı seviyelerinin ve kavram çiftlerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Ancak gelecekte yapılacak çalışmalarda daha düşük eşik frekans değeri belirlenerek bireylerin kavram haritalarının analizinden nihai ve tek bir kavram haritası elde edilebilir.

Öte yandan katılımcı sayısının azlığı sebebiyle bu çalışma sınırlı düzeyde genellenebilirliğe sahiptir. Ancak çalışmanın bulgu ve sonuçlarının yalnızca benzer çalışma deseni ve benzer özelliklere sahip katılımcıların yer aldığı çalışmalar için aktarılabilir/transer edilebilir olduğu ifade edilebilir. Ayrıca yukarıdaki bilgiler ışığında, gelecekteki çalışmalar için aşağıdaki öneriler yapılabilir:

- Çalışma sonuçlarının transfer edilebilirliği bakımından benzer çalışmalar aynı standart koşullarda gerçekleştirilebilir. Öte yandan, benzer çalışmalar farklı sınıf seviyelerinde ve farklı fen konularında yapılabilir.
- Gelecekteki çalışmalarda bireylerin etkinlik raporlarının kalitesi ADS yaklaşımına entegre şekilde kullanılan simülasyonların niteliği (örn. değişken sayısı, grafik gibi görsel araçların varlığı vb.) bağlamında incelenebilir.
- Çalışma kapsamında birden fazla anahtar kavram kullanılarak geliştirilen nitel analiz yöntemi farklı fen konularında test edilebilir. Bu bağlamda, Ekinci ve Şen'in (2020) önerisi de dikkate belirli aralıklarla bireylerden bir kavram ya da konuyla ilgili kavram haritaları oluşturmaları istenebilir ve elde edilen

nihai kavram haritaları yardımıyla bireylerin ilgili konulara ilişkin bilişsel yapılarındaki değişimler incelenebilir.

Kaynaklar

- Acar, B., & Tarhan, L. (2007). Effect of cooperative learning strategies on students' understanding of concepts in electrochemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(2), 349-373.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- Burke, K. A., Greenbowe, T. J., & Hand, B. M. (2006). Implementing the science writing heuristic in the chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 83(7), 1032-1038.
- Cavagnetto, A. R. (2010). Argument to foster scientific literacy: A review of argument interventions in K–12 science contexts. *Review of Educational Research*, 80(3), 336–371.
- Cavagnetto, A. R., Hand, B., & Norton-Meier, L. (2011). Negotiating the inquiry question: a comparison of whole class and small group strategies in grade five science classrooms. *Research in Science Education*, 41(2), 193-209.
- 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.
- Chen, Y. C., Hand, B., & Park, S. (2016). Examining elementary students' development of oral and written argumentation practices through argument-based inquiry. *Science & Education*, 25(3-4), 277-320.
- Choi, A. (2008). *A study of student written argument using the Science Writing Heuristic approach in inquiry-based freshman general chemistry laboratory classes*. (Doctoral Dissertation). University of Iowa, Iowa City, IA.
- Choi, A., Hand, B., & Greenbowe, T. (2013). Students' written arguments in general chemistry laboratory investigations. *Research in Science Education*, 43(5), 1763-1783.

- Choi, A., Klein, V., & Hershberger, S. (2015). Success, difficulty, and instructional strategy to enact an argument-based inquiry approach: experiences of elementary teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 991-1011.
- Cikmaz, A., Fulmer, G., Yaman, F., & Hand, B. (2021). Examining the interdependence in the growth of students' language and argument competencies in replicative and generative learning environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(10), 1457–1488.
- Cokelez, A. (2012). Junior high school students' ideas about the shape and size of the atom. *Research in Science Education*, 42(4), 673-686.
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry & research design, choosing among five approaches*. (2nd Ed.). Sage Publications, Inc.
- Duit, R. (2009). Bibliography – *STCSE (students' and teachers' conceptions and science education)*. Kiel: Leibniz Institute for Science and Mathematics Education.
- Ekinci, S., & Şen, A. İ. (2020) Investigating grade-12 students' cognitive structures about the atomic structure: a content analysis of student concept maps. *International Journal of Science Education*, 42(6), 977-996.
- Fischler, H., & Lichtfeldt, M. (1992). Modern physics and students' conceptions. *International Journal of Science Education*, 14(2), 181-190.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education*. McGraw-Hill.
- Girwidz, R., Thoms, L. J., Pol, H., López, V., Michelini, M., Stefanel, A., Greczyło, T., Müller, A., Gregorcic, B. & Hömöstreit, M. (2019). Physics teaching and learning with multimedia applications: a review of teacher-oriented literature in 34 local language journals from 2006 to 2015. *International Journal of Science Education*, 41(9), 1181-1206.

- Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 611-628.
- Gupta, T., Burke, K. A., Mehta, A., & Greenbowe, T. J. (2015). Impact of guided-inquiry-based instruction with a writing and reflection emphasis on chemistry students' critical thinking abilities. *Journal of Chemical Education*, 92(1), 32-38.
- Günel, M., Kabataş Memiş, E., & Büyükkasap, E. (2010). Yaparak yazarak bilim öğrenimi-yybö yaklaşımının ilköğretim öğrencilerinin fen akademik başarısına ve fen ve teknoloji dersine yönelik tutumuna etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 35(155), 49-62.
- Günel, M., Kınır, S., & Geban, Ö. (2012). Argümantasyon tabanlı bilim öğrenme (ATBÖ) yaklaşımının kullanıldığı sınıflarda argümantasyon ve soru yapılarının incelenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 37(164), 316-330.
- Hand, B., & Choi, A. (2010). Examining the impact of student use of multiple modal representations in constructing arguments in organic chemistry laboratory classes. *Research in Science Education*, 40(1), 29-44.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: a case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381.
- Ireson, G. (2000). The quantum understanding of pre-university physics students. *Physics Education*, 35(1), 15-21.
- Kalkanis, G., Hadzidaki, P., & Stavrou, D. (2003). An instructional model for a radical conceptual change towards quantum mechanics concepts. *Science Education*, 87(2), 257-280.

- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065-1084.
- Kikas, E. (2004). Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 432-448.
- Kingir, S. (2011). *Using the Science Writing Heuristic Approach to Promote Student Understanding in Chemical Changes and Mixtures* (Doctoral Dissertation). Middle East Technical University, Ankara.
- Kingir, S., Geban, O., & Gunel, M. (2012). How does the science writing heuristic approach affect students' performances of different academic achievement levels? a case for high school chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 428-436.
- Kingir, S., Geban, O., & Gunel, M. (2013). Using the science writing heuristic approach to enhance student understanding in chemical change and mixture. *Research in Science Education*, 43(4), 1645-1663.
- Kingir, S., Geban, Ö., & Günel, M. (2011). Öğrencilerin kimya derslerinde argümantasyon tabanlı bilim öğrenme yaklaşımının uygulanmasına ilişkin görüşleri. *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi* (32), 15-28.
- Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H. J., Brinkman, A., & van Joolingen, W. R. (2017). Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010109.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage.
- Mashhadi, A., & Woolnough, B. (1999). Insights into students' understanding of quantum physics: visualizing quantum entities. *European Journal of Physics*, 20(6), 511-516.
- Mason, B., Dębowska, E., Arpornthip, T., Girwidz, R., Greczyło, T., Kohnle, A., Melder, T., Michelini, M., Santi, L., & Silva, J. (2015). Report and recommendations on

- multimedia materials for teaching and learning quantum physics. *Teaching/Learning Physics: Integrating Research into Practice*.
- McDermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource letter: PER-1: physics education research. *American Journal of Physics*, 67(9), 755-767.
- Müller, R., & Wiesner, H. (2002). Teaching quantum mechanics on an introductory level. *American Journal of Physics*, 70(3), 200-209.
- Nakhleh, M. B., & Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 777-805.
- Nakiboğlu, C. (2003). Instructional misconceptions of Turkish prospective chemistry teachers about atomic orbitals and hybridization. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4(2), 171-188.
- Nam, J., Choi, A., & Hand, B. (2011). Implementation of the science writing heuristic (SWH) approach in 8th grade science classrooms. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(5), 1111-1133.
- Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 707-730.
- Novak, J. D., Gowin, D. B., & Johansen, G. (1983). The use of concept mapping and knowledge via mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67(5), 625-645.
- Olsen, R. V. (2002). Introducing quantum mechanics in the upper secondary school: A study in Norway. *International Journal of Science Education*, 24(6), 565-574.
- Özcan, Ö. (2013). Investigation of mental models of Turkish pre-service physics students for the concept of "spin". *Egitim Arastirmalari-Eurasian Journal of Educational Research*, 52, 21-36.

- Özgün Koca, S. A., & Şen, A. İ. (2004). The development of a qualitative analyzing method for concept maps. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 165-173.
- Petri, J., & Niedderer, H. (1998). A learning pathway in high-school level quantum atomic physics. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1075-1088.
- Poock, J. R., Burke, K. A., Greenbowe, T. J., & Hand, B. M. (2007). Using the science writing heuristic in the general chemistry laboratory to improve students' academic performance. *Journal of Chemical Education*, 84(8), 1371-1379.
- Putti, A. (2011). High school students' attitudes and beliefs on using the science writing heuristic in an advanced placement chemistry class. *Journal of Chemical Education*, 88(4), 516-521.
- Rudd, J. A., Greenbowe, T. J., & Hand, B. M. (2007). Using the science writing heuristic to improve students' understanding of general equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 84(12), 2007-2011.
- Rudd, J. A., Greenbowe, T. J., Hand, B. M., & Legg, M. J. (2001). Using the science writing heuristic to move toward an inquiry-based laboratory curriculum: an example from physical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 78(12), 1680-1686.
- Schroeder, J. D., & Greenbowe, T. J. (2008). Implementing POGIL in the lecture and the science writing heuristic in the laboratory -- student perceptions and performance in undergraduate organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(2), 149-156.
- Shiland, T. W. (1997). Quantum mechanics and conceptual change in high school chemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(5), 535-545.
- Stephenson, N. S., & Sadler-McKnight, N. P. (2016). Developing critical thinking skills using the science writing heuristic in the chemistry laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(1), 72-79.

- Şen, A. İ. (2002). Fizik öğretmen adaylarının kuantum fiziğinin temeli sayılan kavram ve olayları değerlendirme biçimleri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 76-85.
- Şen, A. İ., & Özgün-Koca, S. A. (2003). Kavram haritalarının analizinde niceliksel ve niteliksel metodların *kullanımı ve karşılaştırılması*. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* (2), 1-9.
- Taber, K. S. (2005). Learning quanta: barriers to stimulating transitions in student understanding of orbital ideas. *Science Education*, 89(1), 94-116.
- van Opstal, M. T., & Daubenmire, P. L. (2015). Extending students' practice of metacognitive regulation skills with the science writing heuristic. *International Journal of Science Education*, 37(7), 1089-1112.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). Simon & Schuster Macmillan.
- Wink, D. J., & Hwang-Choe, J. H. (2008). Pennies and eggs: initiation into inquiry learning for preservice elementary education teachers. *Journal of Chemical Education*, 85(3), 396-398.
- Xu, H., & Talanquer, V. (2013). Effect of the Level of inquiry of lab experiments on general chemistry students' written reflections. *Journal of Chemical Education*, 90(1), 21-28.
- Yilmaz, S., Eryilmaz, A., & Geban, O. (2006). Assessing the Impact of bridging analogies in mechanics. *School Science and Mathematics*, 106(6), 220-230.
- Yip, D.-Y. (1998). Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning. *International Journal of Science Education*, 20(4), 461-477.

Yükseköğretim Kurulu. (2020). "YÖK sanal laboratuvar projesi"nin tanıtımı yapıldı.

<https://www.yok.gov.tr/Sayfalar/Haberler/2020/yok-sanal-laboratuvar-projesi-tanitildi.aspx>

Zarkadis, N., Papageorgiou, G., & Stamovlasis, D. (2017). Studying the consistency between and within the student mental models for atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 893–902.

EK-A: Gözlem Kontrol Formu

	0	1	2
1. Öğretmen dersin başında herhangi bir giriş etkinliği (tartışma, gösteri deneyi, vs.) yaptı mı?			
2. Öğretmen öğrencilerin ön bilgilerini dikkate aldı mı?			
3. Öğrenciler merak ettikleri sorularla mı geldi?			
4. Öğrencilerin merak ettikleri sorular sınıf ortamında tartışıldı mı?			
5. Tartışma sonucunda her grup için test edilecek sorular belirlendi mi?			
6. Her grup belirledikleri sorularını test etmeye yönelik uygun bir prosedür belirledi mi?			
7. Gruplar belirledikleri prosedürü takip ederek sorularını test ettiler mi?			
8. Gruplar deney sırasında gözlemlerini kaydettiler mi?			
9. Gruplar deney sonunda gözlemlerine ve verilerine dayalı olarak iddialar oluşturdular mı?			
10. Gruplar iddialarını desteklemek için deliller oluşturdular mı?			
11. Her grup iddia ve delillerini diğer gruplarla ve öğretmenle paylaştı mı?			
12. Öğrenciler soru sormaya teşvik edildi mi?			
13. İlgili konu günlük hayatla ilişkilendirildi mi?			
14. Bütün öğrenciler aktif olarak derse katıldılar mı?			
15. Öğretmen derste ve etkinlikler esnasında yönlendirici miydi?			
16. Öğrenciler dersin işlenişinden hoşlandılar mı?			
17. Öğretmen öğrencilere dönüt verdi mi?			



EK-B: Bir Gizemi Çözme: Gözlemler, İddialar, Kanıt ve Hesaplar

Siz ve arkadaşınız, zenginliği ve sessiz yapısı ile oldukça iyi bilinen zengin fakat tuhaf bir adam olan Bay Yıldız'ın ölümünü incelemek üzere kiralanmış olan özel dedektiflersiniz. O, her zaman endişe ve korku hisleriyle dolu olduğundan insanların etrafında bulunmaktan kaçınmıştır. Onun aynı zamanda paranoya rahatsızlığı olduğu da bilinmektedir. Hizmetlilerinin ona karşı gizli bir şekilde komplo kuruyor olmalarından korktuğu için uzun zaman önce işe aldığı hizmetlilerini işten çıkarmıştır. O her gece akşam yemeği olarak aynı yemeği, az-pişmiş kanlı iki biftek ve fırında pişmiş iki patates yedi.

Size, olay yerine varmanızın üzerine, Bay Yıldız'ın bu sabah erken bir saatte evinde hizmetlileri tarafından ölü olarak bulunduğu anlatılmıştır. Aşçının Bay Yıldız için her zamanki yemeği hazırladığı dün akşam, korkunç fırtına olmasından dolayı, bay Yıldız hizmetlilerin evlerine sorunsuz dönebilmeleri için onlara erken izin vermişti. Hizmetliler sabah geri döndüklerinde Bay Yıldız yemek odasında yüz üstü yatarken buldular.

Siz, odanın içine bakarak incelemelerinize başlarsınız. Yemek odasındaki büyük pencere camı kırılmış paramparça olmuştur. Cam dışarıdan darbe ile kırılmış gibi görünmektedir. Ölünün vücudunda kesik yaraları teşhis edilmekte ve masanın hemen yanında yüzüstü yatmaktadır. Ayrıca, cesedin tam altında halının üzerinde büyük kırmızı bir leke göze çarpmaktadır. Açılmış vaziyette bir şişe kırmızı şarap ve bir kısmı yenmiş bir biftek masanın üzerinde durmaktadır. Cesedin hemen yanında devrilmiş bir sandalye ve masanın altında üzerinde kan olan bir bıçak görülmektedir. Tüm bu bilgilerle, tek bir iddia ve Bay Yıldız'ın nasıl öldüğünü açıklayabilecek destekleyici kanıt ya da kanıtlar sunun. Söz konusu iddia ve kanıtı olayların gelişim senaryosu içinde anlatınız.

EK-C: Etkinlik Rapor Örneği

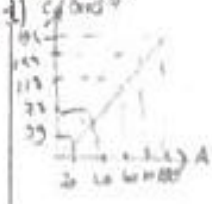
<p> Soru:</p> <p>1) Hedef ve dalga boyu sabitken siddetin değişimi akımı nasıl etkiler?</p> <p>2) Metal yüzeyin cinsi devredelenin akımı nasıl etkiler? (siddet ve dalga boyu sabit)</p>	<p>Soruma temel teşkil eden düşüncelerim:</p> <p>1) Hedef ve dalga boyu sabitken siddetin değişimi akımı etkiler.</p> <p>2) Metal yüzeyin cinsi devredelenin akımı değiştirir.</p>																												
<p> Sorumu cevaplandırmak için yaptığım deneyler şunlardır:</p> <p>1) Hedef (sodyum) ve dalga boyunu sabit tutul siddeti değiştirerek akımla olan ilişkisini inceledim.</p> <p>2) Siddet ve dalga boyu sabitken metal yüzeyin cinsi devredelenin akımı nasıl etkilediğini inceledim.</p>																													
<p>Deney sonucunda bulduğlarımız şunlardır: (Gözlemler ve/veya veriler)</p> <table border="1" data-bbox="247 1310 638 1749"> <caption>1)</caption> <thead> <tr> <th>Siddet</th> <th>Akım</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>20</td><td>0,039</td></tr> <tr><td>40</td><td>0,078</td></tr> <tr><td>60</td><td>0,117</td></tr> <tr><td>80</td><td>0,156</td></tr> <tr><td>100</td><td>0,195</td></tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="670 1310 957 1749"> <caption>2)</caption> <thead> <tr> <th>metal <small>200nm</small></th> <th>Akım</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Sodyum</td><td>1,677</td></tr> <tr><td>Ginta</td><td>0,798</td></tr> <tr><td>Bakır</td><td>0,248</td></tr> <tr><td>Platin</td><td>0</td></tr> <tr><td>Kalsiyum</td><td>1,200</td></tr> <tr><td>magnezyum</td><td>0,689</td></tr> </tbody> </table> <p>siddet %100 $\lambda = 200nm$ Yapınışık</p> <p>Sodyum = 0,868 Kalsiyum = 1,59 Magnezyum = 1,738 Ginta = 7,14 Bakır = 8,96 Platin = 21,65</p>		Siddet	Akım	0	0	20	0,039	40	0,078	60	0,117	80	0,156	100	0,195	metal <small>200nm</small>	Akım	Sodyum	1,677	Ginta	0,798	Bakır	0,248	Platin	0	Kalsiyum	1,200	magnezyum	0,689
Siddet	Akım																												
0	0																												
20	0,039																												
40	0,078																												
60	0,117																												
80	0,156																												
100	0,195																												
metal <small>200nm</small>	Akım																												
Sodyum	1,677																												
Ginta	0,798																												
Bakır	0,248																												
Platin	0																												
Kalsiyum	1,200																												
magnezyum	0,689																												

Hedef sodyum
 $\lambda = 180nm$

EK-C: Etkinlik Rapor Örneği (Devamı)

İddia (lar)ım: 1) Sodyum ve dolpa boyu sabit tutulursa ısıtıldıkça ısıtıldıkça devreden geçen akımda dolpa oranlı olarak değişir
2) Metal yüzeyin cinsi değişirse devreden geçen akımda yüzeyin cinsine bağlı olarak değişir

Delil(ler)im:



Dolpa boyu ve metalin cinsini sabit tutup ısıtıldıkça ısıtıldıkça devreden geçen akımda dolpa oranlı olarak değişir. ısıtıldıkça ısıtıldıkça devreden geçen akımda dolpa oranlı olarak değişir.

2) Metal yüzeyin yapısını arttırdıkça devreden geçen akım artar. Çünkü, yapının bir maddeyi birim hacimde tuttuğu alanından dolayı metal yüzeyi ne kadar yaparsa tabii ki o kadar fazla elektron sayısını sağlayarak akım değerini artırır.



Düşüncelerim başkalarının düşünceleri ile nasıl karşılaştırılır
Sınıf arkadaşlarımdan notlar.....

→ ışığın dolpa boyu ile elektronun enerjisi ve frekansı arasındaki ilişki:
 $E = h \cdot f$ olarak verilir.

ısıtıldıkça sabit olduğu için ışığın dolpa boyunu değiştirilerek enerjisi azaltılarak frekans arttırılarak kuramda nazar (100nm ve 700nm) arasında $\lambda = \frac{c}{f}$ bağlantısı olduğundan dolpa boyu kırmızı en büyük, mor en küçük dolpa boyuna sahiptir.

EK-Ç: Atom Kavramına Bağlanan Kavramlar (İlk Uygulama)

Kavramlar	Bağlantı Seviyesi		
	1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye
Çekirdek	1	2	
Elektron	15		
Enerji seviyesi	1		
Foton	3		
Isı	1		
Işık	1		
Kuantum	1		
Kuark	1		
Kütle	2		
Madde	2		
Nötron	3		
Proton	7	1	
Spektrum	1		
Dalga		1	
Enerji		3	
Lineer momentum		1	
Parçacık		2	
Spin		2	
Yük		1	
Compton saçılması			2
Fotoelektrik olay			2
Siyah cisim ışıması			1
TOPLAM BAĞLANTI SAYISI	39	13	5
TOPLAM FARKLI KAVRAM SAYISI	13	8	3

EK-D: Elektron Kavramına Bağlanan Kavramlar (İlk Uygulama)

Kavramlar	Bağlantı Seviyesi		
	1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye
Akım	1		
Compton saçılması	1	2	1
Dalga	2		
Elektrik alan	1		
Enerji	2		
Eşik enerji	1		
Fotoelektrik olay	1	2	
Foton	10		
Işık	1		
Kuantum	1		
Kütle	1		1
Lineer momentum	1		
Parçacık	2	1	
Saçılma	1		
Yük	3		
Direnç		1	
Kuark		1	
Momentum		1	
Proton		3	1
Sıcaklık		1	1
Siyah cisim ışıması		2	1
Çekirdek			1
Dalga boyu			1
Hız			1
Kara cisim			1
Spin			2
TOPLAM BAĞLANTI SAYISI	29	14	11
TOPLAM FARKLI KAVRAM SAYISI	15	9	10

EK-E: Foton Kavramına Bağlanan Kavramlar (İlk Uygulama)

Kavramlar	Bağlantı Seviyesi		
	1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye
Compton saçılması	1		
Dalga	6	2	
Elektromanyetik kuvvet	1		
Enerji	6		
Fotoelektrik olay	1		
Görünür ışık	1		
Işık	9		
Kütle	2		1
Madde	1		
Saçılma	1		
Spektrum	1		
Parçacık	4		
Yük	1		
Boyuna dalga		1	
Dalga boyu		1	2
Enine dalga		1	
Fizik		1	
Frekans		1	1
Konum		1	
Kuantum fiziği		1	
Lineer momentum		1	
Momentum		2	
Proton		1	
Sıcaklık		1	
Siyah cisim ışıması		1	
Elektromanyetik dalga			1
Hız			1
Işık hızı			1
Kara cisim			1
Kuark			1
Rydberg saçılması			1
TOPLAM BAĞLANTI SAYISI	35	15	10
TOPLAM FARKLI KAVRAM SAYISI	13	13	9

EK-F: Işık Kavramına Bağlanan Kavramlar (İlk Uygulama)

Kavramlar	Bağlantı Seviyesi		
	1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye
Boşluk	2		
Dalga	11		
Elektromanyetik dalga	4		
Enerji	2		1
Enine dalga	2	2	
Fotoelektrik olay	1	2	
Görünür ışık	1	3	
Kırınım	1		
Optik	2		
Parçacık	8		
Siyah cisim ışıması	2	1	
Spektrum	1		
Yük	1		
Boyuna dalga		1	1
Compton saçılması		3	
Çift oluşumu		1	
Girişim		1	
Konum		1	
Kuantum		1	
Kütle		1	
Momentum		1	
Poynting vektörü		2	
Proton		2	
Rydberg saçılması		1	
Ses		1	
Sıcaklık		1	
Dalga boyu			1
Kuark			1
Lineer momentum			1
TOPLAM BAĞLANTI SAYISI	38	25	5
TOPLAM FARKLI KAVRAM SAYISI	13	17	5

EK-G: Atom Kavramına Bağlanan Kavramlar (Son Uygulama)

Kavramlar	Bağlantı Seviyesi		
	1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye
Elektron	15		
Proton	9		
Nötron	6		1
Foton	3		
Madde	2		
Parçacık	2	2	3
Kütle	2	1	
Çekirdek		3	
Enerji		3	
Spin		2	
Yük		2	
Fotoelektrik olay		1	5
Dalga boyu			4
Akım			3
Compton saçılması		1	2
Dalga		1	3
Kuark	1		
Kuantum	1		
Spektrum	1		
Isı	1		
Enerji seviyesi	1		
Işık	1		
Heisenberg belirsizlik ilkesi	1		1
İyon	1		
Pauli dışarlama ilkesi	1		
Bohr atom modeli	1		
Elektromanyetik spektrum		1	
Gözlemci		1	
Kırınım		1	
Yansıma		1	
Lineer momentum		1	
Frekans		1	1
Renk		1	
Katot		1	
Görünür ışık			1
Elektromanyetik dalga			1
Çift yarıktaki girişim			1
Fotoelektron			1
Rutherford atom modeli			1
Siyah cisim ışıması			1
TOPLAM BAĞLANTI SAYISI	49	24	29
TOPLAM FARKLI KAVRAM SAYISI	17	17	15

EK-Ğ: Elektron Kavramına Bağlanan Kavramlar (Son Uygulama)

Kavramlar	Bağlantı Seviyesi		
	1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye
Foton	9		
Dalga	2	2	
Fotoelektrik olay	7		1
Metal yüzey	3		
Parçacık	4	8	
Çift yarıktaki girişim	2	1	
Yük	3		
Heisenberg Belirsizlik İlkesi	4	2	1
Enerji	3		2
Akım	3	2	3
Konum	2		
Katot	2	1	
Frekans	1	2	2
Dalga boyu	1	3	6
Yoğunluk	1	2	
İyonlaşma enerjisi		4	
Gözlemci		2	
Compton saçılması	1	3	
Fotoelektrik olay		2	
Proton		4	1
Renk		3	
Eşik enerjisi	1	2	
Zaman		2	
Eğik atış		2	
Momentum		4	
Siyah cisim ışıması		2	
Periyot			2
Spin			2
Görünür ışık			2
Girişim			4
Saçak genişliği			2
Fotoelektron		1	2
Hız	1	1	2
Yarık genişliği			2
Çekirdek	1		2
Kütle			2
Yarık		1	2
Kuantum	1		
Lineer momentum	1		
Saçılma	1		
Bağlanma enerjisi	1		
Anot	1		
Bohr atom modeli	1		
Schrödinger dalga denklemi	1		
Işık	1		
Monopol	1		
Elektrik alan	1		
Elektronegatiflik	1	2	
Işıma	1		
Elektromanyetik spektrum		1	
Kuark		1	
Aydınlık saçak		1	1
Karanlık saçak		1	1
Yansıma		1	
Kırınım		1	
Spektrum		1	

Işık şiddeti		1	
Kinetik enerji		1	1
Metal		1	
Direnç		1	
Cisim		1	
Nötron		1	
Ampermetre		1	
Madde		1	
Sıcaklık		1	1
Konumdaki belirsizlik		1	1
Momentumdaki belirsizlik			1
Kutuplanma			1
Hidrojen atomu			1
Konumdaki değişim			1
Kara cisim			1
Sodyum			1
Platin			1
Fotoelektrik akım			1
TOPLAM BAĞLANTI SAYISI	63	75	53
TOPLAM FARKLI KAVRAM SAYISI	31	41	31

EK-H: Foton Kavramına Bağlanan Kavramlar (Son Uygulama)

Kavramlar	Bağlantı Seviyesi		
	1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye
Işık	9		
Parçacık	4	5	1
Enerji	5	1	1
Kütle	2		1
Dalga	6	2	
Katot	2	1	
Fotoelektrik olay	2	5	4
Compton saçılması	2		
Bağlanma enerjisi		2	
Yoğunluk		2	
Lineer momentum		3	
Renk		2	
Dalga boyu		6	3
Akım		3	5
Kırınım		2	1
Girişim		2	2
Momentum		2	1
Frekans	1	1	2
Desen sayısı			3
Metal yüzey	1		
Spektrum	1	1	
Yük	1		
Heisenberg belirsizlik ilkesi	1	1	1
Elektromanyetik kuvvet	1		
Eşik enerjisi	1		
Saçılma	1		
Hidrojen atomu	1		
Görünür ışık	1		
Çift yarıktaki girişim	1		
Madde	1	1	1
Işık şiddeti	1		
Kinetik enerji	1		1
Proton		1	
Elektronegatiflik		1	
İyonlaşma enerjisi		1	
Yörünge		1	
Zaman		1	
Fizik		1	
Kuantum fiziği		1	
Seviye		1	
Elektromanyetik		1	
Karanlık saçak		1	
Aydınlık saçak		1	
Yarıkların genişliği		1	
Konum		1	
Sıcaklık		1	
Siyah cisim ışıması		1	
Şiddet		1	
Kuark			1
Enerji seviyesi			1
Anot			1
Ampermetre			1
Işık hızı			1
Yarıklar arası mesafe			1
Merkezi aydınlık saçak			1
Tek yarıklar			1

Çift yarık			1
Kara cisim			1
Hız			1
TOPLAM BAĞLANTI SAYISI	46	58	38
TOPLAM FARKLI KAVRAM SAYISI	22	34	25

EK-I: Işık Kavramına Bağlanan Kavramlar (Son Uygulama)

Kavramlar	Bağlantı Seviyesi		
	1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye
Optik	2		
Parçacık	9	3	
Fotoelektrik olay	3	3	3
Dalga	10		
Enine dalga	2	2	
Elektromanyetik dalga	5		
Enerji	3	2	4
Spektrum	2		
Akım	2	2	
Boşluk	2	1	
Frekans	1	5	1
Dalga boyu	1	2	4
Bağlanma enerjisi		2	
Poynting vektörü		2	
Girişim		6	1
Gözlemci		2	
Kırınım		5	1
Yansıma		3	
Compton saçılması		4	
Zaman		2	
İyonlaşma enerjisi		2	
Proton		2	1
Görünür ışık	1	3	1
Periyot			2
Elektromanyetik spektrum			2
Fotoelektron			2
Yarık			2
Konum			2
Heisenberg belirsizlik ilkesi	1	1	1
Yük	1	1	
Renk	1		
Siyah cisim ışıması	1	1	
Hız	1	1	1
Metal	1		
Dalga paketi	1		
Kuantum		1	
Kesme gerilimi		1	
Boyuna dalga		1	
Ses dalgası		1	
Kutuplanma		1	
Kızılötesi		1	
X ışınları		1	
Mor ötesi ışınlar		1	
Radyo dalgaları		1	
Mikrodalga		1	
Gamma ışınları		1	
Lineer momentum		1	
Kütle		1	
Işık şiddeti		1	
Katot		1	1
Kinetik enerji		1	
Eşik enerjisi		1	
Eğik atış		1	
Direnç		1	
Saçak aralığı		1	
Rydberg saçılması		1	

Işık hızı		1	
Momentum		1	
Konum		1	
Yüklü cisim		1	
Kırılma		1	
Kuark			1
Aydınlık saçak			1
Karanlık saçak			1
Cisim			1
Tek yarık			1
Çift yarık			1
Çekirdek			1
Sıcaklık			1
Kuantizasyon			1
TOPLAM BAĞLANTI SAYISI	50	83	38
TOPLAM FARKLI KAVRAM SAYISI	20	49	25

EK-J: Etik Beyanı

Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında,

- * tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- * görsel, işitsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- * başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- * atıfta bulunduğum eserlerin bütününe kaynak olarak gösterdiğimi,
- * kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- * bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

25/03/2022

Serkan EKİNCİ

EK-K: Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu

25/03/2022

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Ana Bilim Dalı Başkanlığına,

Tez Başlığı: Modern Fizik Öğretiminde Argümantasyona Dayalı Sorgulama: Bir Durum Çalışması

Yukarıda başlığı verilen tez çalışmamın tamamı (kapak sayfası, özetler, ana bölümler, kaynakça) aşağıdaki filtreler kullanılarak **Turnitin** adlı intihal programı aracılığı ile kontrol edilmiştir. Kontrol sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir:

Rapor Tarihi	Sayfa Sayısı	Karakter Sayısı	Savunma Tarihi	Benzerlik Oranı	Gönderim Numarası
24/03/2022	97	114851	28/01/2022	%7	1791695907

Uygulanan filtreler:

- Kaynaklar hariç
- Alıntılar dâhil
- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esaslarını inceledim ve çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan eder, gereğini saygılarımla arz ederim.

Ad Soyadı: Serkan Ekinci

Öğrenci No.: N14249683

Ana Bilim Dalı: Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi

Programı: Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi

Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Prof. Dr. Ahmet İlhan ŞEN

EK-L: Dissertation Originality Report

25/03/2022

HACETTEPE UNIVERSITY
Graduate School of Educational Sciences
To The Department of Mathematics and Science Education

Thesis Title: Argument Based Inquiry in Modern Physics Teaching: A Case Study

The whole thesis that includes the *title page, introduction, main chapters, conclusions and bibliography section* is checked by using **Turnitin** plagiarism detection software take into the consideration requested filtering options. According to the originality report obtained data are as below.

Time Submitted	Page Count	Character Count	Date of Thesis Defense	Similarity Index	Submission ID
24/03/2022	97	114851	28/01/2022	7%	1791695907

Filtering options applied:

1. Bibliography excluded
2. Quotes included
3. Match size up to 5 words excluded

I declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Educational Sciences Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports; that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

I respectfully submit this for approval.

Name Lastname: Serkan Ekinci

Student No.: N14249683

Department: Secondary Science and Mathematics Education

Program: Secondary Science and Mathematics Education

Status: Masters Ph.D. Integrated Ph.D.

ADVISOR APPROVAL

APPROVED
Prof. Dr. Ahmet İlhan ŞEN

EK-M: Yayınlama ve Fikrî Mülkiyet Hakları Beyanı

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü/Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü/Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren ... ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

25/03/2022

Serkan EKİNCİ

"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"

- (1) Madde 6.1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tez erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6.2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3 şahıslara veya kurumlara haksız kazanç; imkânı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanın önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tez erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7.1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.
*Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

