



T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FİZİK ÖĞRETMENLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ MODERN FİZİĞİN
TEMEL KAVRAMLARI İLE İLGİLİ KAVRAMSAL
ANLAMALARINA BİR BAKIŞ

YASEMEN EZGİ YILDIRIM

İzmir
2023

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

FİZİK ÖĞRETMENLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ MODERN FİZİĞİN
TEMEL KAVRAMLARI İLE İLGİLİ KAVRAMSAL
ANLAMALARINA BİR BAKIŞ**

YASEMEN EZGİ YILDIRIM

PROF. DR. SERAP ÇALIŞKAN

İzmir

2023

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Fizik Öğretmen Adaylarının Modern Fiziğin Temel Kavramları İle İlgili Kavramsal Anlamalarına Bir Bakış” adlı çalışmanın içerdiği fikri izinsiz başka bir yerden almadığımı; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında ve bölümlerinin yazımında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada kullanılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yaptığımı ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi, ayrıca bu çalışmanın Dokuz Eylül Üniversitesi tarafından kullanılan bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve *intihal içermediğini* beyan ederim. Herhangi bir zamanda aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonuca razı olduğumu bildiririm.

26/01/2023

Yasemen Ezgi YILDIRIM



DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU



Tarih: 02/02/2023

Tez Başlığı:

..... **Fizik Öğretmen Adaylarının Modern Fiziğin Temel Kavramları İle İlgili Kavramsal Anlamalarına**

Bir Bakış

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 138 sayfalık kısmına ilişkin, 02/02/2023 tarihinde **tez danışmanım tarafından** Dokuz Eylül Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı'nın sağladığı İntihal Tespit Programından (Turnitin-Tez İntihal Analiz Programı) aşağıda belirtilen **filtreleme tiplerinden biri** (uygun olanı işaretleyiniz) uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin **benzerlik oranı % 26'dır**.

- <http://www.kutuphane.deu.edu.tr/tr/turnitin-tez-intihal-analiz-programi/> adresindeki Tez İntihal Analiz Programı

Kullanım Kılavuzunu okudum ☐

Filtreleme Tipi 1(Maksimum %15) ☐

Filtreleme Tipi 2(Maksimum %30) ☒

- ☐ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- ☐ Kaynakça hariç,
- ☐ Alıntılar dâhil,
- ☐ Altı (6) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

- ☐ Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- ☐ Kaynakça dâhil,
- ☐ Alıntılar dâhil.

EK 1- İntihal Tespit Programı Raporu İLK SAYFA Çıktısı. ☒

EK 2- İntihal Tespit Programı Raporu (Tümü) Cd İçinde. ☒

Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve yukarıda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez 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 ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Adı Soyadı : Yasemen Ezgi YILDIRIM
Öğrenci No : 20190000000000000000
Anabilim Dalı : Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi
Programı : Fizik Öğretmenliği
Statüsü : Yüksek Lisans ☒ Doktora ☐

ÖĞRENCİ

DANIŞMAN

Yasemen Ezgi YILDIRIM
02/02/2023

Prof. Dr. Serap ÇALIŞKAN
02/02/2023

Açıklamalar

1: Bu formu teslim etmeden önce sizden istenen bilgileri uygun kutucuğu (☐) işaretleyerek doldurunuz.

Kullanıcı şifre vb. konusunda sorun yaşanması durumunda Üniversitemiz Merkez Kütüphanesinde bulunan Turnitin yetkilisine (Ali Taş Tel: 0232 398 11 11, E-posta: turnitin@deu.edu.tr) başvurunuz.

2: Yüksek Lisans/Doktora Tez Çalışması Orijinallik Raporu" formu tezin ciltlenmiş ve elektronik nüshalarının içerisinde ekler kısmında yer alır.

3: Tez savunmasında düzeltme alınması durumunda bu form güncellenerek yeniden hazırlanır.

4: Turnitin-Tez İntihal Analiz Programına yükleme yapılırken Dosya Başlığı (document title) olarak **tez başlığının tamamı**, Yazar Adı (author's first name) olarak **öğrencinin adı**, Yazar Soyadı (author's last name) olarak **öğrencinin soyadı** bilgisini yazınız.

TEŞEKKÜR

Araştırma sürecinin her aşamasında göstermiş olduğu ilgiden, önüme çıkan tüm problemlerin aşılmasında göstermiş olduğu yardımlardan ve araştırmanın niteliğini artıran yönlendirmelerinden dolayı tez danışmanım Prof. Dr. Serap ÇALIŞKAN' a çok teşekkür ederim.

Her anımda bana destek olan, geleceğimi inşa etmeme yardım eden, motivasyonumu arttıran sevgili babam Erdal YILDIRIM ve kardeşim Engin Can YILDIRIM' a çok teşekkür ederim.

Son olarak gerek lise gerek üniversite eğitim hayatımda tüm bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan, önemli bir rol model olarak gördüğüm fizik öğretmeni İlgihan Kantoğlu'na çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM II.....	5
KURAMSAL ÇERÇEVE / KAVRAMSAL ÇERÇEVE / İLGİLİ ARAŞTIRMALAR	5
BÖLÜM III	22
YÖNTEM.....	22
3.1. Araştırmanın Modeli / Deseni	22
3.2. Çalışma Grubu	23
3.3. Veri Toplama Süreci ve Araçları	24
3.4. Uygulama Süreci ve Verilerin Toplanması.....	27
3.5. Verilerin Analizi	28
Görüş birliği güvenirlik katsayısı = Görüş birliği olan kavram sayısıGörüş birliği olan kavram sayısı + Görüş birliği olmayan kavram sayısı x100	30
3.6. Araştırmanın Geçerliği ve Güvenirliği.....	30
3.7. Araştırmacının Rolü	32
BÖLÜM IV	33
BULGULAR.....	33
BÖLÜM V	86
TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	86
5.1. Tartışma	86
5.2. Sonuç ve Öneriler	94

KAYNAKÇA.....	97
EK 1.	106
EK 2.	107
EK 3.	108
EK 4.	115
EK 5.	117



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. <i>Öğretmen adaylarının cevaplarını analiz edilmesinde kullanılan kategoriler ve ölçütler</i>	30
Tablo 4.1 <i>Fizik öğretmen adaylarının çizdiği zihin haritalarındaki ortak kavramlar ve onları temsil eden öğrenci sayısı (f) ve yüzdesi (%)</i>	33
Tablo 4.2. <i>Modern Fiziğin Doğuşu Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi</i>	34
Tablo 4.3. <i>Görelî Yoğunluk Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi</i>	38
Tablo 4.4. <i>Has Zaman- Görelî Zaman Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi</i>	39
Tablo 4.5. <i>Has Uzunluk-Görelî Uzunluk Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi</i>	40
Tablo 4.6. <i>Uzunluk Büzülmesi Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi</i>	41
Tablo 4.7. <i>Referans Sistemleri Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi</i>	42
Tablo 4.8. <i>Uzunluk Büzülmesi Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi</i>	43
Tablo 4.9. <i>Işık Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi</i>	52
Tablo 4.10. <i>Işık ve Madde Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi</i>	53
Tablo 4.11. <i>Siyah Cisim Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi</i>	58
Tablo 4.12. <i>Siyah Cismin Şekli Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi</i>	59
Tablo 4.13. <i>Siyah Cisim Işıması Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi</i>	60
Tablo 4.14. <i>Siyah Cisim ve Doğada Bulunması Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi</i>	61

Tablo 4.15. Siyah Cisim ve Işıma-Dalgaboyu Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi	63
Tablo 4.16. Fotoelektrik Olay Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi.....	67
Tablo 4.17. Fotoelektrik Olay ve İş Fonksiyonları Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi	69
Tablo 4.18. Fotoelektrik Olay ve Maksimum Kinetik Enerji Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi	70
Tablo 4.19. Fotoelektrik Olay ve Akım-Voltaj Grafiği Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi	72
Tablo 4.20. Fotoelektrik Olay ve Durdurucu Potansiyel Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi	73
Tablo 4.21. Compton Olayı Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi.....	74
Tablo4.22. Compton Olayı ve Dalgaboyu Değişimi Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi	76
Tablo 4.23. Compton Olayı ve Saçılan Fotonun Dalgaboyu Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi	77
Tablo 4.24. Atom Modelleri Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi.....	80

ÖZET

FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ MODERN FİZİĞİN TEMEL KAVRAMLARI İLE İLGİLİ KAVRAMSAL ANLAMALARINA BİR BAKIŞ

Bu araştırmanın amacı, fizik öğretmen adaylarının modern fizik dersindeki temel kavramları kavramsal anlamalarını belirlemek ve kavram yanlışlarını ortaya çıkarmaktır. Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden olgubilim (fenomenolojik) araştırma yöntemi kullanılmıştır. Bu araştırmanın örneklemini Türkiye de devlet üniversitelerinin Eğitim Fakültelerinde Modern Fizik dersini almış fizik öğretmen adayları oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemini 2020-2021 akademik yılı itibarıyla Ege Bölgesi ndeki bir devlet üniversitesinde öğrenim gören, gönüllülük esasına göre araştırmaya katılan 17 fizik öğretmeni adayı oluşturmaktadır. Katılımcılar amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme ile belirlenmiştir. Araştırmada öğretmen adaylarının modern fizik ile ilgili temel kavramları anlamalarını belirlemek üzere Modern Fizik Zihin Haritaları (MF-ZH), Modern Fizik Kavramsal Anlama Sınavı (MFKA-S) ve elde edilen verileri desteklemek amacıyla Modern Fizik Kavramsal Anlama Görüşme Formu (MFKA-GF) kullanılmıştır. Araştırmada fizik öğretmen adaylarının çizdiği MF-ZH ları, MFKA-S ndaki ve MFKA-GF nda her bir soruya verdikleri yanıtlar nitel analiz tekniklerinden biri olan içerik analiz tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırmanın sonucunda özellikle özel görelilik, fotoelektrik olay ve Compton olaylarıyla ilgili belirgin yanlış anlamalar olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Modern Fizik, Kavramsal anlama, Fizik öğretmen adayları

ABSTRACT

AN OVERVIEW OF PRE-SERVICE PHYSICS TEACHERS' CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF THE BASIC CONCEPTS OF MODERN PHYSICS

This research aims to determine the basic concepts and conceptual understandings of physics teacher candidates in a modern physics course and to reveal their misconceptions. In the research, (the phenomenological) research method, one of the qualitative research methods, was used. The universe of this research consists of physics teacher candidates who have taken modern physics courses in the Education Faculties of state universities in Turkey. The sample of the research consists of 17 physics teacher candidates studying at a state university in the Aegean region and participating in the research voluntarily as of the 2020-2021 academic year. Participants were determined by criterion sampling, one of the purposive sampling methods. In the research, Modern Physics Mind Maps (MF-ZH), Modern Physics Conceptual Understanding Exam (MFKA-S), and Modern Physics Conceptual Comprehension Interview Form (MFKA-GF) were used to support the obtained data to determine pre-service teachers' understanding of the basic concepts related to modern physics. In the study, the MF-ZHs drawn by the physics teacher candidates, and the answers they gave to each question in the MFKA-S and MFKA-GF were analyzed using the content analysis technique, which is one of the qualitative analysis techniques. As a result of the research, it has been determined that there are significant misunderstandings, especially about special relativity, the photoelectric effect, and the Compton phenomena.

Key Words: Modern Physics, Conceptual meanings, Pre-service physics teachers

BÖLÜM I

GİRİŞ

Bu bölümde araştırma konusu kapsamında problem durumu, amaç ve önem, problem cümlesi, alt problemler, sayıtlar, sınırlılıklar, tanımlar ve kısaltmalar yer almaktadır.

1.1 Problem Durumu

Sosyal bir varlık olan insanın bilgi, duygu ve düşüncelerini çevreye aktarma isteği en önemli özelliklerinden biridir. Nitekim bu durum insanlara özgü, doğuştan gelen bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle insanlık tarihinin gelişimiyle birlikte iletişim gereksinimini de beraberinde getirmiştir. İletişim hem bireysel hem toplumsal bir süreçtir. Sürekli olarak değişen ve gelişen toplumlar, iletişim sayesinde etkileşim durumu içinde olup kültürel yapılarını gelecek nesillere aktarmaktadır.

Düşünebilme yetisi insanı doğrudan amaçlı olarak konuşmaya ve ifade etmeye iter. Bu durum iletişimin doğmasına, bireyin duygu ve düşüncelerini sözlü dil ile anlamlı bir biçimde çevreye aktarmasına sebep olur (Yalçın ve Şengül, 2007). Toplumda olan değişimler, kültür ve düşünce alanındaki gelişmeler dilin gelişmesine katkı sağlamaktadır (İmer, 1990). İşte bu nedenden temelini iletişim ve ifadenin oluşturduğu eğitim ve öğretimde dilin yeri oldukça önemlidir. Öğretmenin öğrenciyle olan iletişimde öğretme-öğrenme sürecinin gelişmesinde büyük bir rol oynamaktadır (Çalışkan ve Yeşil, 2005).

Bu bağlamda gerek öğretmen ders anlatırken gerekse ders kitaplarında yer alan kavramların öğrenci zihninde nasıl yer ettiğine dikkat edilmeli, bu konuyla ilgili gerekli çalışmaların üzerine yoğunlaşılmalıdır.

Doğayla sürekli etkileşim halinde bulunan bireyler bu etkileşim sırasında yaşantıları sonucu nesneleri ve olayları anlamlandırır ve bunların her birini kendine göre içselleştirir (Güneş, Dilek, Demir ve diğerleri, 2010). Bireyler küçük yaşlarda günlük yaşamlarında kendi deneyimleri ile tanıyarak zihinlerinde nesnelere ve olaylara karşı oluşturdukları kavramlar bazı durumlarda bilimsel olarak kabul görmüş kavramlardan farklılık gösterebilir

(Büyükkasap ve diğerleri, 1998). Bu durum öğrencilerde kavram yanlışlarının oluşmasına sebep olabilir.

Fen derslerinden özellikle fizik dersinin soyut kavramlar içermesi nedeniyle fizik dersinin öğrenilmesi ve bununla beraber kavramsal düzeyde anlaşılmasını güçleştirmektedir (Gödek, Polat ve Kaya, 2018). Fizik bilimi somut kavramlar kadar soyut kavramlarda içerdiğinden fizik öğreniminde anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesi oldukça önemlidir. Bireyler konu ile ilgili önceden edindikleri yanlış kavramlar ile birlikte geldiklerinden bilimsel kavramları öğrenmelerini olumsuz etkilemektedir (Başer ve Çataloğlu, 2005). Bu bağlamda öğretmenlerin öğrencilerin zihinsel ve fiziksel olarak aktif katılım gösterebileceği, öğrencilerin önceki bilgilerini yoklayıp bireysel farklılıklar göz önünde bulundurularak laboratuvar deneyleri ve sınıf içi aktif katılım sağlayabileceği etkinlikler geliştirilmesi çözüm olarak görülmektedir (Şadoğlu ve Akdeniz, 2015).

Yukarıda sayılan özelliklerden dolayı modern fizik temel kavramlarının öğrencilerin zihinlerinde nasıl ve ne derece yer ettiği ve aynı zamanda modern fizik temel kavramlarıyla ilgili öğrencilerin kavram yanlışlarının tespiti ve derinlemesine analizi araştırılmaya çalışılmıştır.

1.2 Amaç ve Önem

Bu araştırmanın amacı, fizik öğretmen adaylarının modern fizik dersindeki temel kavramları ile kavramsal anlamalarını belirlemek ve kavram yanlışlarını ortaya çıkarmaktır. Modern fizik teorilerinin ve uygulamalarının anlaşılmış olması, çevremizde olup biten olayları daha iyi anlamamıza ve bilimin olumlu gelişmelerin yanı sıra ortaya çıkarabileceği muhtemel olumsuzlukları da görmemiz konusunda bizlere yardımcı olacaktır (Özdoğan ve ark., 2011).

Bilindiği üzere fizik bilimi somut kavramlar içerdiği kadar soyut kavramları da içermektedir. Bu nedenle fizik öğreniminde kavramsal boyutta anlamlı öğrenme çok önemlidir (Bilal, 2010). Kavramların öğrenilebilmesi daha kolay genelleme ve soyutlanma yapılmasını sağlar, bilgiyi daha kolay geri çağırıp uzun süre bellekte tutulmasını sağlamaktadır (Karamustafaoğlu, Karamustafaoğlu ve Yaman, 2005).

Yapılan çalışmalarda öğrencilerin fizik konularındaki çoğu kavrama, bilimsel anlamlarından farklı anlamlar yüklediği ortaya çıkmıştır (Clement, 1982). En genel tanımıyla kavram yanılgısı bireyin bir kavramı bilimsel olarak kabul edilenden farklı olarak algılamasıdır (Alkış, 2006). Sewell' e (2002) göre bireyin gözlem veya deneyimleriyle elde ettiği bilgilerin birçoğu bilimsel bilgidен uzak olup, kavram yanılgılarını oluşturmaktadır. Oluşan bu kavram yanılgıları öğretim sürecinde de devam etmekte ve bireyler bu fikirlerinden vazgeçememektedir (Driver, Guesne ve Tiberghien, 1985).

Yapılan alanyazın taraması sonucunda birçok fizik konu başlığına göre az sayıda çalışmalar olan modern fiziğin kavramları ile ilgili kavramsal anlamalarını kavramsal test ya da açık uçlu sorularla belirleyen belirli sayıda araştırmaya rastlanmıştır (Demir ve Aksu, 2014; Özcan ve Çalışkan, 2012; Sezgin Selçuk, 2011; Villani ve Pacca, 1987); bununla beraber zihin haritası yoluyla kavramsal anlamayı belirleyen herhangi araştırmaya rastlanmamıştır. Bu bağlamda fizik öğretmen adaylarının özellikle modern fizik gibi soyut kavramlar içeren bir ders için zihin haritaları ve açık uçlu sorular ile birlikte yarı yapılandırılmış görüşme yöntemi de kullanılarak temel kavrama düzeylerinin belirlenmesi, kavram yanılgılarının tespit edilmesi ve üzerine tartışmalar yapılması araştırmaya değer bir konu başlığı olarak görülmektedir.

1.3 Problem Cümlesi / Alt Problem Cümleleri

Problem Cümlesi

Fizik öğretmen adaylarının modern fiziğin temel kavramları ile ilgili kavramsal anlama düzeyleri ve kavram yanılgıları nelerdir?

Alt Problemler

1. Fizik öğretmen adaylarının modern fiziğin temel kavramları ile ilgili kavramsal anlama düzeyleri nasıldır?
2. Fizik öğretmen adaylarının modern fiziğin temel kavramları ile ilgili sahip oldukları kavram yanılgıları nelerdir?

1.4. Sınırlılıklar

- Araştırmanın uygulanması 2020-2021 öğretim yılında İzmir ilindeki bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesi'nde öğrenim gören modern fizik dersini almış 2,3 ve 4. sınıftaki fizik öğretmeni adayları ile edilen verilerle sınırlıdır.
- Araştırmanın kapsamı modern fizik dersi müfredatında yer alan temel kavramlar ile sınırlıdır.

1.5 Varsayımlar

- Örneklemeye alınan fizik öğretmen adayları mevcut durumu temsil edecek niteliktedir.
- Öğrencilerin kavramsal anlama sorularına ve görüşme sorularına samimi bir şekilde cevap verdikleri kabul edilmiştir.

1.6 Tanımlar

Zihin haritası: Zihin haritalama metodu; düşünce ve kavramlar arasında ilişkiler kurmak suretiyle bilgileri anlamlandırma ve hatırlamayı kolaylaştırmak, bilginin nasıl kullanıldığını göstermek için, anahtar kelimeler, imgeler ve renkler yardımıyla beynin bir bütün olarak öğretme- öğrenme sürecinde aktif olarak kullanıldığı, yaratıcılığın ön planda olduğu beyin temelli grafiksel bir not tutma tekniğidir (Türkyılmaz, 2017).

Kavramsal anlama: Kavram bilgisi kavramın tanımını ve adını bilmek değil aynı zamanda kavramlar arası karşılıklı geçişleri ve ilişkileri görebilmektir. Kavram kendisinin anlamını taşıdığı grup ve eski bilgilerle uygun bir şekilde ilişkilendirilebilir ve uzlaştırılabilirse söz konusu kavramla ilgili anlama meydana gelmektedir (Soylu ve Aydın, 2006).

Kavram Yanılgısı: Bireylerin kavramlara bilimsel anlayıştan uzak, alternatif kavramlar geliştirdikleri kavram tanımlamalarıdır. Bireylerin deneyimler sonucu geliştirdikleri bu alternatif kavramlar yeni konuların anlaşılması, anlamlı ve kalıcı öğrenmeyi büyük ölçüde engellemektedir (Tekkaya, Çapa ve Yılmaz, 2000).

BÖLÜM II

KURAMSAL ÇERÇEVE / KAVRAMSAL ÇERÇEVE / İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Bu bölümde çalışmanın kuramsal/kavramsal çerçevesi ve ilgili alanyazına ait bilgiler sunulmuştur.

2.1 Kavram

Kavramlar eşyaları, olay ve olguları, insanları ve düşünceleri benzerliklerine göre gruplayıp o gruplara verilen addır (Yağbasan ve Gülçiçek, 2003). Ortak özelliklerine göre sınıflandırılan olay, olgu, fikir, varlık veya obje sayısı en az iki veya daha fazla olmalıdır ki bu sınıflandırma sayesinde oluşan grup zihinde bir düşünce birimi oluştursun. Oluşturulan bu düşünce birimlerini ifade eden her sözcük birer kavramdır (Çaycı, 2007). Kavramlar bir bilgi formu ya da varlıkların özelliklerini zihinde temsil eden soyut sembollerdir. Soyut, somut bütün varlıklar, olay veya olgular zihinsel bir süreçten geçirilip bilgi değeri kazanmaktadır. Bilgi değeri kazanan soyut sembollerin kalıcı olması ya da gereken yerde kullanılması anlamlı öğrenme sonucunda oluşmaktadır (Karadüz, 2010).

Kavramlar bilgilerin yapı taşlarını oluşturmaktadır. İnsanlar, çocukluklarından itibaren kavramları öğrenmeye başlamakta, kavramları sınıflandırarak onlar arasında ilişkiler kurup bilgileri keşfetmektedir. Bilişsel yapıda var olan kavramlara, yenilerinin eklenip düzenlenmesi, yeniden yapılandırılıp günlük yaşama aktarılması olayı hayat boyu devam eden bir süreçtir (Kaptan, 1999; Çaycı, 2007).

Kavramlar zihinde oluşturulan soyut düşünce birimleri olduğundan kavramların geliştirilmesinde bireyin kullandığı birtakım süreçler vardır. Kaptan (1999)' a göre bu süreç üçe ayrılır (Akt. Çaycı, Demir, Başaran ve diğerleri, 2007);

- Genelleme Süreci: İlgilenilen varlık veya konuya ait ortak özelliklere göre bir grupta toplanması ve bu gruba bir ad verilmesi sürecidir.
- Ayırım Süreci: Genellemenin tam tersidir. Varlıkların ya da konunun birbirine benzemeyen özelliklerini bulma sürecidir.

- Tanımlama Süreci: Bir kavramı sözcükle anlatan ve ifade edilmesini sağlayan önermeye kavramın tanımı denir.

Kavram kazanma bireylerin birçok duyusuna etki eden uyarıcıları algılamaya çalışarak zihinlerinde anlamlandırma çabası içine girerek bu uyarıcıların özellikleriyle genellemeler yapma süreci olarak karşımıza çıkmaktadır. Uyarıcıların özelliklerinin zihinde yapılan genellemeler sonucu öğrenilmesi kavram oluşturma'nın ilk aşaması sayılmaktadır (Karadüz, 2010).

Kavram kazanmada uyarıcılardan gelen görüntü ve sesin zihinde anlamlandırılması olayı aslında kavram oluşturmada önce işitme imgesinin daha sonrasında anlam imgesinin işletildiği anlamına gelmektedir. Aslında bu durum kısa ve uzun süreli belleğin görevleri açısından bakıldığında ses ve anlam imgelerinin yapılandırılmasında büyük önem taşıdıklarını göstermektedir. Bireyler uyarıcılardan aldıkları etkileri işitsel ve anlamsal imgelere dönüştürmek ve bunların kodlama ve depolama işlemlerini gerçekleştirmektedir. Bireyler dışarıdan gelen uyarıları sadece duyu organlarıyla değil his ve hayal yoluyla da algılamakta ve bunları yine zihinlerinde anlamlandırarak belleklerinde kodlayıp depolamaktadır.

Ortam ve uyarıların etkisinde birey kavramları hatırlayabilir. Bireyler hatırladığı kavramları ortama göre anlamlandırmakta ve iletişime katılmakta, aynı zamanda yine ortama göre değerlendirirken de anlamlandırmaya gitmektedir (Karadüz, 2010).

2.2 Kavram Öğrenimi

Kavram geliştirme ve değiştirme bir öğrenme sürecidir ve bu bilgilerin öğrenim yollarına göre kavramlar üçe ayrılır (Pınarbaşı, 2002; Çaycı, Demir, Başaran ve diğerleri, 2007);

- Algılanan Kavramlar: Bireyin günlük yaşamdan duyu organlarıyla yaptığı algılamalar sonucu oluşan kavramlardır.
- Betimlemeli Kavramlar: Bireylerin günlük yaşamdaki varlık ve olaylarla etkileşimi sonucu, eşya ve olayların gözlenebilir özelliklerinin özetlenip açıklanması ve bunların anlamlandırılması sonucu oluşan kavramlardır.

- Kuramsal Kavramlar: Bazı kavramlar etkileşim sonucu değil de zihin operasyonu sonucu elde edilir. Bu kavramların temelini kuramsal düşünceler oluşturmaktadır. Kuramsal kavramların öğrenilmesi diğer durumlara göre daha zor ve karmaşıktır.

Günümüz fen öğretiminde, bilgi ve kavramların öğretim sürecinde öğretmen merkezli öğretim yerine öğrenci merkezli ve öğrencilerin aktif olduğu öğretim modelleri kullanılmaktadır. Kaptan (1999)' a göre kavram öğretimi iki yola ayrılır (Akt; Çaycı, 2007);

1. Geleneksel (Sunuş Yoluyla) Kavram Öğretimi

- Kavramın (sözcüğün) verilmesi,
- Kavramın tanımlayıcı ve ayırt edici özelliklerinin verilmesi,
- Kavrama dahil olan ve olmayan örneklerin verilmesi.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde kavram öğretiminde kullanılan geleneksel yöntemin hem kavramları öğrenmede hem de öğretmede yetersiz kaldığı ayrıca öğrencileri ezbere yönelttiği görülmektedir (Ecevit ve Şimsek, 2017). Kavram öğretiminde yaşanan sıkıntıların temelinde kavramların tam olarak sözel bir tanımının yapılamamasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte öğretime kavramın tanımıyla başlamak ve genellikle de sunuş yolunu tercih etmek kavram öğretimi açısından sıkıntılı bir sürecin oluşacağını göz önüne sermektedir (Canpolat, 2002; Pınarbaşı, 2002; Çaycı, 2007).

2. Modern (Buluş Yoluyla) Kavram Öğretimi (Kavramsal Değişim Yaklaşımı):

- Kavramı en iyi anlatan örnekle başlaması,
- Kavramı niteleyen diğer örneklerin verilmesi,
- Kavrama dahil olan örneklerden hareketle o kavramın ortak özelliklerinin bulunması,
- Genellemeye gidilmesi,
- Kavrama dahil olmayan örneklerin verilmesi,
- Kavrama dahil olmayan örneklerden hareketle, o kavramın ayırt edici özelliklerinin bulundurulması.

Wittrock tarafından geliştirilen ve Ausubel' in “öğrenmeyi etkileyen en önemli faktör öğrencinin mevcut bilgi birikimidir” şeklinde ifade edilen düşüncesine dayanan yapılandırmacı yaklaşımın özünde öğrencilerin o ana kadar sahip olduğu bilgilerini

kullanarak yeni bilgiler edinmelerini, kendi kendine öğrenmeyi ve kendine has bilgi oluşturmayı amaçlayan bir öğrenme kuramı olarak karşımıza çıkmaktadır (Özmen, 2004).

Bu kurama göre öğrenci eski bilgileriyle yeni edindiği bilgileri karşılaştırarak zihninde yeniden yapılandırarak dünyayı anlamlandırma çabasına girer. Öğretmen merkezli öğretim modellerinin aksine öğrenci odaklı bu öğretim modeli öğrencilerin sınıf içerisinde aktif olması gerektiğini savunmaktadır. Bu modele göre bilgiler bireysel olarak yapılandırılır ve öğrenmede bireyin geçmiş bilgilerinin, kişisel özelliklerinin ve öğrenme ortamının son derece önemli olduğu vurgulanmaktadır (Özmen, 2004).

Tüm bu açıklamaların sonucunda kavramsal değişim yaklaşımının yapılandırmacı kuramın özünden çıktığı ve bu kuramın ilkelerini benimsediği sonucuna ulaşılmaktadır (Çaycı, 2007).

2.3 Kavram Yanılgıları

Öğrenciler soyut kavramları anlamlandırırken günlük hayatta gördükleri, duydukları ve hissettikleri olay ve durumlardan etkilenmekte ve bilimsel öngörülerin dışında farklı çıkarımlarda bulunmaktadır. Bu durum öğrenci zihninde kavramların yeterince şekillenmemesi ve mevcut şemalarla doğru ilişkinin kurulamaması, kavram yanılgılarına sebep olmaktadır (Gödek, Polat ve Kaya, 2018). Kavram yanılgısı eğitimde sıkça karşılaşılan bir durum olmasının yanında aynı zamanda düzeltilmesi de oldukça güç olan bir olgudur (Yenilmez ve Yaşa, 2008).

Piaget' e göre kavram yanılgıları bir yapı gibidir ve var olan kavram yanılgıları üzerine eklenir. Bu durum aslında kavram yanılgılarının bilgi eksikliklerinden oluşan bir boşluktan ötürü oluştuğunu kanıtlar niteliktedir. Oluşan bu boşluk öğretmenler tarafından verilen nitelsiz öğretim, öğrencilerin önceden sahip oldukları bilgiler ve karşı karşıya kalınan deneyimlerle rastgele dolmaktadır. Dolan bu boşluk öğrenciyi bir noktaya kadar başarıya ulaştırabilir fakat ileriye dönük bakıldığında karşımıza kavram yanılgısı olarak çıkmaktadır (Rowell, Dawson ve Harry, 1990; Yağbasan ve Gülçiçek, 2003).

Kavram yanılgıları beş ana başlık altında sınıflandırılabilir (Committe on Undergraduate Science Education, 1997; Çoban, 2009):

1. Önyargıya Dayalı Görüşler:

Günlük hayatta karşılaştığımız olay veya deneyimlere dayalı popüler yanlışlıklardır. Örneğin, ısı, enerji, yerçekimi konusunda öğrencilerin önyargısal görüşleri bulunmaktadır.

2. Bilimsel Olmayan Görüşler:

Bilimsel eğitimin dışında öğrencilerin çevrelerinden edindikleri bilgiler ışığında bazen din bazense mitolojik olarak sahip oldukları yanlışlıklardır. Örneğin, yaratılış ve canlı türüyle ilgili dinsel görüşler.

3. Kavramsal Yanlış Anlama:

Bireylere önyargısal ya da bilimsel olmayan görüşleriyle alakalı bilişsel çatışmaya düşürülmeksizin bilimsel bilgi aktarıldığında ortaya çıkan yanlışlıklardır. Bu durum öğrencilerin konuyu zihinlerinde yanlış modellerle yapılandırılmasına sebep olmaktadır. Öğrenciler bu kavramlar hakkında güvensizdirler.

4. Anadilden Kaynaklanan Yanlış Kavramlar:

Dil zihnimizde oluşan fikir ve düşünceleri ifade etmeye yarayan en önemli iletişim aracıdır. Günlük hayatta kullandığımız dil ile bilim dilini ayrı tutmaktan kaynaklanır. Örneğin ısı ve sıcaklık kavramlarının aynı anlamda kullanılması.

5. Olgulara Dayalı Yanlış Kavramlar:

Genellikle küçük yaşta edinilen, yetişkinlik döneminde de sürdürülebilen kavram yanlışlıklardır. Örneğin yıldırımın aynı yere iki kere düşmeyeceği ifadesi.

Fen eğitiminin en önemli hedeflerinden biri de konuların kavram bazında iyi anlaşılmasını sağlamak ve oluşmuş ya da oluşabilecek kavram yanlışlıklarının önüne geçmektir (Yağbasan ve Gülçiçek, 2003). Aynı zamanda kavramsal değişimi sağlamak amacıyla öğrencilerin konuya ilişkin önceden sahip oldukları bilgilerin bilimsel anlamda ifade edilme biçimiyle çelişen kavram yanlışlıklarının belirlenmesi ve ona göre öğrenme ortamında değişikliğe gidilmesi gerekmektedir (Efe, Hevedanlı ve Yetişir, 2005).

Fen derslerinde ele alınan çoğu konunun ve bu konulara ait kavramların ağırlıklı olarak soyut olması ve teorik açıdan ağır basması nedeniyle öğrenciler kavramları anlamakta ve günlük hayata endekslemekte oldukça zorlanmaktadır (Anagün, Ağır ve Kaynaş, 2010).

Öğrenciler okulda fizik dersi görmeye başlamadan önce doğal olaylar hakkında edindikleri içgüdüsel inançlar, kavram yanlışlıklarını oluşturan temel faktörlerden bir tanesidir

(Eryılmaz ve Tatlı, 2000). Bu durum klasik fizik kavramlarını tam olarak zihninde anlamlandıramamış öğrencilerin, bolca soyut kavram içeren modern fizik konusundaki kavramları anlamlandırmakta zorluk çekmesine sebep olmaktadır (Şen, 2002).

Kavram yanlışlarının oluşmasının bir diğer nedeni ise kullanılan bilimsel dil olabilmektedir. Fizik biliminde kullanılan bazı terimlerin adlarından dolayı kavram yanlışlığı oluşturabileceği görülmektedir (Ekinci, 2021).

Yapılan çalışmalar gerek öğrencilerin gerekse yetişkinlerin pek çok kavram yanlışlığına sahip olduklarını ve bu yanlışlıkların giderilmesine zorluk gösterdiklerini ortaya koymuştur. Bu durum fen bilimleri öğretiminde karşımıza bir engel olarak çıkmaktadır. Var olan kavram yanlışlıkları öğrenilecek yeni kavramların öğrenilmesini güçleştirdiği gibi yeni kavramların da yanlış öğrenilmesine sebep olabilmektedirler (Gödek, Polat ve Kaya, 2018).

2.4 Modern Fizik

1900'li yılların başına kadar yapılan çalışmalar "Klasik Fizik" (mekanik, termodinamik, elektromanyetizma) olarak adlandırılırken, Rölativite Teorisi ve Kuantum Teorisine dayalı olarak yapılan çalışmalar "Modern Fizik" olarak adlandırılır. Temelleri bakımından farklı olan bu iki teorinin ortak yanı evreni klasik modelin kavramları ile değil, soyut matematiksel kavramlar ile açıklama yolunu seçmiş olmalarıdır. Her ne kadar bu teorilerin temelini oluşturan kavramlar çoğu kez sağduyumuza aykırı gelse de, fizik yasalarına yeni ve daha derin bir görüş açısı ile bakmamızı sağlamaktadır (Özdoğan, Kara, Gümüş ve Orbay, 2011).

Bu araştırmada, üniversite düzeyinde fizik/fen alanlarında okutulan Modern Fizik dersinde yer alan konu başlıkları ve konuların kapsamında yer alan temel kavramlar Fen ve Mühendislik için Fizik 3 (Modern Fizik) (Serway-Beichner, 2011), Fen Bilgisi Öğretmenliği için Fizik 4 Modern Fizik (Ünlü, İngeç, Budak ve Avcı, 2006), Fen Bilgisi ve Fizik Öğretmenliği Programları için Modern Fiziğe Giriş (Özdoğan ve ark., 2011) kaynak kitaplarından yararlanılarak belirlenmiştir. Bu araştırma kapsamında bu kaynaklar temelinde incelenen konu başlıkları ve temel kavramlar Modern fiziğin doğuşu, Özel Görelilik (referans sistemleri, zamanda görelilik, uzunlukların göreliliği, göreliliği, kütle ve enerji), Işık, Siyah cisim ışıması, Fotoelektrik olay, Compton Olayı, Atom modelleri dir.

2.5 Modern Fizik Konusunda Öğrencilerde Görülen Kavram Yanılgıları

Alan yazın incelendiğinde öğrencilerde modern fizik konusu öncesi ve hatta sonrasında bile sıklıkla görülen kavram yanılgıları ve anlama güçlükleri şu şekilde sıralanabilir (Güneş, 2017; Yağbasan ve diğerleri, 2005, s.59).

- Evren esir (eter) denilen bir madde ile doludur.
- Compton olayı kullanılarak foton ile atom (foton ile atoma bağlı elektron) etkileşimi de açıklanabilir.
- Parçacığa etki eden dalga elektromanyetik dalgadır.
- Eylemsizlik kütesinin ve çekim kütesinin değerleri farklıdır.
- Işık hızına yakın hızlarda kütle, hıza bağlı olarak artar.
- $E = mc^2, E_0 = m_0c^2$ ve $E = m_0c^2$ bağıntıları doğrudur.
- Klasik fizik yasalarının yerini modern fizik yasaları almıştır.
- Zaman mutlaklıdır.
- Uzunluk ve zaman sadece bir gözlemci için değişir.
- Zaman genişlemesi iki farklı çerçevedeki iki ayrı saati ifade eder.
- Zaman genişlemesi ve uzunluk kısalması deneysel olarak henüz ispatlanmamıştır.
- Evrende tercih edilen bir gözlem çerçevesi vardır
- Maddesel parçacıklar ışık hızına ulaşabilir.
- Işık sadece dalga ya da sadece parçacık halinde olabilir.
- Parçacıklar dalga özelliğine sahip olamaz.
- Dalgalar parçacık özelliğine sahip olamaz.
- Atom, maddenin en küçük yapı taşıdır.
- Her bir parçacığın konumu kesin olarak ölçülebilir.
- Elektronlar istedikleri herhangi bir orbitalde bulunabilir.
- Sadece elektron ve protonlar temel parçacıklardır.
- Atomlar görünmez olabilir.
- Sadece tek bir atom modeli vardır.
- Fizikçiler atom için (atomun tüm özelliklerini açıklayan) "doğru" modele sahiptir.
- Atomda çekirdek etrafında dolanan elektronlar, Güneş etrafında dolanan gezegenler gibidir.

Dünya'da ve ülkemizde son yıllarda genel anlamda fen bilimleri ve özel anlamda fizik dersleri ile ilgili hazırlanan öğretim programlarında bilim okur yazarı yetiştirme hedefi göz önüne alındığında, bilim okuryazarı bireyler yetiştirebilmeyi ve yeni öğrenilecek bilgilerin doğru bir şekilde yapılandırılmasını sağlamak için kavram yanlışlarının belirlenmesi, vurgulanması ve mümkünse iyileştirilmesi önemli hale gelmiştir. Değişime dirençli olan kavram yanlışlarının iyileştirilmesi için öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlarının farkında olmaları anahtar role sahiptir (Güneş, 2017). Bu bağlamda öğrencilerin var olan kavram yanlışlarının belirlenmesi ve ortaya çıkarılması önemle üzerinde durulması gereken bir başlıktır.

Öğrencinin bilişsel yapısını belirlemek ve bu yapıdaki kavram yanlışlarını ortaya çıkarmak için geliştirilmiş birçok araç bulunmaktadır. Öğrencilerin kavram yanlışlarının belirlenmesinde en sık başvuru teknik ikili görüşmeler ve konu ile ilgili açık uçlu soruların yer aldığı testlerdir. Bununla beraber tanılayıcı dallanmış ağaç, yapılandırılmış grid, kavram haritaları, V diyagramları ve kelime ilişkilendirme testleri de kavram yanlışlarını belirlemede kullanılan diğer alternatif araçlardır (Bahar, 2006; s.203). Ayrıca kavram yanlışlarını belirlemede alanyazında çoktan seçmeli test ile birlikte açık uçlu sorularında kullanıldığı testlerin uygulandığı (Kırıkkaya ve Güllü, 2008; Koray ve Tatar, 2003), kavram karikatürlerinin kullanıldığı (Demir, 2008) araştırmalara rastlanmıştır. Ayrıca öğrencilere, sonuca dayalı testler yerine, olayların sebebini açıklamaya yönelik düşündürmeye teşvik eden soruların sorulması öğrencinin sahip olduğunu kavram yanlışlarının ortaya çıkmasını sağlayabilir. Öğrencilere sorulan açık uçlu sorular ve beyin fırtınası etkinlikleri ile kavram yanlışları tespit edilebilir. Ayrıca mantıksal açıklamalar getiren ödevler öğrencilerin kavram yanlışlarını tespit etmede çok kullanışlıdır (Ecevit ve Şimşek, 2017).

Mevcut araştırmalardaki yöntemlerden farklı olarak, İnel Ekici (2015) tarafından yapılan araştırmada modern fizikteki temel kavramlara yönelik yanlışları belirlemede ikili yarı yapılandırılmış görüşmeler ve açık uçlu soruların yanında öğrencilerin belli sınırlar çerçevesinde düşüncelerini engelleyerek bir konuya ya da kavrama ilişkin sahip oldukları olumlu ya da olumsuz birçok düşüncenin, bilginin, görüşün ortaya çıkarılmasına olanak tanıyan zihin haritaları kullanılmıştır.

2.6 Zihin Haritalama

Fizik bilimi öğretiminde kavram yanlışlarını tespit etmek, kavram yanlışlarını gidermek ve öğrencilerde oluşmuş kavram yanlışlarının değişimini sağlamak için zihin haritama metodu kullanılabilir. Bireyler zihin haritası oluştururken kavramlar ve düşünceler arasında gerekli bağlantılar kurmak ve kavram ya da düşünceyi hatırlayabilecekleri görsel öge ile bu kavram ya da düşünceyi desteklemektedirler (Evrekli ve Balım, 2010).

Zihin haritalama metodu Tony Buzan tarafından 1960' lı yılların sonuna doğru geliştirilen bir not alma tekniğidir. Günümüzde yaratıcılık, akılda tutmayı artırma, etkili öğrenmeyi sağlama ve öğrencilerin konu hakkındaki ön bilgilerini ortaya çıkarmaya yardımcı olan görsel araçlardır (Evrekli ve Balım, 2010).

Buzan (2000)' a göre, zihin haritalama, öğrencilere bilgileri anlamak ve anlamlandırmak için geliştirilmiş basit bir yoldur. Zihin haritalama tekniği, bilginin mantıklı ve hayali bir şekilde bireyin zihninde bir görüntü oluşturmaya yarar (Parikhk, 2016). Zihin haritalamada önce ana fikir belirlenir, sonrasında bu konuya ait kavramlar belirlenir, varsa kavramlara ait üçüncü düzey kavramlar da yerleştirilerek harita çizilebilir.

Zihin haritalama metoduyla öğrenciler renkler, şekiller, imgeler ve kısa ifadelerle bilgileri kalıcı hale getirme ve zihinde anlamlı yapılandırma sağlamaktadırlar. Zihin haritalama diğer öğretim yöntemlerine göre daha kolay hazırlanması ve öğrencilerin geçmiş deneyimlerinden elde ettikleri bilgileri ortaya çıkarmakta kullanılan bir yöntem olmakla beraber öğrencilerin öğrendikleri bilgilerin değerlendirilmesine kadar tüm öğrenme sürecinde kullanılabilmektedir (Ekici, 2015).

2.7 Zihin Haritası Yapılışı

Zihin haritası oluşturulurken dikkat edilmesi gereken noktaları Buzan (1996) şöyle sıralamıştır (Çamlı, 2009):

- Konuya dikkat çekmek için zihin haritasının tam merkezinde bir resim ile sağlanır.
- Merkezde bulunan resimle ilişkili dallar, konunun ana temalarını oluşturur.
- Dallar, birleştirilmiş çizgiler üzerindeki bir anahtar resim veya anahtar sözcüğü ifade eder.
- Oluşturulan dallar birbirleriyle ilişkili bir yapıya sahiptir.

Zihin haritası yapılırken bu dört temel nokta dışında bazı dikkat etmemiz gereken noktalar ve takip edilmesi gereken bir sıra vardır. Bunlar:

- Büyükçe bir sayfa kullanmak,
- Çeşitli kalınlıklarda ve renklerde kalemleri kullanmak amacıyla hazır bulundurmak,
- Zihin haritası için alanı, konuyu veya sorunu seçmek,
- Kağıdın merkezine seçilen konuyu imgeleyecek bir resim çizmek,
- Merkeze çizilen imgeden çevreye uzanan kalın çizgiler çizip, üzerlerine konu hakkında bilinen anahtar sözcükleri ve en önemli düşünceleri yazmak,
- Ana dalların uçlarından daha ince dallar çıkarılarak anahtar kavram veya sözcükler yerleştirmek,
- Mümkün olan her imgeyi kullanmak,

şeklinde sıralanabilir (Buzan, 2003-a, s:54-55; Yaşar, 2006).

2.8 Zihin Haritalama Tekniğinin Avantajları

Buzan (2002), zihin haritalama metodunun öğrencilere sağladığı avantajları aşağıdaki gibi sıralamıştır (Bastem, 2012):

- Daha fazla yaratıcı olmak,
- Zaman tasarrufu sağlamak,
- Problemleri kolayca çözmek,
- Konsantre olmak,
- Düşüncelerini organize etmek ve açıklamak,
- Sınavlardan iyi notlar almak,
- Daha iyi şekilde hatırlamak,
- Daha hızlı ve etkili şekilde çalışmak,
- Kolay çalışma olanağı sağlamak,
- Konuyu bir bütün halinde görmeyi sağlamak,
- İletişim kurmasına yardım etmek.

Bu kısımda, araştırma kapsamında çalışmanın özgün değerinin ortaya konması ve önceki yapılan çalışmaların incelenmesi amacıyla modern fiziğin temel kavramları ile ilgili

kavramsal anlama üzerine gerçekleştirilmiş olan ulusal ve uluslararası çalışmalar incelenmiştir.

2.9 Yurtdışında Yapılan Modern Fizik Kavramsal Anlamalar İle İlgili Çalışmalar

Steingberg, Oberem ve Mcdermott (1996)' ın yaptıkları çalışmada fotoelektrik etki üzerine bilgisayar tabanlı bir öğretici model geliştirip, üniversite ikinci sınıf modern fizik dersi okuyan öğrencilerin kavramsal anlamaları ve öğrenme zorluklarını belirlemek üzere bir araştırma yapmayı amaçlamışlardır. Araştırma geleneksel yöntem ile modern fizik ders anlatımından sonra yapılmıştır. Araştırma sonucunda bilgisayar tabanlı öğretici modeli kullanan öğrencilerin, geleneksel yöntemle dersi almış öğrencilerden daha başarılı olduklarını göstermiştir. Bu sonuç bilgisayar tabanlı öğretici modelin, öğrencilerin fotoelektrik olayı anlamalarını geliştirmelerine yardımcı olduğunu göstermiştir.

Euler (1999)' ın yaptığı çalışma Almanya'daki öğretmen adaylarının modern fizik konuları hakkındaki kavramsal bilgilerini belirlemeyi amaçlamıştır. Araştırmanın konusu atom modelleri oluşturmaktadır. Öğretmen adayları deney ve kontrol grubu olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Ön test verilerine göre deney ve kontrol grubu arasında anlamlı farklılık gözlemlenmemesine rağmen, son test sonucuna göre deney grubu lehine kavramsal değişimin gözlemlendiği belirlenmiştir.

Euler, Hanselmann, Müller ve Zollman (1999)'nın yaptıkları çalışmada öğrencilerin modern fizik konusuna ait kavramsal bilgilerini ve kuantum fiziği tarafından tanımlanan garip gerçekliğe ilişkin görüşlerini değiştirmenin yollarını araştırmayı amaçlamışlardır. Bu çalışma bir kuantum fiziği seminerinin parçasıdır. Çalışmaya katılan öğrencilerin çoğu kuantum fiziği dersini tamamlamışlardır. Öğrencilere bir ön test yapılarak kavramsal anlayışlarının yeterli düzeyde olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Kavramları vurgulayan öğretimin etkisini incelemek için deneysel bir tasarım kullanılmıştır. Deney grubu öğrencilerine kavramlar ve modeller hakkında üç özel ders verilmiştir. Öğrencilerin modellere ilişkin görüşleri ve genel kavramsal anlayışlarının nasıl değiştiğini ortaya koymak amacıyla son bir test tasarlanmıştır. Testin istatistiksel analizleri U testleri ile yapılmıştır. Deney grubu öğrencilerinde, çalışmadan sonra kavramsal anlamalarında önemli bir

gelişmenin olduğu ve uzmanların görüşlerine doğru bir yaklaşmanın olduğunu sonucuna ulaşılmıştır.

Sungmin (2012)'nin yaptığı çalışmada öğretmen adayları ve üniversite öğrencilerinin kuantum fiziğine giriş konusundaki kavramsal anlamalarını araştırmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada öğrencilerin kuantum fiziğine ilişkin kavramsal anlamalarını belirlemek için Sungmin ve diğerleri tarafından geliştirilen Kuantum Fiziği Kavramsal Anlama Soruları kullanılmıştır (2009). Araştırma sonucunda öğrenciler, formül uygulayarak yorumlayıcı olmayan sorularda başarılı olurken, yorum gerektiren sorularda zorlanmışlardır. Ayrıca araştırma sonucundan elde edilen diğer bir bulgu ise öğrencilerin “Belirsizlik İlkesi”nin yorumlanması dışında kuantum fiziği kavramsal anlayışlarında hiçbir yanlış anlaşılma örüntüsü olmadığı yönündedir.

2.9 Yurtiçinde Yapılan Modern Fizik Kavramsal Anlamalar İle İlgili Çalışmalar

Şen (2002)'nin yaptığı çalışma üniversite son sınıfta öğrenim gören fizik öğretmen adaylarının, modern fiziğin temeli olan kuantum fiziğinde düştükleri kavram yanlışları ve hataları incelemek amaçlanmıştır. Bu araştırma Hacettepe ve Gazi üniversitelerindeki son sınıf fizik öğretmen adayları ile gerçekleştirilmiştir. Betimsel bir çalışma olan bu araştırmada veriler açık uçlu sorulardan oluşan anket aracılığı ile toplanmıştır. Elde edilen sonuca göre fizik öğretmen adaylarının, kuantum fiziğinin kendine has düşünce tarzı yerine, Newton fiziğinde kullanılan klasik benzetmelere bağlı kaldıklarını göstermektedir.

Kara, Erduran Avcı ve Çekbaş (2008)'in yaptıkları çalışmada fen bilgisi öğretmen adaylarının ışık kavramı ile ilgili bilgi düzeylerini ifade ve çizim yöntemiyle ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Bu çalışmaya fen bilgisi öğretmenliği bölümünde öğrenim görmekte olan 99 öğretmen adayı katılmıştır. Öğretmen adaylarından ışık kavramını hem yazılı hem de çizimle ifade etmeleri istenmiştir. Bu uygulama için 20 dakika süre verilmiştir. Öğretmen adaylarının ışık konusundaki yazı ve çizimleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Araştırmanın sonucunda, öğretmen adaylarının büyük çoğunluğunda bu konuda eksik bilgi ve kavram yanlışlarına sahip olduğu belirlenmiştir.

Kaya (2010)'nın yaptığı çalışmada fen bilgisi öğretmenliği bölümü öğrencilerinin ışık ve atom kavramlarını anlama seviyelerini ve onların bu kavramlarla ilgili yanlış

anlamalarının olup olmadığını tespit etmek amaçlanmıştır. Çalışma verileri, 2003-2004 eğitim öğretim yılı güz yarısında fen bilgisi öğretmenliği programı 3. sınıf öğrencilerinden toplam 62 öğrenciye geliştirilen 16 maddelik bir test uygulanması ve 12 öğrenci ile mülakat yapılmasıyla elde edilmiştir. Test ve mülakatlardan elde edilen bulgular, öğrencilerin ışık ve atom kavramlarını anlama düzeylerinin sırasıyla %26 ve %84 olduğu yine bu kavramlarla ilgili sırasıyla %34 ve %6 oranlarında yanlış anlamalara sahip oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

Özcan (2011)' in yaptığı çalışmada özel görelilik kuramı problemlerinin çözümüne yönelik, fizik öğretmen adaylarının problem çözme yaklaşımlarını belirlemek amaçlanmıştır. Araştırmada uzunluk, zaman ve referans sistemleri gibi temel kavramları içeren iki özel görelilik kuramı problemi açık uçlu olarak öğretmen adaylarına sorulmuştur. Problemlere verilen cevaplar ışığında seçilen öğrencilerle yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmış, bulgular nitel analiz yöntemiyle analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda katılımcıların büyük kısmının problem çözme yaklaşımları, bilimsel ve stratejik çözüm yaklaşımı olmadığını göstermiştir.

Sezgin Selçuk (2011) tarafından yapılan çalışmada, öğretmen adaylarının özel görelilik teorisindeki temel kavramları anlamaları ve zorluklarının belirlendiği görülmüştür. Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi'nde öğrenim gören 185 Fen Bilgisi Öğretmen adayına uzunluk, zaman, kütle ve yoğunluk kavramlarını içeren 4 açık uçlu sorudan oluşan sınav uygulanmış, ayrıca derinlemesine görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler nicel ve nitel analiz teknikleri ile analiz edilmiş ve araştırmanın sonunda eş zamanlılık, zaman genişlemesi, uzunluk büzülmesi, kütle ve görelî yoğunluk ile ilgili öğretmen adaylarının zorluklara sahip olduğu tespit edilmiştir.

Yıldız ve Büyükkasap (2011) tarafından yapılan çalışmada, eğitim fakültesi fen bilgisi öğretmenliği programında öğrenim görmekte olan ve Modern Fiziğe Giriş dersi alan öğretmen adaylarının Compton olayını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazma etkinliklerinin onların akademik başarısına etkisi araştırılmıştır. Araştırmada kontrol gruplu öntest-sontest yarı deneysel araştırma modeli kullanılmıştır. Araştırmanın verileri, araştırmacılar tarafından hazırlanan açık uçlu sorular kullanılarak elde edilmiştir. Araştırmaya, 2007-2008 öğretim yılında öğrenim gören 54'ü bayan, 57'si bay olmak üzere toplam 111 üçüncü sınıf öğretmen adayı katılmıştır. Araştırmanın bulguları, öğretmen

adaylarının Compton olayını anlama düzeylerinin düşük kaldığını, deney ve kontrol grubunun son test sonuçlarının nitel ve nicel olarak karşılaştırılmasıyla varılan sonucun ve yapılan sınavdaki başarı yüzdelerinin, deney grubunun lehine olduğunu ön plana çıkarmıştır. Ayrıca, son testle birlikte sorulan ek sorularla öğretmen adaylarının öğrenme amaçlı yazma aktivitesiyle ilgili düşünceleri yazılı olarak tespit edilmiştir. Öğretmen adaylarının %87,5'i hakkında mektup yazdıkları Compton olayını anladıklarını ve öğrenme amaçlı yazma etkinliğinin Compton olayını öğrenmelerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Özcan ve Çalışkan (2012) fizik öğretmen adaylarının fotoelektrik olayı anlamaları üzerine yaptıkları nitel çalışmada, fotonlar tarafından sökülen elektronlara ait $I=f(V)$ grafiğinin öğrenciler tarafından yorumlanmasını araştırmışlardır. Araştırma İzmir ve Ankara da yer alan iki devlet üniversitesinde öğrenim gören 35 fizik öğretmen adayı ile gerçekleştirilmiştir. 3 açık uçlu sorudan elde edilen veriler içerik analizi ile incelenmiş, öğretmen adaylarının fotoelektrik olayı anlama ile ilgili çeşitli zorluklar taşıdıkları belirlenmiştir.

Görecek (2013)' in yaptığı çalışmada Fen Bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin kavramsal anlama düzeylerini belirlemek ve 7E öğretim modelinin bilimsel kavramlara ulaşmada etkisini ortaya koymayı amaçlamıştır. Çalışmada örnek olay tarama modeli kullanılmıştır. Bu araştırma ikinci sınıfta öğrenim gören 48 fen bilgisi öğretmen adayıyla yapılmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak kuantum fiziği kavram testi, kuantum olgu anketi, sınıf gözlemleri, yapılandırılmış ve yarı yapılandırılmış görüşmeler kullanılmıştır. Öğretmen adaylarına siyah cisim ışıması, fotoelektrik olay, dalga teorisi konularına ilişkin sorular sorulmuştur. Araştırma sonucunda, öğretim öncesi öğretmen adaylarının alternatif kavramlara sahip olduğu belirlenmiştir. Öğretim sonrasında da çoğu öğretmen adayının kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin bilimsel kavramlara sahip olduğu ve kavramsal anlamının gerçekleştiği görülmüştür.

Sarı ve Güven (2013)' nin yaptıkları çalışmada, sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımına uygun etkileşimli tahta destekli modern fizik öğretiminin akademik başarı ve motivasyona etkisi incelenmiş ve öğretmen adaylarının etkileşimli tahta destekli öğretime yönelik görüşleri belirlenmiştir. Ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desen yöntemi kullanılan araştırmada akademik başarı testi, motivasyon ölçeği ve yarı yapılandırılmış görüşme formları ile veriler toplanmıştır. Kontrol grubunda deneysel yöntemle dersler

işlenirken deney grubunda araştırmacılar tarafından geliştirilen etkinlikler etkileşimli tahta ortamında sunulmuştur. Uygulamalar sonucunda deney grubunda kullanılan öğretim materyallerinin öğrencilerin motivasyonları ve akademik başarılarını önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda öğretmen adaylarının, dersi eğlenceli hale getirme ve katılımı arttırma, soyut kavramları somutlaştırma, öğrenmeyi kolaylaştırma ve kalıcılık sağlama şeklinde olumlu görüşlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Demir ve Akarsu (2014)'nın yaptıkları çalışmada lise son ve üniversite birinci sınıf programlarında ortak olarak yer alan Modern Fizik konuları ile ilgili öğrencilerin, kavram düzeylerini belirlemeye yönelik çoktan seçmeli sorulardan oluşan geçerli ve güvenilir kavram testi geliştirmeyi amaçlamışlardır. Lise son ve üniversite birinci sınıfta ortak olan modern fizik konularını (Örneğin; Özel görecelik, nükleer fizik, kuantum teorisi) işlemiş öğrencilerin bu konularda sahip oldukları ön bilgilerin önce tespit edilmesi ve bu bilgiler doğrultusunda testin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma lise son ve üniversite birinci sınıf seviyesinde 150 öğrenci ile yapılmıştır. Araştırmada nicel araştırma yöntemi olan tarama modeli kullanılmıştır. Testin güvenirliği Cronbach Alpha katsayısı ile belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucu anlamlılık düzeyi 0.05 olarak kabul edilmiş olup; elde edilen verilere göre lise son ve üniversite birinci sınıf öğrencilerinin sonuçları arasında anlamlı bir fark ($p=0.00$) olduğu görülmüştür.

Şadoğlu (2014)'nın yaptığı çalışmada, 2007 Ortaöğretim 11. Sınıf Fizik Dersi Öğretim Programı'nın Modern Fizik Ünitesi kazanımları dikkate alınarak, Kara Cisim Işınması, Fotoelektrik Olay ve Compton Olayı konularına yönelik yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı 7E öğretim modeline uygun öğrenci ve öğretmen ders materyallerinin geliştirilmesi ve bu materyallerin öğrenci başarısı üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada deney ve kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Deney grubunda yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı 7E öğretim modeline göre uygulama yapılmış olup, kontrol grubunda ise geleneksel öğretime göre dersler yürütülmüştür. Çalışmanın örneklemini Rize ilinde bir Anadolu Lisesi'nde öğrenim gören toplam 50 öğrenci ve bu okulda görev yapan bir fizik öğretmeni oluşturmaktadır. Çalışmanın verileri, Modern Fizik Başarı Testi, yarı yapılandırılmış mülakat, gözlem ve öğrencilerin uygulama sürecinde tamamladıkları yazılı dokümanlarla toplanmıştır. Çalışmanın nicel verileri Excel programı kullanılarak, nitel verilerin analizi ise betimsel ve içerik analizi yöntemiyle yapılmıştır. Çalışmada geliştirilen ve uygulanan materyaller, öğrenci başarısını arttırıcı yönde olumlu bir

değişime neden olmuştur. 7E öğrenme modeline göre hazırlanan materyallerin, öğrencilerin kavramsal ve işlemsel öğrenmelerini olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada modern fizik konularının öğretiminde, yapılandırmacı öğrenme kuramı çerçevesinde uygulama yapılması ve bu kapsamda geliştirilecek olan materyallerde ise günlük hayattan örneklerle ve deneylere yer verilmesi önerilmektedir.

Özdemir (2015)'in yaptığı çalışmada sıcak kavramsal değişim teorisini temel alan üstbiliş ve motivasyon stratejileri ile ısıtılan tartışma tabanlı bir öğretim modeli geliştirilmiş ve modelin kavramsal değişim öğretiminde nasıl uygulanacağı detaylı olarak tanımlanmıştır. Model öğrencilerin klasik fizikten modern fizik kavramlarına geçişte ilk karşılaştıkları konu olması nedeni ile modern fizik ünitesi özel görelilik kuramı konusunun ortaöğretim düzeyindeki öğretimine göre düzenlenmiştir. Araştırma karma desen modeline göre yürütülmüştür. Araştırmaya 2012-2013 ortaöğretim 10. sınıfta öğrenim görmekte olan 51 öğrenci katılmıştır. Araştırmada veriler özel görelilik kuramı-tanı testi, üstbiliş, özyeterlilik ve öğrenme süreçleri ölçeği, fizik dersi motivasyon ölçeği ve özel görelilik kuramı yarı yapılandırılmış görüşme formu ile toplanmıştır. Özel görelilik kuramı-tanı testinin analizinde betimsel analiz, ölçeklerin analizinde frekans dağılımı, görüşme verilerinin analizinde ise içerik analiz yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, öğretim modelinin öğrenci kavramsal değişimine, üstbiliş ve motivasyon düzeylerine olumlu katkıları olduğu görülmüştür.

Aksakallı, Turgut ve Salar (2016)'ın yaptıkları çalışmada Modern Fizik dersi alan lisans öğrencilerinin modern fiziğe yönelik açığa çıkan negatif algılardan, yabancılaşma algısının nelerden kaynaklandığını tespit etmeyi amaçlamışlardır. Bu araştırma fizik bölümü, fizik öğretmenliği ve fen bilgisi öğretmenliği eğitimi alan 36 lisans öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada nitel araştırma desenlerinden olgubilim (fenomenoloji) yöntemi kullanılmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak odak grup görüşme formu ve bireysel görüşmeler kullanılmıştır. Veriler betimsel ve içerik analizi yöntemleriyle analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda öğrencilerin modern fiziğe yönelik açığa çıkan yabancılaşma algılarının nedenleri olarak; öğretim elemanlarının modern fiziğin günlük hayat ile olan ilişkisini kuramaması, sınıf içerisinde akran dayanışmalarına yer verilmemesi, öğretim elemanlarının tekdüze ders anlatmaları, modern fizik ders kitaplarının sahip olduğu ağır matematiksel doku, dili ve görselleştirmelere fazla yer vermemeleri şeklinde olduğu belirlenmiştir.

Dokuzfıdan (2019)'ın yaptığı çalışmada lise öğrencilerin fotoelektrik ve Compton Olaylarına ilişkin fikirlerini ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Araştırma Balıkesir il merkezinde bulunan 10 ortaöğretim okulunun 12. sınıfında öğrenim gören toplam 485 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Öğrencilere fotoelektrik olay ve Compton Olayı konuları ile ilgili öğretim öncesi ve sonrasında kavramsal anlama testi uygulanmıştır. Kavramsal anlama testinden elde edilen veriler, nitel veri analizi yöntemlerinden betimsel analizle yapılmıştır. Öğretim öncesi yapılan testte öğrencilerin fotoelektrik olay ve Compton Olayı konularında birçok alternatif kavrama sahip oldukları görülmüştür. Bu kavramların bazıları literatürde yer alırken, literatürde olmayan birçok alternatif kavram da ortaya çıkarılmıştır. Öğretim sonrasında öğrencilerin az bir kısmının bilimsel kabul edilebilir kavramlara sahip olduğu görülürken, büyük bir kısmının alternatif kavramlara sahip olduğu görülmüştür. Araştırma sonucuna göre öğrencilerin alternatif kavramlarının çoğunun öğretim sonrasında da devam ettiği görülmüştür.

BÖLÜM III

YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Modeli / Deseni

Bu araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden olgubilim (fenomenolojik) araştırma yöntemi kullanılmıştır.

Nitel araştırma ile incelenen konunun derinlemesine analizi sağlanırken, görüşme yöntemi ile bireylerin algı, deneyim, tutum, düşünce ve kanaatleri gibi gözlemlenemeyen bilgilere ulaşılması amaçlanmıştır (Karataş, 2015). Nitel araştırma bireylerin tecrübelerini, sosyal olay ve durumları dış etki olmadan birden fazla yöntem kullanılarak analiz etmeye ve yorumlamayı amaçlayan bir araştırma türüdür (Işıkoğlu, 2005). Başka bir tanıma göre nitel analiz insanların olayları nasıl anlamlandırdığıyla ilgilenir (Dey, 1993).

Yaygın olarak kullanılan nitel araştırma yöntemlerini Creswell (1998); biyografik (biography), fenomenoloji (phenomenology), kuram oluşturma (ground theory), etnografik (ethnography) ve durum araştırması (case study) şeklinde beş başlık altında toplamıştır. Biyografi bireyin yaşam öyküsünü, fenomenoloji bireylerin bakış açısıyla olay ve olguları nasıl kavradıklarını, kuram oluşturma alandan toplanan verilerle kuramlar oluşturmayı, etnografya kültürel ve sosyal toplulukları tanımlamaya ve durum araştırması bir ya da birkaç olayı ayrıntılı incelemek amacıyla kullanılmaktadırlar (Işıkoğlu, 2005).

Fenomenolojik araştırmaların odak noktası bireyin öznel deneyimleridir. Bireyin olay ve olguları kendine özgü yorumlamasıyla yani kişinin fenomenolojisiyle ilgilenen bu yaklaşımla araştırmacı; olay ya da olguyu birey tarafından yaşandığı gibi anlamaya çalışır (Çekmez, Yıldız ve Bütünler, 2012). Fenomenoloji bireyin kavram veya konu hakkında yabancı olmayıp, derinlemesine kavrayışa sahip olmadığı olgulara odaklanmaktadır. Yaşanılan olaylar, tecrübeler, algılar, yönelimler, kavramlar ve durumlar gibi çeşitli sebeplerden dolayı karşımıza çıkan olguları analiz etmek için fenomenoloji uygun bir araştırma yöntemidir (Yıldırım ve Şimşek, 2005).

Creswell (2007) fenomenolojik yaklaşımı kişilerin bir olguyu tecrübe etmeleri ve bu tecrübelerle yükledikleri anlamları ortaya çıkarmak şeklinde tanımlamıştır. Fenomenoloji algılanan veya yaşanan fenomenleri incelemeyi ve yorumlamayı amaçlayan nitel bir araştırma şeklidir. İnsan bilincini ilgilendiren her şey fenomenolojinin konusu olabilir. Fenomenoloji merkezinde fenomenleri içerir ve bu tür araştırmalarda amaç fenomenleri betimlemek ve özlerini ortaya koymaktır (Erkıpçak, 2017). Fenomenolojik araştırma yönteminde araştırmacının görevi kişinin deneyimlerinden yola çıkarak bir fenomeni nasıl anlamlandırdığını algılamak ve özüne ulaşmaktır (Flood, 2010).

Fenomenolojik araştırmalarda bireylerin bir olgu ya da kavrama ait yaşanmış deneyimleri ve bu deneyimlerin ortak anlamı ortaya çıkarmak amaçlanmıştır (Creswell, 2013). Bu araştırmada da fizik öğretmen adaylarının modern fiziğin temel kavramlarına dair anlayışları fenomen kabul edilmiş olup, fizik öğretmen adaylarının kavramlara ait deneyimlerinin ayrıntılı bir analizini ortaya koymak hedeflenmiştir.

3.2. Çalışma Grubu

Bu araştırmanın çalışma grubu amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme ile belirlenmiştir. Ölçüt örnekleme önceden belirlenen ölçüt veya ölçütleri karşılayan bütün durumların çalışılmasıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2016). Ölçütler araştırmacı tarafından oluşturulabilir veya daha önceden hazır olarak bulunan ölçütler listesi kullanılabilir (Baltacı, 2018; Marshall & Rossman, 2014). Bu araştırmada çalışma grubu için ölçüt Modern Fizik dersini almış olmasıdır. Araştırmanın çalışma grubu 2020-2021 akademik yılı itibarıyla Ege Bölgesi'ndeki bir devlet üniversitesinde öğrenim gören, gönüllülük esasına göre araştırmaya katılan 17 fizik öğretmeni adayından oluşmaktadır.

Creswell (2007)' e göre fenomenolojik araştırmalarda katılımcılar seçilirken amaçlı örneklem türlerinden olan ölçüt örnekleme yöntemi kullanılabilir. Fenomenolojik araştırmalar, bireylerin günlük hayatta karşılaştıkları fenomenleri nasıl algıladıkları, ne anladıkları ve yaşanmış deneyimlerinin neler olduğuyla ilgilenmektedir. Bu durumda fenomenolojik araştırmaların sonuçları belli bir noktaya kadar genelleme yapılarak benzer özelliklere sahip başka gruptaki insanlara genelleştirilebilmektedir (Çekmez, Yıldız ve Bütüner, 2012). Araştırma süreci, katılım ölçütlerinin belirlenmesiyle başlamıştır. Buna göre

araştırmaya katılım için belirlenen ölçüt, Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi'nde fizik öğretmenliği bölümüne kayıtlı olup bu süreçte modern fizik dersini almış olmaktadır.

Bilimsel araştırmanın amacı, konusu, yöntemi, yürütülmesi, evren ve örneklemin belirlenmesi, alan verisinin toplanması, bulguların değerlendirilip analiz edilmesi, yazılması ve yayınlanması sürecinde araştırmacının uyması gereken objektif, şeffaf ve bilimsel değer, standart, ilke ve kurallar ile izlemesi gereken yol ve yöntemler bilimsel araştırmanın etiğini oluşturmaktadır (Gül, 2020).

Bu bağlamda araştırma etiği açısından katılımcılar, araştırmaya dahil olmadan önce araştırmanın amacı, araştırmada nasıl bir süreç izleneceği, sonuçların nasıl yayınlanabileceği konusunda bilgilendirilmiş ve aynı zamanda araştırmaya başlanmadan önce katılımcılara araştırma gönüllü katılım onay formu imzalatılmıştır. Bu formlar EK 1 de sunulmuştur. Buna ek olarak sağlıklı veri toplama ve araştırmaya katılan fizik öğretmen adaylarının rahat bir uygulama geçirmesi amacıyla, örneklemi oluşturan bireylerin isimleri araştırma süresince gizli tutularak her bir katılımcıya farklı kod numaraları verilmiştir.

3.3. Veri Toplama Süreci ve Araçları

Nitel araştırmalarda veri tabanının zenginleşmesi, daha geniş bir bakış açısı elde edilmesi ve alternatif yorumlara ulaşılması amacıyla birden fazla veri toplama aracı kullanılması mümkündür. Birden fazla veri toplama aracının kullanılması araştırmanın güvenilirlik ve geçerliliğini arttıracakı düşünülmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2005). Araştırmada öğretmen adaylarının modern fizik ile ilgili temel kavramları anlamalarını belirlemek üzere Modern Fizik Zihin Haritaları (MF-ZH) (EK 2), Modern Fizik Kavramsal Anlama Sınavı (MFKA-S) (EK 3) ve elde edilen verileri desteklemek amacıyla Modern Fizik Kavramsal Anlama Görüşme Formu (MFKA-GF) (EK 4) kullanılmıştır.

3.3.1. Modern Fizik Zihin Haritaları (MF-ZH)

Zihin haritalama fikirlerin ve fikirlere ait ilişkilerin görsel temsilleri olarak tanımlanmıştır (Biktimirov ve Nilson 2006). Zihin haritaları birbirlerine bağlantılı ve ilgili kavramlardan oluşan, serbest ve spontane düşünmeyi gerektiren fikirler arası yaratıcı

çağrışımlarda bulunan bir ağdan oluşmaktadır (Davies, 2010). Zihin haritalama metoduyla öğrencilerin zihinlerinde arka planda kalmış bilgilerin geri çağırılması ve bu bilgileri kağıda dökmesi beklenmiştir. Fizik öğretmen adaylarının modern fizik kavramına ilişkin sahip oldukları düşünce, bilgi ve görüşlerin ortaya çıkartılması amacıyla modern fizik kavramını merkeze alan zihin haritaları çizdirilmiştir.

Araştırmaya katılan öğretmen adaylarına zihin haritalama tekniği hakkında bir ders saati süresince sunum yapılmış ve katılımcılara örnek bir zihin haritası üzerinden bu metot kullanılırken dikkat edilmesi gereken noktalar anlatılmıştır. Katılımcılardan zihin haritası çizmeye başlamadan önce gerekli araç ve gereçleri (renkli kalemler ve bir A4 kağıdı) yanlarında bulundurmaları istenmiştir. Katılımcılar hazır olduklarında 20 dakikalık süre başlatılmış ve modern fizik konusuyla alakalı zihin haritası çizmeleri istenmiştir. Öğretmen adayları bireysel olarak zihin haritalarını oluşturmuşlardır. Katılımcılar zihin haritalarını oluştururken araştırmacı müdahale etmemiş, öğretmen adaylarının ihtiyacı olduğu durumlarda rehber görevini üstlenmiştir. Her öğretmen adayı hazırladığı haritayı 20 dakikanın sonunda yine Online DEU Uzaktan Eğitim Portalı'nda ödev hanesine yüklemiştir.

3.3.2. Modern Fizik Kavramsal Anlama Sınavı (MFKA-S)

Fizik öğretmen adaylarına modern fiziğin temel kavramlarına ilişkin kavramsal anlama biçimlerini ortaya koymak amacıyla kavramsal anlama sınavı hazırlanmıştır.

Veri toplama araçları arasında olan Modern Fizik Kavramsal Anlama Sınavı (MFKA-S) bu araştırma için, fizik öğretmen adaylarının modern fizik temel kavramları konusu hakkında düşünce biçimlerini derinlemesine incelemek amacıyla hazırlanmıştır. Modern Fizik dersinde işlenen konularda öğretmen adaylarının kavramsal anlamalarını saptamak için araştırmacı modern fizik dersinde anlatılan temel kavramları belirlemiştir. Kavramsal anlama sınavı soruları hazırlanma aşamasında daha önce bu konuyla ilgili yapılmış olan çalışmalar (Dokuzfidan, 2019; Özcan ve Çalışkan, 2012; Sezgin Selçuk 2011), modern fizik dersi öğretim programı ve bu ders için üniversite düzeyinde kaynak olabilecek/olabilen kitaplar (*Fen ve Mühendislik için Fizik 3 (Modern Fizik)*, Serway-Beichner, 2011; *Fen Bilgisi Öğretmenliği için Fizik 4 Modern Fizik*, Ünlü, İngeç, Budak ve Avcı, 2006; *Fen Bilgisi ve Fizik Öğretmenliği Programları için Modern Fiziğe Giriş*, Özdoğan ve ark., 2011) incelenmiştir.

Bu incelemeden sonra araştırma için belirlenen temel kavramlar "Modern fiziğin doğuşu, Özel görelilik (referans sistemleri, zamanda görelilik, uzunlukların göreliliği, görelî kütle ve enerji), Işık, Siyah cisim ışıması, Fotoelektrik olay, Compton olayı, Atom modelleri" dir. Seçilen temel kavramlardan birbirleriyle ilişkili olan iki ya da üç kavram için en az iki soru yazılmış; öğretmen adaylarının kavramsal anlamalarını ölçecek nitelikte 24 maddeden oluşan 12 açık uçlu soru (EK 1) hazırlanmıştır.

Hazırlanan açık uçlu soruların geçerliliğinin test edilmesi için alanında uzman dört öğretim üyesinin görüşleri alınmıştır. Uzman görüşleri sonucunda gerekli düzenlemeler yapılmış sorular son haline getirilmiştir. Ayrıca kavramsal anlama sınavının bu son hali, modern fizik dersi almış araştırmaya da dahil edilen iki öğrenci ile, ilgili sınavı uygulamadan hemen önce görüşmeler yapılarak, sorularda anlaşılmayan bir yer olup olmadığı üzerinde konuşulmuş, anlaşılmayan bir kavram ya da ifade olmadığı da tespit edilmiştir.

Öğrencilere soruları yanıtlarken bütün bilgilerini kullanarak, doğru/yanlış yapma kaygısı taşımaksızın davranmaları için, tamamen bilimsel amaçla uygulanan bu sınava içtenlikle katılmaları konusunda gerekli açıklamalar detaylı biçimde yapılmıştır. Uygulama Dokuz Eylül Üniversitesi'nin Online DEU Uzaktan Eğitim Portalı kanalında online olarak sınavın ödev hanesine yüklenmesi yoluyla 90 dakika içinde gerçekleştirilmiştir. Öğrencilere sınav sorularını yanıtlarken araştırmanın bilimsel değeri için tamamen kendi bilgilerini kullanmaları konusunda gerekli ikazlar yapılmıştır.

3.3.3. Modern Fizik Kavramsal Anlama Görüşme Formu (MFKA-GF)

Fizik öğretmen adaylarının kavramsal anlama sorularına verdikleri yanıtların detaylandırılmasının yapılarak derinlemesine veriye ulaşma amacıyla yapılan yarı yapılandırılmış görüşme sorularını içeren Modern Fizik Kavramsal Anlama Görüşme Formu (MFKA-GF) hazırlanmıştır.

Araştırmada kavramsal anlama sınavından elde edilen verilere ek olarak öğrencilerin düşünce biçimlerinin saklı yönlerini tamamen ortaya çıkartmak ve derinlemesine analizlerini sağlamak amacıyla yarı yapılandırılmış görüşme yöntemi kullanılmıştır. Fenomenolojik araştırmalarda yarı yapılandırılmış görüşmeler veri toplama aracı olarak kullanılabilir.

(Åkerlind, 2005a; Limberg, 2000). Her görüşme, görüşülen kişilerin anlayışlarını, deneyimlerini veya fikirlerini mümkün olduğunca eksiksiz bir şekilde keşfetmelerine olanak tanıyan açık ve samimi bir çerçevede yürütülmelidir (Åkerlind ve diğerleri., 2005b; Bowden, 2000). Yarı yapılandırılmış görüşmede araştırmacı önceden sormayı planladığı soruları hazırlar fakat görüşmenin gidişatına göre yan ya da alt sorularla görüşmenin akışını değiştirebildiği gibi görüşülen kişinin yanıtlarını detaylandırmasını da isteyebilir (Türnüklü, 2000).

Yapılan görüşmelerde, katılımcının çizdiği zihin haritası ve kavramsal anlama sınavı sorularına verdiği cevaplar baz alınarak aydınlatılmaya ihtiyaç duyulan noktalar ve kavramsal sınav sorularında sorulan her soruya ilişkin net fikir ve düşüncelerin öğrenciler tarafından ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. MFKA-GF deki görüşme soruları toplam 9 adet olup, 2. soru 5 alt soru ve 3. soru 3 alt soru içermektedir. Sorular MFKA-S' ında yer alan açık uçlu sorularda geçen modern fizik kavram ve olaylarını içermektedir. Her bir görüşme yaklaşık 45 dakika sürmüş ve görüşmeler öğrencilerin sınavı tamamlamalarından en geç 2 hafta sonra, yine Online DEÜ Uzaktan Eğitim Portalı'nda online bir şekilde gerçekleştirilmiş, her bir görüşme kayıt altına alınmıştır.

3.4. Uygulama Süreci ve Verilerin Toplanması

Araştırma 2021- 2022 akademik yılında gerçekleştirilmiştir. Uygulama sırasında aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir.

- Araştırmacı danışman ile modern fizik dersi kapsamında yer alan konu başlıkları ve modern fizik ders planını incelemiştir.
- İncelenen konu başlıkları arasından modern fiziğin temel kavramlarından olan “Görelilik, Siyah Cisim Işıması ve Planck Hipotezi, Fotoelektrik Olay, Compton Olayı, Atom Modelleri, Fotonlar ve Elektromanyetik Dalgalar ve Parçacıkların Dalga Özellikleri” konu başlıkları belirlenmiştir.
- Uygulamaya başlamadan önce "MFKA-S" ve "MFKA-GF" 4 fizik eğitimi uzmanı görüşü alınarak son haline getirilmiştir.
- Modern fizik konusu ile ilgili zihin haritalama çalışmalarına başlanmadan önce katılımcılara zihin haritalama metodu hakkında bir ders saati boyunca bilgi verilmiş, zihin haritalama metodu örnek zihin haritalarıyla ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

- Katılımcılara yapılan gerekli bilgilendirmeler sonucunda araştırmacının oluşturduğu planlamalar doğrultusunda öğretmen adaylarından modern fiziği merkez kavram olarak alarak zihin haritaları oluşturulması istenmiştir. Katılımcılar bireysel olarak zihin haritalarını oluşturmuş ve bu işlem için her bir katılımcıya 20 dakika süre verilmiştir.
- Yapılan zihin haritalama sonucunda her bir katılımcıya “MFKA-S” uygulanmış ve bu sınav için 90 dakika süre tanınmıştır.
- Katılımcıların çizdiği "MF-ZH ve “MFKA-S” sorularına verdikleri cevaplar baz alınarak 11 öğretmen adayına “MFKA-GF” uygulanmıştır. Uygulama başlanmadan önce seçilen katılımcılara görüşme soruları hakkında bilgi verilmiş ve uygulama sırasında Online DEU Uzaktan Eğitim Portalı’nda video kaydının alınacağı bilgisi verilmiştir. Her bir görüşme ortalama 45 dakikada tamamlanmıştır. Uygulamaya katılan katılımcıların isimleri gizli tutularak her bir katılımcıya kod ad verilmiştir.

3.5. Verilerin Analizi

Fenomenolojik araştırmalarda veri analizi, yaşantıları ve anlamları ortaya çıkarmaya yöneliktir. Bu amaçla yapılan içerik analizinde verinin kavramsallaştırılması ve olguyu tanımlayabilecek temaların ortaya çıkarılması çabası vardır. Sonuçlar betimsel bir anlatım ile sunulur ve sık sık doğrudan alıntılara yer verilir. Bunun yanında ortaya çıkan temalar ve örüntüler çerçevesinde elde edilen bulgular açıklanır ve yorumlanır (Yıldırım ve Şimşek, 2008).

Araştırmada fizik öğretmen adaylarının çizdiği MF-ZH ları, MFKA-S ndaki ve MFKA-GF nda her bir soruya verdikleri yanıtlar Strauss ve Corbin (1990) 'in önerdiği nitel analiz tekniklerinden biri olan içerik analiz tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. İçerik analizi toplanan verilerin derinlemesine analiz edilmesini ve önceden belirgin olmayan tema ve boyutların ortaya çıkarılmasına olanak tanır. Aynı zamanda veri analiz sonucunda ortaya çıkan temaları karşılaştırmaya olanak sağlayan (Yıldırım ve Şimşek, 2008) nitel verilerin belli ölçülerde sayılara dökülmesi (yüzde, frekans) yani nitel verilerin sayısal analizi gerçekleştirilmiştir.

İçerik analizinin aşamaları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2008)

1. Verilerin kodlanması: İçerik analizinin ilk aşamasıdır. Bu aşamada araştırmacı elde edilen bilgileri inceleyerek, anlamlı bölümlere ayırmaya ve her bölümün kavramsal olarak ne anlam ifade ettiğini bulmaya çalışır. Bu bölümler bazen bir sözcük, bazen bir cümle ya da paragraf olabilir. Kendi içinde anlamlı bir bütün oluşturulan bu bölümler, ile bazen de birkaç sözcükten oluşan bir deyim ile yapılabilir.

2. Temaların bulunması: İlk aşamada ortaya çıkan kodlar temaların bulunması için bir araya getirilir ve kodlar arasındaki ortak yönler bulunmaya çalışılır.

3. Verilerin kodlara ve temalara göre düzenlenip tanımlanması: Bu aşamada araştırmacı elde edilen verileri düzenler ve bu şekilde verileri tanımlamak ve yorumlamak mümkün olabilir.

4. Bulguların yorumlanması: Bu son aşamada araştırmacı topladığı verilere anlam kazandırmak ve bulgular arasındaki ilişkileri açıklamak, neden-sonuç ilişkileri kurmak, bulgulardan birtakım sonuçlar çıkarmak ve elde edilen sonuçların önemine ilişkin açıklamalar yapar.

Araştırmada verilerin değerlendirilmesi Abraham ve diğ., (1922) tarafından geliştirilen kavram anlama kategorileri kullanılmıştır. Öğretmen adaylarının sorulara verdikleri cevaplar “anlama”, “kısmen anlama”, “yanlış anlama” “anlamama” ve “cevapsız” olmak üzere 5 kategori altında değerlendirilmiştir. Araştırmada elde edilen verilerin analizinde kullanılan öğretmen adaylarının kavram anlama düzeylerine ait değerlendirme ölçütleri Tablo 3.1. de verilmiştir.

Tablo 3.1.

Öğretmen adaylarının cevaplarını analiz edilmesinde kullanılan kategoriler ve ölçütler

Anlama Düzeyleri	Puanlama Kriterleri
Anlama	Bilimsel geçerliliği olan ve cevabın tüm yönlerini içeren yanıtlar
Kısmen Anlama	Geçerli olan bilimsel cevabın bir ya da birkaç yönünü içeren yanıtlar
Yanlış Anlama	Bilimsel olarak geçerliliği olmayan ve kavram yanılgısı içeren yanıtlar
Anlamama	Soruyu olduğu gibi tekrarlama, ilgisiz, mantıksız ya da açık olmayan yanıtlar
Cevapsız	Soruyu boş bırakma, unuttum, bilmiyorum gibi ifadelerin olduğu yanıtlar

Öğretmen adaylarından elde edilen veriler Tablo 3.1 de kategori ve ölçütler dikkate alınarak analiz edilmiş ve çıkan sonuçlar tablolarda yüzde (%) ve frekans (f) hesaplanarak sunulmuştur.

Araştırmada fizik öğretmen adaylarının çizdiği MF-ZH ları, MFKA-S ndaki ve MFKA-GF nda her bir soruya verdikleri yanıtlar ilk olarak araştırmacı tarafından değerlendirilmiş; daha sonra ikinci kez danışman öğretim üyesi tarafından değerlendirilmiştir. İki araştırmacı için Miles ve Huberman ın “Görüş birliği güvenirlik katsayısı” formülünden (Miles ve Huberman, 1994) hesaplanan güvenirlik katsayıları MF-ZH için %95, MFKA-S için %85, MFKA-GF için %90 olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Görüş birliği güvenirlik katsayısı} = \frac{\text{Görüş birliği olan kavram sayısı}}{\text{Görüş birliği olan kavram sayısı} + \text{Görüş birliği olmayan kavram sayısı}} \times 100$$

3.6. Araştırmanın Geçerliği ve Güvenirliği

Araştırmanın geçerliği, iç ve dış geçerlik bakımından iki boyutta gerçekleştirilmiştir.

İç Geçerlik: Araştırmada elde edilen bulguların ve sonuçların doğruluğunu konu edinen iç geçerliğe ilişkin Miles ve Huberman (1994) ın sorduğu belli başlı sorulara yanıtlar verilerek sağlanmıştır. Araştırmada elde edilen bulgular daha önce oluşturulan kavramsal çerçeve ile uyumludur. Bu bağlamda modern fizik konusunda yapılmış kavramsal anlama ile ilgili alanyazın taraması dikkatle yapılmış, bu çerçeve veri toplamada rehber olmuştur. Elde edilen bulgular farklı veri kaynakları ve farklı veri toplama yöntemleri kullanılarak teyit edilmiştir. Araştırmada öğretmen adaylarına modern fizik zihin haritaları çizdirilmiş, modern

fizik ile ilgili açık uçlu sorulardan oluşan kavramsal anlama sınavına da ek olarak benzer kavramları ve olayları inceleyen görüşme soruları ile veriler üç farklı teknik ile (çeşitleme yapılarak) elde edilmiştir. 3 farklı teknikle elde edilen bulguların kendi içinde bir anlam bütünlüğüne sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırmacı veri toplama, analiz ve yorumlama aşamalarında elde ettiği bulguların gerçeği yansıtıp yansıtmadığını denetleyerek, bu kontrolleri araştırma sürecinin tamamında nasıl yaptığını açık ve anlaşılır olarak ifade etmiştir. Katılımcılardan gönüllülük onamı alınmış ve kullanılan kavramsal anlama soruları ve görüşme soruları 4 adet uzman görüşü alınarak sadeleştirilip, anlaşılır hale gelecek şekilde yeniden düzenlenmiştir.

Dış Geçerlik: Araştırma sonuçlarının genellenebilirliğine ilişkindir. Benzer grup ya da ortamlara doğrudan genelleme nitel araştırmaların zayıf yönlerinden biridir. Ancak belli bir dereceye kadar araştırma sonuçları benzer ortam ve durumlara genellenebilir. Bu genellemeler, doğrudan değil dolaylı genellemelerdir (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Dış geçerliğe ilişkin sağlamalar da iç geçerlik gibi Miles ve Huberman (1994) ın sorduğu belli başlı sorulara yanıtlar verilerek sağlanmıştır. Araştırma örnekleminin, ortamının ve süreçlerinin özellikleri ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Ölçüt örnekleme ile seçilmiş küçük denilebilecek bir katılımcı grubuyla online bir şekilde veri toplanması araştırmada genellemeyi sınırlayıcı etkenlerdir. Bununla beraber araştırmacı, olası genellemelere olanak verecek şekilde araştırmanın tüm aşamalarını detaylı biçimde açıklamış, okuyucunun kendi ortamı için geçerli olabilecek bazı ders ve deneyimler çıkarabileceği biçimde açık ve anlaşılır ifadelerle yer vermiştir.

Nitel araştırmada gerek dış gerekse iç güvenilirlik kapsamında alınması gereken önlemler daha çok nitel araştırmacının, araştırmanın çeşitli aşamalarında kullandığı stratejilerin daha belirgin hale getirilmesi ve bu şekilde diğer araştırmacıların, bu stratejileri benzer biçimlerde kullanabilmesine olanak sağlamasına ilişkindir (Yıldırım ve Şimşek, 2008). LeCompte ve Goez den aktaran Yıldırım ve Şimşek (2008) dış güvenilirliğe ilişkin ilk önlemin araştırmacının öncelikle kendi konumunu tanımlaması ile ilgilidir. Bu bağlamda araştırmacı fizik eğitimi alanında lisansüstü eğitimine devam etmekte ve öğretmenlik mesleği tecrübesi ile konu alanındaki kavramları ortaöğretim düzeyinde öğretmektedir. Araştırmada örneklem dahilindeki katılımcılar açık bir şekilde tanımlanmıştır. Üçüncü önlem olarak araştırma verilerinin toplandığı online ortam ve bu ortamda veri toplanması sırasında dikkat edilen bütün detayları araştırmacı açık bir şekilde ifade etmiştir. Veri

toplama ve veri analizi sırasında yapılan işlemler detaylı biçimde anlatılmıştır. Araştırmanın güvenilirliği için aynı zamanda öğretmen adaylarının kendilerini iyi ve rahat hissettikleri bir ortam olan evlerinden online bağlantı ile veriler toplanmış; aynı zamanda katılımcılara araştırmada isimlerinin gizli tutulacağı ve bir not verilmeksizin bilimsel amaçla toplanan veriler için içinden geldikleri gibi ve bütün bilgilerini kullanmaları yönünde gerekli açıklamalar büyük bir titizlikle yapılmıştır. İç güvenilirlik için ilk önlem olarak toplanan veriler yorum katmadan okuyucuyla paylaşılmış yani doğrudan alıntılarla verilerin doğal hali verilmiştir. Ayrıca kavramsal anlama sınavından elde edilen bulgular görüşmelerle teyit edilmiş, üçüncü önlem olarak ta elde edilen verilerin analizinden elde edilen bulgular, daha önce yapılmış araştırma sonuçlarıyla desteklenmiş, aynı zamanda başka bir araştırmacı tarafından (danışman) sonuçların teyit edilmesi sağlanmıştır.

3.7. Araştırmacının Rolü

Araştırmacı lisans eğitimini araştırmayı gerçekleştirdiği devlet üniversitesinin ilgili anabilim dalından yakın zamanda başarılı şekilde mezun olmuştur. Ayrıca araştırmacı lisans üstü eğitimi sırasında 2. Uluslararası Bilim, Eğitim, Sanat ve Teknoloji Sempozyumunda (28-29 Mayıs 2021) sözlü bildiri olarak kuantum fiziğinde metaforların belirlendiği nitel analiz yönteminin kullanıldığı araştırmada ilk yazar olarak yer almıştır. Ayrıca araştırmacı özel bir eğitim kurumunda fizik öğretmenliği yapmaktadır.

BÖLÜM IV

BULGULAR

Fizik öğretmen adaylarının modern fiziğin temel kavramları ile ilgili kavramsal anlamlarının araştırıldığı çalışmanın bu bölümünde araştırmanın alt problemleri dikkate alınarak elde edilen veriler analiz edilmiş ve analiz sonuçlarına göre elde edilen bulgular tablolar halinde sunulmuştur.

4.1. Birinci Alt Probleme İlişkin Bulgular ve Yorum

Araştırmanın birinci alt problemi “Fizik öğretmen adaylarının modern fiziğin temel kavramları ile ilgili kavramsal anlama düzeyleri nasıldır?” şeklinde ifade edilmiştir. Bu probleme yanıt bulmak üzere, fizik öğretmen adaylarının çizdikleri zihin haritaları, kavramsal anlama soruları ve görüşme sorularına verdikleri cevaplar incelenmiştir.

Araştırmada birinci probleme yanıt bulmak üzere ilk olarak zihin haritalarındaki ortak kavramlar belirlenmiş, Tablo 4.1 frekans ve yüzde değerleri ile birlikte sunulmuştur.

Tablo 4.1

Fizik öğretmen adaylarının çizdiği zihin haritalarındaki ortak kavramlar ve onları temsil eden öğrenci sayısı (f) ve yüzdesi (%)

1	Atom Teorisi	7	41
2	Compton Olayı	13	76
3	Dalga Parçacık İkiliği	7	41
4	Fotoelektrik Olay	15	88
5	Foton	10	59
6	Genel Görelilik	8	47
7	Kuantum Termodinamiği	5	29
8	Michelson-Morley Deneyi	7	41
9	Özel Görelilik	14	82
10	Radyoaktivite	2	12
11	Siyah Cisim Işıması	14	82
12	Uzunluk Büzülmesi	8	47
13	Zaman Genişlemesi	10	59
Toplam		17	100

Tablo 4.1 de fizik öğretmen adayları “modern fiziğin temel kavramları” olgusuna ilişkin çizdikleri zihin haritalarına dair;

1) Fizik öğretmen adayları “modern fiziğin temel kavramları” olgusuna ilişkin toplam 13 adet ortak temel kavram belirlemiştir.

2) En sık kullanılan ortak kavramın “fotoelektrik olay (f=15)” olduğu; bunu da “özel görelilik ve siyah cisim ışıması (f=14)” ortak kavramlarının izlediği, en az kullanılan ortak kavramın ise “radyoaktivite (f=2)” olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada modern fiziğin temel kavramları ile ilgili olarak fizik öğretmen adaylarının modern fizik kavramsal anlama sorularına verdikleri cevaplar dikkate alınarak incelenmiş ve sonuçları bu bölümde sunulmuştur. Fizik öğretmen adaylarının “anlama”, “kısmen anlama”, “yanlış anlama”, “anlamama” ve “cevapsız” kategorilerine göre kavram anlama düzeyleri yüzde ve frekans olarak Tablo 4.2 verilmiştir.

Fizik öğretmen adaylarının “modern fiziğin doğuşu” kavramını anlama düzeylerine ilişkin sonuçlar Tablo 4.2 de verilmiştir.

Soru: Modern fiziğin doğuşu klasik fizik (Newton fiziği) yasalarını tamamen geçersiz kılmış mıdır? Yanıtınızı nedenleriyle detaylı olarak açıklayınız.

Tablo 4.2.

Modern Fiziğin Doğuşu Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f
13	76.47	1	5.88	3	17.65	-	-	-	-	17	100

Tablo 4.2 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %76.47’lik kısmı anlama, %5.88’lik kısmı kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen adaylarının %17.65’ lik kısmının yanlış anlama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının modern fiziğin doğuşu kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö14).

→ Tamamen geçersiz kılınmıştır. Modern fizikte yapılan çalışmalar daha çok yüksek hızlarda bildiğimiz klasik fiziğin yetersiz olduğunu ortaya koydu. Mesela Lorentz dönüşümünü ele alalım;

$$\Delta x' = \frac{\Delta x - v}{1 - \frac{v}{c^2} u_x} \rightarrow \text{Denklemden } v \text{ yerine küçük bir değer geldiğinde}$$

$$\Delta x' = \Delta x - v \text{ olur yani klasik Galileo denklemi.}$$

Tabi bu orada modern fizikte yapılan çalışmalar sadece hız üzerine değil, fotoelektrik olay, siyah cisim ısıması, enerji ve momentumun genelliği gibi bir çok konu var. Genel olarak klasik fiziğin açıklayamadığı yolda elde edilmiş veriler ile deneysel gözlemlerin uyumsuzluklarını modern fizik ile açıklanabildiğini gördük.

Kısmen Anlama; (Ö4).

① Aslında tam olarak geçersiz kılınmıştır. Sadece modern fiziğin doğuşuyla klasik fizikteki yasaların modern fizikte kullanılmayacağını anlamış olduk. Modern fizik, fizikte yeni bir boyut açtığı için klasik fizik yasaları yeni boyut için yetersiz kalmıştır.

Ö14'ün verdiği cevap incelendiğinde modern fiziğin doğuşunun sebeplerinden bahsetmediği görülmektedir.

Yanlış Anlama; (Ö2).

1) Modern fizik yasaları tam olarak klasik fiziğin genişletilip geliştirilmesiyle oluşturulmuş değildir. Nasıl ki Newton fiziğinde zaman ve mekan mutlak olduğu, maddenin sürekliliğe sahip olduğu düşünülürse, modern fizikte de zamanın ve mekanın sürekli ya da ışığın hem madde hem dalga olma gibi düşünceler savunulmuş. Klasik fizik yasalarını tamamen silmiş değiliz çünkü mekanik ya da termodinamik yasaları halen geçerlidir.

Ö2'nin verdiği cevap incelendiğinde modern fiziğin doğuşu, klasik fiziğin genişlemesi ve geliştirmesiyle ortaya çıktığını aynı zamanda da ışığın hem dalga hem de madde oluşuyla ilgili hatalı ifadeler yazdığı görülmektedir.

Bu soru ile ilgili olarak bazı öğretmen adaylarıyla yarı yapılandırılmış görüşmelerde şu cümleler elde edilmiştir;

Görüşmeci: *“Modern fiziğin doğuşuna neler sebep olmuştur? Modern fizik hangi kavramları içermektedir?”*

Ö2.: Bir cismin hızı ışık hızına çıkmadığı sürece klasik fizik yasalarını kullanıyoruz. Yani modern fiziğin doğuşu klasik fizik yasalarını geçersiz kılmamıştır. Işık hızına yakın cisimler için modern fizik yasaları geçerlidir. Modern fizik rölativite, uzay-zaman kavramı ve Einstein'ın düşünce deneyi kavramlarını içeriyor.

Ö4.: Modern fiziğin doğuşuna atomik boyutlara inmemiz sebep olmuştur. Modern fizik zamanın göreceliği, uzunluk büzülmesi, Einstein'ın zaman genişlemesi için kurduğu düşünce deneyi, çift yarık deneyi gibi konuları içermektedir.

Ö6.: Modern fizik, klasik ışıma teorisinin yetersiz olmasından kaynaklı Planck'ın ışıma yasasını ortaya koymasıyla ortaya çıkmıştır. Modern fizik Planck ışıması, kara cisim ışıması, Bohr atom modeli, fotoelektrik olay ve görelilik kavramlarını içermektedir.

Ö7.: Karadeliklerin düşünülmesi ve gözlemlenmesi yani görelilik teorisi modern fiziğin doğuşuna sebep olmuştur. Işık hızının sabit olması klasik fizikte çoğu şeyleri açıklayamıyor. Işık, ışık hızı, kuvvet, momentum, çarpışma, enerji, Compton, foton, elektron, gezegenler, yoğunluk modern fizik kavramları arasında yer almaktadır. Newton gezegenlerin hareketini açıklarken, örneğin Güneş hemen yok olursa Dünya'nın da hemen yok olacağını söylerken, Einstein kütle çekim dalgalarının 8 dakikada Dünya'ya geleceğini (ışık hızıyla hareket etmelerinden dolayı) ve sonrasında yok olacağını söyler. Einstein, Dünya'nın neden Güneş etrafında döndüğünü ve Dünya'nın kendi etrafında dönmesini görelilik yani modern fizik ile açıklar.

Ö8.: Modern fizik Planck'ın siyah cisim ışıması kuramıyla ortaya çıkmıştır. Klasik fizik ışık günlük hayattaki hızlarla açıklanırken kuantum fiziği ışık hızına yakın cisimler için kullanılır. Fotoelektrik, Compton Olayı, Bohr atom modeli kuantum fiziği içerisinde yer alan kavramlar içerisinde yer almaktadır.

Ö9.: Compton Olayı, siyah cisim ışıması gibi olaylarda ışığın dalga modeli kullanılıyordu. Sonuçların doğru çıkmamasından dolayı ışığın tanecikli yapıya sahip olabileceği düşünüldü.

ve bu şekilde modern fizik ortaya çıktı. Işık hızına yakın hızlarda modern fizik, normal hızlarda klasik fizik yasaları kullanılır.

Ö11.: Modern fizik denince aklıma ilk Einstein geliyor. Einstein'ın yaptığı düşünce deneyleri modern fiziğin doğmasına sebep olmuştur. Modern fizik ışık hızı, Einstein'ın görelilik teorisi, ikizler paradoksu, Galileo görelilik ilkesi, genişlemiş has zaman, büzülmüş uzunluk, belirsizlik kavramlarını içerir.

Ö13.: Klasik fizik makro olaylarla ilgilenirken modern fizik mikro olaylarla ilgilenir. Enerji, fotoelektrik olay modern fizik konularındandır.

Ö14.: Elektronlar neden çekirdeğe düşmediği, ışık hızındaki cisimlerin hareketleri modern fiziğin doğuşuna sebep olmuştur. Fotoelektrik olay, Compton Olayı, atomik boyuttaki olaylar modern fizikle açıklanır.

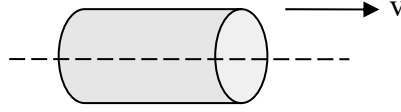
Ö15.: Modern fiziğin doğuşuna klasik fizikle açıklanamayan kavramlar sebep olmuştur. Siyah cisim ışıması, Compton Olayı, fotoelektrik olay klasik fizikle açıklanamamıştır. Modern fizik kavramları denince uzunluk büzülmesi, zaman genişlemesi, fotoelektrik ve Compton Olayı aklıma geliyor.

Ö16.: Planck ışıması için yapılan deneylerle teoriğin uyuşmamasından kaynaklı olarak kuantum fiziği doğmuştur. Fotoelektrik olay, siyah cisim ışıması gibi deneylerde teorik ve deney sonuçları uymamıştır bundan dolayı kuantum fiziği doğmuştur. Modern fizik zaman genişlemesi, uzunluk büzülmesi, farklı referans sistemleri, fotoelektrik olay, sonsuz potansiyel kuyusu, siyah cisim ışıması, Bohr atom modeli, çift yarık deneyi kavramlarını içerir.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde modern fiziğin doğuşuna ait ortak cevabın “Max Planck'ın siyah cisim ışıma teorisi ve klasik fiziğin açıklamada yetersiz kaldığı konular” şeklinde tanımlandığı görülmektedir.

Öğretmen adaylarından Ö4 ve Ö16 çift yarık deneyinin modern fiziğe ait bir kavram olduğu cevabını vererek soruya yanlış cevap verdiği gözlemlenmiştir.

Soru:



Şekildeki silindirin durgun halde yoğunluğu $2,7 \text{ g/cm}^3$ tür. Yatay doğrultuda $v=0,8 \text{ c}$ sabit hızıyla hareket eden silindirin, yerde duran durgun bir gözlemciye göre yoğunluğu kaç g/cm^3 olarak ölçülür? (Sezgin Selçuk G. (2011). Sorunun kullanımı için gerekli izin EK 5 te sunulmuştur.)

Tablo 4.3.

Görelî Yoğunluk Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
5	29.41	1	5.88	-	-	2	11.76	9	52.94	17	100

Tablo 4.3 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %29.413'i anlama, %5.88'i kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen adaylarının %11.76'lık kısmının anlamama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının görelî yoğunluk kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö11).

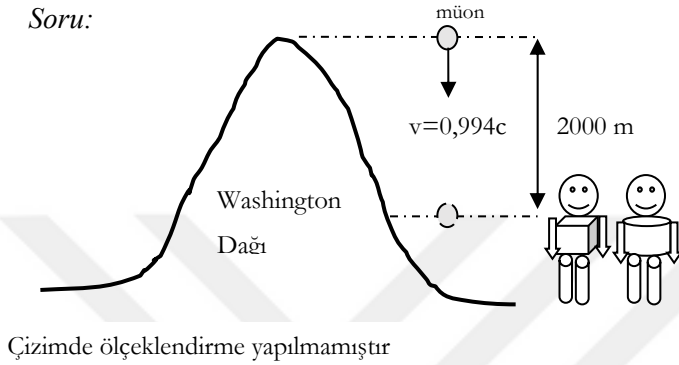
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0.8)^2}{c^2}}} = 1.66$$

$$2.7 \cdot 1.66 = 4.5$$

Anlamama; (Ö7).

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \gamma = 1.6$$

Ö7'nin verdiği cevap incelendiğinde soruyu çözmek için gerekli bağıntıların olmadığı, sadece γ çarpanını hesapladığı görülmektedir.



Müonlar, kozmik ışınların üst atmosferde bulunan parçacıklar ile çarpışmaları sonucu oluşan parçacıklardır. Bir müonun ömür süresi; durgun olduğu veya yavaş hareket ettiği bir referans sisteminde $2,2 \cdot 10^{-6}$ s olarak ölçülmüştür. Bu sürede başka bir parçacığa dönüşen 0,994 c hızlı kararsız elementer bir parçacık olan müonlar, bozunmadan atmosferin 650 m aşağısına kadar mesafe katedebilirler. Bu durumda dağın eteklerinde bulunmamaları gerekirdi. Ancak Rossi ve Hall 1941 yılında Washington dağında yaptıkları bir deney ile dağın tepesinde ve 2000 m aşağısındaki müonların sayısını ölçmüşlerdir.

a) Bu durumda yeryüzündeki Rossi ve Hall müonların ömrünü kaç s ölçmektedir?

Tablo 4.4.

Has Zaman- Görelî Zaman Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
6	35.29	-	-	1	5.88	-	-	10	58.82	17	100

Tablo 4.4 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %35.29'u anlama, %5.88' i yanlış anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen adaylarının %58.82' lik kısmının anlamama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının has zaman- görelî zaman kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö9).

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t' \quad \Delta t' = 2,2 \times 10^{-6} \text{ s} \quad v = 0,994c$$

$$\gamma = \left(\frac{1}{1 - \frac{(0,994c)^2}{c^2}} \right)^{1/2} = 9,14 \quad \Delta t = 20,11 \times 10^{-6} \text{ s}$$

Yanlış Anlama; (Ö16).

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\gamma}$$

$$2,2 \cdot 10^{-6} = \frac{\Delta t'}{9,142} \rightarrow \Delta t = 2,406 \text{ s}$$

Ö16'nın verdiği cevap incelendiğinde ifadede verileri yanlış değerlendirdiğinden dolayı doğru sonuca ulaşamadığı görülmektedir.

b) Müon referans sistemine göre Washington dağı kaç m ölçülmektedir?

Tablo 4.5.

Has Uzunluk-Görelî Uzunluk Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
2	11.76	-	-	4	23.53	-	-	11	64.71	17	100

Tablo 4.5 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %11.76'lık kısmı anlama düzeyinde, %23.53'lük kısmının yanlış anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen

adaylarının %64.71'lik kısmının soruyu cevapsız bıraktığı görülmektedir. Öğretmen adaylarının has uzunluk- görelili uzunluk kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö15).

$$L' = \gamma \cdot L \Rightarrow \gamma = 9,1, L = 2000m$$

$$2000 = 9,1 \cdot L \Rightarrow L = 219,78 m$$

Yanlış Anlama; (Ö13).

$$L = L' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \Rightarrow 0,65 = L' \sqrt{1 - \frac{(0,994c)^2}{c^2}}$$

$$L' = 5,9 km$$

Ö13'ün verdiği cevap incelendiğinde görelili uzunluk bağıntısının doğru yazıldığı görülürken soruda verilen has uzunluk yerine yanlış ifade kullanıldığı görülmüştür.

c) Yeryüzündeki gözlemciler Rossi ve Hall tarafından dağın eteklerindeki müonların gözlemlenmesini bu hesaplar sonucunda nasıl açıklarsınız. Detaylı anlatınız.

Tablo 4.6.

Uzunluk Büzülmesi Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
2	11.76	2	11.76	3	17.65	-	-	10	58.82	17	100

Tablo 4.6 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %11.76'lık kısmı anlama düzeyinde, %11.76'lık kısmı kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen adaylarının %17.65'lik kısmı yanlış anlama düzeyinde ve öğretmen adaylarının %58.82'lik kısmının ise soruyu cevapsız bıraktığı görülmektedir. Öğretmen adaylarının uzunluk büzülmesi kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö15).

c) Zaman genişlemiştir. Müonlar olması gerekenden daha uzun zamanda bozunmaya uğramışlardır.

Yanlış Anlama; (Ö6).

c-) Uzunluğun ve zamanın göreliği ile alakalıdır. Osa göre 7L m görmüştür. 650m 'ye varması için yola devam ediyor. Bize göre yanlış ölçüm olan onun için doğru oluyor.

Ö6'nın verdiği cevap incelendiğinde müon referans sistemi için hem uzunluk büzülmesini yanlış hesapladığı hem de bizim referans sistemimizde ölçülen zaman ve uzunluğun yanlış olduğuna dair hatalı ifadeler kullandığı görülmektedir.

d) Ölçümler müonlar referans sisteminde mi Rossi ve Hall un olduğu yeryüzü referans sisteminde mi doğrudur? Neden? Açıklayınız.

Tablo 4.7.

Referans Sistemleri Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
5	29.41	-	-	2	11.76	-	-	10	58.82	17	100

Tablo 4.7 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %29.41'lik kısmı anlama düzeyinde, %11.76'lık kısmı yanlış anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen adaylarının %58.82'lik kısmının ise soruyu cevapsız bıraktığı görülmektedir. Öğretmen adaylarının referans sistemleri kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö13).

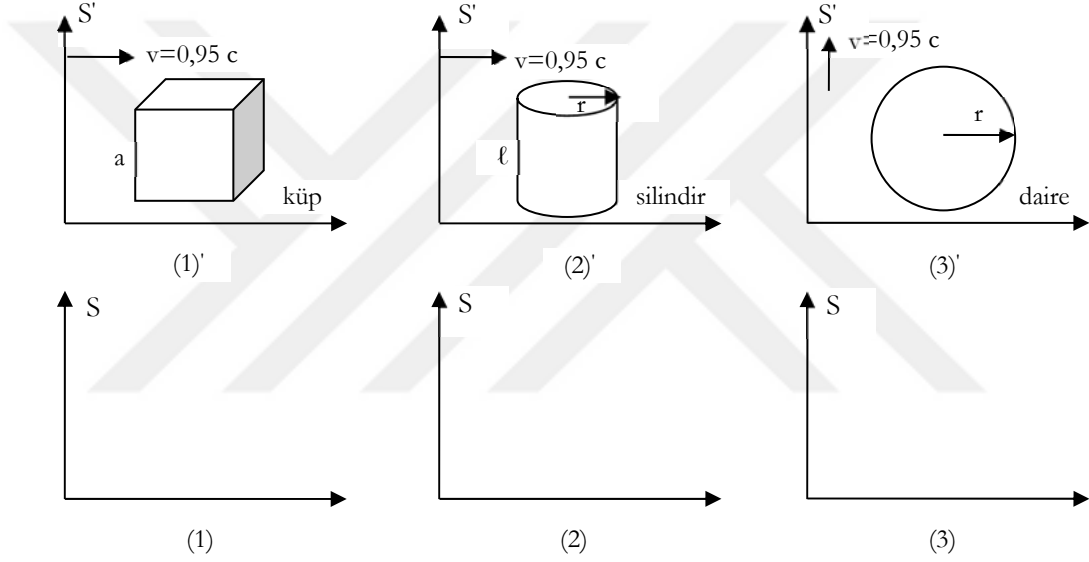
d) Hareket eden bir cisim zaman farkından dolayı, Rossi ve Hall un olduğu referans sisteminde t kadar sürede x kadar yol katettiğinde müon referans sisteminde x'ten daha az bir mesafe katetmiş olur. Fakat ulaşılan nokta aynı olacağı için her iki referans sistemi içinde doğrudur.

Yanlış Anlama; (Ö9).

d) Her bir referansa göre doğrudur. Çünkü hızla olduğu gibi zaman ve uzunluk da görecelidir.

Ö9'un verdiği cevap incelendiğinde zaman ve uzunluk gibi ışık hızının da göreceli olduğuna dair hatalı bir ifade kullandığı görülmektedir.

Soru:



Yukarıda verilen koordinat sistemlerindeki her geometrik şeklin, durgun gözlemciye göre $v = 0.95c$ hızıyla bir S' referans sisteminde hareket ettiğini düşününüz. Yer referans sistemindeki (S referans sistemi) durgun bir gözlemci geometrik şekilleri nasıl görür? çiziniz.

Çizdiğiniz şekilleri nasıl ve neden bu şekilde çizdiğinizizi açıklayınız.

Tablo 4.8.

Uzunluk Büzülmesi Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

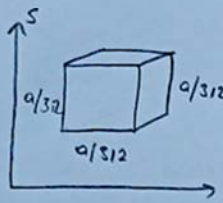
Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	F	%	f	%	f	%	f	%	f	%
3	17.65	3	17.65	4	23.53	-	-	7	41.18	17	100

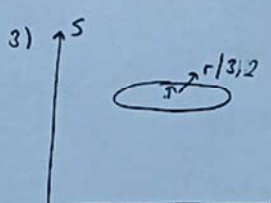
Tablo 4.8 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %17.65'lik kısmı anlama düzeyinde, %17.65'lik kısmının kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen adaylarının %23.53'lük kısmının yanlış anlama ve %41.18'lik kısmının ise soruyu cevapsız bıraktığı görülmektedir. Öğretmen adaylarının uzunluk büzülmesi kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö15).

1) $v = 0,95c$ $a = \gamma \cdot L \Rightarrow \gamma = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{(0,95)^2}{1}}} \Rightarrow 3,2$

$a/3,2 = a'$

2) 

3) 

* Uzunluk büzülmesini referans sistemine göre hesaplamasını yaptım. Işık hızından dolayı eylemsiz referans sisteminde uzunluk büzülmesi buna bağlı olarak hacim büzülmesi gerçekleşecektir.

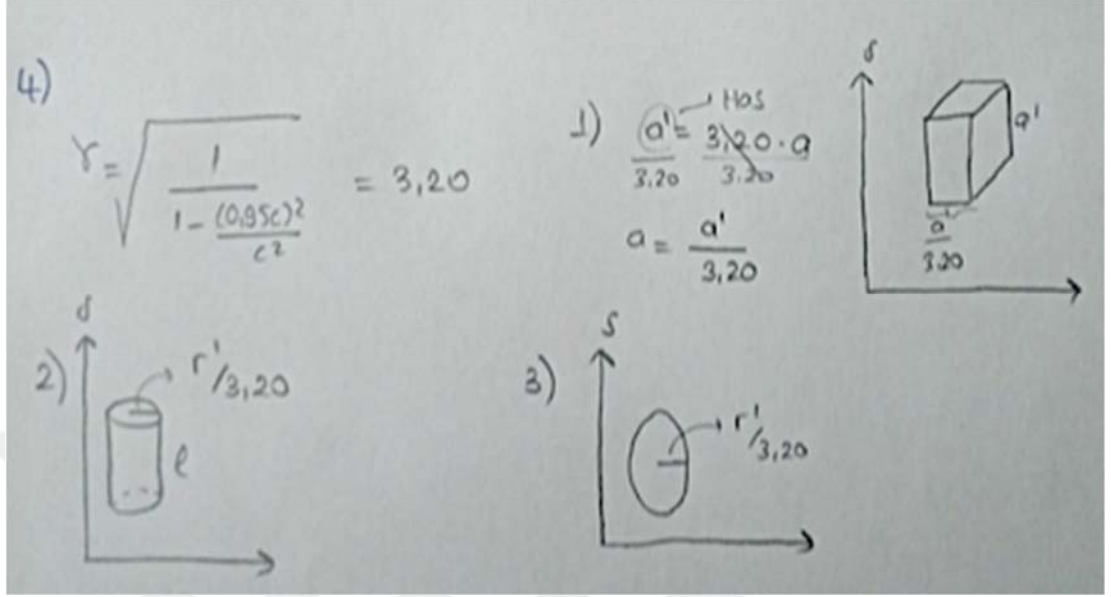
Kısmen Anlama; (Ö16).

4) $\gamma = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{(0,95)^2}{c^2}}} = 3,20$

$\sqrt{K_{\text{üp}}} =$

Ö16'nın verdiği cevap incelendiğinde sadece γ çarpanını bulduğu görülmektedir.

Yanlış Anlama; (Ö11).



Ö11'in verdiği cevap incelendiğinde uzunluk büzülmesi oranını doğru hesapladığı fakat üçüncü çizimde uzunluk büzülmesini hareket doğrultusunda göstermediği görülmektedir.

Bu sorular ile ilgili olarak bazı öğretmen adaylarıyla yarı yapılandırılmış görüşmelerde şu cümleler elde edilmiştir;

Görüşmeci: “a) Zaman genişlemesini nasıl tanımlarsınız?”

Ö2.: Aklıma ikizler paradoksu geliyor. Uzaya çıkan ikizlerden biri daha genç kalırken diğlerinin daha çok yaşlandığını görürüz.

Ö4.: Durgun ve hareket eden gözlemci için zamanın farklı akması gibi. Aslında ikisi için de zaman farklı akıyor fakat ışık hızında hareket eden gözlemci için onun ölçtüğü zaman, durgun gözlemci için onun ölçtüğü zaman doğru. Yani ikisinin de ölçtüğü zaman doğrudur.

Ö6.: Işık hızına yakın bir hızda gidildiğinde durgun bir referans sistemine göre zaman daha yavaş geçer.

Ö7.: Psikolojik zamandan ziyade geçen sürenin farklı bir şekilde algılanmasıdır. Olaylar aynı olsa dahi cisimlerin hızından kaynaklı geçen sürelerin farklı olmasıdır. Örneğin herhangi bir gezegen için Dünya’da geçen zaman bir gün ise orda geçen zamanın bir günden az veya çok olması zaman genişlemesinden kaynaklanır. Yani büyük hızlar için geçerli olan bir durum.

Ö8.: Zaman genişlemesini anlatmak için ikizler paradoksu güzel bir örnektir. Uzaya giden ikizlerden biri genç kalırken Dünya’daki ikiz yaşlanmış olur. Bunun nedeni göreliliktir yani zaman genişlemesi ve uzunluk büzülmesidir.

Ö9.: Aklıma ikizler paradoksu geliyor. İkizlerden biri uzaya biri Dünya’da kaldığında uzaya giden ikizin daha genç, Dünya’da kalan ikizin daha yaşlı olduğu görülür. Yani uzaya giden ikiz için zaman daha yavaş ilerlemiştir. Yani ışık hızına yakın hızlar için zaman daha uzun süre okunur.

Ö11.: Biri durgun biri hareketli iki gözlemci için aynı anda bir olay gerçekleşiyor. Hareketli gözlemci ve durgun gözlemci için geçen zaman arasındaki farktır. Hareketli gözlemci için geçen süre daha fazladır.

Ö13.: Aynı referans sistemi için bir trende bir de dışarıda gözlemci olduğunu düşünüyorum. Trenin içindeki gözlemcinin saatiyle dışarıdaki gözlemcinin saatinin farkından dolayı uzunluk büzülmesine sebep olabiliyor.

Ö14.: Referans sistemleriyle alakalı olduğunu hatırlıyorum. Uzaya çıkan birine göre Dünya’daki zaman genişlemiş zaman olur.

Ö15.: Zaman görelidir. Hareketli ve hareketsiz referans sistemleri için hareketsiz referans sisteminin hareketli referans sistemine göre hızıdır. İki referans sisteminden biri için zaman genişlemiş oluyor.

Ö16.: Bu durumu Einstein’ın bir sözü ile bağdaştırıyorum. Sıkıldığımız bir ortamda zaman hiç geçmezken, eğlenceli bir ortamda zaman hızlı geçer. Görelilik teorisi aklıma geliyor.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde zaman genişlemesi kavramına ait ortak cevabın “ikizler paradoksundan” yararlanılarak tanımlandığı görülmektedir (Ö2, Ö8, Ö9.)

Öğretmen adaylarından Ö7’nin verdiği cevap incelendiğinde “Psikolojik zaman” ifadesi hatalı bir söylem olurken, Ö11, Ö13 ve Ö16’nın verdikleri cevapların yanlış olduğu görülmektedir.

Görüşmecisi: “b) Has zaman kavramını açıklayınız?”

Ö2.: Has zaman yere göre ölçülen zamandır. Durgun gözlemci için okunan zamandır.

Ö4.: Durgun gözlemci için geçen zaman has zamandır.

Ö6.: Durgun gözlemci için geçen zaman olarak hatırlıyorum.

Ö7.: Bir referans sistemi için geçen süre. Örneğin gezegenler için, gezegenlerin kendi etrafında bir tam turu için geçen süre bir gündür. Bu bütün gezegenler için aynıdır. Bu zaman has zaman denir. Hepsisi belli bir referans sistemine göre birdir.

Ö8.: Has zaman gerçek zamandır. Has zaman için mutlak zamandır diyebiliriz.

Ö9.: Işık hızı olmadan ki zamandır. Biz dıştan gözlemleyebiliriz. Yani durgun gözlemci için ölçülen zamandır.

Ö11.: Genişlemiş değil gerçek zaman has zamandır. Durgun gözlemci için ölçülen zaman has zamandır.

Ö13.: Uzunluk büzülmesine uğramış gözlemci için ve normal gözlemci için ele alırsak, ikisinin ölçeceği zaman farklıdır. Normal gözlemci olduğu gibi görür zamanı.

Ö14.: Einstein'ın ikizler paradoksunda Dünya'da kalan için daha uzun zaman geçiyordu. Einstein kütle çekiminden, uzay zaman eğriliğinden bahsediyordu ama tam hatırlayamıyorum.

Ö15.: Durgun ve hareketli iki referans sisteminden, durgun referans sisteminde ölçülen zaman has zamandır.

Ö16.: Has zaman gerçek zamandır.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde has zaman kavramına ait verilen ortak cevabın “durgun gözlemciye göre ölçülen süredir” şeklinde yanlış tanımlandığı görülmektedir (Ö2, Ö4, Ö15).

Öğretmen adaylarından Ö7'nin verdiği cevap incelendiğinde hatalı ifadelerin yer aldığı görülürken, öğretmen adaylarından Ö8, Ö11 ve Ö16'nın has zaman için “gerçek zaman” ifadesini kullanarak hatalı cevap verdikleri görülmüştür. Ö14'ün hatırlayamadığından dolayı has zaman kavramını tanımlayamadığı görülmektedir.

Öğretmen adayları has zaman “yani olayın gerçekleştiği yerdeki zaman” ile ilgili, durgun gözlemci ya da yere göre geçen zaman ya da gerçek zaman gibi tamamen yanlış anlamalar taşımaktadır.

Görüşmeci: “c) Uzunluk büzülmesini nasıl tanımlarsınız?”

Ö2.: Uzunluk büzülmesi sadece x ekseninde oluyor. Cisim durgunken ölçülen uzunluğu ile örneğin 0.7c hızıyla hareket ettiğinde ölçülen hızı farklıdır. Cisim 0.7c hızıyla hareket ettiğinde daha kısa görünür.

Ö4.: Işık hızında hareket eden bir cisim için uzunluk büzülmüş görünür.

Ö6.: Işık hızına yakın hızlarda hareket eden bir cisme durgun gözlemci baktığı zaman uzunluğu büzülmüş olarak görür.

Ö7.: Cisim yüksek hızlarda hareket ederken uzunluğunda büzülme olur.

Ö8.: Uzunluk büzülmesi neye göre oluyordu tam hatırlamıyorum.

Ö9.: Işık hızında giden bir araç için has uzunluğu kısalmış olur. Bu durum uzunluk büzülmesidir.

Ö11.: Işık hızında hareket eden bir cismin gerçek boyutundan daha kısa görünmesidir.

Ö13.: İki hareketli için biri diğerini daha kısa görüyorsa burada uzunluk büzülmesi olmuştur.

Ö14.: Hareketli bir referans için ölçülen uzunlukta kısalma oluyor. Durgun referans sisteminde ölçülen uzunluklar doğru sonuç verirken hareketli referans sisteminde ölçülen uzunluk problem oluşturuyor. Ama bir araç için düşünecek olursak eğer araç hareket ederken biz içindeyssek, bize göre durgun bir referans olduğundan sonuç doğru çıkar.

Ö15.: Bir trenin içinde bir de dışarıda iki farklı gözlemci var. Dışarıdaki gözlemci durgunken tren hareket ettiğinden içerideki gözlemci hareketli bir referans sistemi içerisinde. Trenin dışarısındaki gözlemci trenin boyunu olduğundan daha kısa ölçer. Buna uzunluk büzülmesi denir.

Ö16.: Yüksek hızla hareket eden bir cismin, hareket ettiği doğrultuda kısalıldığını görürüz. Buna uzunluk büzülmesi denir.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde uzunluk büzülmesi kavramına ait verilen ortak cevabın “ışık hızına yakın hızlarda hareket eden cismin boyunda kısalma görüldüğü” şeklinde tanımlandığı görülmektedir (Ö6, Ö7, Ö9, Ö11).

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde Ö2’nin “uzunluk büzülmesi sadece x ekseninde olur” ifadesi hatalı bir cevap olurken, öğretmen adaylarından Ö11, Ö14 ve Ö15’in verdikleri cevaplarda hareket eden cismin hızının ışık hızına yakın hızlarda olması gerektiği ile alakalı bir ifade kullanmadıkları görülmüştür. Ö8’in hatırlayamadığından dolayı uzunluk büzülmesini tanımlayamadığı görülmektedir.

Görüşmecisi: “d) Has uzunluk kavramını açıkla mısınız?”

Ö2.: Has uzunluk yerdeki durgun gözlemci için ölçülen uzunluktur.

Ö4.: Has uzunluk durgun gözlemci için ölçülen uzunluktur.

Ö6.: Durgun bir gözlemci için ölçülen uzunluktur.

Ö7.: Durgun haldeyken ölçülen uzunluk.

Ö8.: Has zaman ve has uzunluk arasında bir bağıntı vardı ama tam olarak hatırlamıyorum.

Ö9.: Durgun gözlemcinin ölçtüğü uzunluk.

Ö11.: Durgun haldeyken ölçülen uzunluk.

Ö13.: İki farklı referans sistemi içindeki gözlemciler için, zaman kışalmasını görmeyen gözlemci gerçek zamanı görmüştür.

Ö14.: Sabit referans sistemindeki gerçek ölçüsüdür.

Ö15.: Sabit referans sisteminde ölçülen uzunluktur.

Ö16.: Cismin aslında olan boyutlarıdır. Cisim yüksek hızda giderken has uzunluğunda kışalma olur.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde has uzunluk kavramına ait verilen ortak cevabın “durgun gözlemci için ölçülen uzunluktur” şeklinde tanımlandığı görülmektedir (Ö4, Ö6, Ö7, Ö9, Ö11). Bu anlamda uzunluğu ölçülen cismin, durgun olduğu referans sisteminde ölçülen uzunluğu olduğu şeklinde bilimsel bir yanıt vermişlerdir.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde Ö13’ün soruya ilgisiz bir cevap verdiği, Ö14’ün gerçek uzunluk ifadesini, Ö15 in de durgun sisteme “sabit referans sistemi” ifadesini kullanarak bilimsel olarak yanlış cevap verdiği gözlemlenmiştir. Ö8’in hatırlayamadığından dolayı has uzunluk kavramını tanımlayamadığı görülmektedir.

Görüşmecî: “e) Uzayda uzunluk büzülmesi her yönde mi olur? Açıklar mısınız?”

Ö2.: Uzunluk büzülmesi hareket yönünde olur. Uzayda her yönde olduğunu düşünüyorum.

Ö4.: Gezegenlerin yakınında çekim yasasından dolayı daha net gözlemleniyor. Cismin hareket ettiği yönde uzunluk büzülmesi olur.

Ö6.: Cisim hangi düzlemde hareket ediyorsa o düzlemde uzunluk büzülmesi olur.

Ö7.: Cismin hareket doğrultusunda gözlenir. Cismin hareket etmediği doğrultuda uzunluk değişmez.

Ö8.: Uzayda uzunluk büzülmesi her yönde olur.

Ö9.: Cismin hareket yönünde olur.

Ö11.: Hareket doğrultusunda uzunluk büzülmesi gözlenir.

Ö13.: Doğrultu boyunca uzunluk büzülmesi olur. Doğrultu dışında uzunluk değişmez. Hız arttıkça uzunluk büzülmesi artar.

Ö14.: Hareket doğrultusunda olur. Hareket doğrultusunda olmayan uzunluklar değişmez.

Ö15.: Hayır her yönde olmaz. Uzay aracı için x doğrultusunda hareket ediyorsa z düzleminde uzunluk büzülmesi olmaz.

Ö16.: Hız doğrultusunda uzunluk büzülmesi olur.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde uzunluk büzülmesi için yön kavramına ait verilen ortak cevabın “hareket doğrultusu yönünde uzunluk büzülmesi olur” şeklinde tanımlandığı görülmektedir (Ö6, Ö9, Ö16).

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde Ö4’ün gezegenlerin çekim kuvvetinden bahsettiği ve Ö8’in her yönde uzunluk büzülmesi olacağına dair yanlış ifadeler kullandıkları görülmektedir.

Görüşmeci: “*Mutlak zaman var mıdır? Mutlak uzay var mıdır? Uzay ve zaman birbirinden bağımsız mıdır?*”

Ö2.: Mutlak zaman yoktur. Zaman görelidir. Mutlak uzay yoktur. Uzay ve zaman birbirinden bağımsız değildir.

Ö4.: Mutlak zaman yoktur. Zaman referans sistemlerine göre değişiklik gösterir. Mutlak uzay bir tanedir. Uzay ve zaman birbirinden bağımsızdır.

Ö6.: Mutlak zaman yoktur. Mutlak uzay yoktur. Uzay ve zaman birbiriyle bağımlıdır. Uzay ve zaman genel görelilikle alakalıdır. Örneğin zaman dördüncü bir boyut aslında. Uzay üç boyutlu diyelim zaman dördüncü boyuttur. Bir gezegenin üç boyutunu biliyoruz ama gezegen hareket ettiğinden nerede olduğunu zaman boyutuyla ilişkilendiriyoruz.

Ö7.: Mutlak zaman yoktur. Zaman görecelidir. Mutlak uzay vardır. Hepimiz aynı uzaydayız. Uzay ve zaman birbiriyle bağımsızdır.

Ö8.: Mutlak zaman vardır. Uzunluk büzülmesi vardır. Bundan dolayı mutlak uzay yoktur. Uzay da sonsuz zaman da sonsuz o yüzden sonsuzlukları birbiriyle bağlantılıdır. Uzaya göre zaman genişlemesi ve uzunluk büzülmesi yapıldığı için birbiriyle ilişkilidir.

Ö9.: Mutlak zaman yoktur. Einstein zaman genişlemesiyle olmadığını kanıtlıyordu. Uzayın sürekli genişlediğinden bahsediliyor bundan dolayı mutlak uzay yoktur. Uzay ve zaman birbiriyle bağımlıdır. Uzay zamana bağlıdır.

Ö11.: Mutlak zaman vardır. Genişlemiş zaman ve gerçek zaman arasındaki farktır. Mutlak uzay yoktur. Tek bir uzay vardır. Uzay ve zaman için ikizler paradoksu aklıma geliyor. Bu nedenle birbiriyle bağlıdır.

Ö13.: Mutlak zaman gerçek zamandır. Modern fizikte kullanılan iki zaman ele alınırsa mutlak zaman vardır. Mutlak uzay vardır. Uzay ve zaman birbirinden bağımsızdır. Uzunluk büzülmesinden yola çıkacak olursam uzay değişmiyor, uzay içerisindeki zaman değişiyor.

Ö14.: Mutlak zaman bizim referans sistemimize göre değişir. Mutlak uzay ile ilgili aklıma kütle çekiminden etkilenen cisim ve enerjiler geliyor. Bu nedenle mutlak uzay yoktur. Uzay ve zaman birbirinden bağımsız değildir. Aklıma bununla ilgili olarak Lorentz dönüşümleri aklıma geliyor. Durgun ve hareketli referans sistemleri için çözüyorduk.

Ö15.: Mutlak zaman yoktur. Referans sistemlerine göre zaman ve uzunluk değişebilir. Mutlak uzay da yoktur, görelidir. Referans sistemine göre değişebilir. Uzay ve zaman birbirinden bağımsız değildir. Görelilik kuramı böyle açıklıyor. Aklıma ikizler paradoksu geliyor. Dünya'daki ikizin yaşlandığını, uzaydakinin daha genç kaldığını gözlemlediğimizden dolayı uzay ve zaman birbirinden bağımsız değildir.

Ö16.: Mutlak zaman yoktur. Biz var olarak kabul ediyoruz. Mutlak uzay yoktur. Uzay ve zaman birbirinden bağımsız değildir. Çünkü uzay dediğimizde varoluş geliyor ve varoluşsallıkla zaman paraleldir.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde mutlak zaman, mutlak uzay ve uzay zaman arasındaki ilişki kavramına ait verilen ortak cevabın “mutlak zaman yoktur, mutlak uzay yoktur, uzay ve zaman birbiriyle ilişkilidir” şeklinde tanımlandığı görülmektedir (Ö2, Ö9, Ö15).

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde Ö4 ve Ö7'nin mutlak zaman yoktur ifadesi doğruyken, mutlak uzay vardır ve uzay zaman birbirlerinden bağımsızdır ifadesinin yanlış olduğu görülmektedir. Ö6'nın zaman, uzay ve zaman uzay ilişkisinin genel görelilikle ilgili olduğuna dair yanlış açıklamada bulunduğu görülmektedir. Ö8 ve Ö11'in uzay ve uzay zaman arasındaki ilişki için verdikleri cevaplar doğruyken, zamanın mutlak olmadığını söyleyerek yanlış ifadede bulunmuşlardır. Ö13'ün mutlak zaman gerçek zamandır ifadesinin yanlış olduğu görülmektedir.

Fizik öğretmen adaylarının “ışık” kavramını anlama düzeylerine ilişkin sonuçlar Tablo 4.9 da verilmiştir.

Soru: Işık nedir? Işığı nasıl bir çizimle ifade edersiniz. Neden böyle çizdiğinizizi açıklayınız.

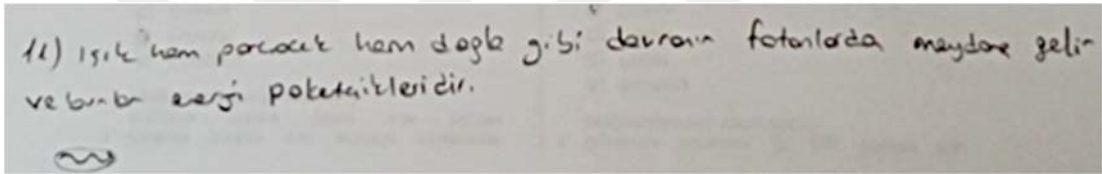
Tablo 4.9.

Işık Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

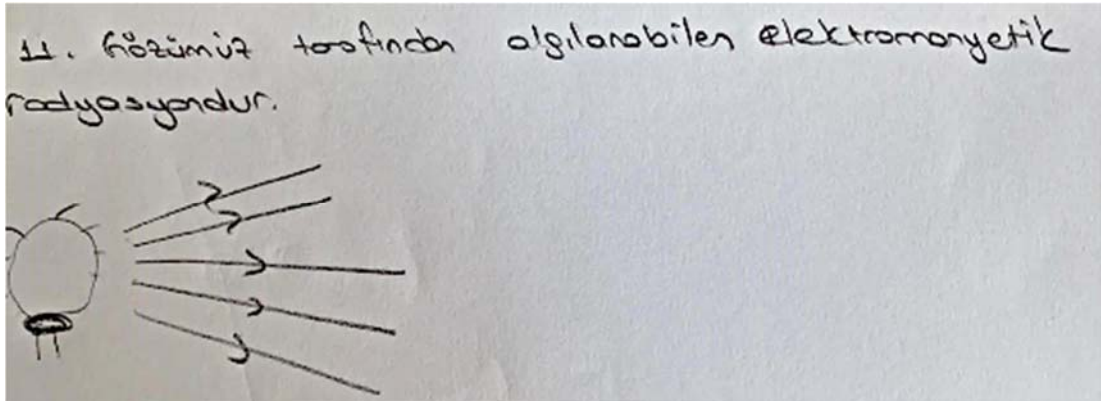
Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
7	41.18	6	35.29	-	-	2	11.76	2	11.76	17	100

Tablo 4.9 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %41.18'i anlama, %35.29'u kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen adaylarının %11.76'lık kısmının anlamama ve %11.76'lık kısmının soruyu cevapsız bıraktığı görülmektedir. Öğretmen adaylarının ışık kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö5).

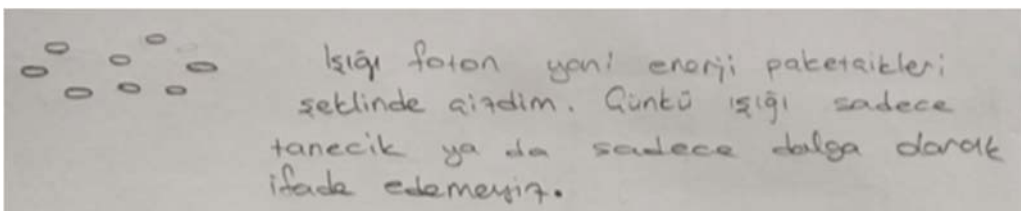


Kısmen Anlama; (Ö12).



Ö12'nin açıklama ve çizimi incelendiğinde ışığın sadece elektromanyetik bir dalga olduğundan bahsettiği, ışığın parçacık özelliğinden bahsetmediği görülmektedir.

Anlamama; (Ö3).



Ö5'
in

açıklama ve çizimi incelendiğinde ışığın ikili doğası ile ilgili hatalı bir çizim yaptığı görülmektedir.

Soru: Işık ve madde özellik olarak birbirine benzer mi? Açıklayınız.

Tablo 4.10.

Işık ve Madde Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
3	17.65	1	5.88	7	41.18	-	-	6	35.29	17	100

Tablo 4.10 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %17.65'i anlama ve %5.88'i kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen adaylarının %41.18'lik kısmının yanlış anlama ve %35.29'luk kısmının soruyu cevapsız bıraktığı görülmektedir. Öğretmen adaylarının ışık kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö5).

12) Elektron kırınımı deneyi yapıldığında maddenin de dalga karakteri gösterdiği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla ışıkta madde de ikili doğaya sahiptir. Yani madde bir kıza sahiptir.

Kısmen Anlama; (Ö9)

Benzer. Bir cismin madde olabilmesi için belirli bir kütleye sahip olması gerekir. Işık ise kütlesi olmayan bir enerji türüdür.

Ö9'un verdiği cevap incelendiğinde dualite kavramına değinmediği görülmektedir.

Yanlış Anlama; (Ö16).

2) Einstein'ın kütle-enerji eşdeğerliliği teorisini göz önünde bulundurarak fotonların durup durmaksızın kütleli olmaya bile enerjisi vardır. Einstein enerji ve kütlenin aynı şey olabileceğini söylüyordu. Bu durumda ışığın kütlesi göreceli kütle olarak tanımlanabilir. Fotonlar kütle çekiminden etkilenir ve hareket halindeyken yaydıkları enerji kütle oluşturur. Tabii ki kütleli bir kütle. Bu sebeple ışığın bir madde olduğunu düşünüyorum. Bu nedenle ışık ve madde benzerlik olarak birbirine benzer olabilir.

Ö16'nın verdiği cevap incelendiğinde ışığın kütleyle sahip olduğu, bundan dolayı ışık ve maddenin özellik olarak birbirine benzediği kanısına ulaşmış olup hatalı bir açıklama yaptığı görülmektedir.

Bu sorular ile ilgili olarak bazı öğretmen adaylarıyla yarı yapılandırılmış görüşmelerde şu cümleler elde edilmiştir;

Görüşmeci: *“Bir maddeye ışık gönderdiğimizde ne olur? Modern fizikteki hangi olayları örnek verebilirsiniz?”*

Ö2.: Işığı yansıtır ya da soğurur. Fotoelektrik olay olabilir, siyah cisim ışıması da olabilir.

Ö4.: Optik konusuyla daha çok bağdaştırdım. Bir maddeyi görebilmemiz için o maddeden gözümüze ışık gelmesi gerekir. Siyah cisim ışıması, Einstein'ın düşünce deneyi (zaman genişlemesi örneğindeki tren), ışığın tanecikli yapısıyla alakalı deneyler yani ham dalga hem dalga paketleri özelliği gösterilen olaylar aklıma geliyor.

Ö6.: Compton saçılması olabilir, fotoelektrik olay olabilir.

Ö7.: Işık fotonlardan oluşuyor. Bir atoma gönderilen foton elektronları uyararak ışıma yapmasına sebep olur. Uyarılan elektronlar tekrar kendi düzeylerine geçerken tekrardan ışıma yaparlar gözümüze gelen bu ışımlarla cisimleri görürüz. Yani yansıma olayı gerçekleşir. Örneğin bir tahta parçasına ışık gönderdiğimizde tahtayı daha net görürüz. Atom o kadar boşluklu bir yapıya sahiptir ki ışık bir atomdan geçse dahi başka bir atoma çarpar ve biz o cismi görürüz. Uzaydaki gezegenleri görüntüleme olayı olabilir veya galaksinin uzunluğu ve nereye kadar gidebileceğimizi bize gelen ışınlar sayesinde ölçebiliriz.

Ö8.: Fotoelektrik olay olabilir çünkü orda da bir maddeye foton göndererek elektron kopartıyoruz. Aydınlanma olabilir, sensörlü lambalar olabilir.

Ö9.: Fotoelektrik olay, Compton olayı olabilir. Örneğin fotoelektrik olayda bir levhaya devre bağlanıyor ve ışık gönderilerek o levhadan elektron koparma olayı gerçekleşiyor ve elektriksel akım gerçekleşiyor. Elektronların bağlanması da fotonların enerjisine bağlıdır. Işık şiddeti arttığı zaman da enerji değişmiyordu hatta klasik fizikle açıklamaya çalışan bilim insanları modern fiziğin doğmasına sebep oluyordu.

Ö11.: Işık gönderdiğimiz maddenin ısısı artar. Siyah cisim ışımasında da cisme ışık gönderdiğimizde sıcaklığı artıyordu.

Ö13.: Siyah cisim ışıması olabilir, fotoelektrik olay, Compton saçılması olabilir. Örneğin bir cisme ışık gönderdiğimizde elektronları uyarılmış olacağız ve bu sayede elektronların

hareketini gözlemleyebiliriz. Mesela fotoelektrik olayda Max Planck aklıma geldi. $E = nh\nu$ bağıntısı aklıma geldi. Elektronların bulunduğu, baş kuantum sayılarına göre enerjiye sahip olduğu ve yüksek frekanslarda yapacağı termal ışımanın farklı olduğu aklıma geldi. Fotoelektrik olayda ışığın tanecik yapısı ortaya çıkmıştır. Klasik fizik ışığı dalga olarak kabul ederken modern fizik ışığın ikili yapıya sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Ö14.: Gönderilen ışığın enerjisi bağlanma enerjisinden büyükse elektron kopartabiliriz. Bir foton bir elektronla etkileşebilir. Fotoelektrik olay olabilir.

Ö15.: Bu madde ışığı yansıtır ya da absorbe eder. Bu olaylar ışığın rengine göre değişebilir. Compton saçılması, siyah cisim ışıması, fotoelektrik olay örnek gösterilebilir.

Ö16.: Madde ışığı yansıtır. Young deneyi örnek olabilir. Çünkü ışığın hem dalga hem de tanecik özelliğini gösterdiği deneydir.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde ışık kavramına ait verilen ortak cevabın “bir maddeye ışık gönderdiğimizde o madde ışığı yansıtabilir ya da soğurabilir. Modern fizikte siyah cisim ışıması, Compton olayı ve fotoelektrik olay gibi olaylar örnek olarak verilebilir” şeklinde tanımlandığı görülmektedir (Ö2, Ö15).

Öğretmen adaylarından Ö4, Ö6 ve Ö7’nin verdikleri cevapların eksik olduğu, Ö9 ve Ö16’nın verdikleri cevaplarda bilimsel olarak yanlış ifadelerin kullanıldığı görülmektedir.

Görüşmeci: “Işık nedir? Işığın doğası hakkında neler söyleyebilirsiniz?”

Ö2.: Elektromanyetik bir dalgadır. Tanecik ve dalga özelliğine sahiptir. Kırınım ve girişim yapabilir. Ortam değiştirmedeği sürece doğrusal ilerler. Görünür ışık spektrumu ya da diğer dalga boylarındaki ışık aklıma geliyor.

Ö4.: Hem tanecik hem dalga özelliği gösteren fotonlardır.

Ö6.: Işık bir elektromanyetik bir dalgadır. Tanecik özelliği de vardır. Doğasına göre uygulanan durumlar vardır. Işık hızı evrenin sabitidir. Çok yönlü bir olgudur.

Ö7.: Kütlesiz, parçacık özelliği gösterebilen ve dalga özelliği gösterebilen bir şeydir. Işığın kütlesi olmamasına rağmen enerjisinden kaynaklanan momentumu vardır. Einstein’ın Lorentz dönüşümlerinden elde ettiği $E^2 = P^2c^2 + (mc^2)^2$ eşitliğinde m yerine 0 yazarsak $E^2 = P^2c^2$ elde edilir. Yani fotonun enerjisi momentuma bağlıdır. Enerjilerine göre farklı dalga boylarında ışık algılanabilir. Mesela ışığın enerjisi arttıkça dalga boyu kısalır. Işığın renkleri vardır. Ana renkler ışığın enerjisi, dalga boyu ve frekansı hakkında bilgi verir.

Ö8.: Işığın kütlesini kullandığımızı hatırlamıyorum sadece hızını işlemlere dahil ediyoruz.

Ö9.: Kütlesi olmayan, çok hızlı giden, tanecik ve dalga özelliği olan ve boşlukta da giden yapıdır. Bir cismin madde olabilmesi için kütlesi olması gerekir bundan dolayı ışık madde değildir. Işığın tanecikli yapıda olmasından dolayı Compton saçılması yapabiliyor.

Ö11.: Dalga ve tanecik yapıda olan, gözle görülen veya görülemeyen enerjidir.

Ö13.: Işık elektromanyetik bir dalgadır. Renkleri görmemizi sağlar, aydınlatarak. Enerjiye sahip elektromanyetik radyasyondur. Sadece 450-700 nanometre aralığındakileri görüp, diğerlerini göremiyoruz. Işığın kütlesi yoktur, bundan dolayı da ağırlığı yoktur. Işığın hızı olsa dahi kütlesi olmadığından momentumu yoktur.

Ö14.: Bazı durumlarda dalga bazı durumlarda tanecik özelliği gösterir.

Ö15.: Tanecik ya da dalga paketçikleri halinde ilerleyen, kesikli spektrumlarda ilerleyen olgudur. Işık kırılma, yansıma olayları yapar. Cisimleri görebilmemizin nedeni ışığın dağınık yansımasıdır. Işık madde değildir, enerjidir. Işık fotonlardan oluşur ve fotonların kütlesi yoktur.

Ö16.: Nesnelere çarparak veya yansıyarak onları görmemizi sağlayan, tanecik ve dalga özelliği gösteren bir enerji çeşididir. Işık madde değildir fakat neden madde olmadığına dair pek fikrim yok.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde ışık kavramına ait verilen ortak cevabın “ışık hem dalga özelliği hem de tanecik özelliği gösteren, foton adı verilen enerji paketleridir” şeklinde tanımlandığı görülmektedir (Ö4, Ö7, Ö9).

Öğretmen adaylarından Ö13’ün verdiği cevapta ışığın momentumu olmadığı ifadesi yer aldığından hatalı bir cevap olduğu görülmektedir. Ö8’in hatırlayamadığından dolayı ışık kavramını tanımlayamadığı ve Ö16’nın ise ışığın neden madde olmadığına dair fikrinin olmamasından açıklayamadığı görülmektedir.

Görüşmeci: “Işık hızına yakın hızda hareket eden bir cismin kütlesi için ne söylenebilir?”

Ö2.: Azalır.

Ö4.: Kütlesinin azaldığını düşünebiliriz. Çünkü asansörde de kütlemizi bazen azalmış bazen de artmış olarak hissederiz.

Ö6.: Göreli kütle var diye hatırlıyorum. Kütlenin azalacağını ama kütlenin tamamen yok olmayacağını düşünüyorum.

Ö7.: Kütleleri enerjiye dönüşmeye başlar. Şu an ki bilinen bağıntılarla ışık hızında hareket etmemiz için kütlemin olmaması gerekir. Çünkü enerjinin tamamını hızına vermesi gerekir. $E = mc^2$ için enerjinin bir kısmı kütleye dönüşür.

Ö8.: Işık hızında hareket ettiği için kütleyi varsaymıyoruz. İşlem yaparken kütleyi yok olarak alıyoruz.

Ö9.: Cismin kütlesi olmaması gerekiyor ki ışık hızında hareket etsin. O yüzden biz ışık hızında hareket edemiyoruz.

Ö11.: Kütlesi aynı kalır. Genişlemiş zaman ve uzunluk büzülmesi olaylarında kütle için hiçbir şey söylemedik. O yüzden aynı kalır diye düşünüyorum.

Ö13.: Cismin kütlesi değişmez.

Ö14.: Cismin kütlesi değişmez.

Ö15.: Cismin kütlesi azalır. Çünkü ışık hızına yaklaşmak için kütlemin azalması gerekir.

Ö16.: Cisim ışık hızıyla hareket ediyorsa kütlesi enerjiye dönüşmüştür.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde ışık kavramına ait verilen ortak cevabın “ışık hızına yakın hızda hareket eden cismin kütlesi azalır” şeklinde tanımlanmıştır. (Ö2, Ö6, Ö15). Bu ifade bilimsel hata içerdiğinden dolayı doğru bir cevap değildir. Bazı öğretmen adayları da kütlemin enerjiye dönüşeceğine dair cevap vermiş olup hatalı ifadeler kullanmışlardır (Ö7, Ö16).

Öğretmen adaylarından Ö9, Ö13 ve Ö14’ün verdikleri cevapların doğru olduğu görülürken, Ö8’in ve Ö11’in modern fizik dersinde işlem yapılırken ışığın kütleminin kullanıldığı bağıntı hatırlamadıklarından dolayı aynı kalır şeklinde ifade etmişlerdir.

Fizik öğretmen adaylarının “siyah cisim ışıması” kavramını anlama düzeylerine ilişkin sonuçlar Tablo 4.11 da verilmiştir.

Soru: a) Derste öğrenmelerinizden sonra zihninizde oluşan siyah cisim modeli örneğini çiziniz. Neden böyle çizdiğinizizi açıklayınız.

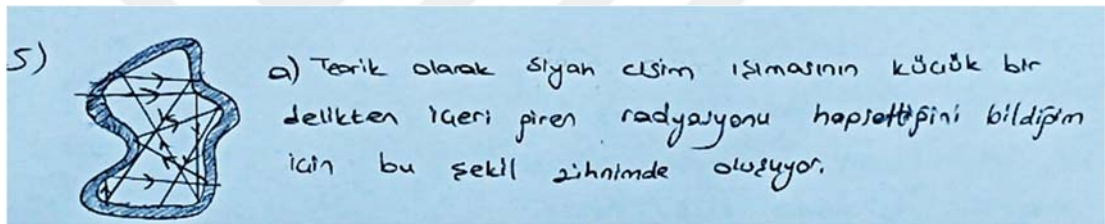
Tablo 4.11.

Siyah Cisim Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

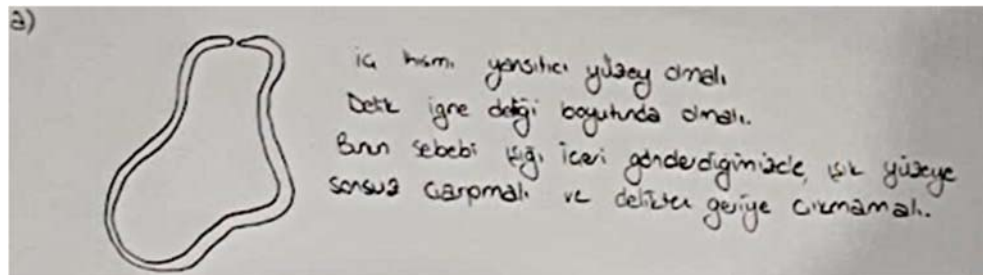
Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
8	47.06	-	-	3	17.65	6	35.29	-	-	17	100

Tablo 4.11 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %47.06'sı anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen adaylarının %23.52'lik kısmının yanlış anlama ve %17.65'lik kısmının anlamama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının siyah cisim kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö16).

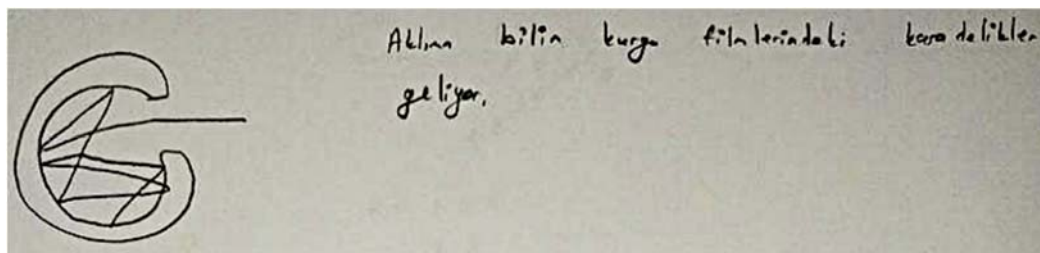


(Ö9).



Anlamama; (Ö4).

Ö4'ün verdiği cevap incelendiğinde soruya ilgisiz bir cevap verdiği görülmektedir.



Soru: b) Çizdiğiniz şekli başka biçimlerde ya da büyüklüklerde de çizebilir misiniz? Neden?

Tablo 4.12.

Siyah Cismin Şekli Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
5	29.41	-	-	7	41.18	2	11.76	3	17.65	17	100

Tablo 4.12 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %29.41'i anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen adaylarının %41.18'lik kısmının yanlış anlama düzeyinde, %11.76'lık kısmının anlamama düzeyinde ve %17.65'lik kısmının soruya cevap vermediği görülmektedir. Öğretmen adaylarının siyah cismin şekli kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö1).

b) Isık cisim içerisinde yansımaları yapıp, enerjisini türettiği ve dışarıya yansıma yapmadığı. Sırcer istediğimiz şekil ve boyutta modelleme yapabiliriz.

Yanlış Anlama; (Ö13).

b) Başta büyüklüklerde çizilebilir fakat başka şekillerde çizilemez. siyah cisim modelini açıklanmak için grafiklerde kullanılabilir. şekil sabittir.

Ö13'ün verdiği cevap incelendiğinde siyah cisim modelinin şeklinin sabit olduğuna dair hatalı bir açıklama yapmıştır.

Anlamama; (Ö11).

Çizilebilir aynı şekil veya farklı şekil çıkış noktasına bağlı değişebilir.

Ö11'in verdiği cevap yeterli açıklamayı içermediği görülmektedir.

Soru: c) Siyah cisim ışıması modelini açıklamak için siyah cisim yerine başka renkte bir cisim (örneğin kırmızı) kullanılabilir miydi? Kullanılsaydı ne olurdu? Açıklayınız.

Tablo 4.13.

Siyah Cisim Işıması Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
4	23.52	1	5.88	10	58.82	1	5.88	1	5.88	17	100

Tablo 4.13 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %23.52'si anlama düzeyinde, %5.88'i kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen adaylarının %58.82'lik kısmının yanlış anlama ve %5.88'lik kısmının anlamama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının %5.88'lik kısmının soruya cevap vermediği görülmektedir. Öğretmen adaylarının siyah cisim ışıması kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö6).

Kullanılabilir çünkü her rengin kendine göre enerjisi bulunmaktadır. Sadece küçük enerji elde edilmiş olur.

Kısmen Anlama; (Ö4).

Ö4'ün verdiği cevap incelendiğinde kırmızı cisim kullanıldığında ışımanın görülmeyeceğinden bahsetmediği görülür.

c) Siyah cisim denince sebebi bütün renklerin soğurulmasından dolayı. Kırmızı vb. bir renk denince sadece o renk soğurulması olarak algılanabilir.

Yanlış Anlama; (Ö17).

c) Başka renk de kullanıma uygun olmazdı. Isıma tam olarak görüntülenemezdi.

Ö17'nin verdiği cevap incelendiğinde siyah cisim yerine başka renkte bir cisim kullanılamayacağına dair yanlış bir açıklama yaptığı görülmektedir.

Anlamama; (Ö14).

→ Siyah cisim dediğimizde kavrak, üzerine düşen tüm ısıyı soğutan ve hiçbirini yansıtmayan cisimdir. Tamamen varsayımsal bir algudur.

Ö14'ün cevabı incelendiğinde soruya ilgisiz bir cevap verildiği görülmektedir.

Soru; d) Siyah cisim doğada mevcut mudur?

Tablo 4.14.

Siyah Cisim ve Doğada Bulunması Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
9	52.94	1	5.88	2	11.76	-	-	5	29.41	17	100

Tablo 4.14 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %52.94'ü anlama düzeyinde, %5.88'lik kısmı kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen adaylarının %11.76'lık kısmının yanlış anlama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının %29.41'lik kısmının soruya cevap vermediği görülmektedir. Öğretmen adaylarının siyah cisim ve doğada bulunması kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö8).

d) Siyah cisim doğada mevcut değildir. ama on çok çok yakın maddeler doğada mevcuttur.

Kısmen Anlama; (Ö5).

mükemmel bir siyah cisim ydetur.

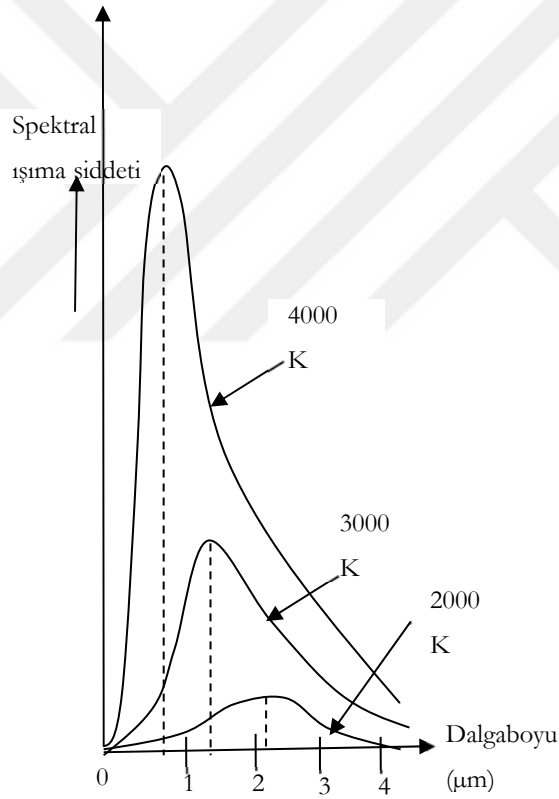
Ö5'in verdiği cevap incelendiğinde gerçek cisimlerin tam olarak siyah cisim gibi davranmadıklarından bahsettiği görülürken doğada siyah cisim sayılabilecek cisimlerin olduğundan bahsetmediği görülmektedir.

Yanlış Anlama; (Ö6).

Doğada mevcut değildir. Bir demiri ısıtığınızda yaptığı ısımlar örnek veriliyor ancak bu soğuk bir konuyu daha somut hale getirmek için kullanıldığını hatırlıyorum.

Ö6'nın verdiği cevap incelendiğinde doğada siyah cisim yaklaşımına uyan bir cisim olmadığını belirterek hatalı bir cevap vermiştir.

Soru:



Siyah cisim ışıması için farklı sıcaklıklarda verilen deneysel eğrilere bakarak, grafiği yorumlayınız. Grafikte verilen üç sıcaklık değeri için enerjileri küçükten büyüğe sıralayınız.

Tablo 4.15.

Siyah Cisim ve Işıma-Dalgaboyu Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
11	64.71	3	17.65	2	11.76	-	-	1	5.88	17	100

Tablo 4.15 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %64.71'i anlama düzeyinde, %17.65'lik kısmı kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülürken, öğretmen adaylarının %11.76'lık kısmının yanlış anlama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının %5.88'lik kısmının soruya cevap vermediği görülmektedir. Öğretmen adaylarının siyah cisim ve ışıma-dalgaboyu kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö16).

Wien kayması = $\lambda_{\text{max}} T = \text{sabit}$
 $\lambda_{\text{max}} \cdot T = 2.89 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{Kelvin}$
 $T_1 = 4000 \text{ K} \rightarrow \lambda_1 = \text{en küçük}$
 $T_2 = 3000 \text{ K} \rightarrow$
 $T_3 = 2000 \text{ K} \rightarrow \lambda_3 = \text{en büyük}$
 $E = h \cdot f \rightarrow f = \frac{c}{\lambda}$
 λ 'sı en küçük olan frekansı en büyük dur. Haliyle enerjisi de büyük olur.
 Spektral ışıma şiddeti en büyük olan eğerinin enerjisi en büyüktür.

Kısmen Anlama; (Ö6).

4000 K ışın enerjisi > 3000 K ışın enerjisi > 2000 K ışın enerjisi

Ö6'nın verdiği cevap incelendiğinde enerji sıralamasını doğru yaptığı görülürken grafiği yorumlamadığı görülmektedir.

Yanlış Anlama; (Ö14).

$\lambda_{\text{max}} \cdot T = \text{sabit}$
 $E_1 = E_2 = E_3$

Ö14'ün verdiği cevap incelendiğinde Wien kaymasını enerji ile yanlış ilişkilendirerek hatalı cevap verdiği görülmektedir.

Bu sorular ile ilgili olarak bazı öğretmen adaylarıyla yarı yapılandırılmış görüşmelerde şu cümleler elde edilmiştir;

Görüşmeci: “a) *Termal ısıma nedir?*”

Ö2.: Her ısıma yapan cisim siyah cisim oluyordu. Termal ısıma cisimlerin ışık ve sıcaklık yaymasıdır. Tüm cisimlerin yaptığı ısıma olarak düşünüyorum.

Ö4.: Maddelerin, cisimlerin veya insanların ısısından dolayı ortama yaydığı radyasyondur.

Ö6.: Cisimlerin sıcaklığından dolayı yaptığı ışımadır. $\lambda.T = sbt$ değerinden yararlanılarak ışığın dalga boyu oradan da rengini buluyoruz.

Ö7.: Evrendeki bütün maddelerin sahip olduğu enerjinin yansıması diyebiliriz.

Ö8.: Cisimlerin ısısıyla alakalı bir durumdur. Her cisim termal ısıma yapar. Bazı cisimler görünür bölgede ışık yayarken, bazıları görünür bölge dışında ışık yayar.

Ö9.: Sıcaklığı olan her cismin yaptığı ışımadır.

Ö11.: Gece görüşü olarak aklıma geldi. Sıcaklıkla algılanan görüş.

Ö13.: Cisimlerin herhangi bir etki almadan, yani normal sıcaklıklarda da dışarıya verdiği enerji olarak tanımlayabiliriz. Eğer havası alınarak hazırlanan bir düzenek olursa ve içerisine bir cisim koyarsak o zaman termal ışımayı gözlemlese dahi çevresiyle etkileşimini keseriz. Tam olarak cümlelerimi toparlayacak olursam cisimlerin her durumda yaptığı ısıma, enerjisini yayma olarak tanımlayabilirim.

Ö14.: Elektron olduğu enerji seviyesinden bir alt enerji seviyesine düştüğü zaman ışıın yayıyordu. Bu ışıın termal ışımadır.

Ö15.: Sıcaklığı olan her madde termal ısıma yapar. Mutlak sıcaklık noktası üzerinde olan her cisim elektromanyetik ısıma yayarlar. Bu termal ışımadır.

Ö16.: Bir nesnenin varoluşundan kaynaklı olan ısısıdır. Her sıcaklık değerinde termal ışımayı gözlemleyebiliriz. Mutlak sıfır noktasında da termal ısıma gözlemlenebilir.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde termal ısıma kavramına ait verilen ortak cevabın “0 Kelvin üzerinde olan tüm sıcaklık değerlerinde cisimler termal

enerjilerinden dolayı ısıma yaparlar. Bu ışımaya termal ısıma denir.” şeklinde tanımlanmıştır.

Öğretmen adaylarından Ö11’in verdiği cevap eksik olduğu görülürken, Ö14 ve Ö16’nın verdikleri cevaplarda hatalı ifadeler kullanıldığı görülmektedir.

Görüşmeci: “*b) Siyah cisim nedir?*”

Ö2.: İdeal şartlar altında yapılan bir cisme çok küçük delik açarak ışık gönderiyoruz. Gönderilen ışığın içinde sonsuza kadar yansımaları olayıdır.

Ö4.: İçine yanına yaklaşan her şeyi soğuran cisimdir.

Ö6.: Yüksek oranda ısıma yapan bir olaydır.

Ö7.: Hiçbir şekilde termal ısıma yapmayan, yani aldığı tüm ışığı soğuran cisimdir. Herhangi bir siyah cisim ya da ışığın vurmadığı bir cisim örnek olabilir. İlla ışığı soğurmasına gerek yok ışığın gelmediği bir cisim de olabilir. Karanlık bir odadaki kırmızı top örnek olabilir.

Ö8.: Üzerine düşen tüm ışınları absorbe eden cisimdir.

Ö9.: Sıcaklığı olan her maddenin yaptığı ışımadır.

Ö11.: Siyah cisim ışıması derdim. İç tırtıklı bir kürenin içine gönderilen ışığın yansıma olayıdır.

Ö13.: Siyah cisim renginden dolayı diye düşünüyorum. Siyah cisim dışarı ile dengeyi sağlayan yani gelen ışığı soğuran cisimdir. Max Planck kullanmıştı. Elektromanyetik dalgalar ne kadar ısıma yapabiliyor onun için kullanmıştı. Toplam termal ışımanın gücünü hesaplamamızı sağlayan düzenektir.

Ö14.: Tüm ışığı içine alıp, soğuran cisimdir.

Ö15.: Üzerine gelen her ışığı absorbe eden cisimlerdir. Cismin rengi siyah dışında olsaydı siyah cisim ışımasını tanımlayamazdık. Siyah renkteki bir cisim tüm ışınları absorbe ettiği için siyah renkte olmalıdır.

Ö16.: Işığı hapseden cisimler aklıma geliyor. Siyah cisim sadece siyah renkte olmak zorunda değildir. Güneş bir siyah cisimdir. O yüzden illa cisim siyah renkte olmak zorunda değildir. Işığın dalga boyu ve frekansı ile alakalıdır.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde termal ısıma kavramına ait verilen ortak cevabın “üzerinde düşen tüm ışınımı soğuran ve hiçbirini yansıtmayan, bundan

dolayı da siyah olması gerektiğini düşündüğümüz varsayımsal cisim” şeklinde tanımlanmıştır (Ö8, Ö14, Ö16).

Öğretmen adaylarından Ö6 ve Ö9’un yaptıkları açıklamalar eksik bulunmuş, Ö7 ve Ö15’in yaptıkları açıklamalarda hatalı ifadeler kullanıldığı görülmüştür.

Görüşmecî: “c) *Her madde termal ışıma yapabilir mi? Nasıl?*”

Ö2.: Evet yapabilir. Tüm maddelerin ışıma yaptığını söylüyorsak o halde termal ışıma da yapabilirler. Tüm cisimlerin sıcaklığı varsa tüm cisimler termal ışıma yapıyor demektir.

Ö4.: Sıcaklığı olan her madde yapabilir. 0 Kelvin ve eksi değerlerde olan sıcaklıklarda termal ışıma gözlenmez.

Ö6.: Yapabilir. Canlı ve cansız her madde termal ışıma yapar. Sıcaklığından dolayı maddelerin termal ışıma yapacağını düşünüyorum.

Ö7.: Evet yapabilir. Çünkü Einstein’ın dediği $E = mc^2$, kütlesi olan her cismin enerjisi vardır. Belli bir sıcaklıktaysa cisim termal ışıma yapabilir.

Ö8.: Mutlak sıcaklık değeri dışında ışıma olmaz. Onun dışındaki tüm sıcaklıklarda termal ışıma olur.

Ö9.: Sıcaklığı, ısısı olduğu sürece maddeler termal ışıma yapar. 0 Kelvin dışındaki tüm sıcaklık değerinde maddeler termal ışıma yapar.

Ö11.: Yapamaz. Cisimlerin belli bir sıcaklığı olduğunda termal ışıma yapar. Canlı varlıklar termal ışıma yaparlar.

Ö13.: Herhangi bir cisim kendiliğinden termal ışıma yapabilir. Her sıcaklık değerinde termal ışıma olur. Havası boşaltılmış bir fanus olsun yine de termal ışımayı kesemeyiz. Sadece diğer cisimlerle ısı alışverişini engelleriz. Termal ışıma onu dengede tutacaktır.

Ö14.: Hiçbir fikrim yok.

Ö15.: Sıcaklığı olan her madde termal ışıma yapar. Termal enerjiyi elektromanyetik enerjiye dönüştürerek yapabilir.

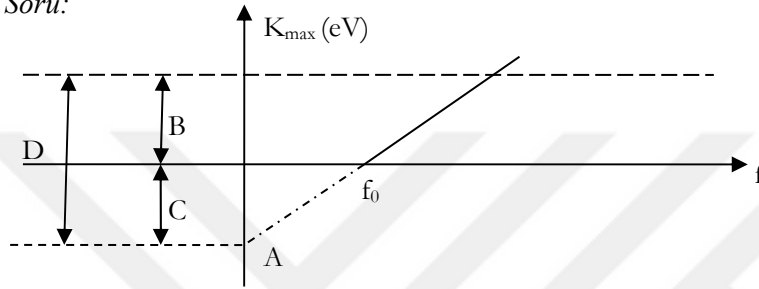
Ö16.: Siyah cisim termal ışıma yapmayabilir.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde termal ışıma kavramına ait verilen ortak cevabın “mutlak sıfır değeri dışındaki tüm sıcaklıkta cisimler termal ışıma yapabilir, cisimlerin sıcaklığından ötürü termal ışıma yaparlar” şeklinde tanımlanmıştır (Ö8, Ö9, Ö13, Ö15).

Öğretmen adaylarından Ö4, Ö11 ve Ö16' nın verdikleri cevaplar incelendiklerinde hatalı ifadeler kullandıkları görülürken, Ö14 hatırlayamamasından dolayı termal ışıma kavramını açıklayamamıştır.

Fizik öğretmen adaylarının “fotoelektrik olay” kavramını anlama düzeylerine ilişkin sonuçlar Tablo 4.16 da verilmiştir.

Soru:



Yukarıdaki şekilde grafik tipik bir fotoelektrik olay deneyinde gelen ışık frekansının fonksiyonu olarak kopan fotoelektronların maksimum kinetik enerjisini göstermektedir. (Burada f_0 =eşik frekansı fotoelektrik olayın başlaması için gerekli olan en düşük frekanstır.)

a) Grafik üzerinde A, B, C ve D ile işaret edilen bölümlerin fiziksel anlamları nedir, gerekli formülleri kullanarak açıklayınız.

A:

B:

C:

D:

Tablo 4.16.

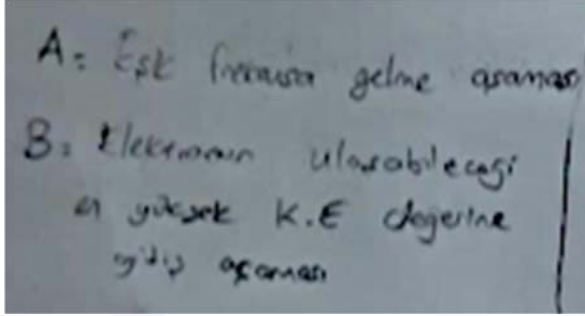
Fotoelektrik Olay Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
-	-	-	-	3	17.65	-	-	14	82.35	17	100

Tablo 4.16 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %17.65’lik kısmının yanlış anlama düzeyinde cevap verdiği, öğretmen adaylarının %82.35’lik kısmının soruya cevap vermediği

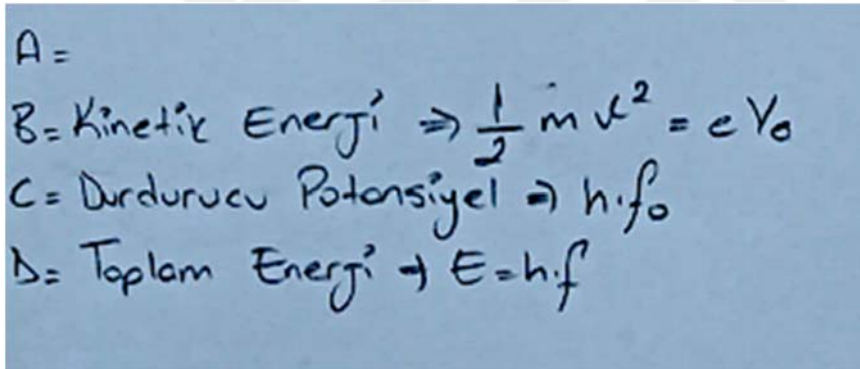
görülmektedir. Öğretmen adaylarının fotoelektrik kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Yanlış Anlama; (Ö6).



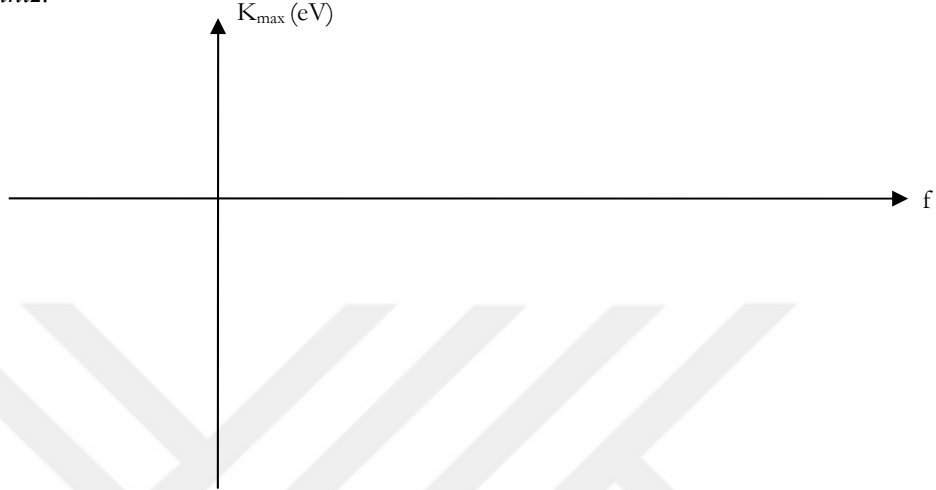
Ö6'nın verdiği cevap incelendiğinde C ve D ile işaret edilen yerin boş bırakıldığı, A ile işaret edilen yerin ise yanlış ifade edildiği görülmektedir.

(Ö15).



Ö15'in verdiği cevap incelendiğinde A ile işaret edilen yerin boş bırakıldığı ve C ile işaret edilen yerin yanlış ifade edildiği görülmektedir.

Soru: b) Fotoelektrik iş fonksiyonları (W) büyükten küçüğe $W_1 > W_2 > W_3$ olan M_1, M_2, M_3 metalleri için bu grafik nasıl olmalıdır çizerek gösteriniz. Yaptığınız çizimin nedenini açıklayınız.



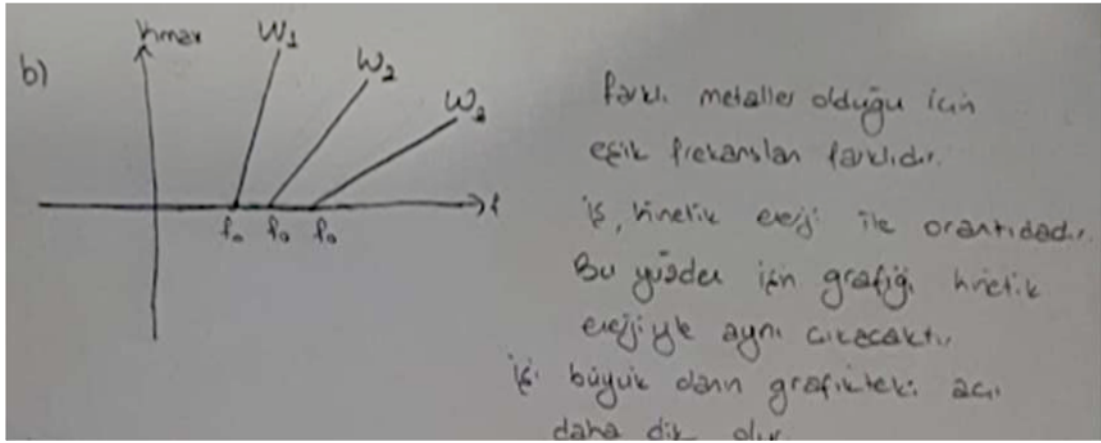
Tablo 4.17.

Fotoelektrik Olay ve İş Fonksiyonları Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
-	-	-	-	2	11.76	1	5.88	14	82.35	17	100

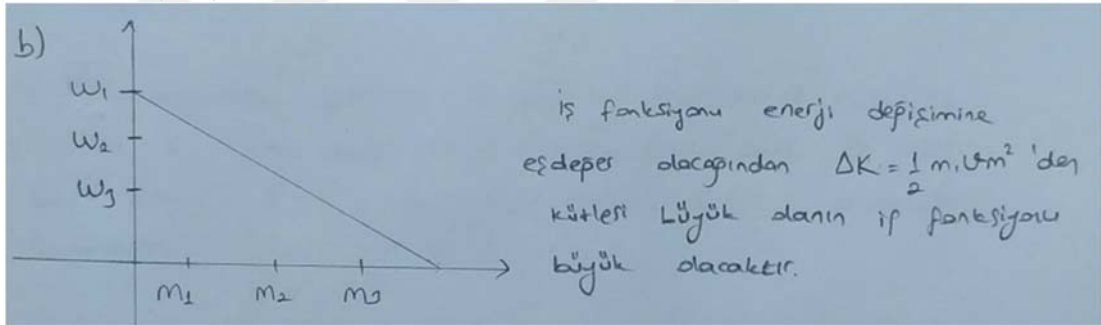
Tablo 4.17 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %11.76'lık kısmının yanlış anlama düzeyinde cevap verdiği, öğretmen adaylarının %5.88'lik kısmının anlamama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının %82.35'lik kısmının soruya cevap vermediği görülmektedir. Öğretmen adaylarının fotoelektrik olay ve iş fonksiyonları kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Yanlış Anlama; (Ö9).



Ö9'un verdiği cevap incelendiğinde metaller için verilen iş fonksiyonları ilişkisini grafik üzerinde yanlış çizdiği ve açıklamasında da hatalı ifadelerin olduğu görülmektedir.

Anlamama; (Ö16).



Ö16'nın verdiği cevap incelendiğinde soruya ilgisiz cevap verdiği görülmektedir.

Soru: c) Fotoelektrik iş fonksiyonu 3 eV olan bir metale, 5 eV'luk 50 foton gönderilmesi halinde kopacak fotoelektron sayısı, gelen fotonların enerjisi ve kopan fotoelektronların maksimum kinetik enerjisi ne olur? Açıklayınız.

Tablo 4.18.

Fotoelektrik Olay ve Maksimum Kinetik Enerji Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
-	-	6	35.29	1	5.88	-	-	10	58.82	17	100

Tablo 4.18 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %35.29'luk kısmının kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği, öğretmen adaylarının %5.88'lik kısmının yanlış anlama düzeyinde

cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının %58.82'lik kısmının soruya cevap vermediği görülmektedir. Öğretmen adaylarının fotoelektrik olay ve maksimum kinetik enerji kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Kısmen Anlama; (Ö14).

$$\begin{aligned}
 E_f &= E_B + E_K \\
 \rightarrow \text{Bir foton bir elektron koparabilir. Tanelek modeli} &\rightarrow 50e^- \text{ koparılır.} \\
 \rightarrow E_f = nhf = 150 \text{ eV} \\
 \rightarrow E_K = E_f - E_B = 5 \text{ eV} - 3 \text{ eV} = 2 \text{ eV} &\text{ bir elektron için} \Rightarrow 2 \text{ eV} \cdot 50 = 100 \text{ eV} \\
 &E_K
 \end{aligned}$$

Ö14'ün cevabı incelendiğinde fotoelektronların kinetik enerjisi için doğru bir sonuç bulunduğu görülürken, fotonların toplam enerjisi için yapılan işlemde hata olduğu görülmektedir.

(Ö7).

$$\begin{aligned}
 \text{Fotoelektron sayısı: } 50 & \quad E = \phi + K_E \\
 \text{Kopan elektronları max } K_E = 2 \text{ eV} &\rightarrow
 \end{aligned}$$

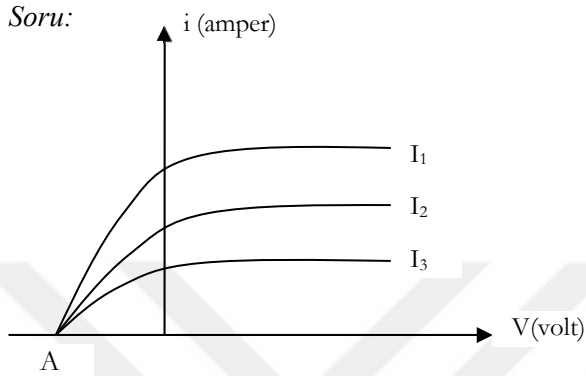
Ö7'nin verdiği cevap incelendiğinde fotoelektronun kinetik enerjisini doğru hesapladığı fakat gelen fotonların toplam enerjisinin bulunmadığı görülmektedir.

Yanlış Anlama; (Ö15).

$$\begin{aligned}
 E_B &= 3 \text{ eV}, E_f = 5 \text{ eV}, n = 50 \\
 E_f &= E_B + E_K \\
 5 \text{ eV} &= 3 \text{ eV} + E_K \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} E_K = 2 \text{ eV} \rightarrow \text{max. kinetik enerji} \\
 \text{Gelen fotonun enerjisi} &\rightarrow E_f = 5 \text{ eV} \\
 P &= n \cdot E_f \rightarrow 50 \times (5 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}) = 4 \cdot 10^{-17} \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Ö15'in

verdiği cevap incelendiğinde fotoelektronun kinetik enerjisini doğru hesaplamış olduğu görülürken gelen fotonların enerjisini joule cinsinden hesaplayıp enerji bağıntısını ve birimini yanlış ifade ettiği görülmektedir.



Yukarıdaki grafikte ışığa duyarlı yüzeye gönderilen üç farklı ışık şiddeti için akım-gerilim grafiği verilmiştir.

a) Fotoelektrik olay ile ilgili bilgileriniz doğrultusunda grafikte verilen ışık şiddetlerini (I) büyükten küçüğe doğru sıralayınız. Nedenini açıklayınız.

Tablo 4.19.

Fotoelektrik Olay ve Akım-Voltaj Grafiği Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

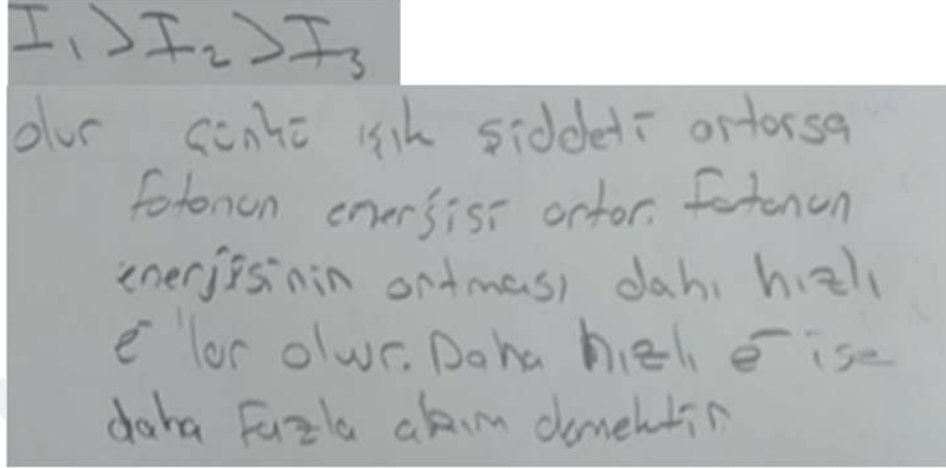
Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
2	11.76	7	41.18	2	11.76	-	-	6	35.29	17	100

Tablo 4.19 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %11.76'lık kısmının anlama düzeyinde cevap verdiği, öğretmen adaylarının %41.18'lik kısmının kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının %11.76'lık kısmının yanlış anlama ve %35.29'luk kısmının soruya cevap vermediği görülmektedir. Öğretmen adaylarının fotoelektrik olay ve akım-voltaj grafiği kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö16).

$I_1 > I_2 > I_3$ I_{max} akımı katoda düşen foton sayısına bağlıdır. Işık akısı artınca foton sayısı artar. Işık şiddeti arttığında ışık akısı artar.

Yanlış Anlama; (Ö7).



Ö7'nin verdiği cevap incelendiğinde ışık şiddetinin artmasıyla foton sayısının artmasından söz etmesi gerekirken, kopan fotoelektronların kinetik enerjisinin artacağına dair hatalı bir ifade kullanıldığı görülmektedir.

Soru: b) Üç farklı ışık şiddeti için çizilen eğrilerin kesiştiği A noktasının ne olduğunu tanımlayınız. Anlamını açıklayınız.

Tablo 4.20.

Fotoelektrik Olay ve Durdurucu Potansiyel Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
2	11.76	4	23.53	1	5.88	-	-	10	58.82	17	100

Tablo 4.20 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %11.76'lık kısmının anlama düzeyinde cevap verdiği, öğretmen adaylarının %23.53'lik kısmının kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının %5.88'lik kısmının yanlış anlama ve %58.82'lik kısmının soruya cevap vermediği görülmektedir. Öğretmen adaylarının fotoelektrik olay ve durdurucu potansiyel kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö14).

b) $A = V_0 \rightarrow$ Durdurucu potansiyel, uygulanan voltaj elektronların hızını engeller. Bu elektronların bir kısmı B elektroduna ulaşır. Bu voltaj belli bir değere ulaşınca hiçbir elektron B elektroduna ulaşamaz. Devreden akım geçmez. Bu potansiyel durdurucu potansiyeldir.

Kısmen Anlama; (Ö13).

Ö13'ün verdiği cevap incelendiğinde verilen A noktasını doğru cevapladığı fakat açıklama yapmadığı görülmektedir.

(Ö16).

b) $V_0 \rightarrow$ Durdurucu potansiyel noktasıdır. Katotları salınan fotoelektronlardan maksimum enerjiye sahip fotoelektronu durdurmak için gerekli geciktirme potansiyel farkına kesme potansiyel farkı denir.

Ö16'nın verdiği cevap incelendiğinde verilen A noktası için yaptığı açıklamanın doğru olduğu görülürken, durdurucu potansiyel farkı yerine geciktirme potansiyel farkı şeklinde yanlış bir kavram kullandığı görülmektedir.

Fizik öğretmen adaylarının "Compton Olayı" kavramını anlama düzeylerine ilişkin sonuçlar Tablo 4.21 de verilmiştir.

Soru: a) Bir elektrondan x-ışını saçılması (Compton Olayı) olayını klasik model ve kuantum fiziği modeline göre çizerek gösteriniz. Neden bu şekilde çizdiğiniz detaylı şekilde anlatınız

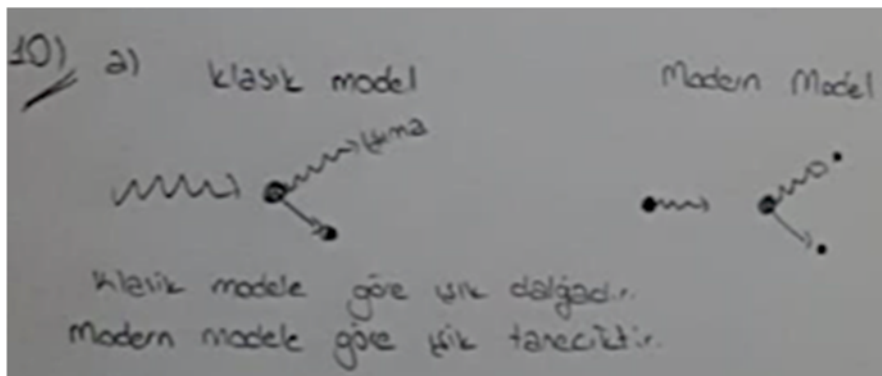
Tablo 4.21.

Compton Olayı Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

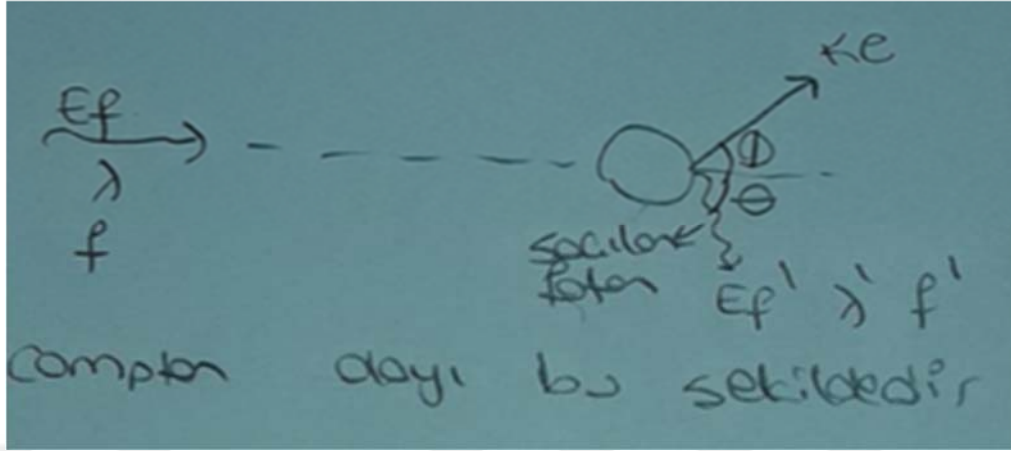
Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
1	5.88	8	47.06	1	5.88	-	-	7	41.18	17	100

Tablo 4.21 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %5.88'lik kısmının anlama düzeyinde cevap verdiği, öğretmen adaylarının %47.06'lık kısmının kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının %5.88'lik kısmının yanlış anlama ve %41.18'lik kısmının soruya cevap vermediği görülmektedir. Öğretmen adaylarının Compton Olayı kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö9).

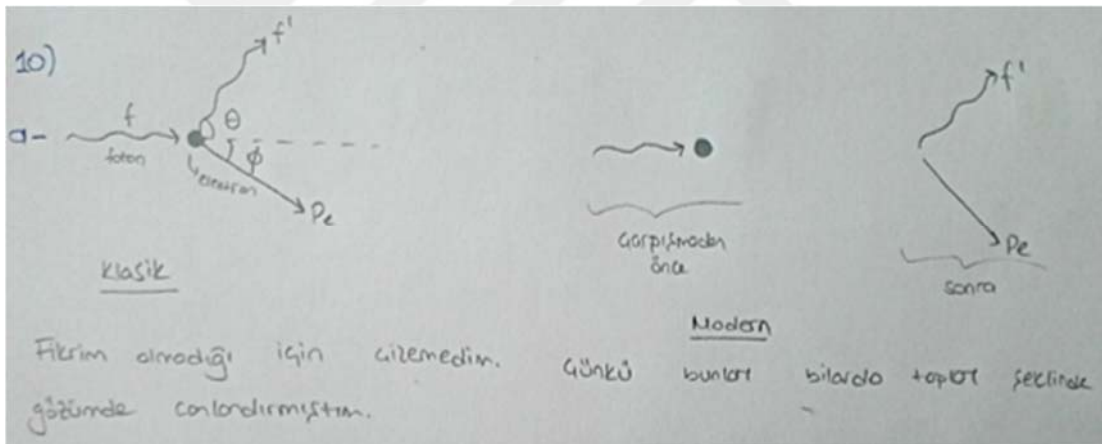


Kısmen Anlama; (Ö8).



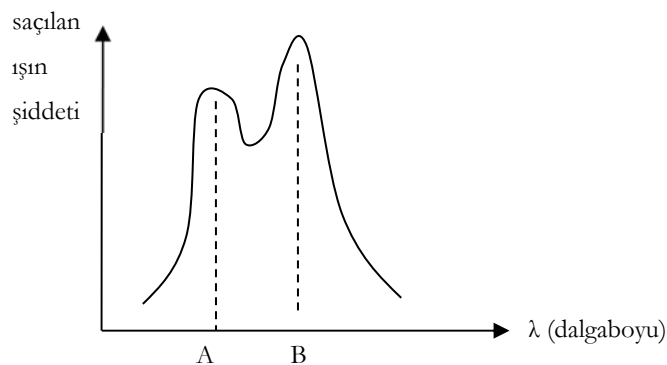
Ö8'in verdiği cevap incelendiğinde Compton olayının kuantum fiziği modeline göre çizdiği, klasik fizik modeline göre çizmediği görülmektedir.

Yanlış Anlama; (Ö11).



Ö11'in verdiği cevap incelendiğinde klasik fizik modeli için ışığın dalga özelliğini kullanması gerekirken tanecik özelliğini kullandığından dolayı hatalı bir çizim yaptığı görülmektedir.

Soru: b) Compton olayında $\theta=45^\circ$ açısı (θ : fotonun saçılma açısı) için saçılan X- ışınının dalga boyundaki değişimi gösteren grafik aşağıdaki gibi ise:



Grafik $\theta=45^\circ$ lik açı için çizilmiştir.

Grafiği fiziksel olarak yorumlayıp; A ve B ile işaret edilen bölümlerin fiziksel anlamları nelerdir yazınız.

A:

B:

Tablo4.22.

Compton Olayı ve Dalgaboyu Değişimi Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
7	41.18	-	-	-	-	1	5.88	9	52.94	17	100

Tablo 4.22 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %41.18'lik kısmının anlama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının %5.88'lik kısmının anlamama ve %52.94'lük kısmının soruya cevap vermediği görülmektedir. Öğretmen adaylarının Compton Olayı ve dalgaboyu değişimi kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö5).

A: Gelen fotonun dalgaboyu
B) Saçılan fotonun dalgaboyu

Anlamama; (Ö16).

b) Dalgaboyundaki değişim θ açısına bağlıdır. X ışını ile saçılan X ışını dalgaboyu arasındaki fark θ açısına bağlıdır. $\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos \theta) = \Delta \lambda$ denkleminde bulunabilir.

Ö16'nın verdiği cevap incelendiğinde soruya ilgisiz cevap verdiği görülmektedir.

Soru: c) $\theta=0^\circ$, $\theta=135^\circ$ açıları için dalga boyuna bağlı olarak saçılan X-ışını şiddeti grafikleri nasıl olur? Çiziniz. Nedenini açıklayınız.

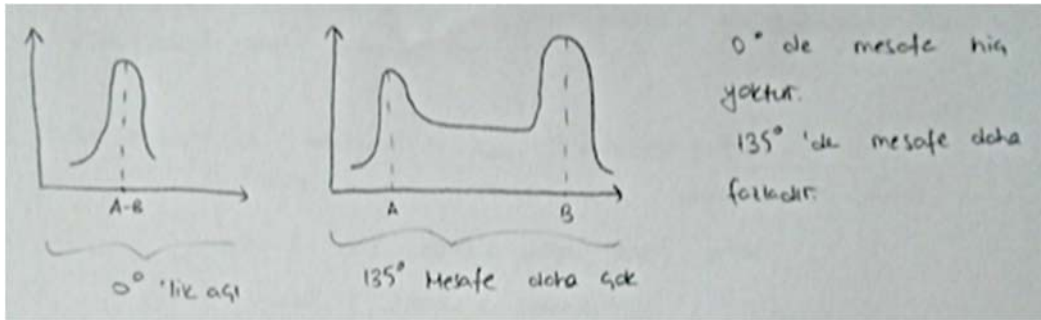
Tablo 4.23.

Compton Olayı ve Saçılan Fotonun Dalgaboyu Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

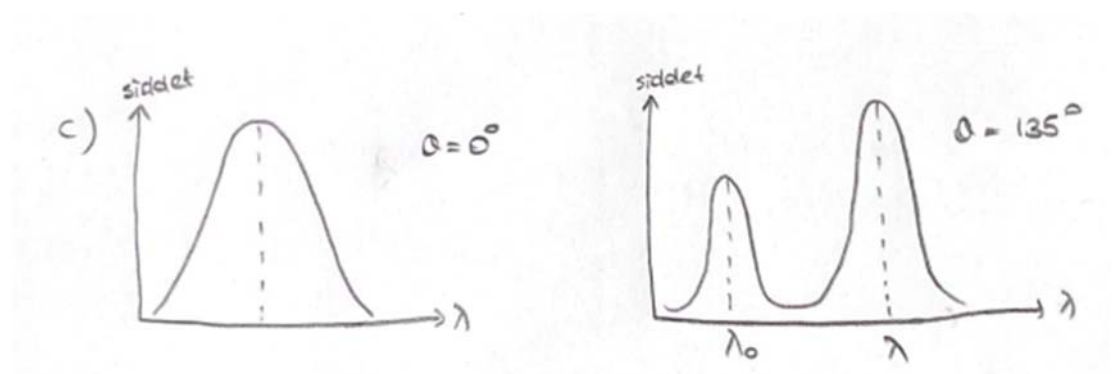
Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
1	5.88	3	17.65	3	17.65	-	-	10	58.82	17	100

Tablo 4.23 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %5.88'lik kısmının anlama düzeyinde cevap verdiği ve öğretmen adaylarının %17.65'lik kısmının kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının %58.82'lik kısmının soruya cevap vermediği görülmektedir. Öğretmen adaylarının Compton Olayı ve saçılan fotonun dalgaboyu kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

Anlama; (Ö11).

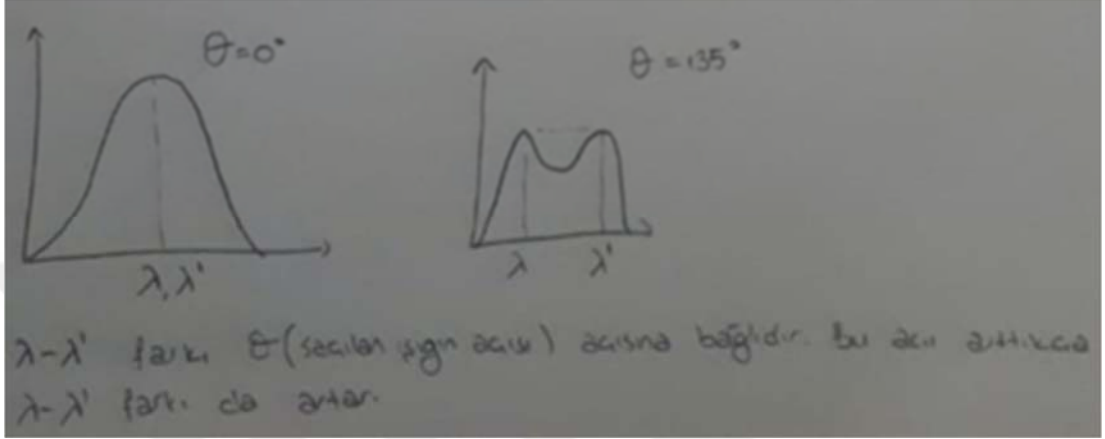


Kısmen Anlama; (Ö13).



Ö13'ün verdiği cevap incelendiğinde verilen açılar için doğru grafikleri çizdiği fakat açıklama yapamadığı görülmektedir.

Yanlış Anlama; (Ö9).



Ö9'un verdiği cevap incelendiğinde $\theta = 0^\circ$ için çizdiği grafik doğruyken $\theta = 135^\circ$ için çizilen grafikte dalga boylarındaki değişim hatalı biçimde ifade edildiği görülmektedir.

Bu sorular ile ilgili olarak bazı öğretmen adaylarıyla yarı yapılandırılmış görüşmelerde şu cümleler elde edilmiştir;

Görüşmeci: “Compton Olayı hakkında bildiklerinizi söyleyiniz?”

Ö2.: Bir elektrona ışık gönderdiğimizde elektron saçılması olayı gerçekleşiyor. Compton olayında tanecik özelliği kullanılır.

Ö4.: Foton durgun elektrona çarpıp saçılma olayı gerçekleşiyordu. Saçılan ışık ve saçılan elektron vardı. Compton deneyi enerji korunumunu göstermek için ve ışığın tanecikli yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda ışığın momentumu olduğunu göstermiştir.

Ö6.: Sağlık fiziği alanında da kullanılıyor, MR cihazlarında mesela. Bir parçacığa x-ışını göndererek saçılma olayı gerçekleşiyor. Elektron bir yere saçılırken, foton bir yere saçılıyor. Aradaki açının farklılığından dolayı bir dalga boyu kayması meydana geliyor.

Ö7.: Bir elektronla bir foton çarpışma olayına denir. Elektron ve fotonun ne yöne doğru gideceği hesaplanabilir. Işığın parçacık özelliğini açıklar.

Ö8.: Bیلardo topu gibi düşünüyorum. Işık elektrona gönderilerek, ışık ve elektron saçılıyordu. Işığın tanecikli yapısını açıklıyordu.

Ö9.: Saçılma olayıydı. Bir elektrona bir foton gönderildiğinde saçılma meydana geliyordu. Enerjiler korunuyordu. Saçılma açısı bizim için önemli çünkü oradan bir şey çıkartıyorduk fakat hatırlamıyorum. Klasik fizikle açıklanamamasının sebebi ışığın ikili doğaya sahip olduğu bilinmemesinden kaynaklıdır. Işığın tanecik modeli Compton olayında kullanılır.

Ö11.: Bir elektrona foton yollanarak çarpıştırılıyor ve belli açılar oluşuyordu. Compton olayında ışığın tanecik modeli kullanılır.

Ö13.: Bir tane elektronun üzerine bir tane foton gönderildiğinde Compton saçılması meydana geliyor. Birazı dalga olarak ilerlerken birazı da tanecik olarak ilerliyor. $E = hv' + E_k$ aklıma geliyor. Compton olayında ışığın dalga özelliğini kullanıyoruz.

Ö14.: Aklımda kalan tek şey grafikler. Grafikler için dalga boylarının tepe noktaları arasındaki farkın eşit olduğu durum aklımda kalmış. Klasik fizikte ışığın dalga özelliği kullanılırken, Compton olayında ışığın tanecik modeli kullanılır. Bir foton ve bir elektron çarpıştırılıyordu ve bir açıyla foton, başka bir açıyla da elektron saçılıyordu. Enerji ve momentum korunumu inceleniyordu. Korunan momentum elektronun momentumudur.

Ö15.: Klasik fiziğin açıklayamadığı bir olaydı. Yüksek enerjili foton ve serbest elektron çarpıştırılarak foton ve elektron yollarına devam ediyordu. Işığın maddeyle etkileşimi inceleniyordu. Işığın enerjisi ve tanecikli yapı olduğunu kanıtlıyordu.

Ö16.: Bir elektronla ışık çarpıştırılıyor. Bu çarpışan elektronun ve fotonun saçılma yaptığı gözlemleniyordu. Bu çarpışma sonucunda saçılan foton ve elektronun enerjisini ortaya çıkarttığını hatırlıyorum. Compton olayı sonucunda ışığın tanecikli yapıya sahip olduğu ortaya çıkıyordu.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde Compton olayı kavramına ait verilen ortak cevabın “durgun bir elektrona foton gönderilerek elektron ve fotonun saçılması olayıdır. Compton olayı sonucunda ışığın tanecikli yapıya sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır” şeklinde tanımlanmıştır (Ö4, Ö8, Ö15). Ayrıca Ö6 verdiği cevapta Compton olayının sağlıkta kullanım alanlarından bahsettiği görülmektedir.

Öğretmen adaylarından Ö13’ün verdiği cevap incelendiğinde ışığın dalga özelliği kullanıldığı ve Ö14’ün verdiği cevapta korunan momentumun elektrona ait olduğuna dair hatalı ifadelerin kullanıldığı görülmektedir. Ö9’un verdiği cevapta ise hatırlayamamasından dolayı saçılma açısı ve dalga boyu kayması arasındaki ilişkiyi kuramadığı görülmektedir.

Fizik öğretmen adaylarının “atom modelleri” kavramını anlama düzeylerine ilişkin sonuçlar Tablo 4.24’ de verilmiştir.

Soru: Atom modelleri ile ilgili bugüne kadar pek çok şey öğrendiniz. Bu öğrenmelerinizden yola çıkarak, zihninizde canlanan ya da var olan “atom” resmini çiziniz. Neden böyle çizdiğinizizi açıklayınız.

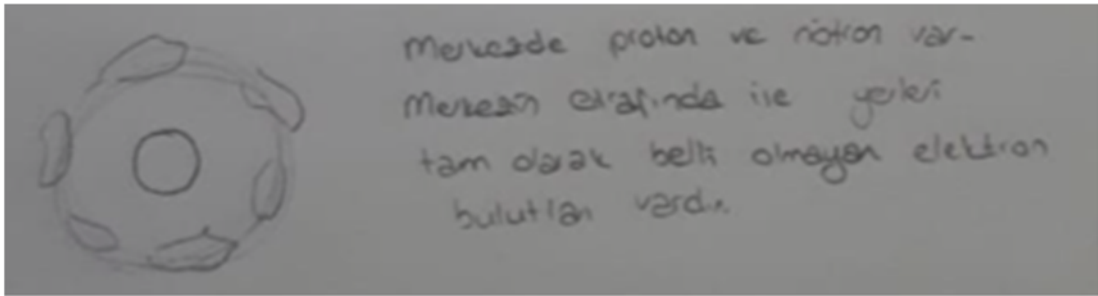
Tablo 4.24.

Atom Modelleri Kavramıyla İlgili Fizik Öğretmen Adaylarının Anlama Düzeyi

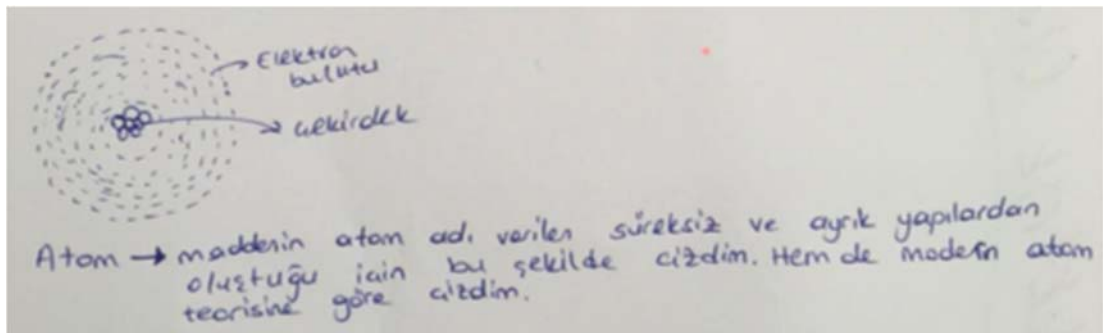
Anlama		Kısmen Anlama		Yanlış Anlama		Anlamama		Cevapsız		Toplam	
f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
10	58.82	4	23.53	2	11.76	-	-	1	5.88	17	100

Tablo 4.24 incelendiğinde fizik öğretmen adaylarının %58.82’lik kısmının anlama düzeyinde cevap verdiği ve öğretmen adaylarının %23.53’lük kısmının kısmen anlama düzeyinde cevap verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının %11.76’lık kısmının yanlış anlama düzeyinde ve %5.88’lik kısmının ise soruya cevap vermediği görülmektedir. Öğretmen adaylarının atom modeli kavramına yönelik örnek ifadeleri şu şekildedir;

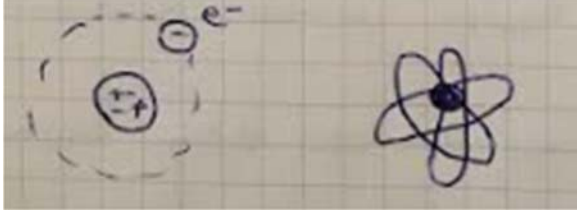
Anlama; (Ö9).



(Ö10).



Kısmen Anlama; (Ö17).



Ö17'nin verdiği cevap incelendiğinde Bohr atom modeli ve modern atom teorisine ait çizim yaptığı görülürken neden böyle çizdiği hakkında yorum yapmadığı görülmektedir.

Bu soru ile ilgili olarak bazı öğretmen adaylarıyla yarı yapılandırılmış görüşmelerde şu cümleler elde edilmiştir;

Görüşmeci: “Atom deyince aklınıza ne geliyor?”

Ö2.: Proton, nötron, çevresinde dolanan elektron, yörünge, orbital kavramları geliyor. Atom Yunanca da bölünemez anlamına geliyor. Zamanla farklı atom modelleri ortaya çıkıyor. Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr atom modelleri. Bohr atom modeli, modern atom teorisine en yakın atom modelidir. Sadece yörünge kavramına değinmiyordu diye hatırlıyorum. Hidrojen ve hidrojene benzeyen sistemler için Bohr atom modeli geçerlidir.

Ö4.: Maddenin en küçük birimlerinden bir tanesi. İçinde daha küçük parçacıklar da var fakat tanım olarak maddenin en küçük birimidir.

Ö6.: Atom bölünemez demektir. İlk başta bölünemeyen olarak karşımıza çıkıyor sonrasın da bölünebiliyor. Atom daha alt parçacıklardan oluşuyor, mesela kuarklar.

Ö7.: Büyük bir kısmı boşluk olan, çekirdek ve elektrondan oluşan, çekirdeğinde de proton ve nötron bulunan bir yapı aklıma geliyor.

Ö8.: Sonsuzluk gibi bir şey aklıma geliyor. Boşluk aklıma geliyor.

Ö9.: Maddenin en küçük yapı taşıdır. Çekirdek, çekirdeğin içindeki nükleonlar, elektron, orbitallerin içinde dolanan elektronlar aklıma geliyor. Bohr atom modelinde elektron yörüngede dolanırken hız vektörünün yönü değişiyor, hızının vektörünün yönünün değişmesiyle de ivmesi değişiyor. Klasik fiziğe göre elektronun enerji kaybetmesi geriyordu ve durumda da çekirdeğe düşmesi gerekiyordu. Fakat elektronun her durumda ışıma yapmadığı gözlemlendi. Yani elektronun belirli yörüngelerde dolandığı ve ışıma yapmadığı ortaya konmuştur. Buradan da orbital kavramı ortaya çıkar. Bohr atom modeli de bir elektronu olan elementler için geçerlidir.

Ö11.: İlk başta en küçük madde diye tanımlanan daha sonra parçalanan yapıdır. Elektron, proton ve nötronlardan oluşan tanecik.

Ö13.: Maddenin en küçük halidir. Çekirdeği olan ve yörüngesinde elektronların dolaştığı yapıdır. Çekirdekte proton ve nötronların olduğu, orbitallerde elektronların dolandığı sistemdir. Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr ve modern atom modelleri aklıma geliyor. Modern atom teorisinde orbital kavramı vardır. Enerji seviyeleri farklıdır. Çekirdeğinde nötron ve elektron bulunurken, yörüngelerde (orbitallerde) elektron bulunur. Elektronların yeri tam olarak belirlenemiyor sadece bulunma ihtimalinden söz edebiliyoruz.

Ö14.: Nötron ve protonun çekirdeğin içinde, elektronların çekirdeğin çevresinde döndüğü sistem aklıma geliyor. Atom altı parçacıklar, modeller aklıma geliyor.

Ö15.: Maddenin en küçük yapı taşı ve modeller geliyor. Elektron, nötron, proton, çekirdek kavramları geliyor. Belirli yörüngelerde çekirdeğin etrafında dolaşan elektronlar vardır. Şu an kullandığımız atom modeli de modern atom modelidir.

Ö16.: Spinler, çekirdek, nötron, proton, elektron kavramları geliyor.

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplar incelendiğinde atom modeli kavramına ait verilen ortak cevabın “maddenin en küçük yapı taşı, çekirdeğinde proton ve nötronun bulunduğu, elektronların yörüngelerde dolandığı model ve Bohr atom modeli” şeklinde tanımlandığı görülmüştür (Ö9, Ö13, Ö15).

Öğretmen adaylarından Ö2'nin verdiği cevapta Bohr atom modelinde yörünge kavramına değinilmiyor ifadesinin hatalı olduğu görülürken, Ö8'in atomu sonsuzluk metaforu olarak gördüğü belirlenmiştir.

4.2. İkinci Alt Probleme İlişkin Bulgular ve Yorum

Araştırmanın ikinci alt problemi “Fizik öğretmen adaylarının modern fiziğin temel kavramları ile ilgili sahip oldukları kavram yanılgıları nelerdir?” şeklinde ifade edilmiştir. Araştırma kapsamında modern fiziğin temel kavramlarına ilişkin yanılgılar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Modern fiziğin doğuşu ile ilgili: Modern fiziğin doğuşuna atomik boyutlara inmemiz sebep olmuştur/ Klasik fizik ışık günlük hayattaki hızlarla açıklanırken kuantum fiziği ışık hızına yakın cisimler için kullanılır/ Klasik fizik makro olaylarla ilgilenirken modern fizik mikro olaylarla ilgilenir.

Modern fiziğin doğuşu ile ilgili yanlış anlamaları incelendiğinde öğretmen adaylarının modern fiziğin atomik boyutlarda geçerli olduğu ve kuantum fiziği ile aynı konuları incelediğine ilişkin kavram yanılgısına sahip oldukları görülmektedir.

Özel görelilik ile ilgili:

Uzunluk büzülmesi: Durgun referans sisteminde ölçülen uzunluklar doğru sonuç verirken hareketli referans sisteminde ölçülen uzunluk problem oluşturuyor/ Uzunluk büzülmesi sadece x ekseninde olur/ Işık hızında hareket eden bir cismin gerçek boyutundan daha kısa görünmesidir.

Uzunluk büzülmesi ile ilgili yanlış anlamaları incelendiğinde öğretmen adaylarının uzunluk büzülmesinin cismin hareket yönünden bağımsız ve cisim ışık hızında hareket ederken gerçek boyutunun hatalı ölçüldüğüne ilişkin kavram yanılgılarına sahip oldukları görülmektedir.

Zaman genişlemesi: Psikolojik zamandan ziyade geçen sürenin farklı bir şekilde algılanmasıdır/ Trenin içindeki gözlemcinin saatiyle dışarıdaki gözlemcinin saatinin farkından dolayı uzunluk büzülmesine sebep olabiliyor/ Uzaya giden ikizlerden biri genç kalırken Dünya'daki ikiz yaşlanmış olur. Bunun nedeni göreliliktir yani zaman genişlemesi ve uzunluk büzülmesidir.

Zaman genişlemesi ile ilgili yanlış anlamaları incelendiğinde öğretmen adaylarının zaman genişlemesini gerçek zamandan farklı ölçülen zaman ve zaman genişlemesiyle uzunluk büzülmesinin meydana geleceğine ilişkin kavram yanılgısına sahip oldukları görülmektedir.

Referans sistemleri: İki öğretmen adayı dışında tüm öğretmen adaylarının iki referans sistemi içindeki gözlemcilerin her ikisinin de haklı olduğu görelilik ilkesini uygulayamamaktadırlar. Bir öğretmen adayının da ışık hızına dahi bir görelilik yüklediği görülmüştür.

Has zaman: Durgun gözlemci için geçen zaman has zamandır/ Has zaman yere göre ölçülen zamandır/ Has zaman gerçek zamandır. Has zaman için mutlak zamandır diyebiliriz.

Has zaman ile ilgili yanlış anlamaları incelendiğinde öğretmen adaylarının gerçek zaman ve durgun gözlemci için gerçek süre olduğuna ilişkin kavram yanılgısına sahip oldukları görülmektedir.

Has uzunluk: İki farklı referans sistemi içindeki gözlemciler için, zaman kısalmasını görmeyen gözlemci gerçek zamanı görmüştür/ Cismin aslında olan boyutlarıdır. Cisim yüksek hızda giderken has uzunluğunda kısalma olur/ Sabit referans sistemindeki gerçek ölçüsüdür.

Has uzunluk ile ilgili yanlış anlamaları incelendiğinde öğretmen adaylarının zaman genişlemesi ve has uzunluğu ilişkilendirdiği ve has uzunluğun cismin gerçek boyu olduğuna dair kavram yanılgısına sahip oldukları görülmektedir.

Mutlak Zaman-Mutlak Uzay: Mutlak zaman vardır. Uzunluk büzülmesi vardır. Bundan dolayı mutlak uzay yoktur/ Mutlak zaman yoktur. Zaman görecelidir. Mutlak uzay vardır/ Mutlak zaman yoktur. Zaman referans sistemlerine göre değişiklik gösterir. Mutlak uzay bir tanedir.

Mutlak zaman ve mutlak uzay ile ilgili yanlış anlamaları incelendiğinde öğretmen adaylarının cevaplarının birbirleriyle çelişkili olduğu görülmektedir. Mutlak zaman yoksa mutlak uzay vardır ya da mutlak zaman varsa mutlak uzayın olamayacağına ilişkin kavram yanılgısına sahip oldukları görülmektedir.

Işık hızı ile ilgili: Göreli kütle var. Kütlenin azalacağını ama kütlenin tamamen yok olmayacağını düşünüyorum/ Kütleleri enerjiye dönüşmeye başlar/ Cisim ışık hızıyla hareket ediyorsa kütlesi enerjiye dönüşmüştür.

Işık hızına yakın hızda hareket eden bir cismin kütlesi ile ilgili yanlış anlamaları incelendiğinde öğretmen adaylarının göreli kütle ve kütlenin enerjiye dönüşeceğine ilişkin kavram yanılgısına sahip oldukları görülmektedir.

Siyah cisim ışıması ile ilgili: Fizik öğretmen adaylarının daha çok ders kitaplarında gördükleri amorf ya da küresel yapıdan başka biçimlerde (küp vs) olamayacağı şeklinde eksik ya da yanlış bir anlayış taşıdıkları görülmüştür. Bu bağlamda siyah cisim ışımasının şekilden bağımsız sadece sıcaklıkla orantılı olduğu gibi bilimsel açıklamadan uzak oldukları görülmüştür.

Termal ışıma ile ilgili: Fizik öğretmen adaylarının çoğunlukla bilimsel olarak doğru bir şekilde ifade ettikleri belirlenmiştir. Maddelerin mutlak sıcaklık dışında her sıcaklıkta bir ışıma yaptıkları şeklinde açıklamalar yapmışlardır.

Fotoelektrik olay ile ilgili: Maksimum kinetik enerji-frekans grafiğinde fotoelektrik iş fonksiyonu, toplam foton enerjisini grafik olarak özetleyen görselde

tanımlayamamışlardır. Yine farklı fotoelektrik iş fonksiyonları büyükten küçüğe sıralandığında fotonun enerjisi ve kopan foto elektronların maksimum kinetik enerjilerinin nasıl değişeceğini gösteren grafiği hiçbir öğretmen adayı tamamlayarak çizememiştir.

Bununla beraber akım şiddeti-voltaj “ $I=f(V)$ ” grafiğinde öğretmen adaylarının ışık şiddeti ile akım şiddeti arasında doğru bağlantıyı kuramadıkları görülmüştür. Akım şiddeti-voltaj grafiği üzerine “durdurucu potansiyel” şeklinde ifade etmeleri gereken A noktasını birçok fizik öğretmen adayının tanımlayamadığı, soruyu cevapsız bıraktığı görülmüştür.

Compton olayı ile ilgili: Fizik öğretmen adayları Compton olayı nedir sorusuna ışığın tanecik modelini gösteren bir olay olduğu konusunda benzer ve bilimsel anlayışlar taşıdıkları belirlenmiştir. Bu bağlamda fizik öğretmen adaylarının Compton olayına dair genel bir tanım bilgi düzeyinde yapabildikleri, olayın gerçekleşme biçimini anlamadıkları ve yorumlayamadıkları ifade edilebilir.

Atom ve atom modelleri ile ilgili: Maddenin en küçük halidir/ Maddenin en küçük yapı taşıdır/ Maddenin en küçük yapı taşı ve modeller geliyor.

Atom ve atom modelleri ile ilgili yanlış anlamaları incelendiğinde öğretmen adaylarının maddenin en küçük yapı taşı olduğuna ilişkin kavram yanılgısına sahip oldukları görülmektedir.

BÖLÜM V

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma

Bu araştırmada fizik öğretmen adaylarının modern fiziğin temel kavramları ile ilgili kavramsal anlama düzeyleri ve kavram yanlışlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla belirlenen iki alt problem doğrultusunda konu ile ilgili tartışmalar aşağıda sunulmaktadır.

1) Fizik öğretmen adaylarının modern fiziğin temel kavramları ile ilgili kavramsal anlama düzeyleri nasıldır?

İlk olarak öğretmen adaylarının modern fizik kavramını merkeze koyarak çizdikleri zihin haritaları incelendiğinde 13 ortak kavrama yer verdikleri belirlenmiş; haritalarda en sık kullanılan modern fizik kavramının fotoelektrik olay olduğu görülmüştür. Bu bağlamda “fotoelektrik olay” kavramının modern fizikle en çok bağdaştırdıkları kavram olduğu ifade edilebilir. Bu kavramın arkasından en çok özel görelilik ve siyah cisim ışıması kavramlarına çoğu öğretmen adayının haritasında yer verdiği görülmüştür.

İki öğretmen adayının zihin haritasında nükleer fizik ile doğrudan ilişkili radyoaktivite kavramını da modern fizik ile doğrudan ilgili bir kavram olarak yer verdiği belirlenmiştir. Bununla beraber haritada bazı öğretmen adaylarının çift yarık deneyi ve ışığın tanecik modeli ile bağlantı kurduğu önemli bir yanlış anlamaya haritada yer verdikleri; ayrıca bu fikirlerini görüşme sırasında modern fizik ile ilgili kavramlar arasında sıralamışlardır. İki öğretmen adayının genel görelilik kavramını uzunluk büzülmesi ve zaman genişlemesi kavramlarıyla ilişkilendirdiği, özel görelilik ile bağlantı kurmadığı belirlenmiştir. Buradan fizik öğretmen adaylarının modern fizik ile ilgili zihin haritalarında genel olarak modern fiziğe ait temel kavramlara doğru bir şekilde yer vermekle beraber; bazı öğretmen adaylarının modern fizikle ilgiliymiş gibi görünen atom, nükleer fizik ve optik ile ilgili kavramlarla da yanlış ilişkilendirmeler kurmuş oldukları söylenebilir.

Araştırmanın bu bölümünde veri toplama aracı olarak MFKA-S ve MFKA-GF lerden elde edilen bulgular, her iki araçtan elde edilen bulgulardan ortaya çıkan verilerin kategorize edilerek, benzer içerikler için tanımlanan temalar çerçevesinde tartışılmıştır.

Modern Fizik ve Klasik Fiziği İlişkilendirme: Fizik öğretmen adaylarının modern fiziğin doğuşu ile klasik fizik geçersiz hale gelip gelmediği ile ilgili kavram anlama testi ve görüşmelerden elde edilen bulgular incelendiğinde, çoğu öğretmen adayının Newton fiziğinin geçerli olduğu bölgenin sınırlı olduğunu, ışık hızına yakın hızlarda modern fiziğin geçerli olup, bütün hız aralığının tamamını kapsadığını belirtmişlerdir.

Öğretmen adaylarının çoğu klasik fiziğin yetersizlikleri nedeniyle modern fiziğin doğuşunu açıklamaktadır. Ve bu yetersizliği yine yoğun bir şekilde siyah cisim ışımasının klasik fizik ile açıklanamayışı olayına bağlamışlardır.

Bununla beraber modern fiziğin doğuşunun sebeplerini Newton fiziğinin hangi durumda yetersiz kalmasıyla ilgili olduğunu açıklayamadıkları, modern fiziğin klasik fiziğin gelişmiş hali olduğunu, modern fiziğin atomik düzeydeki olaylarla ilgilendiği yine kuantum fiziğinin ışık hızındaki cisimlerle uğraştığı şeklindeki ifadelerinden de modern fizik ile kuantum fiziğini ayırt edemedikleri şeklinde bulgular, fizik öğretmen adaylarının modern fizik kavramı ve modern fiziğin nasıl ortaya çıktığı ile ilgili görüşlerinin eksik ve zayıf olduğu ifade edilebilir.

Özel Görelilik İle İlgili Temel Kavramlar:

Yoğunluk ile ilgili görelilik: Öğretmen adaylarının yoğunluk ile ilgili özel görelilik sorusuna çok az sayıda öğretmen adayının (4 kişi) yanıt verdiği, çoğu öğretmen adayının yoğunluk göreliliği ile ilgili soruyu çözemedikleri belirlenmiştir. Çözen öğretmen adaylarının bazılarının da has uzunluk ve görelî uzunluğu karıştırdığı görülmüştür. Sezgin Selçuk (2011) tarafından yapılan araştırmadan alınan bu soruya fen bilgisi öğretmen adaylarının da yalnızca üçte birinin doğru yanıt verdiği; yanlış kavramsal anlayış ile bazı öğretmen adaylarının kütle ve hacmin değişmezliği ya da çoğu öğretmen adayının ise kütle ve hacmin hız arttıkça artıp, uzunluktaki kısalma ile hacimdeki değişimden söz ettiği belirlenmiştir.

Uzunluk büzülmesi/ Zaman genişlemesi/ Referans sistemleri: Uzunluk büzülmesi ve zaman genişlemesi kavramları ile ilgili öğretmen adaylarının birçoğunun her iki referans sistemine göre görelî şekilde gerçekleşen olayları, mutlak zaman ve mutlak uzunluk ile açıklamaya çalıştıkları belirlenmiştir. Öğretmen adayları iki referans sistemi içindeki

gözlemcilerin her ikisinin de haklı olduğu görelilik ilkesini uygulayamamaktadırlar. Bir öğretmen adayının da ışık hızına dahi bir görelilik yüklediği görülmüştür.

Öğretmen adaylarının uzunluk büzülmesi ile ilgili açıklamaları göz önüne alındığında, daha çoğunluğunun, uzunluk büzülmesinin ışık hızına yakın hızla hareket eden bir referans sistemi ile diğer bir referans sistemine göre kısalması şeklinde, “hareketli sistemde bulunan bir cismin boyu hareketsiz sistemdeki gözlemci ya da hareketli sistemdeki gözlemcinin hareketsiz sistemdeki cismin boyunun kısalmış olarak görmesi” bilimsel gerçeğine uygun yanıtlar verdikleri görülmüştür.

Dikkat çekici bir diğer bulgu da zaman genişlemesinin birçok öğretmen adayı tarafından ikizler paradoksuna atıf yaptıkları görülmüştür. Zaman genişlemesinin olayın gerçekleştiği yerde ölçülen zaman olduğu şeklindeki bilimsel bir tanımın hiçbir öğretmen adayınca yapılmadığı belirlenmiştir.

Ayrıca birçok öğretmen adayının bir takım geometrik cisimlerin ışık hızına yakın hızla hareket etmeleri halinde alacakları şekil ile ilgili çizimleri yapamadıkları; bununla birlikte uzunluk büzülmesinin hareket doğrultusunda olduğunu sözle ifade ettiği belirlenmiştir. Buradan öğretmen adaylarının uzunluk büzülmesi ile ilgili ezbere bilgiler taşıdıkları ifade edilebilir.

Has Zaman-Has Uzunluk kavramları: Fizik öğretmen adaylarının hemen hemen hepsinin has zaman kavramını “gerçek zaman, durgun gözlemciye göre geçen zaman” gibi has zamanın yani olayın gerçekleştiği yerde geçen zamanı, durgun gözlemcide gerçek zaman gibi yanlış bir anlama ile yorumladıkları belirlenmiştir. Sezgin Selçuk (2011) tarafından yapılan araştırmada da “has zaman” kavramının tanımı ile ilgili öğretmen adaylarının kavramsal anlayışlarında yanlış anlamalar bulunduğu sonucu bu araştırma sonucuna benzerdir.

Has uzunluk kavramı ile ilgili fizik öğretmen adaylarının çoğunun, durgun gözlemci tarafından ölçülen uzunluk ifadesini kullanmış olduğu ve cismin durgun olduğu referans sisteminde ölçülen uzunluğu şeklindeki bilimsel açıklamaya benzer bir tanım yapmış oldukları ifade edilebilir.

Mutlak Zaman-Mutlak Uzay kavramları: Fizik öğretmen adaylarının mutlak uzay ve mutlak zaman kavramlarına çelişkili tanımlar verdikleri görülmüştür. Mutlak zaman yok ise de mutlak uzayın olabileceği ya da tersini ifade etmişlerdir. Bununla beraber mutlak zaman ve uzay olmadığını ifade etmekle beraber uzay ve zamanın birbirinden bağımsız olduğunu ifade etmişlerdir.

Mutlak zamanın olmadığını zaman genişlemesi, mutlak uzayın olmadığını uzunluk büzülmesi ile tanımlamaktadırlar fakat hiçbir öğretmen adayı birbirine göre sabit hızla hareket eden iki eylemsiz referans sisteminde olayların gerçekleşme zamanı ve konumlarının birbiri ile aynı olduğu şeklinde bilimsel bir açıklama yapamamışlardır.

Işık/ Işığın doğası/ Işık-Madde Etkileşimi/Işık hızı: Fizik öğretmen adaylarının büyük oranda ışık kavramını bilimsel olarak uygun bir çizimle görselleştirdiği; hem dalga hem parçacık özelliği taşıyan foton dalga paketçiklerinden söz etmekle beraber, az sayıda öğretmen adayının ışığı doğrusal ışık ışınları ile ya da sadece küçük tanecikler olarak eksik/hatalı çizimler yaptıkları görülmüştür.

Işığın doğası ile fizik öğretmen adaylarının çoğunlukla elektromanyetik dalga enerjisi olduğu ve dalga-tanecik yapısına vurgu yaptığı görülmüştür.

Işığın madde ile etkileşimi ile ilgili öğretmen adaylarının çoğunluğu fotoelektrik olay ve Compton olayını örnek vermiştir.

Bununla birlikte fizik öğretmen adaylarının çoğunluğunun ışık hızı ile hareket eden maddelerin kütesinin azalacağı veya enerjiye dönüşeceği şeklinde bilimsel olarak yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Az sayıda öğretmen adayının kütenin değişmez bir büyüklük olduğunu ifade ettiği görülmektedir. Sezgin Selçuk (2011) tarafından fen bilgisi öğretmen adaylarının özel görelilik ile ilgili kavramsal anlayış ve zorluklarının belirlendiği araştırmada bu araştırmanın sonucuna benzer şekilde öğretmen adaylarının üçte birinin kütenin hıza bağlı bir büyüklük olduğunu ifade ettikleri belirlenmiştir. Bunun da önemli bir kaynağının ders kitaplarında Türk veya yabancı yazarların küteyi hıza bağlı olarak değişim gösteren rölativistik ve durgun kütle ayrımlarını yapmalarına dayandığı ifade edilmektedir. Bununla birlikte günümüz kitaplarında bu hata, durgun kütle ifadesinin kaldırılması ile düzeltilmektedir.

Siyah Cisim Işıması kavramı: Fizik öğretmen adaylarının çoğunun siyah cisim olması gerektiği gibi çizdikleri belirlenmiştir. Bununla beraber daha çok ders kitaplarında gördükleri amorf ya da küresel yapıdan başka biçimlerde (küp vs) olamayacağı şeklinde eksik ya da yanlış bir anlayış taşıdıkları görülmüştür. Bu bağlamda siyah cisim ışımasının şekilden bağımsız sadece sıcaklıkla orantılı olduğu gibi bilimsel açıklamadan uzak oldukları görülmüştür.

Siyah cisme ait ışıma-dalgaboyu grafiğinde mutlak sıcaklıklarla enerji ilişkilendirmesini doğru bir şekilde yorumlamışlardır. Yani sıcaklık yükseldikçe spektral ışıma şiddetinin de arttığı bilimsel gerçeğini yoğun olarak ifade etmişlerdir.

Termal Işıma kavramı: Fizik öğretmen adaylarının çoğunlukla bilimsel olarak doğru bir şekilde ifade ettikleri belirlenmiştir. Maddelerin mutlak sıcaklık dışında her sıcaklıkta bir ışıma yaptıkları şeklinde açıklamalar yapmışlardır.

Fotoelektrik olay: Fizik öğretmen adaylarının fotoelektrik olay ile ilgili;

Maksimum kinetik enerji-frekans grafiğinde fotoelektrik iş fonksiyonu, toplam foton enerjisini grafik olarak özetleyen görselde tanımlayamamışlardır. Öğretmen adaylarının hemen hemen tamamı “ $hf = K_{\max} + hf_0$ ” şeklinde fotoelektrik olayı özetleyen formülü grafiğe uyarlayamamışlardır. Yine farklı fotoelektrik iş fonksiyonları büyükten küçüğe sıralandığında fotonun enerjisi ve kopan foto elektronların maksimum kinetik enerjilerinin nasıl değişeceğini gösteren grafiği hiçbir öğretmen adayı tamamlamamışlardır.

Bununla beraber akım şiddeti-voltaj “ $I=f(V)$ ” grafiğinde öğretmen adaylarının ışık şiddeti ile akım şiddeti arasında doğru bağlantıyı kuramadıkları görülmüştür. Akım şiddeti ile ışık şiddeti arasındaki sıralamayı doğru yapan öğretmen adaylarının dahi açıklamaları ışık şiddetinin foton sayısı ile değil, foton enerjisi ile açıklayarak yanlış bilimsel açıklamalarda bulundukları, çoğu öğretmen adayının soruyu cevapsız bıraktığı görülmüştür. Alanyazında Özcan ve Çalışkan (2012) tarafından yapılan, fotoelektrik olayda fotonlar tarafından sökülen elektronlara ait $I=f(V)$ grafiğinin öğrenciler tarafından yorumlanmasını inceleyen araştırmada gelen ışığın yani gelen fotonun enerjisinin artışının, foto elektron sayısı yani akımın artışına sebep olduğuna dair yanlış bu araştırma ile benzer sonuçlara sahiptir.

Akım şiddeti- voltaj grafiği üzerine “durdurucu potansiyel” şeklinde ifade etmeleri gereken A noktasını birçok fizik öğretmen adayının tanımlayamadığı, soruyu cevapsız

bıraktığı görülmüştür. Bununla beraber bilimsel olarak doğru tanım yapan iki öğretmen adayının maksimum enerjili foto elektronları durdurucu potansiyeli olarak ifade etmişlerdir. Bir öğretmen adayının ise bu potansiyele “geciktirme potansiyeli” şeklinde bilimsel olmayan bir kavram oluşturduğu belirlenmiştir. Özcan ve Çalışkan (2012) bu araştırmadan farklı olarak, öğrencilerin çoğunluğunun durdurucu potansiyel şeklindeki ifadeyi grafik üzerinde doğru şekilde gösterip tanımladığını belirlemiştir. Bununla birlikte durdurucu potansiyeli bu araştırmadaki gibi bilimsel olmayan şekilde ilk ya da başlangıç potansiyeli gibi ifadelerle tanımladıklarını ortaya çıkarmıştır.

Compton Olayı: Öğretmen adayları bir elektrondan x-ışını saçılması (Compton Olayı) olayını klasik modele göre sadece bir öğretmen adayının doğru bir çizim yaptığı; fizik öğretmen adaylarının bir yarısının kuantum fiziği modeline göre Compton olayını doğru bir şekilde görselleştirdiği belirlenmiştir. Bununla beraber geriye kalan yarısının herhangi bir çizim yapamadığı görülmüştür.

Fizik öğretmen adaylarına Compton olayına ait 45 derecelik saçılma açısı için verilen saçılan ışığın şiddeti-dalga boyu grafiği dalga boyu değişimlerine dair grafik üzerindeki noktaları, saçılan ışığın dalga boyunun büyük (λ) , gelen fotonun dalga boyunun (λ_0) küçük olması ile ilgili, yarıya yakın öğretmen adayının doğru şekilde ifade ettiği; bununla beraber birçok öğretmen adayının dalgaboyu değişimine dair hiçbir açıklama yazamadığı görülmüştür.

Compton olayında $\theta=0^\circ$, $\theta=135^\circ$ açıları için dalga boyuna bağlı olarak saçılan x-ışını şiddeti grafiklerini çizmesi beklenen öğretmen adaylarının birçoğu herhangi bir çizim yapamamış. Bu grafiği 17 öğretmen adayından sadece bir öğretmen adayının doğru şekilde çizdiği belirlenmiştir. Bir öğretmen adayı ise 135 derece için dalga boylarına ait kaymayı doğru biçimde vermekle beraber, saçılan ve gelen fotonun enerjilerini eşit olarak çizmiştir.

Kavramsal anlama düzeyleri ile ilgili sorularda Compton olayı ile ilgili çizim ve grafik yorumlama da önemli eksiklikleri belirlenmiş olan fizik öğretmen adaylarının hemen hemen hepsinin Compton olayı nedir sorusuna ışığın tanecik modelini gösteren bir olay olduğu konusunda benzer ve bilimsel anlayışlar taşıdıkları belirlenmiştir. Bu bağlamda fizik öğretmen adaylarının Compton olayına dair genel bir tanımını bilgi düzeyinde yapabildikleri, olayın gerçekleşme biçimini anlamadıkları ve yorumlayamadıkları ifade edilebilir.

Bu araştırmada Compton olayındaki dūřuk ve zayıf kavramsal anlamaların alanyazında Yıldız ve Būyūkkasap (2011) tarafından yapılan araştırma sonuēları ile benzerlik gōstermektedir. Modern fiziēe giriş dersini alan ōēretmen adaylarının Compton olayı ile ilgili anlama dūzeylerinin nitel olarak incelendiēi araştırmada ōēretmen adaylarının %73,2 sinin Compton olayını tanımlayamadıkları ve %64,8 inin Compton olayı ile ilgili herhangi bir eřitliēi (doēru veya yanlış) yazamadıkları belirlenmiştir.

Atom Modelleri: Fizik ōēretmen adaylarının zihinlerinde canlanan ya da var olan “atom” resmi ēizimleri incelendiēinde, hemen būtūn fizik ōēretmen adaylarının Bohr atom modeline ait ēekirdek ve kararlı yōrūngelerdeki elektron dizilimini gōsterdiēi; ayrıca az sayıda ōēretmen adayının modern atom teorisine ait bir ēekirdek ve elektronların orbitallerini bulutsu bir biēimde gōrselleřtirme yoluyla atom ēizimleri yaptıkları belirlenmiştir. Akyol (2009) tarafından ōēretmen adaylarının zihinlerindeki atom modellerini incelediēi araştırmasında da benzer şekilde fizik ōēretmen adaylarının en ēok Bohr atom modeli ile atomu gōrselleřtirdiēi ve yōrūngelerin enerji dūzeyleri olarak elektronların bulunduēu daireler ifadelerini kullandıkları belirlenmiştir. Ōēretmen adaylarının Bohr atom modelini atom modeli ēizimlerinde sık kullanmaları, ilk ve ortaōēretimde ders kitaplarında da sıklıkla kullanılan ēizim olması sonucunda zihinlerinde oluşmuş kavramsal bir anlayış kaynaklı olduēu ifade edilebilir.

2) *Fizik ōēretmen adaylarının modern fiziēin temel kavramları ile ilgili sahip oldukları kavram yanılgıları nelerdir?*

Fizik ōēretmen adaylarının modern fizik kavramlarına yōnelik sahip oldukları belli başlı kavram yanılgıları, yanlış kavramsal anlamaları temelinde ele alınarak şu şekilde sıralanmıştır:

1) *Fizik ōēretmen adaylarının modern fiziēin atomik dūzeydeki olaylarla ilgilendiēi yine kuantum fiziēinin ışık hızındaki cisimlerle uērařtıēı şeklindeki ifadelerinden, modern fizik ve kuantum fiziēinin inceleme konularının aynı olduēu şeklinde ōnemli bir kavram yanılgısı taşıdıkları gōrūlmūřtur.*

2) Fizik öğretmen adaylarının özel görelilik ile ilgili ilk postüla olan eylemsiz referans sistemlerinde bütün fizik yasalarını aynı olduğu ile ilgili bilimsel anlayıştan uzak, birçoğunun her iki referans sistemindeki olayların farklı biçimde gerçekleşeceği şeklinde yanılgıları tespit edilmiştir. Mutlak zaman ve mutlak uzay kavramlarında çelişkili ifadeler kullanmaktadır ve bu bağlamda mutlak zaman ve uzayın yokluğunu ifade etseler dahi uzay ve zamanın birbirlerinden bağımsız olduğu şeklinde önemli yanılgıları bulunmaktadır. Aynı zamanda hemen hemen bütün fizik öğretmen adaylarının “has zaman” ı gerçek zaman olarak ifade ettiği yani “has” kelimesinin Türkçe konuşma dilindeki karşılığını kullandıkları belirlenmiştir.

3) Fizik öğretmen adaylarının önemli bir kavram yanılgısının da ışık hızı ile hareket eden cisimlerin/maddelerin kütesinin azalacağı gibi bir anlayışları bulunduğu belirlenmiştir.

4) Fizik öğretmen adaylarının siyah cisim ışımasının siyah cismin şeklinden bağımsız olmadığı, sadece sıcaklıkla ilgili olması gereken bilimsel anlayıştan uzak bir anlamaya sahip oldukları belirlenmiştir.

5) Fizik öğretmen adaylarına atom denildiğinde aklınıza neler gelir sorusuna yoğun olarak maddenin en küçük yapıtaşı, maddenin en küçük hali ve en küçük madde şeklinde ifadeler kullandığı; bazılarının da atom modellerinden söz ettiği belirlenmiştir. Bir öğretmen adayı atom kavramı için “boşluk ve sonsuzluk” kavramının aklına geldiği şeklinde bir metafor kurduğu görülmüştür. Fizik öğretmen adaylarının atomu maddenin en küçük yapı taşı olarak tanımlaması alanyazında daha önce tespit edilmiş modern fizikteki yaygın kavram yanılgılarından (Güneş, 2017; Yağbasan ve diğerleri, 2005) biri olarak bu çalışmada da aynı şekilde belirlenmiştir. Bu yanılgının en önemli nedeninin ders kitaplarında atom kavramının yaygın şekilde bu biçimiyle ezberlenmesi olabileceği gibi; öğretmen adaylarının ortaöğretim düzeyinde de fizik derslerinde atom ve atomun oluşturan parçacıkları yine atoma ait parçacıklar gibi görerek atomdan daha küçük parçacıklar olarak genel bir tanım yapamadıkları şeklinde yorumlanabilir.

5.2. Sonuç ve Öneriler

Araştırmada elde edilen bulgular ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1) Fizik öğretmen adaylarının modern fizik kavramı ile en çok fotoelektrik olay kavramını ilişkilendirdiği belirlenmiştir. Yine çoğu öğretmen adayının siyah cisim ısıması ve Compton olayını modern fizik kavramı ile ilişkilendirdiği tespit edilmiştir.

2) Fizik öğretmen adaylarının klasik fizik ya da Newton fiziğinin modern fiziğin doğuşu ile birlikte geçersiz hale gelmediğinin farkında oldukları; bununla beraber modern fiziğin doğuşunda klasik fizikteki yetersizliklere açıklık getiremediği, sadece siyah cisim ısımasına değindikleri ve ilginç olarak modern fiziği kuantum fiziği ile aynı gördükleri tespit edilmiştir.

3) Fizik öğretmen adaylarının özel görelilik ile ilgili temel kavramlar üzerinde çok sayıda yanlış kavramsal anlama ve yanlışlara sahip oldukları belirlenmiştir. Uzunluk büzülmesi, zaman genişlemesi, referans sistemleri, has uzunluk, has zaman, mutlak uzay ve mutlak zaman gibi çok temel kavramlarla ilgili önemli yanlışlara sahip oldukları tespit edilmiştir.

4) Fizik öğretmen adaylarının ışık kavramını bilimsel bir gerçeklik üzerinden çoğunlukla görsel bir çizim oluşturamadığı; ışığın doğasında dalga-parçacık şeklinde ikili özelliğinin farkında oldukları; ışığın madde ile etkileşiminde yine yoğun olarak fotoelektrik olayı örnek verdikleri; bununla beraber ışık hızı ile hareket etmesi halinde maddenin kütesinin enerjiye dönüşeceği veya azalacağı şeklinde kütleinin invariant (değişmez) özelliğine dair önemli bir yanlış taşıdıkları tespit edilmiştir.

5) Fizik öğretmen adaylarının çoğunun siyah cismi olması gerektiği gibi çizdikleri; bununla beraber daha çok ders kitaplarında gördükleri amorf ya da küresel yapıdan başka biçimlerde (küp vs) olamayacağı şeklinde eksik ya da yanlış bir anlayış taşıdıkları tespit edilmiştir.

6) Fizik öğretmen adaylarının hemen hemen tamamı “termal ısıma” kavramını maddelerin mutlak sıcaklık dışında her sıcaklıkta bir ısıma yaptıkları şeklinde bilimsel açıklamalar yaptıkları tespit edilmiştir.

7) Fizik öğretmen adaylarının fotoelektrik olay ile ilgili maksimum kinetik enerji-frekans, akım şiddeti-voltaj grafiklerinde hiçbir temel kavramı gösteremediği; yoğun olarak fotoelektrik olayı açıklayan temel ilkeyi kavrayamamış oldukları tespit edilmiştir.

8) Fizik öğretmen adaylarının Compton olayını bilgi düzeyinde tanımlamakla birlikte, olayla ilgili grafikleri yorumlayamadıkları, olayın içinde gerçekleşen süreci kavrayamamış oldukları tespit edilmiştir.

9) Fizik öğretmen adaylarının atom modelleri ve atom kavramı ile ilgili kavramsal anlayışlarının hemen hemen hepsinde proton, nötron, çekirdek ve yörünge kavramlarını sıklıkla kullanarak, çoğu öğretmen adayının zihinlerinde canlanan modelin Bohr atom modeli olduğu tespit edilmiştir. Az sayıda fizik öğretmen adayının orbital, bulutsu yapıdan söz ettiği görülmüştür. Yine fizik öğretmen adaylarının yoğun şekilde atomu maddenin en küçük yapıtaşı olarak tanımladıkları ve alanyazında yaygın şekilde görülen yanılgıyı taşıdıkları sonuçlarına ulaşılmıştır. Bu da öğretmen adaylarının, ilk ve ortaöğretimde ders kitaplarından sıklıkla kullanılan görsellerden dolayı oluşan kavramsal anlayışlarının modern atom teorisini benimsemelerine bir zorluk getirdiği ifade edilebilir.

Bu sonuçlar ışığında öneriler aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- 1) Fizik öğretmen adaylarının modern fizik kavramları ile ilgili kavramsal anlamalarının genel olarak bilimsel anlayıştan uzak olduğu görülmüştür. Bu bağlamda son derece önemli olan bu kavramların özellikle geleceğin öğretmenleri olan öğretmen adaylarına ezbere bilgiden uzaklaştıracak şekilde modern fizik derslerinde farklı öğretim yöntem ve tekniklerine (örneğin simülasyonlar) başvurulması gerektiği önerilebilir.
- 2) Ana dildeki kelimelerin Türkçe anlamlarının sebep olduğu yanılgıların önüne geçmek adına modern fizikteki temel kavramların bilimsel anlamının daha ayrıntılı ve derinsel anlamları ile açıklanması önemli bir gereklilik olarak görülmüştür.

- 3) Öğretmen adaylarının modern fizik derslerinde kavrama ve uygulama düzeyindeki kazanımlara ulaşmaları için grafik okuma, grafik çizme, soyut kavramları bir çizim yoluyla görselleştirme etkinliklerine daha sık yer verilmesi gerektiği ifade edilebilir.



KAYNAKÇA

- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and misunderstandings of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (2), 105-120.
- Åkerlind, G. S. (2005). Variation and commonality in phenomenographic research methods. *Higher Education Research & Development*, 24(4), 321-334.
- Aksakallı, A., Turgut, Ü., & Salar, R. (2016). Modern fiziğe karşı negatif algılar ve yabancılaşma algısının nedenleri: Lisans öğrencileri üzerine nitel bir araştırma. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 771-794.
- Akyol, D. (2009). *Fen alanlarında öğrenim gören üniversite öğrencilerinin zihinlerindeki atom modellerinin incelenmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Alkış, S. (2006). İlköğretim öğrencilerinin yağış kavramını algılama biçimleri. *İlköğretim Online*, 5(2), 126-140.
- Anagün, Ş. S., Ağır, O., & Kaynaş, E. (2010). İlköğretim öğrencilerinin fen ve teknoloji dersinde öğrendiklerini günlük yaşamlarında kullanım düzeyleri. *9. Ulusal Sınıf Öğretmenliği Eğitimi Sempozyumu*. Fırat Üniversitesi Eğitim Fakültesi.
- Bahar, M. (2006). *Fen ve teknoloji öğretimi*. Ankara: Pegem Akademi
- Baltacı, A. (2018). Nitel araştırmalarda örnekleme yöntemleri ve örnek hacmi sorunsalı üzerine kavramsal bir inceleme. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 231-274.
- Bastem, E. (2012). *6. Sınıf fen ve teknoloji dersinde dolaşım sistemi konusunun zihin haritalama tekniği ile öğretilmesinin başarıya etkisi* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Başer, M., & Çataloğlu, E. (2005). Kavram değişimi yöntemine dayalı öğretimin öğrencilerin ısı ve sıcaklık konusundaki yanlış kavramlarının giderilmesindeki etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 29 (29), 43-52.

- Biktimirov, E. N., & Nilson, L. B. (2006). Show them the money: Using mind mapping in the introductory finance course. *Journal of Financial Education*, 72-86.
- Bilal, E. (2010). *Elektrik konusunun modelleme yoluyla öğretiminin kavramsal anlama, akademik başarı ve epistemolojik inançlara etkisi* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). DEÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Buzan, T. (2000). *The Mind Map Book*. Penguin Books. The Buzan Organisation, Ltd.
- Büyükkasap, E., Dügün, B., Ertuğrul, M., Samancı, O. (1998). Bilgisayar destekli fen öğretiminin kavram yanılgıları üzerine etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 6, 5966.
- Canpolat, N. (2002). *Kimyasal denge ile ilgili kavramların anlaşılmasında kavramsal değişim yaklaşımının etkinliğinin incelenmesi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50 (1), 66-71.
- Creswell, J. W. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five traditions*. Thousand Oaks, California: Sage Publications.
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (2. baskı). Thousand Oaks, California: Sage Publications.
- Creswell, J.W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Los Angeles, CA: Sage.
- Çalışkan, N., & Yeşil, R. (2005). Eğitim sürecinde öğretmenin beden dili. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(1), 199-207.
- Çamlı, H. (2009). Bilgisayar destekli zihin haritalama tekniğinin ilköğretim 5. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına, fene ve bilgisayara yönelik tutumlarına etkisi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir*.
- Çaycı, B., Demir, M. K., Başaran, M., & Demir, M. (2007). Sosyal bilgiler dersinde işbirliğine dayalı öğrenme ile kavram öğretimi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 15(2), 619-630.

- Çaycı, B. (2007). Kavram değiştirme metinlerinin kavram öğrenimi üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(1), 87-102.
- Davies, W. M. (2010). Concept mapping, mind mapping and argument mapping: What are the differences and do they matter?. *Higher Education*, 62(3), 279-301.
- Demir, N., & Akarsu, B. (2014). Modern fizik konuları ile ilgili kavram testi geliştirilmesi ve uygulanması: Modern Fizik Kavram Testi (MKFT). *Journal of European Education*, 4(2), 39-51.
- Demir, Y. (2008). *Kavram yanlışlarının belirlenmesinde kavram karikatürlerinin kullanılması*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dey, I. (1993). *Qualitative data analysis: a user friendly guide for social scientists*. London, England: Routledge.
- Dokuzfidan, G. (2019). *Lise öğrencilerinin fotoelektrik ve Compton olaylarına ilişkin fikirleri* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). Children's ideas and the learning of science. *Children's Ideas in Science*, 1-9.
- Ecevit, T., & Şimşek, P. Ö. (2017). Öğretmenlerin fen kavram öğretimleri, kavram yanlışlarını saptama ve giderme çalışmalarının değerlendirilmesi. *İlköğretim Online*, 16(1).
- Efe, R., Hevedanlı, M., & Yetişir, İ. (2005). *Fen ve teknoloji eğitiminde temel kavram hataları. İlköğretimde fen ve teknoloji öğretimi*. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Ekinci, E. (2021). *Fen ve fizik öğretmen adaylarının Ay'ın hareketleri hakkındaki kavram yanlışları* (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi.
- Erkıpçak, Hasanhan Taylan (2017). Husserl ve fenomenolojisi: Bir özet. *Arkhe-Logos Felsefe Dergisi*, 4, 247-258.
- Eryılmaz, A., & Tatlı, A. (2000). ODTÜ öğrencilerinin mekanik konusundaki kavram yanlışları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(18).

- Euler, M. (1999). *Students' views of models and concepts in modern physics*. (13 Mart 2009), <http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1999-NARSTWKSQAP>.
- Euler, M., Hanselmann, M., Müller, A., & Zollman, D. (1999, March). Students' views of models and concepts in modern physics. *In Papers presented at the annual meeting National Association for Research in Science Teaching March* (s. 15).
- Evrekli, E., & Balım, A. G. (2010). Fen ve teknoloji öğretiminde zihin haritası ve kavram karikatürü kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına ve sorgulayıcı öğrenme becerileri algılarına etkisi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 1(2), 76-98.
- Flood, A. (2010). Understanding phenomenology. *Nurse Researcher*, 17 (2), 7-15.
- Gödek, Y., Polat, D., & Kaya, V. H. (2018). *Fen bilgisi öğretiminde kavram yanlışları*. Ankara: Pegem Akademi.
- Görece, M. (2013). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği temel kavramlarını anlama düzeylerine 7E öğretim modelinin etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi.
- Gül, H. (2021). Bilim ve Araştırma Etiği. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 42, 103-120.
- Güneş, B. (2017). *Doğru bilinen yanlışlardan, yanlış bilinen doğrulara: Fizikte Kavram yanlışları*. Ankara: Palme Yayıncılık
- Güneş, T., Dilek, N. Ş., Demir, E. S., Hoplan, M., & Çelikoğlu, M. (2010, Kasım). Öğretmenlerin kavram öğretimi, kavram yanlışlarını saptama ve giderme çalışmaları üzerine nitel bir araştırma. *In International Conference on New Trends in Education and Their Implications* (Vol. 11, No. 13, pp. 937-944).
- Işıkoğlu Erdoğan, N. (2005). Eğitimde nitel araştırma. *Eurasian Journal of Educational Research*, 20, 158-165.
- İmer, K. (1990). *Dil ve toplum*. Ankara: Gündoğan Yayınları.
- İnel Ekici, D. (2015). Fen öğretmeni adaylarının bilime ilişkin algılarının zihin haritaları yoluyla belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (34), 132-151.

- Kaptan, F. (1999). *Fen bilgisi öğretimi*. İstanbul: M.E.B. Yayınları (3229).
- Kara, İ., Erduran Avcı, D., ve Çekbaş, Y. (2008). Fen bilgisi öğretmen adaylarının ışık kavramı ile ilgili bilgi düzeylerinin araştırılması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16, 46-57.
- Karadüz, A. (2010). Language skills and the critical thinking. *Journal of Turkish Studies*, 5.
- *Karamustafaoğlu, O., Yaman, S. & Karamustafaoğlu, S. (2005). Fen ve Teknoloji Eğitiminde Öğrenme ve Öğretim Materyalleri: Bölüm 9 s. 211-234, İlköğretimde Fen ve Teknoloji Öğretimi (Ed: T. Kesercioğlu & M. Aydoğdu), Ankara: Anı Yay.
- Karataş, Z. (2015). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri. *Manevi Temelli Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi*, 1 (1), 62-80.
- Kaya A., (2010). Fen bilgisi öğretmen adaylarının ışık ve atom kavramlarını anlama seviyelerinin tespiti, *Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10 (1), 15-37.
- Kırıkkaya, E. B., & Güllü, D. (2008). İlköğretim beşinci sınıf öğrencilerinin ısı-sıcaklık ve buharlaşma-kaynama konularındaki kavram yanılgıları. *İlköğretim Online*, 7(1), 2-14.
- Miles, M. B. & Huberman, M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2. baskı). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Özcan, Ö. (2011). Fizik öğretmen adaylarının özel görelilik kuramı ile ilgili problem çözme yaklaşımları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 40(40), 310-320.
- Özcan, Ö. ve Çalışkan, S. (2012). Pre-service physics teachers' understanding of the photoelectric effect: Qualitative study. *Mediterranean Journal of Educational Research*, 11, 55-66.
- Özcan, Ö., ve Çalışkan, S. (2012). Fizik öğretmen adaylarının fotoelektrik olayı anlamaları nitel çalışma. *Akdeniz Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 2012.
- Özdemir, E. (2015). *Bilgisayar destekli 10. sınıf modern fizik ünitesi öğretiminin öğrencilerin kavramsal ve duyuşsal değişimlerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özdoğan, T., Kara, M., Gümüş, S., & Orbay, M. (2011). *Modern fiziğe giriş*. Ankara: Pegem A Yayıncılık.

- Özmen, H. (2004). Fen öğretiminde öğrenme teorileri ve teknoloji destekli yapılandırmacı (constructivist) öğrenme. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 3(1), 100-111.
- Paliç Şadoğlu, G. (2014). *Lise modern fizik ünitesine yönelik 7E öğretim modeline uygun tasarlanan materyalin etkisinin incelenmesi* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Parikh, N. D. (2016). Effectiveness of teaching through mind mapping technique. *The International Journal of Indian Psychology*, 3(3), 148-156.
- Pınarbaşı, T. (2002). *Çözünürlükle ilgili kavramların anlaşılmasında kavramsal değişim yaklaşımının etkinliğinin incelenmesi* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Sarı, U., & Güven, G. B. (2013). The effect of interactive whiteboard supported inquiry-based learning on achievement and motivation in physics and views of prospective teachers toward the instruction. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)* 7 (2), 110-143.
- Sewell, A. (2002). Constructivism and student misconceptions: why every teacher needs to know about them. *Australian Science Teachers Journal*, 48 (4), 24-28.
- Serway, R. A., Beichner, R. J. (2011). *Fen ve Mühendislik için Fizik 3, Modern Fizik*. Palme Yayıncılık: Ankara.
- Sezgin Selçuk, G. (2011). Addressing pre-service teachers' understandings and difficulties with some core concepts in the special theory of relativity. *European Journal of Physics*, 32, 1-13.
- Soylu, Y., & AYDIN, S. (2006). Matematik derslerinde kavramsal ve işlemsel öğrenmenin dengelenmesinin önemi üzerine bir çalışma. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 83-95.
- Steinberg, R. N., Oberem, G. E., & McDermott, L. C. (1996). Development of a computer-based tutorial on the photoelectric effect. *American Journal of Physics*, 64(11), 1370-1379.

- Strauss, A. L. & Corbin, J. (1990). *Basic of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques*. Newbury Park, CA: Sage.
- Sungmin, I. M. (2012). An investigation on university students' conceptual understanding of introductory quantum physics. *New Physics: Sae Mulli*, 62(2), 135-141.
- Şadoğlu, G. P., & Akdeniz, A. R. (2015). 7E öğrenme modeline yönelik tasarlanan materyallerin lise öğrencilerinin modern fizik başarılarına etkisi. *Journal of Computer and Education Research*, 3 (5), 96-129.
- 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.
- Tekkaya, C., Çapa, Y., ve Yılmaz, Ö. (2000). Biyoloji öğretmen adaylarının genel biyoloji konularındaki kavram yanlışları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(18).
- Türkyılmaz, H. (2017). Yenilikçi bir öğretim tekniği olarak zihin haritalama ve din eğitiminde kullanımı. *International Journal of Education Technology and Scientific Researches*, 2(3), 148-161.
- Türnüklü, A. (2000). Eğitimbilim araştırmalarında etkin olarak kullanılabilecek nitel bir araştırma tekniği: Görüşme. *Kuram ve uygulamada eğitim yönetimi*, 24(24), 543-559.
- Ünal Çoban, G. (2009). *Modellemeye dayalı fen öğretiminin öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerine, bilimsel süreç becerilerine, bilimsel bilgi ve varlık anlayışlarına etkisi: 7. sınıf ışıık ünitesi örneği* (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Ünlü, P., İngeç, Ş. K., Budak, M. G. ve Erduran Avcı, D. (2006). *Fen Bilgisi Öğretmenliği için Fizik 4, Modern Fizik*. Anı Yayıncılık: Ankara
- Yağbasan, R., & Gülçiçek, A. G. Ç. (2003). Fen öğretiminde kavram yanlışlarının karakteristiklerinin tanımlanması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(13), 102-120.
- Yalçın, S. K., & Şengül, M. (2007). Dilin iletişim süreci içerisindeki rolü ve işlevleri. *Electronic Turkish Studies*, 2 (2).

- Yaşar, I. Z. (2006). *Fen eğitiminde zihin haritalama tekniğiyle not tutmanın kavram öğrenmeye ve başarıya etkisi* (Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi.
- Yenilmez, K., ve Elif, Y. A. Ş. A. (2008). İlköğretim öğrencilerinin geometrideki kavram yanılgıları. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(2), 461-483.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (7. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2005). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri* (5.Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2016). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız, A. ve Büyükkasap, E. (2011). Öğretmen adaylarının Compton olayını anlama düzeyleri ve öğrenme amaçlı yazma aktivitelerinin akademik başarıya etkisi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8(1), 1643-1664.
- Yıldız, C., Çekmez, E., ve Bütünler, S. Ö. (2012). Fenomenografik araştırma yöntemi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 6(2), 77-102.



EKLER

EK 1.

Tarih:.....

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ETİK KURULU**

BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM FORMU
(Örnek olarak sunulmuştur. Araştırmacı tarafından düzenlenebilir.)

Bu formun amacı katılmanız rica edilen araştırma ile ilgili olarak sizi bilgilendirmek ve katılmanız ile ilgili izin almaktır.

Bu kapsamda “.....” başlıklı araştırma “.....” tarafından **gönüllü katılımcılarla** yürütülmektedir. Araştırma sırasında sizden alınacak bilgiler gizli tutulacak ve sadece araştırma amaçlı kullanılacaktır. Araştırma sürecinde konu ile ilgili her türlü soru ve görüşleriniz için aşağıda iletişim bilgisi bulunan araştırmacıyla görüşebilirsiniz. Bu araştırmaya **katılmama** hakkınız bulunmaktadır. Aynı zamanda çalışmaya katıldıktan sonra çalışmadan **çıkabilirsiniz**. Bu formu onaylamanız, **araştırmaya katılım için onam verdiğiniz** anlamına gelecektir.

Araştırmayla İlgili Bilgiler:

Araştırmanın Amacı:.....

Araştırmanın Nedeni:

Süresi:

Araştırmanın Yürütüleceği Yer:

Çalışmaya Katılım Onayı:

Katılmam beklenen çalışmanın amacını, nedenini, katılmam gereken süreyi ve yeri ile ilgili bilgileri okudum ve gönüllü olarak çalışma süresince üzerime düşen sorumlulukları anladım. Çalışma ile ilgili ayrıntılı açıklamalar sözlü olarak araştırmacı tarafından yapıldı. Bu çalışma ile ilgili faydalar ve riskler ile ilgili bilgilendirildim.

Bu araştırmaya kendi isteğimle, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

Katılımcının (Islak imzası ile)

Adı-Soyadı:

İmzası:

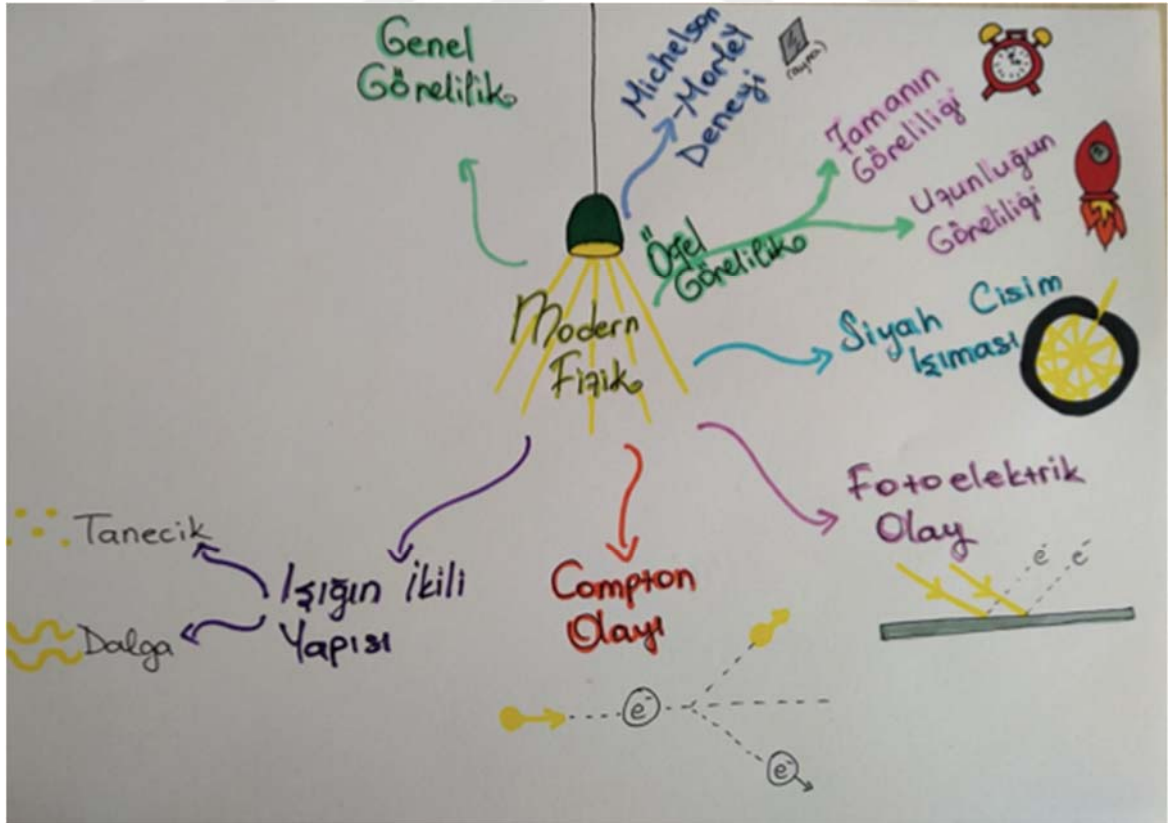
Araştırmacının

Adı-Soyadı:

e-posta:

İmzası:

EK 2.



EK 3.

Modern Fizik Kavramsal Anlama Sınavı (MFKAS)

Ad-Soyad:

Sevgili Öğrenci, aşağıda verilen modern fizik kavramları ile ilgili soruları özenle ve tüm bilgilerinizi kullanarak yanıtlamanız beklenmektedir. Sorulara verdiğiniz yanıtlar tamamen bilimsel amaçlı kullanılacaktır. Kavramsal anlamalarınızı belirlemek adına yapacağınız her açıklama çok değerlidir. İsimleriniz araştırmada paylaşılmayacaktır. Süre 90 dakika olarak belirlenmiştir. İlgili ve emeğiniz için çok teşekkürlerimizi sunarız.

Yasemen Ezgi YILDIRIM

Prof. Dr. Serap ÇALIŞKAN

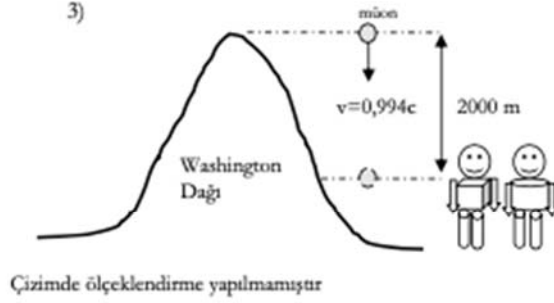
SORULAR

- 1) Modern fiziğin doğuşu klasik fizik (Newton fiziği) yasalarını tamamen geçersiz kılmış mıdır? Yanıtınızı nedenleriyle detaylı olarak açıklayınız.

v

2)

Şekildeki silindirin durgun halde yoğunluğu $2,7 \text{ g/cm}^3$ tür. Yatay doğrultuda $v=0,8 \text{ c}$ sabit hızıyla hareket eden silindirin, yerde duran durgun bir gözlemciye göre yoğunluğu kaç g/cm^3 olarak ölçülür?



Müonlar, kozmik ışınların üst atmosferde bulunan parçacıklar ile çarpışmaları sonucu oluşan parçacıklardır. Bir müonun ömür süresi; durgun olduğu veya yavaş hareket ettiği bir referans sisteminde $2.2 \cdot 10^{-6}$ s olarak ölçülmüştür. Bu sürede başka bir parçacığa dönüşen $0.994 c$ hızlı kararsız elementer bir parçacık olan müonlar, bozunmadan atmosferin 650 m aşağısına kadar mesafe katedebilirler. Bu durumda dağın eteklerinde bulunmamları gerekirdi. Ancak Rossi ve Hall 1941 yılında Washington dağında yaptıkları bir deney ile dağın tepesinde ve 2000 m aşağısındaki müonların sayısını ölçmüşlerdir.

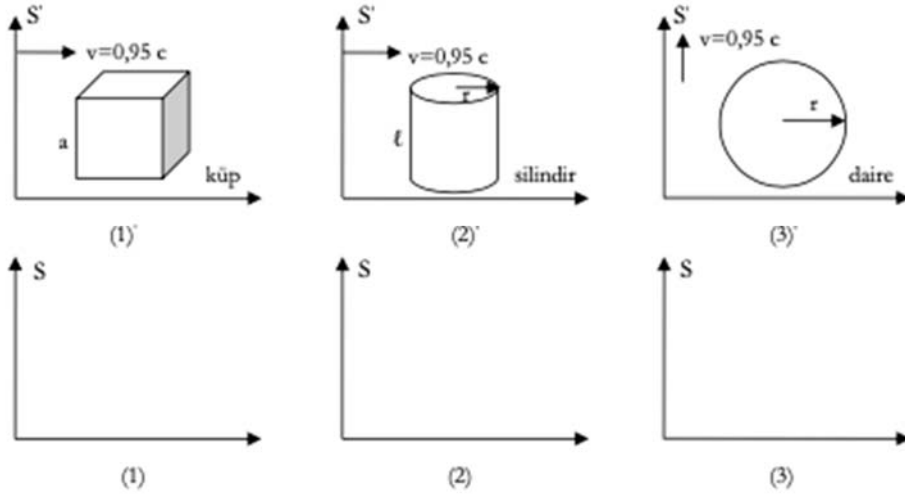
a) Bu durumda yeryüzündeki Rossi ve Hall müonların ömrünü kaç s ölçmektedir?

b) Müon referans sistemine göre Washington dağı kaç m ölçülmektedir?

c) Yeryüzündeki gözlemciler Rossi ve Hall tarafından dağın eteklerindeki müonların gözlemlenmesini bu hesaplar sonucunda nasıl açıklarsınız. Detaylı anlatınız.

d) Ölçümler müonlar referans sisteminde mi Rossi ve Hall un olduğu yeryüzü referans sisteminde mi doğrudur? Neden? Açıklayınız.

4)



Yukarıda verilen koordinat sistemlerindeki her geometrik şeklin, durgun gözlemciye göre $v = 0.95c$ hızıyla bir S' referans sisteminde hareket ettiğini düşününüz. Yer referans sistemindeki (S referans sistemi) durgun bir gözlemci geometrik şekilleri nasıl görür? çiziniz.

Çizdiğiniz şekilleri nasıl ve neden bu şekilde çizdiğinizi açıklayınız.

(1)

(2)

(3)

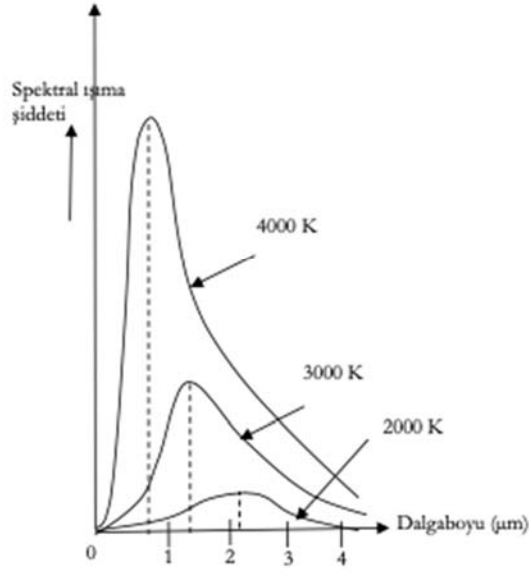
5) a) Derste öğrendilerinizden sonra zihninizde oluşan siyah cisim modeli örneğini çiziniz. Neden böyle çizdiğinizi açıklayınız.

b) Çizdiğiniz şekli başka biçimlerde ya da büyüklüklerde de çizebilir misiniz? Neden?

c) Siyah cisim ısıması modelini açıklamak için siyah cisim yerine başka renkte bir cisim (örneğin kırmızı) kullanılabilir miydi? Kullanılsaydı ne olurdu? açıklayınız.

d) Siyah cisim doğada mevcut mudur?

6)

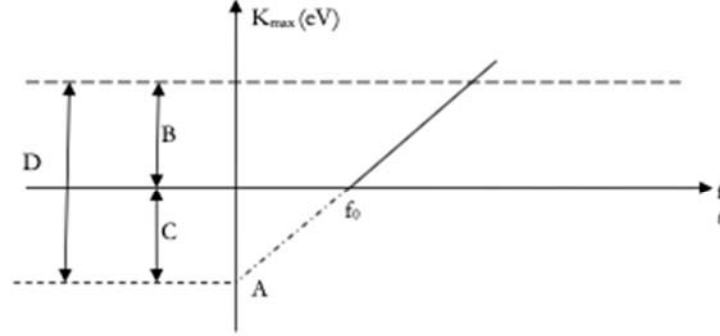


Siyah cisim ısıması için farklı sıcaklıklarda verilen deneysel eğrilere bakarak, grafiği yorumlayınız. Grafikte verilen üç sıcaklık değeri için enerjileri küçükten büyüğe sıralayınız.

7) Atom modelleri ile ilgili bugüne kadar pek çok şey öğrendiniz. Bu öğrenmelerinizden yola çıkarak, zihninizde canlanan ya da var olan "atom" resmini çiziniz.

Neden böyle çizdiğinizi açıklayınız.

8)



Yukarıdaki şekilde grafik tipik bir fotoelektrik olay deneyinde gelen ışık frekansının fonksiyonu olarak kopan fotoelektronların maksimum kinetik enerjisini göstermektedir. (Burada f_0 =eşik frekansı fotoelektrik olayın başlaması için gerekli olan en düşük frekanstır.)

a) Grafik üzerinde A, B, C ve D ile işaret edilen bölümlerin fiziksel anlamları nedir, gerekli formülleri kullanarak açıklayınız.

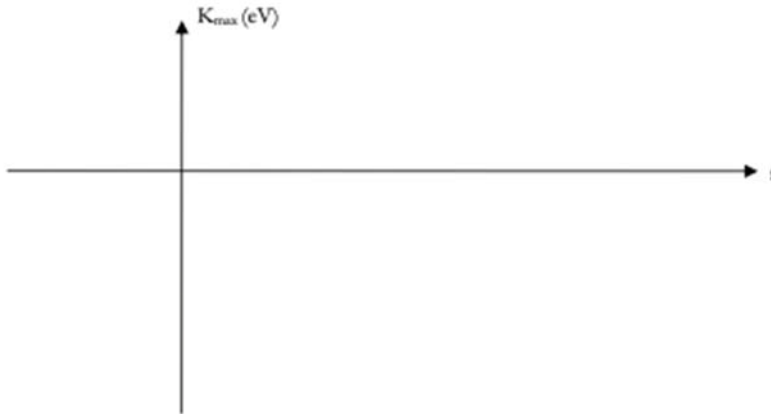
A:

B:

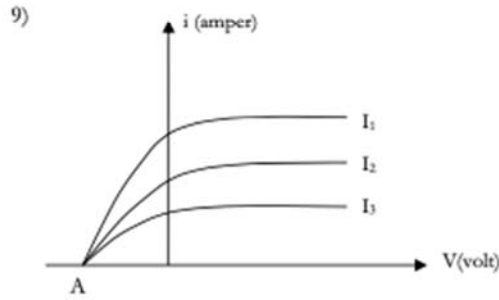
C:

D:

b) Fotoelektrik iş fonksiyonları (W) büyükten küçüğe $W_1 > W_2 > W_3$ olan M_1, M_2, M_3 metalleri için bu grafik nasıl olmalıdır çizerek gösteriniz. Yaptığınız çizimin nedenini açıklayınız.



c) Fotoelektrik iş fonksiyonu 3 eV olan bir metale, 5 eV luk 50 foton gönderilmesi halinde kopacak fotoelektron sayısı, gelen fotonların enerjisi ve kopan fotoelektronların maksimum kinetik enerjisi ne olur? Açıklayınız.



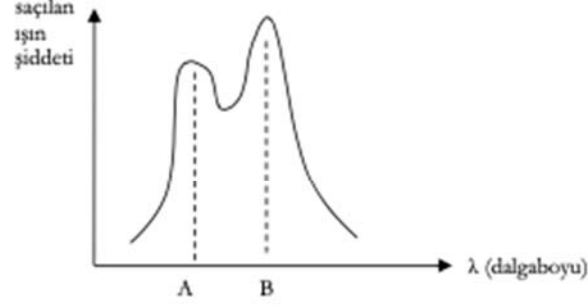
Yukarıdaki grafikte ışığa duyarlı yüzeye gönderilen üç farklı ışık şiddeti için akım-gerilim grafiği verilmiştir.

a) Fotoelektrik olay ile ilgili bilgileriniz doğrultusunda grafikte verilen ışık şiddetlerini (I) büyükten küçüğe doğru sıralayınız. Nedenini açıklayınız.

b) Üç farklı ışık şiddeti için çizilen eğrilerin kesiştiği A noktasının ne olduğunu tanımlayınız. Anlamını açıklayınız.

10) a) Bir elektrondan x-ışını saçılması (Compton Olayı) olayını klasik model ve kuantum fiziği modeline göre çizerek gösteriniz. Neden bu şekilde çizdiğinizizi detaylı şekilde anlatınız.

b) Compton olayında $\theta=45^\circ$ açısı (θ : fotonun saçılma açısı) için saçılan x- ışınının dalga boyundaki değişimi gösteren grafik aşağıdaki gibi ise:



Grafik $\theta=45^\circ$ lik açı için çizilmiştir.

Grafiği fiziksel olarak yorumlayıp; A ve B ile işaret edilen bölümlerin fiziksel anlamları nelerdir yazınız.

A:

B:

c) $\theta=0^\circ$, $\theta=135^\circ$ açıları için dalga boyuna bağlı olarak saçılan x-ışını şiddeti grafikleri nasıl olur? Çiziniz. Nedenini açıklayınız.

11) Işık nedir? Işığın nasıl bir çizimle ifade edersiniz. Neden böyle çizdiğinizi açıklayınız.

12) Işık ve madde özellik olarak birbirine benzer mi? Açıklayınız.

EK 4.**Modern Fizik Kavramsal Anlama Sınavı Görüşme Soruları****Ad-Soyad:**

Sevgili Öğrenci, Modern Fizik Kavramsal Anlama Sınavı (MFKAS)'nın etkililiği ve verimliliğinin belirlenmesi amacıyla sizlere birtakım sorular sorulmaktadır. Bu sorulara özenle ve tüm bilgilerinizi kullanarak, düşüncelerinizi açıklıkla dile getirmenizin oldukça önemli olduğunu vurgulamak isterim. Sorulara verdiğiniz yanıtlar tamamen bilimsel amaçlı kullanılacak olup, isimleriniz araştırmada paylaşılmayacaktır. Vereceğiniz bilgiler, ilgi ve katılımınız için çok teşekkür ederiz.

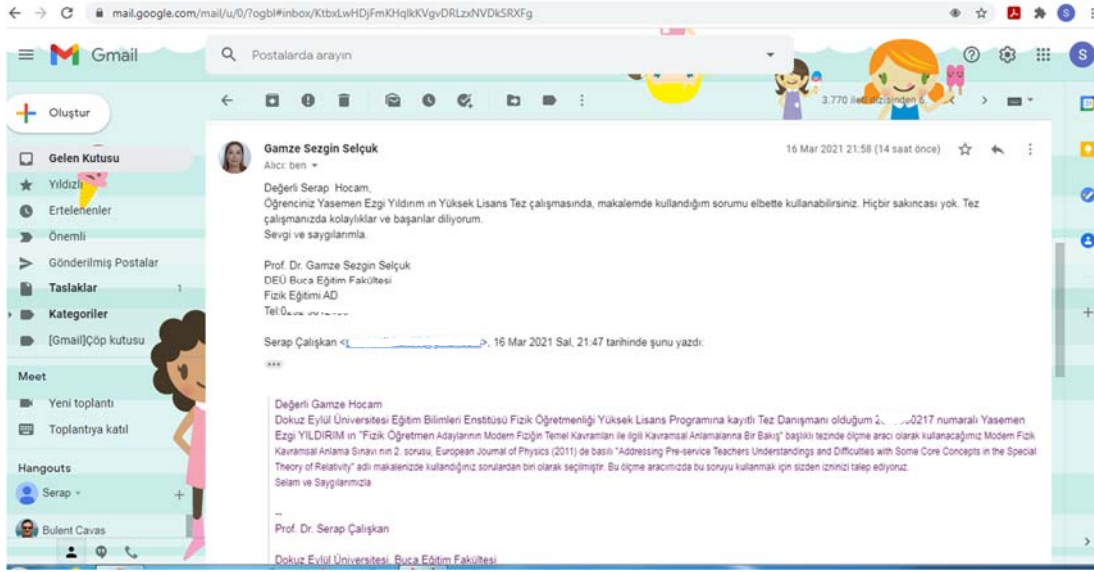
Yasemen Ezgi YILDIRIM

Prof. Dr. Serap Çalışkan

SORULAR

1. Modern fiziğin doğuşuna neler sebep olmuştur? Modern fizik hangi kavramları içermektedir?
2. A) Zaman genişlemesini nasıl tanımlarsınız?
B) Has zaman kavramını açıkla mısınız?
C) Uzunluk bü zülmesini nasıl tanımlarsınız?
D) Has uzunluk kavramını açıkla mısınız?
E) Uzayda uzunluk bü zülmesi her yönde mi olur? Açıkla mısınız?
3. A) Termal ışıma nedir?
B) Siyah cisim nedir?
C) Her madde termal ışıma yapabilir mi? Nasıl?
4. Atom deyince aklınıza ne geliyor?
5. Bir maddeye ışık gönderdiğimizde ne olur? Modern fizikteki hangi olayları örnek verebilirsiniz?
6. Compton Olayı hakkında bildiklerinizi söyleyiniz.
7. Işık nedir? Işığın doğası hakkında neler söyleyebilirsiniz?
8. Mutlak zaman var mıdır? Mutlak uzay var mıdır? Uzay ve zaman birbirinden bağımsız mıdır?
9. Işık hızına yakın hızda hareket eden bir cismin kütlesi için ne söylenebilir?

EK 5.



ÖĞRENCİNİN AKADEMİK ÖZGEÇMİŞİ

Kişisel Bilgiler			
Adı ve Soyadı	Yasemen Ezgi Yıldırım		
E-postası/Web Sayfası			
Bildiği Yabancı Diller	İngilizce		
Uzmanlık Alanı	Fizik Eğitimi		
Öğrenim Bilgileri			
	Üniversite	Bölüm	Yıl
Lisans	Dokuz Eylül Üniversitesi	Fizik Öğretmenliği	2019
Tez Başlığı	FİZİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ MODERN FİZİĞİN TEMEL KAVRAMLARI İLE İLGİLİ KAVRAMSAL ANLAMALARINA BİR BAKIŞ		
Tez Danışmanı	Prof. Dr. Serap Çalışkan		
Akademik Eserler			
(Makale, kitap, kitap bölümü, bildiri, poster, sergi, konser vb. eserlerden kaynakça yazım kurallarına göre en fazla 10 eser yazılmalıdır.) Tezden üretilen yayınlar * ile işaretlenmelidir.			
Alanıyla İlgili Bilimsel Kuruluşlara Üyelikler			
Alanıyla İlgili Aldığı Ödüller			

EK 2. Uygulama İzinleri

Çok İvedi



T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Hukuk Müşavirliği

Sayı : E-87347630-640.99-60347 27/05/2021
 Konu : Yasemen Ezgi YILDIRIM

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : a) 19.03.2021 tarih ve E-87347630-640.99-45472 sayılı yazınız.
 b) Buca Eğitim Fakültesi Dekanlığının 07.05.2021 tarih ve E-85316909-640.99-54605 sayılı yazısı.

İlgi (a)'da kayıtlı yazınız ile bildirilen Enstitünüz lisansüstü öğrencisi Yasemen Ezgi YILDIRIM'ın "Fizik Öğretmen Adaylarının Modern Fiziğin Temel Kavramları ile İlgili Kavramsal Anlamalarına Bir Bakış" konulu çalışması kapsamında uygulama yapma talebine ilişkin Buca Eğitim Fakültesi Dekanlığından alınan ilgi (b)'de kayıtlı yazı, işbu yazımız ekinde sunulmaktadır.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Nükhet HOTAR
Rektör

Ek: İlgi (b)'de kayıtlı yazı ve ekleri (2 Sayfa)

Elektronik imza ile imzalanmıştır.
 Elektronik imzadan 2BAE7659X2 kodu ile doğrulayabilirsiniz.

Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü
 Adres: C...
 Tel: ... Elektronik Ağ: www.deu.edu.tr
 Kep Adresi: dokuzeyluluniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi İçin İrtibat:
 Merve ÇÜRÜK
 Dahili:
 E-Posta: ...




ETİK İZİN

Çok İvedi



T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Hukuk Müşavirliği

Sayı : E-87347630-640.99-45472 16/04/2021

Konu : Etik Kurul İzni Hk.
Yasemen Ezgi YILDIRIM

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 19.03.2021 tarih ve E-49926767-300.99-31865 sayılı yazınız.

İlgide kayıtlı yazınıza istinaden Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma ve Yayın Etik Kurulunun 05.04.2021 tarihli toplantısında alınan 4 sayılı karar ile Enstitünüz Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Öğretmenliği Yüksek Lisans Programı öğrencisi Yasemen Ezgi YILDIRIM'ın "Fizik Öğretmen Adaylarının Modern Fiziğin Temel Kavramları ile İlgili Kavramsal Anlamalarına Bir Bakış" adlı tez çalışmasında uygulayacağı anketin etik açıdan uygun olduğuna karar verilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Nükhet HOTAR
Rektör

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evrağımızı <http://dogrulama.deu.edu.tr> linkinden B496902AX8 kodu ile doğrulayabilirsiniz.

Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü
Adres: C. ...
Tel: ...
Elektronik Ağ: www.deu.edu.tr
Kep Adresi: dokuzeyuluniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi İçin İrtibat:
Merve ÇÜRÜK
Dahili:
E-Posta: ...




OKUL İZİNLERİ



T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Hukuk Müşavirliği

ÇOK İVCELİ

Sayı : E-87347630-640.99-48790

27/04/2021

Konu : Yasemen Ezgi YILDIRIM

BUCA EĞİTİM FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

Üniversitemiz Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Öğretmenliği Yüksek Lisans Programı öğrencisi Yasemen Ezgi YILDIRIM'ın "Fizik Öğretmen Adaylarının Modern Fiziğin Temel Kavramları ile İlgili Kavramsal Anlamalarına Bir Bakış" adlı tez çalışmasında uygulayacağı anket Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma ve Yayın Etik Kurulunun 05.04.2021 tarihli toplantısında alınan 4 sayılı kararla uygun bulunmuş olup, ilgili Biriminizde tez uygulaması yapmak istemektedir.

Kendisine gerekli iznin verilmesi hususunda bilgilerini ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Nükhet HOTAR
Rektör

Ek: Tez Uygulama Dosyası (16 Sayfa)

[Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.]

[Evrâğınaız <http://dogrulama.deu.edu.tr/iznizimden/2BA3F05NK2> kodu ile dogrulanabilmektedir.]

Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü
Adres: Ç...
Tel: 6... Elektronik Ağ: www.deu.edu.tr
Kep Adresi: dokuzeyuluniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi İçin İrtibat:
Merve ÇÜRÜK
Dahili:
E-Posta: ...tr

izmir
Anımsanır izmir



ÖLÇME ARAÇLARININ UYGULANMA İZİNLERİ



T.C.
BUCA EĞİTİM FAKÜLTESİ
Buca Eğitim Fakültesi Dekanlığı



Sayı : E-85316909-640.99-54605

07/05/2021

Konu : Yasemen Ezgi YILDIRIM

HUKUK MÜŞAVİRLİĞİNE

İlgi : 27.04.2021 tarih ve 87347630-640.99-48790 sayılı yazınız.

Üniversitemiz Eğitim Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Öğretmenliği Yüksek Lisans Programı öğrencisi Yasemen Ezgi YILDIRIM'ın "Fizik Öğretmen Adaylarının Modern Fiziğin Temel Kavramları ile İlgili Kavramsal Anlamalarına Bir Bakış" adlı tez çalışmasında Fakültemiz Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümünde anket uygulama isteği çalışmayı kendisinin takip etmesi koşulu ile uygun bulunmuştur.

Bilgilerinizi ve gereğini arz ederim.

Prof.Dr. Esra BUKOVA GÜZEL
Dekan

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Fesratinizi <http://dogrulama.deu.edu.tr/biklerden/2E74E7665902> kodu ile doğrulayabilirsiniz.

Dokuz Eylül Üniversitesi – Buca Eğitim Fakültesi
Adres: Buca, 35100, İzmir
Tel: 0232 395 20 20 Elektronik Ağ: <http://bef.deu.edu.tr>
Kep Adresi: dokuzeyuluniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için İmtihata:
Sevgi TİFTİK
Dahili:

E-Posta:



