

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORTA ÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**FİZİK ÖĞRETMENİ ADAYLARININ TEMEL VE BİLEŞİK  
PARÇACIKLAR İLE PARÇACIK HIZLANDIRICILARINA DAİR  
GÖRÜŞLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Aycan ERGİN**

**Balıkesir, Eylül-2011**

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORTA ÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**FİZİK ÖĞRETMENİ ADAYLARININ TEMEL VE BİLEŞİK  
PARÇACIKLAR İLE PARÇACIK HIZLANDIRICILARINA DAİR  
GÖRÜŞLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Aycan ERGİN**

**Balıkesir, Eylül-2011**

T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORTA ÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ ANABİLİM  
DALI

FİZİK ÖĞRETMENİ ADAYLARININ TEMEL VE BİLEŞİK  
PARÇACIKLAR İLE PARÇACIK HIZLANDIRICILARINA DAİR  
GÖRÜŞLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aycan ERGİN

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Saime KERMAN SOLMAZ  
Tez Eş Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER

Sınav Tarihi: 15. 09. 2011

Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Saime KERMAN SOLMAZ (BAÜ)

Doç. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER (BAÜ)

Doç. Dr. Neşet DEMİRCİ (BAÜ)

Doç. Dr. M. Sabri KOCAKÜLAH (BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. R. Suat İŞILDAK (BAÜ)

Enstitü Yönetim Kurulunun ..... tarih ..... sayılı oturumunun .....  
nolu kararı ile ..... Mezun olmuştur.

Balıkesir, Eylül-2011

## **ÖNSÖZ**

Yüksek lisans sürecinde benden görüş ve düşüncelerini esirgemeyen, yaptığı rehberlikle üzerimdeki karamsarlığı atmamı sağlayan ve daha geniş açıdan düşünmemi sağlayan, yol gösteren, uzakta olduğum süreç içerisinde mailleri ile bana yardımlarını sürdüren ve benim maillerime hemen cevap veren ve beni her zaman destekleyen ve güvenen tez danışmanım Doç. Dr. Saime KERMAN SOLMAZ'a en derin saygılarımla teşekkür ederim.

Tezimin uygulama öncesi, uygulama ve analiz sürecindeki değerli görüş ve önerileriyle tezime katkılarda bulunan ve tezimin şekil almasını sağlayan başta eş danışmanın Doç. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER olmak üzere, Yrd. Doç. Dr. Asuman KÜÇÜKÖZER, Doç. Dr. Neşet DEMİRCİ ve Yrd. Doç. Dr. Suat IŞILDAK'a en derin saygılarımla teşekkür ederim.

Tez çalışmamın uygulama öncesi döneminde yaptığım pilot çalışmaya arkadaşlarıyla beraber gönüllü olarak katılan, Balıkesir'de kaldığım süre içerisinde beni evinde misafir eden, manevi desteğini benden hiç esirgemeyen sevgili dostum Ayça AYDIN'a; tez çalışmamın her evresinde görüş ve önerileriyle beni destekleyen ve bana yardım eden benim gibi yüksek lisans öğrencisi ve çiçeği burnunda öğretmen sevgili dostum Perihan ÇAPÇI'ya ve tez yazım ve uygulama sürecinde sunduğu değerli görüşlerinden dolayı ve bu süreçteki yardımlarından dolayı sevgili arkadaşım Araştırma Görevlisi Mustafa ÇORAMIK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu sürecin her anında benden manevi ve maddi desteklerini esirgemeyen, en karamsar olduğum anlarda bile bana olan güvenlerini sonsuz şekilde hissettiren sevgili babam Mustafa ERGİN başta olmak üzere tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**Balıkesir, 2011**

**AYCAN ERGİN**

## ÖZET

### FİZİK ÖĞRETMENİ ADAYLARININ TEMEL VE BİLEŞİK PARÇACIKLAR İLE PARÇACIK HIZLANDIRICILARINA DAİR GÖRÜŞLERİNİN BELİRLENMESİ

AYCAN ERGİN

Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Fizik Eğitimi Anabilim Dalı

(Yüksek Lisans Tezi/ Tez Danışmanı: Doç. Dr. Saime KERMAN SOLMAZ)  
(Eş Danışman: Doç. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER)

Balıkesir, Eylül 2011

Fizik eğitimi alanında gerek ulusal alan yazında gerekse uluslararası alan yazında yapılan çalışmalara bakıldığında atom altı parçacıklar ve parçacık hızlandırıcıları ile ilgili bir çalışmanın olmadığı görülmektedir. Bu çalışma ile Balıkesir Üniversitesinde 2010-2011 Eğitim Öğretim Yılı Bahar Yarıyılında öğrenim görmekte olan Fizik Öğretmenliği 3. Sınıf öğrencisi 15 öğretmen adayının atom altı parçacıklara ve parçacık hızlandırıcılarına dair görüşleri ortaya çıkarılmıştır. Çalışmanın amacı öğretmen adaylarının araştırma kapsamına alınan kavram ve konulara ilişkin sorulan araştırma sorularına verdikleri cevaplar yardımıyla oluşturulan kategorilere göre görüşlerini yorumlamak ve ne düşündüklerini ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda öğrencilerle yapılan yarı yapılandırılmış görüşmeler fenomenografik araştırma yöntemi ile analiz edilip kategorilere ayrılmış ve öğretmen adaylarının görüşleri ortaya çıkarılmıştır. Öğretmen adaylarının bazı atom altı parçacıkları açıklamakta zorluk çektiği ve bu parçacıklara dair net bir görüşlerinin olmadığı; parçacık hızlandırıcıları ve hızlandırıcılarda yapılan çalışmalara dair güncel gelişmeleri takip etmede yetersiz kaldıkları ortaya çıkmıştır.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Temel Parçacıklar, Bileşik Parçacıklar, Hızlandırıcılar, Fenomenografik yöntem, Fizik Öğretmeni Adayları.

## **ABSTRACT**

### **DETERMINE THE OPINIONS OF PHYSICS TEACHERS CANDIDATES' ABOUT FUNDAMENTAL AND COMPOSITE PARTICLES AND PARTICLE ACCELERATORS**

**Aycan ERGİN**

**Balikesir University, Institute of Science, Department of Physics Education**

**(MSc Thesis / Supervisor: Associate Professor Dr. Saime KERMAN SOLMAZ)  
(Co-Supervisor: Associate Professor Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER)**

**Balıkesir, September 2011**

There isn't any study about the subatomic particles and the particle accelerators at the field of Physics Education, in Turkey or abroad. The opinions of 15 physics teachers candidates', who are studying at the third class of Physics Education at Balikesir University, are determined about subatomic particles and particle accelerators by using phenomenographic method within this study. The aim of this study is to interpret what the physics teachers candidates think about the concepts and issues of this study by using categories according to their answers. For this aim, the semi-structured interviews with teacher candidates are analyzed by phenomenographic method and teacher candidates' comments are revealed. At the end of the study, we conclude that teacher candidates have some trouble in explaining subatomic particles and their opinions about these particles are not clear. Moreover they are insufficient to monitor the work done on the current developments by particle accelerators.

**KEY WORDS:** Fundamental Particles, Composite Particles, Accelerators, Phenomenographic Method, Physics Teachers Candidates.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Araştırmanın Amacı .....	2
1.2 Araştırmanın Önemi .....	2
1.3 Araştırma Kapsamına Alınan Kavramlar ve Konular .....	3
1.4 Araştırmanın Soruları .....	5
1.5 Sayıtlılar .....	5
1.6 Sınırlılıklar.....	5
<b>2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ALAN YAZIN .....</b>	<b>7</b>
2.1 Fizikte parçacıklar .....	7
2.1.1 Temel Parçacıklar .....	10
2.1.1.1 Fermiyonlar .....	10
2.1.1.1.1 Kuarklar .....	10
2.1.1.1.2 Leptonlar.....	13
2.1.1.2 Bozonlar .....	16
2.1.2 Bileşik Parçacıklar .....	18

2.2 Hızlandırıcılar.....	20
2.2.1 Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi (SLAC).....	21
2.2.2 Fermi Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı (FermiLab).....	21
2.2.3 Avrupa Nükleer Araştırma Organizasyonu (Cern).....	22
2.2.4 Brookhaven Ulusal Laboratuvarı (BNL).....	22
2.2.5 Alman Elektron Siklotronu (Desy).....	23
2.3 Atom Kavramı Hakkında Yapılan Akademik Çalışmalar.....	24
<b>3. YÖNTEM.....</b>	<b>26</b>
3.1 Fenomenografik Araştırma Yöntemi.....	26
3.2 Araştırmanın Örneklemi.....	27
3.3 Veri Toplama Aracı.....	28
3.4 Verilerin Analizi.....	29
<b>4. BULGULAR VE YORUM.....</b>	<b>30</b>
4.1 Birinci Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar.....	30
4.2 İkinci Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar.....	35
4.3 Üçüncü Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar.....	36
4.4 Dördüncü Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar.....	40
4.5 Beşinci Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar.....	47
4.6 Altıncı Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar.....	69
4.7 Yedinci Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar.....	74
4.8 Sekizinci Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar.....	77
4.9 Dokuzuncu Soruya Dair Bulgular ve Yorumlar.....	79
4.10 Onuncu Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar.....	81
4.11 On Birinci Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar.....	83
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>87</b>
5.1 Sonuçlar.....	87
5.2 Öneriler.....	88

**EKLER..... 90**

**Ek A: Atom Altı Parçacıklara İlişkin Görüş Belirleme Formu**

**KAYNAKLAR ..... 92**

## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 Araştırma Kapsamına Alınan Kavramlar.....	9
---	---

## TABLULAR LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 4.1	Elektron Kavramına Dair Öğretmen Adaylarının Verdiği Cevapların Analizi.....	30
Tablo 4.2	Proton Kavramına Dair Öğretmen Adaylarının Verdiği Cevapların Analizi.....	31
Tablo 4.3	Nötron Kavramına Dair Öğretmen Adaylarının Verdikleri Cevapların Analizi.....	32
Tablo 4.4	Atom Kavramına Dair Öğretmen Adaylarının Verdikleri Cevapların Analizi.....	33
Tablo 4.5	Öğretmen Adaylarının Atomun Şekline Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	34
Tablo 4.6	Öğretmen Adaylarının Nötr Atom Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	35
Tablo 4.7	Öğretmen Adaylarının Nötr Karbon Atomunun Şekline Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	36
Tablo 4.8	Öğretmen Adaylarının Temel Parçacık Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	37
Tablo 4.9	Öğretmen Adaylarının Atomun Yapısında Bulunan Temel Parçacıklara Dair Verdikleri Örneklerin Analizi .....	39
Tablo 4.10	Öğretmen Adaylarının Bileşik Parçacık Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi .....	40
Tablo 4.11	Öğretmen Adaylarının Atomun Yapısında Bulunan Bileşik Parçacıklara Dair Verdikleri Örneklerin Analizi .....	44
Tablo 4.12	Öğretmen Adaylarının Atom Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	47

Tablo 4.13 Öğretmen Adaylarının Çekirdek Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizleri .....	49
Tablo 4.14 Öğretmen Adaylarının Proton Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizleri .....	50
Tablo 4.15 Öğretmen Adaylarının Nötron Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizleri .....	51
Tablo 4.16 Öğretmen Adaylarının Elektron Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	52
Tablo 4.17 Öğretmen Adaylarının Müon Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	53
Tablo 4.18 Öğretmen Adaylarının Mezon Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	54
Tablo 4.19 Öğretmen Adaylarının Kuark Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	55
Tablo 4.20 Öğretmen Adaylarının Gluon Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	56
Tablo 4.21 Öğretmen Adaylarının Z Bozonu Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	58
Tablo 4.22 Öğretmen Adaylarının Foton Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	59
Tablo 4.23 Öğretmen Adaylarının Graviton Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	61
Tablo 4.24 Öğretmen Adaylarının Kararlı Atom Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	70
Tablo 4.25 Öğretmen Adaylarının Kararlı Atomun Bir Bütün Olarak Kalmasını Sağlayan Etmenlere Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	71
Tablo 4.26 Öğretmen Adaylarının Kararlı Çekirdek Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	75
Tablo 4.27 Öğretmen Adaylarının Kararlı Çekirdeğin Bütünlüğünü Sağlayan Etmenlere Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	76
Tablo 4.28 Öğretmen Adaylarının Fotona Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	77

Tablo 4.29 Öğretmen Adaylarının Fotonun Şekline Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	79
Tablo 4.30 Öğretmen Adaylarının Bilim Adamlarının Parçacıkların Hızlandırılarak Çarpıştırıldığı Deneyle Hangi Sorulara Cevap Aradıkları Sorusuna Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	80
Tablo 4.31 Öğretmen Adaylarının Parçacık Hızlandırıcılarının Çalışma Prensibine Dair Verdikleri Cevapların Analizi.....	81
Tablo 4.32 Öğretmen Adaylarının Hızlandırıcı Merkezlerine Dair Verdikleri Örneklerin Analizi.....	84

## 1. GİRİŞ

Parçacık fiziği, maddenin temel bileşenlerini ve bu bileşenlerin birbirleriyle olan etkileşimlerini inceleyen bilim dalıdır [1]. 1930'lu yılların başında fizikçilerin; 1920'lere kadar elektron ve proton olarak kabul ettikleri madde bileşenlerini farklı açılardan yeniden sorgulamalarıyla birlikte parçacık fiziği bir alan olarak fizik biliminde yerini almıştır [2]. Günümüzde, parçacık fiziğinde gelinen nokta "*Theory of everything*" yani "*Herşeyin Teorisi*" olarak adlandırılan tüm fiziksel olay ve etkileşimleri (kuvvetleri) içine alan fizik, kuantum mekaniği ile görelilik kuramlarını birleştirmeye yönelik aktif çalışmalarla birlikte maddenin yapıtaşlarına dair ve evrenin oluşumuna dair çalışmalarını teorik ve deneysel olarak sürdürülmesidir. Gelişen ve sürekli yeni kavramların ortaya çıktığı bu alanda geri kalmak istemiyorsak ve fizik biliminde güncel bir eğitimi uygulamak istiyorsak, parçacık fiziğine ve bu alanda yapılan güncel faaliyetlere gereken önemi vermemiz gerekmektedir. Bu önem son altı yıldır ülkemizde uygulanan yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı programımızın da bir gereğidir. Bu alan gerek zor bir matematiğinin olması açısından, gerekse soyut olması açısından anlaşılması zor bir alandır. Ayrıca sürekli gelişen ve maddenin yapısıyla ilgili günümüze kadar süregelen kavram yanılgısına temel oluşturabilecek öğrenmelerimizi sarsacak bir yapısı vardır. Bu yüzden bu alanla ilgili araştırmaların yapılması ve öğretimine yönelik yöntem ve tekniklerin çalışılması zorunlu hale gelmiştir.

Bu bölümde araştırmanın amacı, önemi, araştırma kapsamına alınan kavram ve konular, araştırma soruları, sınırlılık ve sayılılarından bahsedilecektir.

## 1.1 Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, “*Atom, Atom Altı Parçacıklar, Atom Altı Parçacıklar Arası Etkileşimler ve Parçacık Hızlandırıcıları*” kavram ve konularına ilişkin Fizik Öğretmeni adaylarının verdikleri cevaplar yardımıyla Fizik Öğretmeni adaylarının görüşlerini yorumlamak ve ne düşündüklerini ortaya koymaktır.

## 1.2 Araştırmanın Önemi

Fizik Eğitimi alanında yapılan çalışmalara gerek ulusal alan yazında gerekse uluslararası alan yazında bakıldığında yapılan çalışmaların yoğunluğunun klasik fizikte olduğu görülmektedir. Fizik Eğitimi alanında yapılan araştırmaların yüzdeler dağılımı, McDermott ve Redish [3]’e göre % 49 Mekanik, %17 Elektrik ve Manyetizma, %13 Optik ve Işık, %12 Madde ve Özellikleri %4 Dalgalar ve Ses, %1 Modern Fizik ve %4 diğer alanlar şeklindedir.

Modern Fizik alanında yapılan çalışmalara bakıldığında, çalışmaların Kuantum Fiziği ve Astronomi alanında yoğunlaştığı görülmektedir. Duit’in [4] 1998’den 2009’a kadar olan süreç arasında Fen Eğitiminde yapılan makalelerin bibliyografyasını oluşturduğu çalışması incelendiğinde, 2722 adet Fizik Eğitimi’ne dair makaleden Modern Fiziğe dair çalışmalar incelendiğinde; Kuantum Fiziğine ait 86 tane çalışma yapıldığı görülürken, Astronomiye ilişkin 158 tane çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Ancak yine Modern Fiziğin alt dallarından biri olan Atom Altı Parçacıklar ve Parçacık Hızlandırıcıları’na dair ya da diğer Modern Fizik alt dallarına dair herhangi bir çalışmanın olmadığı görülmektedir.

Bağ ve Kara’nın [5] 1945-2002 yılları arasında kimya ve fizik eğitimi ile ilgili çeşitli dergilerde yayınlanan makaleleri taradıkları çalışma incelendiğinde, Atom Altı Parçacıklar ve Parçacık Hızlandırıcıları’na ilişkin herhangi bir çalışmanın yapılmadığını görülmektedir.

Parçacık Fiziği’ne dair kavram ve konular son yıllarda eğitim sistemimiz içinde yerini almaya başlamıştır. Yapılandırmacı öğrenme kuramına göre oluşturulan

ve 2010-2011 Eğitim-Öğretim yılında kullanılmaya başlanan 11. sınıf kimya ders kitabında 5. ünite de yer verilen “Çekirdek Kimyası” ünitesinde “*Kuark, Gluon, Nötrino, Foton, Madde-Antimadde*” kavramlarına ilişkin konular yer almaktadır [6]. 2011-2012 Eğitim-Öğretim Yılında kullanılmaya başlanacak olan 12. sınıf Fizik Ders Kitabı’nda 6. Ünite olan “*Atomlardan Kuarklara*” ünitesiyle “*Parçacık ve Karşıt Parçacık, Hadronlar, Leptonlar, Baryonlar, Mezonlar, Kuarklar ve Karşıt Kuarklar*” kavramları fizik müfredatında yerini almıştır [7]. Bu konulara lise müfredatında yer verilmesiyle birlikte eğitim fakültesi öğrencilerinin de bu kavramlara ve konulara ilişkin eğitim alması ve bu konulara ilişkin gündemi takip etmesi kaçınılmaz olmuştur. Bu durum aynı zamanda; bu konuların öğretimine dayalı yöntem ve teknik geliştirilmesini ve bu konulardaki akademik çalışmalar yapılması zorunluluğunu da beraberinde getirmiştir.

Bu çalışmanın; Fizik öğretmeni adaylarının atom altı parçacıklara ve parçacık hızlandırıcılarına dair görüşlerini ortaya çıkarması ve alanındaki ilk çalışmalardan birisi olması açısından önemli bir yere sahip olacağı düşünülmektedir.

### **1.3 Araştırma Kapsamına Alınan Kavramlar ve Konular**

Araştırma kapsamına alınan kavram ve konular 11. Sınıf Kimya Kitabı’nın [6] 5. Ünitesi olan “Çekirdek Kimyası” ünitesinde yer alan;

1. Çekirdeğin yapısı ve kararlılık ile ilgili olarak öğrenciler;
  - a) Atom altı taneciklerin temel parçacık olup olmadıklarını sorgular.
  - b) Nükleonların yapı taşlarını ve diğer temel parçacıkları sınıflandırır

kazanımları ve ünite kapsamına alınan “*Kuark, Gluon, Nötrino, Foton, Madde-Antimadde*” kavramları ile birlikte önümüzdeki Eğitim-Öğretim yılında kullanılmaya başlanacak olan 12. Sınıf Fizik Kitabı’nın [7] 6. Ünitesi olan “*Atomlardan Kuarklara*” ünitesinde yer alan;

1. Parçacık, karşıt parçacık ve fotonla ilgili olarak;

a) Her temel parçacığın bir karşıt parçacığının bulunduğunu örneklerle açıklar.

b) Temel parçacık ve karşıt parçacıkların kütle, yük ve durgunluk enerjilerini (kütle enerji eş değeri) karşılaştırır.

c) Yeterli enerjiye sahip fotonların parçacık ve karşıt parçacık çiftleri oluşturabileceğini örneklerle açıklar.

2. Parçacıkların sınıflandırılması ile ilgili olarak;

a) Hadronları sınıflandırarak özelliklerini açıklar.

b) Hadronların yeğin çekirdek kuvvetinden sorumlu olduklarını açıklar.

c) Leptonların özelliklerini açıklar.

d) Leptonların zayıf çekirdek kuvvetlerinden sorumlu parçacıklar olduğunu açıklar.

3. Baryonların ve mezonların yapıtaşları olan kuarklarla ilgili olarak;

a) Kuarkların özelliklerini açıklar.

b) Baryonların hangi çeşit kuarklardan oluştuğunu çizerek gösterir.

c) Mezonların hangi çeşit kuark ve karşıt kuarktan oluştuğunu çizerek gösterir.

d) Kuarklardan daha küçük parçacıkların var olup olamayacağını sorgular.

kazanımları ve ünite kapsamına alınan “*Parçacık ve Karşıt Parçacık, Hadronlar, Leptonlar, Baryonlar, Mezonlar, Kuarklar ve Karşıt Kuarklar*” kavramları incelenerek ve temel alınarak oluşturulmuştur.

Çalışma üniversite öğrencileriyle yapıldığı için lise Fizik ve Kimya kitaplarındaki kazanımlara ilişkin kavramlara ilave olarak öğrencilerin düzeyine hitap edebilecek Parçacık Hızlandırıcıları ve bazı Atom Altı Parçacık kavramları da çalışmaya dâhil edilmiştir.

Yapılan inceleme ve araştırmalar sonucunda araştırma kapsamına alınan kavramlar ve konular“ *Atom, Çekirdek, Proton, Nötron, Elektron, Kuark, Müon, Mezon, Foton, Graviton, Z bozonu, Temel Parçacık, Bileşik Parçacık, Hızlandırıcı*

*Merkezlerinin Amacı, Hızlandırıcıların Çalışma Prensipleri, Hızlandırıcı Merkezi Örneği* şeklinde olmuştur.

#### **1.4 Araştırma Soruları**

Bu çalışmada “*Fizik Öğretmeni Adaylarının Parçacık Fiziğine dair görüşleri nelerdir?*” ana sorusu altında araştırma kapsamına alınan kavram ve konulara ilişkin aşağıdaki alt sorulara cevap aranacaktır:

- Fizik öğretmeni adaylarının atoma dair görüşleri nelerdir?
- Fizik öğretmeni adaylarının atom altı parçacıklara dair görüşleri nelerdir?
- Fizik öğretmeni adaylarının atom altı parçacıklar arasındaki etkileşimlere dair görüşleri nelerdir?
- Fizik öğretmeni adaylarının Hızlandırıcılara dair görüşleri nelerdir?

#### **1.5 Sayıtlar**

Çalışma aşağıdaki sayıtlara göre yapılmıştır:

- Öğretmen adaylarının Parçacık Fiziği’ne karşı ilgilerinin eşit düzeyde olduğu varsayılmıştır.
- Öğretmen adaylarının çalışmaya katkıda bulunurken gerçek beceri, samimiyet ve duygularını yansıttıkları varsayılmıştır.

#### **1.6 Sınırlılıklar**

Çalışma şu şekilde sınırlanmıştır:

- Sınırlı sayıda atom altı parçacık kavramı çalışmaya dâhil edilmiştir.
- Standart modele ilişkin kavramlarla çalışılmıştır.
- Çalışma 15 Fizik Öğretmeni Adayıyla yapılmıştır.

- Çalışma 3. Sınıf Fizik Öğretmeni adaylarıyla sınırlanmıştır.

## 2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ALAN YAZIN

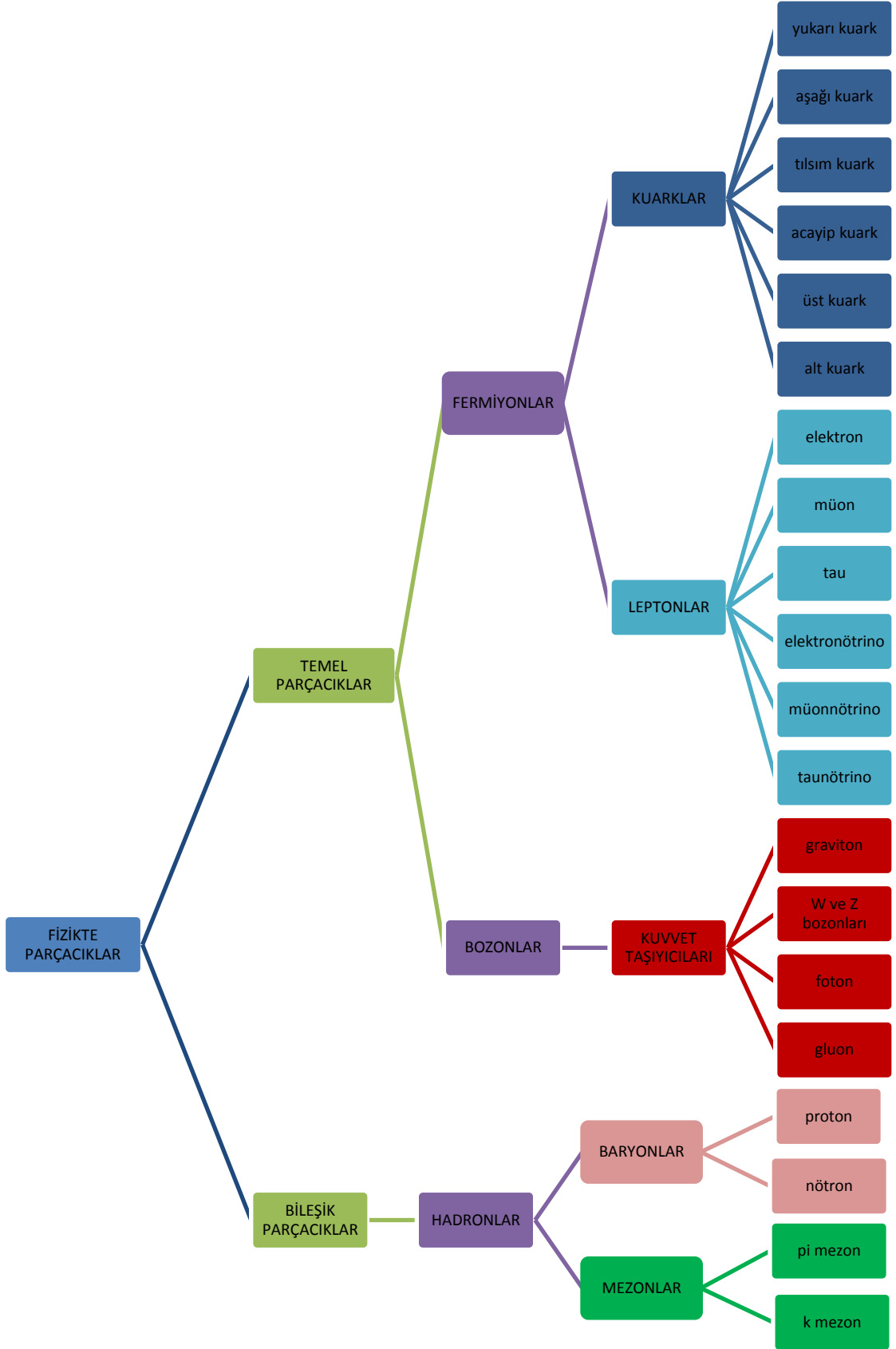
Bu bölümde araştırma kapsamına alınan Fizikteki parçacıklardan, hızlandırıcılardan kavramsal ve temel düzeyde bahsedilecek ve atom kavramı hakkında yapılan akademik çalışmalara değinilecektir.

### 2.1 Fizikte parçacıklar

Standart model günümüze kadar bilinen temel parçacıkları ve bu parçacıklar arasındaki etkileşimleri kütle çekimi haricinde açıklayan bir modeldir [8]. Standart modele göre evrendeki tüm parçacıklar üç parçacık dahilinde sınıflandırılabilir: kuarklar, leptonlar ve kuvvet taşıyıcıları. Standart model her ne kadar evreni açıklamada yeterli yönleri olan bir model olsa da bazı sorulara cevap veremeyen bir modeldir. Standart modelin cevaplayamadığı sorular şu şekilde sıralanabilir:

- Madde ve anti madde arasında bir simetri olduğu halde neden evrende gözlenebilir madde ile anti madde simetrisi yoktur?
- Evrende hissedilebilir bir kütle çekim etkisi olan karanlık madde nedir?
- Evrendeki nötrinoların kütlelerini neden açıklayamıyoruz?
- Kuark ve Leptonlar temel parçacık mı? Yoksa onları da oluşturan daha temel parçacıklar var mı?
- Evrende gözlenebilir maddeler 1. Nesil temel parçacıklardan oluşurken neden 3 nesil kuark ve lepton var?
- Kütle-çekim kuvveti ve etkileşimi bugüne kadar açıklanabilen diğer kuvvet ve etkileşimlerine nasıl uyacak?

Araştırma standart model'in açıkladığı kavram ve konular üzerinden yürütülmüştür. Bu bölümde aşağıdaki şekil 2.1'de görülen kavramlar doğrultusunda Fizikteki parçacıklar incelenerek araştırma kapsamına alınan kavramlar hakkında sınıflandırmalar yapılarak bu kavramlara dair temel kavramsal düzeyde bilgiler verilecektir.



Şekil 2.1 Araştırma Kapsamına Alınan Kavramlar

### **2.1.1 Temel Parçacıklar**

Temel parçacıklar şu ana kadar bilinen alt yapısı olmayan ve evreni oluşturan maddelerin temel yapıtaşı olan parçacıklardır [9]. Temel parçacıklar kendi içerisinde spinlerine göre fermiyonlar ve bozonlar olarak ikiye ayrılmaktadır.

#### **2.1.1.1 Fermiyonlar**

Fermiyon, Fermi-Dirac istatistiğinde parçacığın davranışını belirleyen tek yarı-integral açısal momentumuna sahip atom altı parçacık grubuna verilen addır [10]. Başka bir deyişle Fermiyon, Parçacık Fiziği'nde Fermi-Dirac istatistiğine uyan ve buçuklu spinlere ( $1/2, 3/2, 5/2; \dots$ ) sahip olan parçacıktır. Parçacık Fiziği'nde temel parçacık olan Fermiyonlar, Kuarklar ve Leptonlardır.

##### **2.1.1.1.1 Kuarklar**

Kuark modeli 1964 yılında birbirinden bağımsız bir şekilde Murray Gell-Mann ve George Zweig tarafından ortaya atılmıştır [11]. Kuarklar, çevremizde görebildiğimiz maddelerin yapısında bulunan proton ve nötronların yapıtaşını oluşturan, fermiyon sınıfına giren parçacıklardır. Bugüne kadar tek başlarına gözlenememişlerdir. Renk hapsi denilen olgu yüzünden çeşitli kombinasyonlar halinde bulunurlar [12]. Kuarkların dört temel özelliği vardır: elektromanyetik yükleri, spinleri, renkleri ve kütleleri [13].

Elektromanyetik yükleri tek başlarına proton ve elektronun yüklerinden farklı olarak kesirlidir. Ancak, kombinasyonlarının elektrik yükleri bir tam sayı olacak şekildedir [14].

Yine elektron ve protondan farklı olarak renk yükü denilen yüklere de sahiptirler. Renk yükleri, kırmızı, yeşil, mavi olmak üzere üç çeşittir. Yine bu yüklerin tamamlayıcısı olan üç çeşit de antikırmızı, antiyeşil, antimavi olmak üzere antirenk yükü bulunmaktadır [12]. Renk yükü gerçek renk anlamına gelmeyip, parçacık fizikçilerinin matematiksel anlamda ürettikleri bir kavramdır.

Renk- Antirenk çifti şeklindeki yapılarda, yükler birbirini nötrlediği için net renk yükü nötr olmaktadır. Bu üç farklı rengin kombinasyonu ile yüklenmiş kuarklar arasında oluşan itme ve çekme kuvvetleri kuvvetli etkileşimleri meydana getirirler.

Kuarklar Fermiyon sınıfına girdikleri için buçuklu spinlere sahiptirler ve bugüne kadar bulunan her kuarkın belirli bir kütlesi vardır.

Kuarklar atom içerisindeki tüm kuvvetlerle etkileşirler, elektrik yükleri sayesinde elektromanyetik kuvvetle ve zayıf kuvvetle, kütleleri sayesinde kütle çekim kuvvetiyle, renk yükleri sayesinde güçlü kuvvetle etkileşmektedirler.

Bugüne kadar bilinen 6 çeşit kuark vardır. Bu kuarklar üç nesil altında 3 çift olarak sınıflanmaktadır. Üst nesillerde bulunan kuarklar daha büyük kütleli oldukları için karasız bir yapı sergilerler ve bir alt nesile bozunma eğiliminde oldukları için ömürleri kısıtlıdır.

Bu üç nesildeki her bir kuarkın bir anti kuarkı vardır. Her kuarkın anti kuarkı kendi kuarkına zıt özellikler gösterir. Örneğin bir kuarkın elektrik yükü pozitifse, anti kuarkının elektrik yükü negatiftir.

- **1. Nesil Kuarklar**

1968 yılında Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezinde yapılan deneylerle keşfedilmişlerdir [15]. En hafif kuarklardır ve evrende en yaygın olarak bulunan kuarklardır. Alt parçacıkları Yukarı ve Aşağı kuarktır.

- ✓ **Yukarı (up) kuark**

- \* Proton ve nötronun yapısında bulunan kuarklardan biridir.
- \* 1968 yılında Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi'nde keşfedilmiştir [15].
- \* En hafif kuarktır. Kütlesi  $2,4 \text{ MeV}/c^2$ 'dir [16].
- \* Elektrik yükü  $+2/3$ 'tür [16].
- \*  $1/2$  spinlidir [16].

✓ **Aşağı (down) kuark**

- \* Yukarı kuarkla birlikte proton ve nötronu oluşturur.
- \* 1968 yılında Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi'nde keşfedilmiştir [15].
- \* Kütlesi  $4,8 \text{ MeV}/c^2$ 'dir [16].
- \* Elektrik yükü  $-1/3$ 'tür [16].
- \*  $1/2$  spinlidir [16].

• **2. Nesil Kuarklar**

Orta kuşak kuarklardır. 1. nesile bozunma eğilimi gösterirler. Alt parçacıkları Tılsım ve Acayip kuarklardır.

✓ **Tılsım (charm) kuark**

- \* 1974'te Brookhaven Ulusal Laboratuvarı'nda gözlenmiştir [11], yaklaşık 2 sene sonra 1976'da Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi'nde keşfedilmiştir [15].
- \* Kütlesi  $1,27 \text{ GeV}/c^2$ 'dir [16].
- \* Elektrik yükü  $+2/3$ 'tür [16].
- \*  $1/2$  spinlidir [16].

✓ **Acayip (strange) kuark**

- \* Kütlesi  $104 \text{ MeV}/c^2$ 'tur [16].
- \* 1964 yılında Murray Gell-Mann ve George Zweig tarafından teorize edilmiştir [15].
- \* Elektrik yükü  $-1/3$ 'tür [16]
- \*  $1/2$  spinlidir [16].

- **3. Nesil Kuarklar**

En ağır ve en kararsız kuarklardır. Diğer kuarklara göre daha yakın geçmişte keşfedilmişlerdir. 2. ve 1. nesile bozunma eğilimi gösterirler. Alt parçacıkları Üst ve Alt kuarklardır.

- ✓ **Üst (top) Kuark**

- \* 1995 yılında Fermi Laboratuvarı'nda keşfedilmiştir [17].
- \* En ağır kuarktır. Kütlesi  $171.2 \text{ GeV}/c^2$ 'dir [16].
- \* Elektrik yükü  $+2/3$ 'tür [16].
- \*  $1/2$  spinlidir [16].

- ✓ **Alt (bottom) Kuark**

- \* 1977 yılında Fermi Laboratuvarı'nda keşfedilmiştir [17].
- \* Kütlesi  $4,2 \text{ GeV}/c^2$ 'dir [16].
- \* Elektrik yükü  $-1/3$ 'tür [16].
- \*  $1/2$  spinlidir [16].

### **2.1.1.1.2 Leptonlar**

Leptonların tarihi 1897 yılında J. J. Thomson'un bir lepton olan Elektronun keşfiyle başlamıştır [18]. Kuarklardan farklı olarak tek başlarına bulunabilmektedir.

Leptonlar da kuarklar gibi fermiyon sınıfına girmektedir. Fermiyon sınıfına girdikleri için buçuklu spinlere sahiptirler.

Bugüne kadar bilinen 6 çeşit lepton vardır ve bunlardan üçünün Elektrik yükleri vardır ve bu yükler yine kuarklardan farklı olarak tam sayı katları şeklinde değer alır. Diğer üç lepton ise yüksüzdür

Leptonlar, renk yükleri olmadığı için güçlü kuvvetin sebep olduğu etkileşimler dışında diğer kuvvetlerle etkileşimde bulunurlar [18].

Yüklü leptonların belirli bir kütlesi varken, yüksüz leptonların kütleleri çok küçüktür ve çok zor bulunurlar, ışık hızına yakın hızları vardır.

Leptonlar da kuarklar gibi üç nesildir. 2. ve 3. Nesiller büyük kütlelerinden dolayı çabuk ışıma yaparak daha hafif leptonlara yani alt nesillere dönüşürler ve ömürleri çok kısadır.

- **1. Nesil Leptonlar**

En hafif Leptonlar bu nesildedir. Evrende gözlenebilir maddelerin yapısında bulunan ilk keşfedilen lepton Elektron ve yüksüz ve en hafif nötrino Elektron nötrino bu nesildedir.

- ✓ **Elektron**

- \* 1897'de J. J. Thomson tarafından keşfedilmiştir [19].
- \* Kütlesi  $0.511 \text{ MeV}/c^2$ 'dir ve yüklü leptonlar arasında en hafif olanıdır [16].
- \* Elektrik yükü  $-1$ 'dir [16].
- \*  $1/2$  spinlidir [16].

- ✓ **Elektron nötrino**

- \* En hafif nötrinodur. Kütlesi  $2.2 \text{ eV}/c^2$ 'den küçüktür [16].
- \* Elektrik yükü sıfırdır [16].
- \*  $1/2$  spinlidir [16].

- **2. Nesil Leptonlar**

1. nesil leptonlara oranla daha ağırdırlar. Müon ve Müon nötrino bu nesile dahildir. 1. nesile dönüşme eğilimi gösterirler.

- ✓ **Müon**

- \* 1936'da Carl D. Anderson tarafından keşfedildi [20].
- \* Kütlesi  $105.7 \text{ MeV}/c^2$ 'dir [16].
- \* Elektrik yükü  $-1$ 'dir [16].

- \* 1/2 spinlidir [16].

#### ✓ Müon Nötrino

\* 1962'de Leon M. Ledeman, Melvin Schwartz ve Jack Steinberger tarafından keşfedilmiştir [21].

- \* Kütlesi  $0.17 \text{ MeV}/c^2$ 'dir [16].

- \* Elektrik yükü sıfırdır.

- \* 1/2 spinlidir.

#### • 3. Nesil Leptonlar

En ağır yüklü Lepton'un ve diğer nötrinolarla göre daha ağır nötrinonun bulunduğu nesildir. Alt nesillere dönüşme eğilimindedirler. Tau ve Tau nötrino bu nesildedir.

#### ✓ Tau

\* 1976 yılında Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi'nde keşfedilmiştir [15].

- \* Kütlesi  $1.777 \text{ GeV}/c^2$ 'dir ve en ağır leptonudur [16].

- \* Elektrik yükü -1'dir.

- \* 1/2 spinlidir.

#### ✓ Tau Nötrino

- \* 2000 yılında Fermi Laboratuvarı'nda keşfedilmiştir [17].

- \* Kütlesi  $15.5 \text{ MeV}/c^2$ 'den küçüktür.

- \* Elektrik yükü sıfırdır.

- \* 1/2 spinlidir.

### 2.1.1.2 Bozonlar

Bozon, Bose-Einstein istatistiğine uyan tam sayılı spinlere sahip olan atom altı parçacıklara verilen addır [22]. Parçacık Fiziğinde temel parçacık olan Bozonlar Kuvvet Taşıyıcılarıdır.

- **Kuvvet Taşıyıcıları**

Doğayı yöneten, hem günlük yaşamımızı etkileyen, hem de evrenin bir düzen içerisinde kalmasını sağlayan dört temel kuvvet vardır. Bu kuvvetler; Kütle Çekim Kuvveti, Elektromanyetik Kuvvet, Güçlü Kuvvet ve Zayıf Kuvvettir. Temel parçacıkların kendi aralarında ve diğer temel parçacıklarla aralarındaki bütünlüğü sağlayan ve ilişkiyi düzenleyen de bu kuvvetlerdir.

Kütle Çekim Kuvveti kütlesi olan her parçacığa etki eder. Ancak kütleler küçüldükçe ve atom altı seviyeye indikçe bu kuvvetin etkisi diğer kuvvetlere oranla daha az olmaktadır. Elektromanyetik kuvvet elektrik yükü olan parçacıklara yani yüklü leptonlara, kuarklara,  $W^+$  ve  $W^-$  bozonlarına etki eder [23]. Güçlü kuvvet renk yükü olan kuark ve gluonlara etki eder [23]. Diğer kuvvetlere oranla daha kısa mesafede etkilidir. Zayıf kuvvet yine elektrik yüklü parçacıklar olan kuark ve leptonlara etki eder. Atomun ya da parçacıkların kararsız olmasından sorumludur. Çok kısa mesafede etkilidir. Ağır kuark ve leptonların hafif kuark ve leptonlara dönüşmesinden sorumludur.

Bu kuvvetlerin parçacıklara etki etmesini sağlayan parçacıklar da kuvvet taşıyıcılarıdır. Kuvvet taşıyıcılarının özelliği iki parçacık arasında oluşabilecek bu kuvvetlerin etkilerini ve tepkilerini parçacıklar arasında bir araba gibi taşıyarak kuvvet iletişimini sağlamaktır. Bu dört temel kuvvete ait kuvvet taşıyıcıları aşağıdaki gibidir:

✓ **Graviton**

- \* Kütle çekim kuvvetinin ara parçacığıdır. Henüz gözlenmemiştir.
- \* Elektrik yükü sıfırdır.
- \* Kütlesizdir.
- \* Spini 2'dir.

✓ **Foton**

- \* Elektromanyetik kuvvetin ara parçacığıdır.
- \* Kütlesizdir.
- \* Elektrik yükü sıfırdır.
- \* Spini 1'dir

✓ **Gluon**

- \* Güçlü kuvvetin taşıyıcısıdır.
- \* Kuarkların bir arada kararlı bir şekilde kalmasını sağlar ve kütlesizdir.
- \* Kuarklar gibi kendilerine özgü renk yükleri vardır.
- \* Spini 1'dir.

✓ **W ve Z bozonları**

\* Zayıf kuvvet taşıyıcılarıdır. Yüklü parçacıklar arasındaki zayıf etkileşimlerden  $W^+$  ve  $W^-$  bozonları sorumludur. Yüksüz parçacıklar arası zayıf etkileşimlerden  $Z^0$  bozonu sorumludur.

- \* W bozonları yüklüdür, Z bozonu yüksüzdür.

\* Diğer kuvvet taşıyıcıları kütlesizken, W ve Z bozonları ağır sayılabilecek kütlelere sahiptir. W bozonları  $80.4 \text{ GeV}/c^2$  kütleliken Z bozonu  $91.2 \text{ GeV}/c^2$  kütleindedir [16].

- \* Her iki bozonun da spini 1'dir.

### 2.1.2 Bileşik Parçacıklar

Bileşik parçacıklar, temel parçacıklardan oluşan parçacıklardır. Hadronlar olarak alt dala ayrılır. Kuarklar, doğada tek başlarına bulunamadıkları için kendi aralarında çeşitli kombinasyonlarla hadron adı verilen yapılar halinde bulunurlar. Kuarkların tek başlarına bir renk yükleri olmasına karşın, hadronların net bir renk yükleri yoktur. Ancak kuarkların kombinasyonuna göre elektrik yükleri bulunabilmektedir [24]. Bu kombinasyonların çeşidine göre hadronlar da kendi içerisinde Baryonlar ve Mezonlar olarak ikiye ayrılır.

- **Baryonlar**

- \* Üç kuarkın birleşmesiyle meydana gelen kuark kombinasyonlarına baryon adı verilmektedir.

- \* Baryonlar da fermiyon özelliği gösteren bileşik parçacıktır. Üç kuarkın spinleri göz önünde bulundurulursa birleşmelerinden meydana gelen spinler de buçuklu spin olacaktır.

- \* Atomun yapısında bulunan baryonlar, çekirdek, çekirdeği oluşturan proton ve nötronlardır.

- \* Protonlar iki Yukarı kuark ve bir Aşağı kuarkın birleşmesiyle meydana gelir. Renk yükü bakımından nötrdürler. Elektrik yükü ise bu üç kuarkın elektrik yükü toplamı olan +1'dir.

- \* Nötronlar iki Aşağı kuark bir Yukarı kuarkın birleşmesiyle meydana gelir. Proton gibi nötron da renk yükü bakımından nötrdür. Elektrik yükü bu üç kuarkın elektrik yükü toplamı olan sıfırdır.

- **Mezonlar**

- \* Bir kuark, bir antikuark çiftinin birleşmesiyle meydana gelen kuark kombinasyonlarına mezon adı verilmektedir.

\* Mezonlar bozon özelliği gösteren bileşik parçacıklardır. İki kuarktan oluştuğu göz önünde bulundurulursa meydana gelen spin tam sayı ve katlarına sahip olacaktır.

\* Mezonlar bir kuark ve bir antikuark çiftinden oluştukları için oldukça kararsız yapıdadırlar.

\* Pion ( $\pi^+, \pi^-, \pi^0$ ) kararsız bir mezon örneğidir [24]. Renk yükü bakımından Pion da nötrdür. Kuarkların kombinasyonuna göre üç çeşittir. Pion<sup>+</sup> ( $\pi^+$ ) Yukarı-Anti aşağı kuarkın kombinasyonu ile oluşur ve elektrik yükü bu iki kuarkın elektrik yükü toplamı olan +1'dir. Pion<sup>-</sup> ( $\pi^-$ ) Aşağı-Anti Yukarı kuarkın kombinasyonu ile oluşur ve elektrik yükü bu iki kuarkın elektrik yükü toplamı olan -1'dir. Pion<sup>0</sup> ( $\pi^0$ ) Yukarı-Anti Yukarı veya Aşağı-Anti Aşağı kuarkların kombinasyonu ile oluşur ve elektrik yükü bu kuarkların elektrik yükü toplamı olan sıfırdır [25].

\* Kaon ( $K^-, K^+, K^0$ ) diğer mezonlara göre daha uzun ömrü olan bir mezon örneğidir [24]. Renk yükü bakımından nötrdür. Kuarkların kombinasyonuna göre üç çeşittir. Kaon<sup>-</sup> ( $K^-$ ) Acayip-Anti Yukarı kuarkın kombinasyonu ile oluşur ve elektrik yükü bu iki kuarkın elektrik yükü toplamı olan -1'dir. Kaon<sup>+</sup> ( $K^+$ ) Yukarı kuark - Anti Acayip kuarkın kombinasyonu ile oluşur ve elektrik yükü bu iki kuarkın elektrik yükleri toplamı olan -1'dir. Kaon<sup>0</sup> ( $K^0$ ) Aşağı- Anti Acayip kuark ya da Acayip-Anti Aşağı kuarkın kombinasyonu ile oluşur ve elektrik yükü bu iki kuarkın yükleri toplamı olan sıfırdır [26].

## 2.2 Hızlandırıcılar

Parçacık hızlandırıcıları elektrik ve proton gibi yüklü parçacıkları elektrik alan kullanarak yüksek hızda hızlandıran ve bu hızlanan yüklü parçacıkları manyetik alan kullanarak demetler halinde tutan, hızlanma yönünü belirleyen ve hızını yöneten, hızlanan parçacığı da amaca göre ya başka bir parçacıkla çarpıştıran ya da belli bir hedefle çarpıştıran aletlerdir.

Hızlandırıcılar fizikçiler için iki sorunu çözmektedir. İlki bütün parçacıklar dalga gibi davrandığı için fizikçiler hızlandırıcıları parçacıkların dalga boyunu azaltıp momentumunu artırarak atom altı parçacıkları incelemek için kullanırlar. İkincisi ise fizikçiler, hızlandırılmış parçacığın enerjisini, incelemek istedikleri daha büyük kütleli parçacıkları oluşturmak için kullanırlar [27].

Hızlandırıcılarda kullanılan yüklü parçacıklardan elektron, bir metalin ısıtılmasıyla elde edilebilirken, proton iyonize olmuş hidrojenle elde edilebilir, pozitron da hızlandırılan elektronların tungsten çekirdeği ile çarpıştırılmasıyla elde edilebilir [28]. Hızlandırıcılar genel anlamda iki çeşittir: Dairesel ve doğrusal hızlandırıcılar.

Doğrusal hızlandırıcılarda hızlandırılan yüklü parçacığın sabit bir hedefe çarpıştırılması esastır. Sabit hedef deneylerinde proton ve elektron gibi yüklü parçacıklar elektrik alan yardımıyla hızlandırılarak katı, sıvı ya da gaz halindeki bir hedefle çarpıştırılır ve saçılma sonuçları incelenir [29]. Doğrusal hızlandırıcılar sabit hedef deneyleri dışında dairesel hızlandırıcılarda ön hızlandırıcı olarak da kullanılabilir. Doğrusal hızlandırıcılar parçacığın hızlanma yolundan sapmaması açısından avantajlı olsa da parçacıkların istenilen hıza ulaşmasında dezavantajları olabilmektedir. Çünkü parçacıkların yeterli hıza ulaşabilmesi için uzun bir yol mesafesi gerekmektedir. Parçacık bu yol doğrultusunda hız kazanmak zorundadır. Parçacığa yeterli hızı kazandıracak yol açısından doğrusal hızlandırıcıların maliyeti yüksektir.

Dairesel hızlandırıcılarda ise dairesel bir yörüngede karşılıklı olarak hızlandırılmış parçacıkların çarpıştırılması esastır [27]. Dairesel hızlandırıcılar da

sabit hedef deneylerinde doğrusal hızlandırıcılar için ön hızlandırıcı olarak kullanılabilir. Dairesel hızlandırıcılarda elektrik alan yardımıyla hızlanan parçacıkların yörüngeden sapmamaları ve hızlarının yönetimi manyetik alan kullanılarak sağlanmaktadır. Dairesel hızlandırıcıların kullanılan elektrik ve manyetik alana göre kendi içerisinde çeşitleri vardır. Kullandığı manyetik ve elektrik alanlar sabit olanlara “*Siklotron*”, değişken olanlara “*Senkrotron*”, biri sabit diğeri değişken olanlara ise “*SikloSenkrotron*” denmektedir [28].

Bu bölümde parçacık fiziğine önemli katkılarda bulunan ve halen aktif çalışmalarını yürüten büyük hızlandırıcı merkezleri ve parçacık fiziğine katkıları hakkında kısa bilgiler sunulacaktır.

### **2.2.1 Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi (SLAC)**

Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Laboratuvarı Amerika Birleşik Devletleri California sınırları içerisinde yer almaktadır. Dünyanın en uzun doğrusal hızlandırıcısı olan 2 mil uzunluğundaki doğrusal hızlandırıcıya ev sahipliği yapmaktadır [30]. 1962 yılında çalışmalarına başlamıştır. 1968 yılında kuarkların varlığı hakkındaki ilk deliller, 1974 yılında Psi parçacığı, 1976 yılında Charm kuark ve Tau leptonun keşfedildiği hızlandırıcı merkezidir [15].

### **2.2.2 Fermi Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı (FermiLab)**

Fermi Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı Amerika Birleşik Devletleri Illinois sınırları içerisinde yer almaktadır. 1967 yılında Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı adıyla kurulmuş, 1974 yılında 1983 Nobel Fizik ödülünü kazanan atomik çağın önde gelen en önemli fizikçilerinden biri olan Enrico Fermi onuruna Fermi Lab olarak isim değiştirmiştir [17].

Standart modelin temel parçacık ve kuvvetlerine dair iki önemli parçacık burada keşfedilmiştir. Bunlar; 1977 yılında Bottom kuark, 1995 yılında ise Top kuarktır. Ayrıca günümüze kadar gözlemlenmiş en son parçacık olan Tau nötrino da

2000 yılında ilk defa Fermi Lab.'da gözlenmiş 2001 yılında ise basın duyurusu yapılmıştır [17]. Dünyanın en yüksek enerjili dairesel hızlandırıcısı Tevatron Fermi Lab.'dadır.

### **2.2.3 Avrupa Nükleer Araştırma Organizasyonu (Cern)**

Cern Laboratuvarı Fransa- İsviçre sınırında Geneva yakınında 1954 birçok ülkenin katılımıyla kurulmuş bir merkezdir. Cern'de parçacıkları hızlandırıcıları ilk defa 1957 yılında çalışmaya başlamış, 1964 yılında senkrosiklotron çalışmaya başlamıştır [31].

Temel parçacıklardan sayılan ve zayıf etkileşimlerin ara parçacıkları olan W ve Z parçacıkları 1983 yılında Cern'de keşfedilmiştir [32].

Günümüzde kullandığımız internetin temelleri de Cern'de atılmıştır. 1989 yılında Cern bilim adamları tarafından laboratuvarda bilgi akışını sağlamak için tasarlanan web 1994 yılında halkın da kullanımına açılmıştır [33]. Dünyanın en büyük dairesel hızlandırıcısı Cern'de yer almaktadır.

### **2.2.4 Brookhaven Ulusal Laboratuvarı (BNL)**

Brookhaven Ulusal Laboratuvarı Amerika Birleşik Devletleri New York sınırları içerisinde yer almaktadır. Sadece hızlandırıcı merkezi olarak çalışmayıp, fizik bilimi dışında biyomedikal bilim, çevre bilimi, teknoloji ve enerji bilimi gibi diğer fen bilimlerine de hizmet vermektedir.

Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi ile yakın zamanlarda 1975 yılında Charm kuarkı keşfetmiştir. K mezonları ve ilk vektör mezonu, nötr ve negatif Sigma baryonu, Phi vektör mezonu da diğer keşiflerindedir [34].

### **2.2.5 Alman Elektron Siklotronu (Desy)**

Alman elektron siklotronu (Desy) 1959 yılında Almanya'nın Hamburg kentinde kurulmuştur. Günümüzde ikisi de Almanya sınırlarında olan iki merkezi vardır. Büyük merkez Hamburg'da, küçük merkez Zeuthen'de yer almaktadır. Zeuthen'deki merkez 1992 yılında kurulmuştur [35]. 1979 yılında gluonların gözlemlendiği hızlandırıcı merkezidir [36].

### 2.3 Atom Kavramı Hakkında Yapılan Akademik Çalışmalar

Parçacık fiziğine dair fizik eğitimi alanında gerek ulusal gerekse uluslar arası alan yazında bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak araştırmanın ilk alt problemi atom ve yapısını içerdiği için bu kısımda atom ve yapısına dair yapılmış çalışmalardan örnekler verilecektir.

Seçken ve Morgil [37] “*Orta Öğretim Kimya Müfredat Programlarında Atom Konusunun İncelenmesi*” adlı çalışmasında atom konusunun nasıl anlatıldığının ve Cumhuriyet sonrası ortaöğretimde çeşitli uygulamalar çerçevesinde; atom konusunun geçen süreç içerisinde uygulanan programda işlenirken farklılıklar olup olmadığını araştırmıştır. Araştırmanın sonucunda modern müfredatta atom konusunun klasik müfredata göre daha zengin ve görsel materyallerle anlatıldığı, modern müfredatta atom konusunun iki kısım halinde incelendiği, ilk kısımda öğrenciye bilimsel düşünme özelliği kazandırıldığı, ikinci kısımda ise madde ve elektriksel yük ilişkisiyle atomun anlatıldığı ortaya çıkmıştır. Nakiboğlu ve Bülbül [38] “*Orta Öğretim Kimya Derslerinde Yapısalcı Öğrenme Kuramı Çerçevesinde Çekirdek Kimyası Ünitesinin Öğretimi*” adlı çalışmasında aynı lisenin farklı sınıflarında öğrenim görmekte olan 23 kişilik iki öğrenci grubu deneme ve kontrol grubuna ayrılarak bu ünite deneme grubuna zihinde yapılanma kuramıyla anlatılmış, kontrol grubuna ise düz anlatım modeli uygulanmış ve uygulanan yöntemlerin ünite öğreniminde öğrenciler üstündeki etkisi ünite sonunda öğrencilere uygulanan 8 soruluk değerlendirme soruları uygulanarak araştırılmıştır. Araştırmanın sonucunda deney grubundaki öğrencilerin kontrol grubundaki öğrencilere oranla daha başarılı oldukları ortaya çıkmıştır. Nakiboğlu ve Poyraz [39] “*Üniversite Kimya Öğrencilerinin Atom ve Kimyasal Bağlar Konularını Açıklamada İnsana Özgü Dil ve Canlılığın Kullanımlarının İncelenmesi*” adlı çalışmasında “*gereksinim duymak, istemek, çalışmak, yakalamak*” gibi insana has ve canlılık ile ilgili yüklemelerin; hazırladıkları iki açık uçlu ve 10 adet çoktan seçmeli sorudan oluşan kavram yanılgısı teşhis testi ile 324 adet kimya bölümü öğrencisinden oluşan örneklem tarafından kullanım oranını ortaya çıkarmışlardır. Araştırmanın sonunda araştırmaya katılan tüm öğrencilerin insana özgü dil ve canlılığı atom ve kimyasal bağları açıklamada kullandıkları ortaya çıkmıştır. Ayas ve Özmen [40] “*Lise Kimya*

*Öğrencilerinin Maddenin Tanecikli Yapısı Kavramını Anlama Seviyelerine İlişkin Bir Çalışma*” adlı çalışmada çeşitli okullardan seçtikleri 150 lise 1; 100 lise 2 öğrencisinden oluşan örnekleme kimyanın ve fiziğin temel konularından biri olan maddenin tanecikli yapısı kavramını anlamalarına dair günlük olaylarla ilişkili beş soruluk bir testle öğrencilerin tanecikli yapıyı nasıl anlamlandırdıklarına dair bir çalışma yapmıştır. Öğrenci cevaplarının analizinde bu kavramların öğrenciler tarafından net olarak anlaşılmadığı ortaya çıkmıştır. Tezcan ve Salmaz [41] “*Atomun Yapısının Kavratılmasında ve Yanlış Kavramların Giderilmesinde Bütünleştirici ve Geleneksel Öğretim Yöntemlerinin Etkileri*” adlı çalışmada atomun kavratılmasında geleneksel anlatım yöntemi ile bütünleştirici yöntemin başarıya olan etkisini karşılaştırmıştır. Bu amaçla Kırıkkale Babaeski Lisesi lise 1. Sınıf öğrencilerinden oluşan örnekleme deney ve kontrol grubu olarak ayrılmış, kontrol grubuna geleneksel öğretim yöntemi, deney grubuna ise bütünleştirici öğretim yöntemi uygulanmıştır. Bu amaçla yöntemlerin uygulama öncesinde *Atomun Yapısı Ön Bilgi Testi, Mantıksal Düşünme Yetenek Testi, Bilimsel İşlem Beceri Testi ve Atomun Yapısı Kavram Testi*, uygulama sonrasında ise Atomun yapısı kavram testi uygulanmıştır. Sonuç olarak bütünleştirici yöntemin daha başarılı olduğu ortaya çıkmıştır. Çokelez ve Dimon’un [42] Almanya’da yaptığı “*Lise Öğrencilerinin Atom ve Molekül Kavramlarını Gösterimleri*” çalışmasıyla aynı lise öğrencisiyle 10. sınıftan 12. sınıfa kadar çalışarak belirtilen kavramlara ilişkin değişimini incelemiştir. Yapılan incelemede sınıf düzeyi yükseldikçe öğrencinin atom ve yapısını anlama düzeylerinin de yükseldiği görülmüştür. Bu çalışmaya benzer olarak Yıldız [43] “*İlköğretim ve Ortaöğretim Öğrencilerinin Atomun Yapısı ile ilgili Zihinsel Modelleri*” adlı çalışmasıyla ilköğretim ve ortaöğretim öğrencilerinin atomun yapısı ile ilgili zihinsel modelleri belirleyerek, aralarında bir ilişkinin olup olmadığı araştırmıştır. Bu amaçla benzeşim modelleri ve atomun tarihsel modellerinin öğrencilerin zihinsel modellerini nasıl etkilediği incelemiştir. Bu çalışma sonucunda da sınıf düzeyi arttıkça atomun anlamlandırılma düzeyinin de arttığı ortaya çıkmıştır.

Yapılan çalışmalara bakıldığında atom ve yapısının öğretiminde modern yöntemlerin kullanımının daha etkili olduğu, sınıf düzeyi arttıkça atom ve yapısının anlamlandırılma düzeyinin de arttığı görülmektedir.

### 3. YÖNTEM

Bu bölümde verilerin analizi sürecinde kullanılan fenomenografik araştırma yöntemi, araştırmanın örnekleme, veri toplama aracı ve verilerin analizinin nasıl yapıldığı açıklanmıştır.

#### 3.1 Fenomenografik Araştırma Yöntemi

Fenomenografi, özellikle eğitimle ilgili yapılan araştırmalarda yer alan düşünme ve öğrenme ile ilgili soruları cevaplamaya çalışan deneysel bir araştırma yöntemidir [44]. Her bireyin aynı olaylar karşısında algılamaları farklı olabilmekte, bu farklılık da bireylerin aynı olaydan farklı deneyimler edinmelerine neden olabilmektedir. Deneyimlerdeki bu farklılıklar da bireyin o olaya dair fenomenleri kavramsallaştırmasında farklılıklar yaratabilmektedir. Bu açıdan bu yöntem eğitim araştırmalarında aynı kavramdan farklı bireylerin neler anladıklarını ortaya çıkarmada tercih edilen bir yöntemdir. Yani başlıca ilgi alanı, insanların kendi çevrelerindeki dünyada bağlamsallaştırdıkları fenomenin algılanması ya da anlamlandırılmasından haberdar olmaktır. Amacı öğrencilerin kavramlara dair görüşlerini yanlış ya da doğru olarak nitelendirmek değildir. Gerçek olguyla ilişkili olabilecek olan bu kavramların doğruluk ya da gerçeğe uygunluğu konusunda herhangi bir yargıda bulunmaz [45]. Fenomenografik araştırmanın özellikleri şu şekildedir:

- Felsefe olarak, bireyi objeden ya da fenomenden ayrı olarak görüp değerlendiren dualist yaklaşımın karşısındadır. Bireyle fenomen arasındaki ilişkiye bağlı olarak oluşturulur.

- Nitel araştırma geleneği içerisinde yer almaktadır.

- Diğer nitel araştırma yöntemlerinden farklı olarak, örneklem tarafından betimlenmiş Őekliyle bir fenomeni görür ve kendi betimlemelerini de onlara dayandırır.

- Fenomenin tecrübe edilme Őekillerindeki temel farklılıklara odaklanır. Çalışmaların sonuçlarında bu farklılıkları ortaya koyan kavramsal kategoriler oluşturulur ve bu kategoriler birbirleriyle ilişkilendirilir [46].

Fenomenografik yöntem de birey ve görüşü önemlidir. Bu yöntemle yapılan veri analizinde önceden hazırlanmış bir cevap anahtarı ya da cevapları gruplayacak bir anahtar yoktur. Veriler tamamen öğrencilerin görüşlerine göre sınıflandırılır ve yorumlar buna göre yapılır.

Fenomenografik yöntemde veri toplama, yapılan bireysel görüşmelerle olur. Görüşmeler kayıt edilir. Kaydedilen görüşmeler uygun ortamda yazıya dökülür. Yazıya dökme işlemi yeterli derecede kontrol edildikten sonra veriler araştırma sorularıyla ilişkilendirilir, tanımlanan kavramlar sınıflandırılarak belli kategorilere ayrılır. Kategoriler kendi içerisinde birbirleriyle ve araştırmanın konusuyla ilişkilendirilir. Bu kontrol işlemi de yeterli derecede yapıldıktan sonra katılımcıların görüşleriyle Őekillenen kategorilere göre yorum ve öneriler yapılır. Bu araştırmada da veriler araştırmanın amacına uygun olan fenomenografik araştırma yöntemine göre analiz edilmiştir.

### **3.2 Araştırmanın rneklemini**

Araştırmanın rneklemini 2010-2011 Eğitim-ğretim Yılı Bahar Dönemi'nde Balıkesir Üniversitesi Fizik ğretmenliği 3. Sınıfta ğrenim görmekte olan 15 Fizik ğretmeni adayı oluşturmaktadır. Görüşme yapılacak ğretmen adayları; daha önce aynı sınıfta ders veren ğretim elemanlarının görüşleri ışığında, ğretmen adaylarının kişilikleri, rahat dönüt verebilecek oluşları, araştırmacı ile ilişkilerinde rahat olabilmeleri ve Parçacık Fiziği'ni ders olarak almamış olmaları temel alınarak amaçlı örneklem stratejisine göre Őeilmiřtir. Öğretmen adaylarının isimleri kullanılmamış, her birine bir numara verilmiştir.

### 3.3 Veri Toplama Aracı

Veri toplama aracı olarak araştırma kapsamına alınan kavramlara ilişkin 11 adet açık uçlu sorudan oluşan anket ve ortalama 25 dakika süren yarı-yapılandırılmış görüşmeler kullanılmıştır.

Anket sorularının oluşturulmasında uluslar arası bir internet eğitim sitesi olan ve lise öğrencileri için tasarlanan “Particle Adventure” adlı sitenin konu anlatımlarında yer alan kavramlar ve konu sonunda sordukları değerlendirme soruları örnek alınmıştır. 11. sınıf lise kimya kitabı ve şu an kullanılmaya başlanan 12. Sınıf Lise Fizik kitabı kazanımlara ilişkin kavramlarla örtüşecek şekilde bu sitenin rehberliğinde hazırlanan sorular; 2010- 2011 Eğitim Öğretim yılı Bahar Döneminde Balıkesir Üniversitesi Kimya Öğretmenliği 4. Sınıfta okuyan gönüllü 6 öğrenciyle yapılan pilot görüşmeler ve bu görüşmelere paralel olarak 1 alan uzmanı, 3 Fizik Eğitimsi tarafından yapılan incelemeler sonucunda gerekli düzeltmelerle son şeklini almıştır. Anketin ilk 2 sorusu araştırmanın ilk alt problemi olan “*Fizik öğretmeni adaylarının atoma dair görüşleri nelerdir?*” sorusuna cevap aramaktadır. Anketin 3., 4., ve 5. soruları ise araştırmanın ikinci alt problemi olan “*Fizik öğretmeni adaylarının atom altı parçacıklara dair görüşleri nelerdir?*” sorusuna cevap aramaktadır. Anketin 6. , 7. ve 8. soruları araştırmanın üçüncü alt problemi olan “*Fizik öğretmeni adaylarının atom altı parçacıklar arasındaki etkileşimlere dair görüşleri nelerdir?*” sorusuna cevap aramaktadır. Anketin 9., 10. ve 11. soruları ise araştırmanın dördüncü alt problemi olan “*Fizik öğretmeni adaylarının Hızlandırıcılara dair görüşleri nelerdir?*” sorusuna cevap aramaktadır.

### 3.4 Verilerin Analizi

Öğretmen adaylarına 2010- 2011 Eğitim Öğretim Yılı Bahar Döneminde uygulanan 11 açık uçlu sorudan oluşan anket sonucunda görüşlerinin daha net belirlenebilmesi için yapılan yarı- yapılandırılmış görüşmelerin kayıtları bilgisayar ortamında yazıya dökülmüştür. Yazıya dökme işleminde görüşmeler tekrar tekrar dinlenmiş, yazıların öğretmen adaylarının gerçek duygu ve düşüncelerini yansıtmasına özellikle dikkat edilmiştir. Yazıya dökme işlemi tamamlandıktan sonra soruların her biri sırayla ve birey birey incelenmiştir. İnceleme sonucunda her bir sorunun içerdiği kavram ve konulara ilişkin öğretmen adaylarının birey olarak açıklamaları benzerlik ve farklılığına göre kategorilere ayrılarak tablolştırılmıştır. Daha sonra her bir soru ve birey için başa dönülerek; araştırmacının kendisi, 1 alan uzmanı ve 1 Fizik Eğitimsi tarafından yazıya geçirilen veriler tekrar tekrar okunmuş ve kategorilerin uygunluğu kontrol edilmiştir. Bu kontrol sırasında bazı kategoriler değişmiştir. Ayrıca kategorilerde yer almayan ancak yarı-yapılandırılmı görüşmeler esnasında önemli görülüp bazı öğretmen adaylarına sorulan sorulara ilişkin öğretmen adaylarının açıklamalarına da bulgular ve yorum kısmında yer verilmiştir.

#### 4. BULGULAR VE YORUM

Bu bölümde öğretmen adaylarının cevapları kategoriler halinde sunulur ve kategorilere göre yorum yapılacaktır.

##### 4.1 Birinci Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın ilk sorusu “*Elektronu, protonu, nötronu ve atomu nasıl tarif edersiniz? Sizce atomun şekli nasıldır? Çizimle gösteriniz?*” sorusuna ilişkin öğretmen adaylarının soru içerisinde geçen *elektron, proton, nötron, atom ve atomun şekli* kavramlarına dair görüşleri sırayla şu şekildedir:

**Tablo 4.1 Elektron Kavramına Dair Öğretmen Adaylarının Verdiği Cevapların Analizi**

Tanımlanan Kavram	Kategoriler	Açıklama Örneği
Elektron	Atomdaki yeri (4, 14)	Atomun etrafında dönen parçacıktır.
	Atomun yapıtaşı (7)	Elektronlar atomun en temel yapıtaşıdır.
	Atomdaki yeri ve yükü (1, 8, 10, 11, 12, 13)	Atomun çekirdeğinin etrafında dolanan eksi yüklü parçacıktır.
	Ait olduğu parçacık sınıfı ve yükü (2, 3)	Temel parçacıktır. Eksi yüklüdür.
	Atomdaki yeri, yükü, yapısı (9)	Atomun yörüngesinde dolanan eksi yüklü parçacıktır. Daha küçük parçacıklara bölünemez.
	Atomdaki yeri ve ait olduğu parçacık sınıfı (5, 6)	Çekirdeğin etrafında elektron bulutu oluşturan ve dönen temel bir parçacıktır.
	Ait olduğu parçacık sınıfı, grubu, yükü ve kütlesi (15)	Belirli bir kütlesi olan yükü -1c olan parçacıktır. Leptondur. Temeldir.

Tablo 4.1 incelendiğinde öğretmen adaylarının elektron kavramı hakkındaki görüşlerinin yaptıkları açıklamalara dayanarak 7 kategoride toplandığını söyleyebiliriz.

Oluşan kategorilere bakıldığında öğretmen adaylarının bazılarının (1, 4, 8, 10, 11, 12, 13, 14) elektron tarifinde *yük ve atomdaki* yer üzerine odaklandığı görülürken, bazı öğretmen adaylarının da (2, 3, 5, 6, 7, 9, 15) elektron tarifinde *temel parçacık, lepton* gibi kavramları kullandığı görülmektedir.

**Tablo 4.2 Proton Kavramına Dair Öğretmen Adaylarının Verdiği Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler	Açıklama Örneği
Proton	Yapısı (7)	Protonlar kuarklardan oluşur.
	Atomdaki yeri ve yükü (1, 4, 10, 11, 12)	Atomun çekirdeğinde bulunan artı yüklü parçacıktır (11).
	Yükü ve ait olduğu parçacık sınıfı (2)	Artı yüklüdür. Temel parçacık değildir.
	Atomdaki yeri (5, 13)	Çekirdeğin içinde bulunur.
	Yapısı ve yükü (3)	Daha küçük parçacıklardan yani kuarklardan oluşur. Bu üç kuarkın yükleri toplamı +e'dir yani elektronun tam tersidir.
	Ait olduğu parçacık sınıfı, yapısı, atomdaki yeri (6, 14)	Temel parçacık sayılmıyor. Kuarklardan oluşmuştur. Çekirdekte bulunur.
	Yapısı ve atomdaki yeri (9)	Kuarklardan oluştuğu anlaşılmıştır. Atomun merkezinde bulunan çekirdeğin içerisinde bulunuyor.
	Yapısı, atomdaki yeri, yükü, grubu (8, 15).	Kuarklardan oluşuyor. Çekirdeğin içerisinde bulunuyor. Yükü +e. Baryondur.

Tablo 4.2 incelendiğinde öğretmen adaylarının proton kavramına dair görüşlerinin sekiz kategoride toplandığını görmekteyiz.

Oluşan kategorilere bakıldığında öğretmen adaylarının bazılarının (1, 4, 5, 10, 11, 12, 13) protonun yüküne ve atomdaki yerine dair açıklamalar yapmayı tercih ettiği görülmektedir. Tercih edilen bu açıklamalar dışında bazı öğretmen adaylarının (2, 3, 6, 7, 8, 9, 14, 15) protonu açıklarken protona dair *kuark, baryon* gibi kavramlarla *temel parçacık değil* gibi ifadeler kullandığını da görmekteyiz.

**Tablo 4.3 Nötron Kavramına Dair Öğretmen Adaylarının Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler	Açıklama Örneği
Nötron	Yükü (1, 2)	Yüksüz parçacıktır.
	Yapısı, yükü, atomdaki yeri (3, 12)	Üç tane kuarktan oluşur. Bu üç kuarkın yükleri toplamı sıfırdır. Yüksüzdür. Çekirdeğin içinde bulunur.
	Yükü, atomdaki yeri (4, 9, 11, 13)	Çekirdekte bulunan yüksüz parçacıktır.
	Atomdaki yeri (5, 10)	Çekirdekte bulunur.
	Ait olduğu parçacık sınıfı, yapısı, atomdaki yeri (6, 14)	Temel parçacık değildir. Kuarklardan oluşuyor. Çekirdeğin içinde bulunur.
	Atomdaki yeri, grubu, yapısı (7)	Çekirdeğin içinde bulunuyor. Kuarklardan oluşuyor. Baryon olarak kabul ediliyor.
	Ait olduğu parçacık sınıfı, yükü (8)	Yüksüzdür. Temel parçacık değildir.
	Atomdaki yeri, grubu, yapısı, yükü (15)	Yükü olmayan 3 kuarktan oluşan baryondur. Çekirdekte bulunur.

Tablo 4.3 incelendiğinde öğretmen adaylarının nötron kavramına dair görüşlerinin sekiz kategoride toplandığını görmekteyiz.

Oluşan kategorilere bakıldığında bazı öğretmen adaylarının (1, 2, 4, 5, 9, 10, 11, 13) nötron tariflerinin nötronun *yükü ve atomdaki yeri* odaklı olduğu görülürken bazı öğretmen adaylarının da (3, 6, 7, 8, 12, 14, 15) *kuark, baryon* gibi kavramlarla *temel parçacık değil* ifadesini kullanarak tarif yaptıkları görülmektedir.

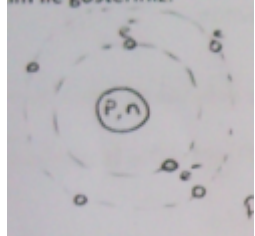
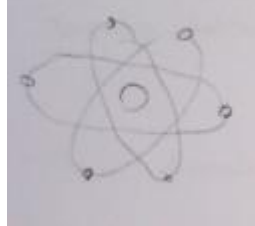
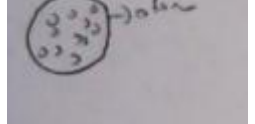
**Tablo 4.4 Atom Kavramına Dair Öğretmen Adaylarının Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler	Açıklama Örneği
Atom	Parçalanabilir (1)	Bu zamana kadar, daha doğrusu 20. yy'a kadar maddenin yapıtaşısı olarak biliniyordu. Ama atomu da parçaladılar yani kuarklara falan böldüler. Atomu da parçalayabiliyoruz yani .
	Proton, nötron, elektrondan oluşur (2, 3, 4, 14)	Proton, nötron ve elektronlardan oluşan bir parçacıktır.
	Maddenin yapıtaşısıdır (5, 12)	Bir maddeyi oluşturan yapıtaşısıdır.
	Daha küçük parçalardan oluşan, maddeyi oluşturan yapı (6)	Belirli bir zamana kadar sanılan en küçük parçacık, altında daha küçük parçacıkları barındıran bir yapı, maddeyi oluşturan parçacık (6).
	Çekirdek ve elektrondan oluşan yapı (7, 13, 15)	Çekirdekten ve onun etrafında toplanan elektron bulutundaki elektronlardan oluşur.
	Çekirdek, içerisinde proton, nötron, etrafında elektrondan oluşan yapı (8)	Çekirdek, çekirdeğinin içerisinde proton ve nötron, etrafındaysa elektronu olan bir yapıdır.
	Büyük boşluklardan oluşur (9)	Atom çok büyük bir boşluktan oluşur.
	Proton ve nötrondan oluşan yüksüz parçacık (10)	Proton ve nötrondan oluşan yüksüz bir parçacıktır.
	Yük bakımından nötr ve protonun ağırlığına yakın model (11)	Küçük bir çekirdeği bulunan yük bakımından nötr olan, ama ağırlığı protonun ağırlığına yakın olan model.

Tablo 4.4 incelendiğinde öğretmen adaylarının atom kavramına dair görüşlerinin 9 kategoride toplandığını görmekteyiz.

Oluşan kategorilere bakıldığında bazı öğretmen adaylarının (2, 3, 4, 7, 8, 13, 14, 15) elektron, proton, nötrondan ya da çekirdek ve elektrondan oluşan yapı olarak açıklamalarda bulunduğu görülürken, öğretmen adaylarından birinin (9) ilk atom teorilerine dayalı açıklamalar yaptığı görülmektedir. Bazı öğretmen adayları ise (1, 5, 6) maddenin yapıtaşısı ifadesini kullanarak açıklamalar yaptığı görülürken, yine öğretmen adaylarından birinin (10) atomu sadece çekirdek kavramıyla açıkladığı görülmektedir.

**Tablo 4.5 Öğretmen Adaylarının Atomun Şekline Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan Kavram	Kategoriler	Açıklama Örneği
Atom şekli	Güneş sistemi modeli (2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15)	
	Medyatik model (1, 5, 8)	
	Üzümlü kek modeli (14)	

Tablo 4.5 incelendiğinde öğretmen adaylarından on bir öğretmen adayının (2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15) atomu tarif etmede güneş sistemi modelini seçtikleri görülürken, öğretmen adaylarının üçünün (1, 5, 8) medyatik modeli, birinin (14) ise üzümlü kek modelini seçtiği görülmüştür.

## 4.2 İkinci Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın ikinci sorusu “Nötr bir  ${}^6C^{12}$  atomunun yapısını şekil çizerek açıklayınız” sorusuna ilişkin öğretmen adaylarının soru içerisinde geçen nötr atom ve karbon atomunun şekli kavramlarına dair görüşleri şu şekildedir:

**Tablo 4.6 Öğretmen Adaylarının Nötr Atom Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan Kavram	Kategoriler	Açıklama Örneği
Nötr atom	Bilmiyorum(1)	Bilmiyorum.
	Artı yük eksi yüke eşit yani proton sayısı elektron sayısına eşit (2,3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10,11,12,14, 15)	Artı ve eksi yüklerin birbirine eşit olduğu yani proton ve elektron sayılarının birbirine eşit olduğu atomdur.
	Yüksüz. Proton nötrona eşit (13)	Yüksüz diyebiliriz. Protonla nötronun birbirine eşit olması.

Tablo 4.6 incelendiğinde öğretmen adaylarının nötr atom kavramına dair görüşlerinin 2 kategoride toplandığını görmekteyiz.

Oluşan kategorilere bakıldığında öğretmen adaylarından birinin (1) nötr atomu bilmediği, bir öğretmen adayının(13) ise nötr atomu proton ve nötron sayıları eşit olarak ifade ettiği görülürken, diğer öğretmen adaylarının (2,3,4, 5, 6, 7, 8, 9,10,11,12,14, 15) ise nötr atomu eksi ve artı yük eşitliği yani proton sayısı ve elektron sayısının eşit olması şeklinde açıkladığı görülmektedir.

**Tablo 4.7 Öğretmen Adaylarının Nötr Karbon Atomunun Şekline Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan Kavram	Kategoriler	Açıklama Örneği
Karbon Atomunun şekli	Bilmiyorum (1, 2, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15)	
	Medyatik model (3)	
	Güneş sistemi modeli (4, 5, 6, 7, 10)	

Tablo 4.7 incelendiğinde öğretmen adaylarının çoğunun (1, 2, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15) nötr karbon atomunun tasvir edecek bir şekil çizmedikleri görülmektedir. Çizim yapan öğretmen adaylarının ise nötr karbon atomu için tercih ettikleri şekiller güneş sistemi modeli (3) ve medyatik model (4, 5, 6, 7, 10) olmuştur.

### 4.3 Üçüncü Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın üçüncü sorusu “Atomun yapısında bulunan temel parçacık denildiğinde aklınıza ne gelmektedir. Örnek vererek açıklayınız?” sorusuna ilişkin öğretmen adaylarının soru içerisinde geçen temel parçacık kavramı ve atomun yapısında bulunan temel parçacık örneğine dair görüşleri sırasıyla şu şekildedir:

**Tablo 4.8 Öğretmen Adaylarının Temel Parçacık Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

<b>Tanımlanan Kavram</b>	<b>Kategoriler</b>	<b>Açıklamalar</b>
<b>Temel parçacık</b>	Atomun temelini oluşturan parçacık (2)	Atomun temelini oluşturan parçacıklardır.
	Alt bileşenlere ayrılmayan/daha küçük parçacıklara ayrılmayan, daha küçük parçacıklardan oluşmayan parçacıklar / bölünemeyen parçacıklar(1,3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12,13,14, 15)	Daha alt, daha basit bileşenlerine ayrılmayan parçacıktır.

Tablo 4.8 incelendiğinde öğretmen adaylarının temel parçacık kavramına dair görüşlerinin 2 kategoride toplandığını görmekteyiz.

Öğretmen adaylarından dördü (1, 4, 12, 13) temel parçacık kavramına ilişkin *bölünemeyen* ifadesini kullanarak temel parçacığı “*Bölünemeyen parçacıktır*” şeklinde açıklamışlardır. Örneğin 12 numaralı öğretmen adayının görüşme esnasında şu şekilde açıklamada bulunmuştur:

*A: Atomun yapısında bulunan temel parçacık denildiğinde temel parçacık kavramından ne anlıyorsun?*

*12: Temel parçacık bölünemeyen anlamına geliyor. Mesela proton udd'den oluşur demiştik ya, u ve d'ler temel parçacık oluyor. Nötron da aynı şekilde, ama elektronlara temel parçacık diyebiliyoruz. Çünkü o bölünmüyor.*

Öğretmen adaylarından onu (3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15) temel parçacık kavramına ilişkin *alt bileşenlerine ayrılmayan/daha küçük bileşenlere ayrılmayan/küçük bileşenlerden oluşmayan* ifadelerini kullanarak temel parçacığı genel anlamda “*Daha küçük parçacıklardan oluşmadığı için daha küçük parçalara ayrılmayan, yani alt bileşeni olmayan parçacıktır*” şeklinde açıklamışlardır. Örneğin görüşme esnasında 3 numaralı öğretmen adayı şu şekilde açıklamada bulunmuştur:

*A: Atomun yapısında bulunan temel parçacıklar denildiğinde temel parçacık kavramından ne anlıyorsun? Örnek vererek açıklayabilir misin?*

*3: Daha alt, daha basit bileşenlerine ayrılamayan parçacıktır. Mesela çekirdeğin içerisinde protonlar ve nötronlar kuarklara ayrılır. Ancak kuarklar temel parçacıktır diyebiliriz. Çünkü daha küçük bileşenlerine ayrılamıyor. Aynı şekilde elektronlar da temel parçacıktır diyebiliriz. Onlar da daha küçük parçacıklara ayrılamıyor çünkü.*

Öğretmen adaylarından biri (2) temel parçacık kavramına ilişkin *atomun temelini oluşturan* ifadesini kullanarak temel parçacığı “*Atomun temelini oluşturan parçacıktır.*” Şeklinde açıklamıştır.

*A: Temel parçacık kavramından ne anlıyorsun?*

*2: Hımmm. Atomun temelini oluşturan parçacıklardır.*

Oluşan kategorilere bakıldığında, öğretmen adaylarının temel parçacığı on dört öğretmen adayının “*bölünemeyen*”, “*alt bileşenleri olmadığı için daha küçük parçalara ayrılmayan*” (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15) ifadeleriyle, 2 numaralı öğretmen adayının “*atomun temelini oluşturan*” ifadesiyle, açıkladıkları görülmektedir.

**Tablo 4.9 Öğretmen Adaylarının Atomun Yapısında Bulunan Temel Parçacıklara Dair Verdikleri Örneklerin Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler	Açıklama Örnekleri
Temel parçacık	Atomun yapısında bulunan temel parçacık örnekleri	• Kuark (1).
		• Elektron, kuarklar ve up kuarklar (2).
		• Kuarklar ve elektronlar (3, 4, 6, 11, 15)
		• Elektron, kuark, mezon, pi mezon, gluon (5).
		• Kuarklar, elektronlar, gluonlar (7).
		• Foton, elektron, bozon, graviton, müon (8).
		• Elektron, nötron, kuarklar, mezonlar (9).
		• Müonlar, mezonlar (10).
		• Elektronlar (12).
		• Elektron, proton, nötron (13).
		• Kuark ve graviton (14).

Tablo 4.9 incelendiğinde öğretmen adaylarının atomun yapısında bulunan temel parçacıklara ilişkin örneklerinin şu şekilde olduğunu görmekteyiz:

Öğretmen adaylarının atomun yapısında bulunan temel parçacıklara ilişkin 11 farklı açıklamada bulunduğunu görmekteyiz. Öğretmen adaylarından beşi (3, 4, 6, 11, 15) atomun yapısında bulunan parçacıkları *kuark* ve *elektron* olarak örneklerken, öğretmen adaylarında birinin (2) *elektron* ve *kuarklara* ilave olarak *up (yukarı kuark) kuarkı*, bir diğ erinin (7) de *gluonu*, yine bir başka öğretmen adayının (5) da *mezon*, *pi mezon* ve *gluonu*, bir başka öğretmen adayının ise (9) *nötron* ve *mezonu* atomun yapısında buluna temel parçacıklara örnek verdiği görülmektedir. Yine öğretmen adaylarından birinin (1) sadece *kuarkı* örnek verdiği, başka bir öğretmen adayının da (14) *kuark* dışında *gravitonu* da atomun yapısında buluna temel parçacıklara örnek verdiği görülmektedir. Öğretmen adaylarından biri (10) atomun yapısında bulunan temel parçacıklara sadece *müon* ve *mezonu* örnek gösterirken, bir diğ eri (12) sadece *elektronu*, başka bir öğretmen adayı ise (13) *proton*, *nötron* ve *elektronu* örnek göstermiştir.

#### 4.4 Dördüncü Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın dördüncü sorusu “*Atomun yapısında bulunan bileşik parçacıklar (bağlı durum parçacıkları) denildiğinde aklınıza ne gelmektedir? Örnek vererek açıklayınız.*” sorusuna ilişkin öğretmen adaylarının soru içerisinde geçen *bileşik parçacık* kavramı ve *atomun yapısında bulunan bileşik parçacık* örneğine dair görüşleri sırasıyla şu şekildedir:

**Tablo 4.10 Öğretmen Adaylarının Bileşik Parçacık Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler	Açıklama Örnekleri
Bileşik parçacık	Bölünme sonucu oluşan (1)	Proton, nötron gibi parçacıklar bölündükten sonra oluşan yapılara bileşik parçacık diyoruz (1).
	Temel parçacıklardan oluşan (2, 3, 11, 12)	Temel parçacıkların birleşmesiyle oluşan parçacıklardır.
	Birleşme sonucu oluşan (4, 5, 6, 9, 15)	Birleşerek oluşan parçacıktır.
	Daha küçük parçacıklardan oluşan (7)	Kendisini oluşturan daha küçük parçacıkların bir araya gelmesiyle meydana gelen parçacık.
	Diğer parçacıklardan oluşan (8)	Diğer parçacıklardan oluşan parçacıktır .
	Alt parçacıkları olan (10)	Daha alt parçacıkları olan parçacıktır.
	Molekül (13)	Moleküllerdir.
	Birden fazla parçacıktan oluşan (14)	Birden fazla parçacıktan oluşmuş.

Tablo 4.10 incelendiğinde öğretmen adaylarının bileşik parçacık kavramına dair görüşlerinin 8 kategoride toplandığını görmekteyiz.

Öğretmen adaylarından biri (1) bileşik parçacık kavramına ilişkin *bölünme sonucu oluşur* ifadesini kullanarak bileşik parçacığı “*Proton, nötron gibi parçacıklar bölündükten sonra oluşan yapılara bileşik parçacık denir.*” şeklinde açıkladı. 1 numaralı öğretmen adayının görüşme esnasında açıklaması şu şekilde olmuştur:

*A: Atomun yapısında bulunan bileşik parçacık denildiğinde ne anlıyorsun?*

*I: Mesela proton, nötron gibi parçacıklar bölündükten sonra oluşan yapılara bileşik parçacık diyoruz hocam.*

Öğretmen adaylarından dördü (2, 3, 11, 12) bileşik parçacık kavramına ilişkin *temel parçacıklardan oluşur* ifadesini kullanarak bileşik parçacığı genel anlamda “*Aynı ya da farklı birkaç temel parçacığın birleşmesiyle oluşan parçacıktır.*” şeklinde açıkladı. Örneğin 11 numaralı öğretmen adayının görüşme esnasında açıklaması şu şekilde olmuştur:

*A: Atomun yapısında bulunan bileşik parçacık denildiğinde, bileşik parçacık kavramından ne anlıyorsun?*

*11: hummmm, onda proton ve nötronu düşünebiliriz. Çünkü protonu oluşturan 3 tane kuark oluyor. Onların birleşmesiyle oluşuyor.*

*A: Yani bileşik parçacık kavramından ne anlıyorsun?*

*11: Bileşik parçacık mesela 2 tane temel parçacığın bir parçacık oluşturmaları şeklinde düşünülebilir.*

Öğretmen adaylarından beşi (4, 5, 6, 9, 15) bileşik parçacık kavramına ilişkin *birleşme sonucu oluşur* ifadesini kullanarak bileşik parçacığı genel anlamda “*Bir ya da birkaç parçacığın birleşmesiyle oluşan parçacıktır.*” şeklinde açıkladı. Örneğin 15 numaralı öğretmen adayının görüşme esnasında açıklaması şu şekilde olmuştur:

*A: Atomun yapısında bulunan bileşik parçacık denildiğinde bileşik parçacık kavramından ne anlıyorsun?*

*15: Proton ve nötron.*

*A: Neden?*

*15: Bunları da kuarklar oluşturuyor. Birleşerek oluştukları için bileşik parçacık.*

Öğretmen adaylarından biri (7) bileşik parçacık kavramına ilişkin *daha küçük parçacıklardan oluşur* ifadesini kullanarak bileşik parçacığı “*Kendisini oluşturan daha küçük parçacıkların bir araya gelmesiyle meydana gelen parçacıktır*” şeklinde

açıkladı. 7 numaralı öğretmen adayının açıklaması görüşme esnasında şu şekilde olmuştur:

*A: Atomun yapısında bulunan bileşik parçacık denildiğinde bileşik parçacık kavramından ne anlıyorsun?*

*7: Elektronun bileşik olmadığını biliyorum bir tek.*

*A: Bileşik parçacık ne peki?*

*7: Hımmm, fikrim yok.*

*A: Örnek verebilecek misin peki?*

*7: Proton olabilir mi?*

*A: Neye dayanarak?*

*7: Çünkü onu oluşturan tanecikler var. Onların bir araya gelmesiyle meydana geliyor.*

*A: O zaman bileşik parçacığı ne olarak kabul ediyorsun?*

*7: Hımmm, kendisini oluşturan daha küçük parçacıkların bir araya gelmesiyle meydana gelen parçacık.*

Öğretmen adaylarından biri (8) bileşik parçacık kavramına ilişkin *diğer parçacıklardan oluşur* ifadesini kullanarak bileşik parçacığı “*Diğer parçacıklardan oluşan parçacıktır.*” Şeklinde açıkladı. 8 numaralı öğretmen adayının açıklaması görüşme esnasında şu şekilde olmuştur:

*A: Atomun yapısında bulunan bileşik parçacık denildiğinde bileşik parçacık kavramından ne anlıyorsun?*

*8: Bileşik parçacık diğer parçacıklardan oluşan, mesela çekirdeği ele alabiliriz. Çekirdek proton ve nötrondan oluşuyor. Proton ve nötronu da ele alabiliriz. Çünkü proton kuarklardan oluşuyor. Aynı*

*şekilde elektronda kuarklardan oluşuyor. Ama kuarklar en temel parçacık olduğu için onlara bileşik parçacık diyemeyiz.*

Öğretmen adaylarından biri (10) bileşik parçacık kavramına ilişkin *alt parçacıkları olan* ifadesini kullanarak bileşik parçacığı “*Daha alt parçacıkları olan parçacıktır.*” Şeklinde açıkladı. 10 numaralı öğretmen adayının açıklaması görüşme esnasında şu şekilde olmuştur:

*A: Atomun yapısında bulunan bileşik parçacık denildiğinde bileşik parçacık kavramından ne anlıyorsun?*

*10: Bileşik parçacıklardan, mesela çekirdek diyoruz. Çünkü çekirdek proton ve nötronlardan oluşuyor. Daha alt parçacıkları var.*

Öğretmen adaylarından biri (13) bileşik parçacık kavramına ilişkin *molekül* ifadesini kullanarak bileşik parçacığı “*Moleküllerdir.*” Şeklinde açıkladı. 13 numaralı öğretmen adayının açıklaması görüşme esnasında şu şekilde olmuştur:

*A: Atomun yapısında bulunan bileşik parçacık denildiğinde bileşik parçacık kavramından ne anlıyorsun?*

*13: Bileşikten hani molekül falan, bunu anlıyorum.*

Öğretmen adaylarından biri (14) bileşik parçacık kavramına ilişkin *birden fazla parçacıktan oluşan* ifadesini kullanarak bileşik parçacığı “*Bileşik parçacık birden fazla parçacıktan oluşmuştur.*” Şeklinde açıkladı. 14 numaralı öğretmen adayının açıklaması görüşme esnasında şu şekilde oldu:

*A: Atomun yapısında bulunan bileşik parçacık denildiğinde bileşik parçacık kavramından ne anlıyorsun?*

*14: Birden fazla parçacıktan oluşmuş.*

Öğretmen adaylarının açıklamalarda kullandıkları ifadelere bakıldığında *temel parçacıklardan oluşan* ifadesini dört öğretmen adayının (2, 3, 11, 12) kullandığı görülmektedir. Altı öğretmen adaylarının (4, 5, 6, 7, 8, 9) *başka*

parçacıklara bölünen ya da başka parçacıklardan oluşan ifadesini, öğretmen adaylarından birinin (1) *bölünme sonucu oluşan* ifadesini, yine öğretmen adaylarından birinin (10) *alt parçacıkları* olan ifadesini, diğer bir öğretmen adayının (14) ise *birden fazla parçacıktan oluşan* ifadesi gibi ifadeler kullandıkları görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (13) bileşik parçacık kavramını açıklamak için *molekül* ifadesini kullandığı görülmektedir.

**Tablo 4.11 Öğretmen Adaylarının Atomun Yapısında Bulunan Bileşik Parçacıklara Dair Verdikleri Örneklerin Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategori	Açıklama Örnekleri
Atomun yapısında bulunan bileşik parçacık örnekleri	Bilmiyorum (2)	Bilmiyorum.
	Çekirdek (1)	Çekirdek, bölünebiliyor çünkü
	Proton ve nötron (3, 4, 11, 12, 14, 15)	Proton ve nötron, kuarkların birleşmesinden dolayı bileşik parçacık diyebiliriz onlara.
	Çekirdek, proton, nötron (5, 8)	Çekirdek, proton ve nötronlardan oluşuyor. Proton ve nötron da kuarklardan oluşuyor .
	Proton, nötron, mezonlar (6)	Proton ve nötron, kuarklardan oluştuğu için. Mezonlar iki kuarktan oluştuğu için.
	Proton (7)	Proton, çünkü onu oluşturan tanecikler var.
	Çekirdek, proton, nötron, atom (9)	Proton var. Çekirdek proton ve nötronlardan oluşmuştur. Hepsini toplarsak, atom da bileşik parçacıktır .
	Hidrojen (13)	Hidrojen, molekül halindeki atom .

Tablo 4.11 incelendiğinde öğretmen adaylarının atomun yapısında bulunan bileşik parçacık örneklerinin 8 kategoride toplandığı görülmektedir.

Öğretmen adaylarından biri (1) atomun yapısında bulunan bileşik parçacığa *çekirdeği* örnek vererek nedenini de *çekirdeğin bölünebilmesi* olarak açıkladı. 1 numaralı öğretmen adayının görüşme esnasında cevabı şu şekilde oldu:

*A: Atomun yapısında bulunan bileşik parçacıklara örnek ver dediğimde bana neleri örnek verirsin?*

*I: Mesela çekirdek.*

*A: Neden?*

*I: Bölünebildiği için*

2 numaralı öğretmen adayı atomun yapısında bulunan bileşik parçacığa “*Bilmiyorum*” cevabını kullanarak örnek vermedi.

Altı öğretmen adayı (3, 4, 11, 12, 14, 15) atomun yapısında bulunan bileşik parçacığa *proton ve nötron* örneğini vererek nedenini genel anlamda *proton ve nötronun kuarklardan oluşması* olarak açıkladı. Örneğin 14 numaralı öğrencinin görüşme esnasında açıklaması şu şekilde oldu:

*A: Örnek verebilir misin atomun yapısında bulunan bileşik parçacıklara?*

*14: Proton ve nötronlar, dediğim gibi kuarklardan oluştuğu için.*

İki öğretmen adayı (5,8) atomun yapısında bulunan bileşik parçacığa *çekirdek, proton ve nötron* örneğini vererek nedenini, genel anlamda *çekirdeğin proton ve nötrondan oluşması, proton ve nötronun da kuarklardan oluşması* olarak açıkladı. Örneğin 5 numaralı öğretmen adayının görüşme esnasında açıklaması şu şekilde oldu:

*A: O zaman atomun yapısında bulunan bileşik parçacıklara neleri örnek verirsin?*

*5: Mesela çekirdek. O da bileşik parçacık. Sonuçta proton ve nötronlardan oluşuyor. Proton ve nötronlar da kuarklardan oluşuyor.*

Öğretmen adaylarından biri (6) atomun yapısında bulunan bileşik parçacıklara *proton, nötron ve mezonu* örnek göstererek nedenini bu parçacıklardan *her birinin kuarklardan oluşması* şeklinde açıkladı. 6 numaralı öğretmen adayının görüşme esnasında açıklaması şu şekilde oldu:

*A: O zaman bileşik parçacık olarak neyi örnek verebilirsin?*

*6: Proton diyorum. Nötron olabilir diyorum. Mezonlar olabilir.*

*A: Peki mezonları neden bileşik parçacık olarak kabul ettin?*

*6: O da proton ve nötron gibi kuarklardan oluşmuş. İki kuark bir arada diye. İki kuark bağlanmış ve bileşik yapı oluşturmuş gibi.*

Öğretmen adaylarından biri (7) atomun yapısında bulunan bileşik parçacığa *protonu* örnek göstererek nedenini *protonu oluşturan taneciklerin var olması* şeklinde açıkladı. 7 numaralı öğretmen adayının görüşme esnasında açıklaması şu şekilde oldu:

*A: Atomun yapısında bulunan bileşik parçacığa örnek verebilecek misin peki?*

*7: Proton olabilir mi?*

*A: Neye dayanarak?*

*7: Çünkü onu oluşturan tanecikler var. Onların bir araya gelmesiyle meydana geliyor.*

9 numaralı öğretmen adayı atomun yapısında buluna bileşik parçacığa *atomun kendisini de içine alarak çekirdek, proton ve nötronu* örnek göstererek nedenini *çekirdeğin proton ve nötrondan oluşması, bunların birleşerek de atomu oluşturması* şeklinde açıkladı. 9 numaralı öğretmen adayının görüşme esnasında açıklaması şu şekilde oldu:

*A: Atomun yapısında bulunan bildiğin bileşik parçacıklar neler?*

*9: Proton var. Çekirdeği o şekilde alabilir miyiz, bilmiyorum; protonlardan nötronlardan oluşmuştur. Ya da hepsini bir toplarsak atom da aslında bileşik parçacıktır diyebiliriz.*

13 numaralı öğretmen adayı atomun yapısında bulunan bileşik parçacığa *hidrojen molekülünü* örnek göstererek nedenini *molekül şeklindeki atom* olarak açıkladı. 13 numaralı öğretmen adayının görüşme esnasında açıklaması şu şekilde oldu:

*A: Atomun yapısında bulunan bileşik parçacıklara örnek verebilir misin?*

*13: Mesela hidrojen desek, molekül halinde atom. Aslında ben bu soruyu tam anlamadım. Hidrojen diyorum ama.*

#### 4.5 Beşinci Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın beşinci sorusu “Aşağıda verilen parçacıklardan hangisi ya da hangilerinin temel parçacık, hangisi ya da hangilerininse bileşik parçacık (bağlı durum parçacıkları) olduğunu düşünüyorsunuz? Nedenleriyle açıklayınız. Atom, Çekirdek, Proton, Nötron, Elektron, Muon, Mezon, Kuark, Gluon, Z bozonu, Foton, Graviton” soru içerisinde geçen yukarıdaki kavramlara ilişkin öğretmen adaylarının görüşleri sırasıyla şu şekildedir:

**Tablo 4.12 Öğretmen Adaylarının Atom Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlan kavram	Kategoriler		Açıklama Örneği
	Parçacık türü	Nedeni	
Atom	Temel parçacık	Maddenin yapıtaşı (1)	Temel parçacıktır, çünkü maddenin yapıtaşı.
	Bileşik parçacık	Temel parçacıklardan oluşur (2)	Bileşik parçacıktır, çünkü temel parçacıklardan oluşuyor.
		Elektron, proton ve nötrondan oluşur (3, 4, 9, 12, 13, 14, 15)	Bileşiktir. Elektron, proton ve nötrondan oluşmuştur.
		Çekirdek, proton, nötrondan oluşur (5)	Bileşiktir. İçinde çekirdeği var. Çekirdeğinde de proton ve nötronları var.
		Proton ve elektrondan oluşur (6)	Bileşiktir. Çünkü protonlardan, elektrondan oluşur.
		Çekirdek, proton, nötron ve elektrondan oluşur (7, 11)	Bileşik parçacıktır, çünkü elektron ve çekirdekten, çekirdeğinde de proton, nötron bulunan parçacıklardan oluşur .
		Çekirdek, proton ve elektrondan oluşur (8)	Bileşiktir. Çünkü çekirdek, proton ve elektron bulutundan oluşur. Proton kuarklardan oluşur .
		Proton ve nötrondan oluşur (10)	Bileşik parçacıktır. Çünkü daha alt bileşenlere ayrılır. Proton ve nötron olarak.

Tablo 4.12 incelendiğinde öğretmen adaylarının atom kavramı hakkındaki görüşlerinin temel parçacık ve bileşik parçacık ana kategorileri altında temel parçacık kategorisinde 1 kategoride toplandığı, bileşik parçacık kategorisinde 7 kategoride toplandığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında, öğretmen adaylarından biri (1) dışında diğer öğretmen adaylarının (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15) atomu *bileşik parçacık* olarak açıkladıkları görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (2) atomu *bileşik olarak* kabul ettiği ancak hangi temel parçacıklardan oluştuğuna dair bir örnek vermediği görülmektedir. Öğretmen adaylarından yedisinin (3, 4, 9, 12, 13, 14, 15) “*Proton, nötron ve elektrondan oluşur.*” tanımı ile atomu *bileşik parçacık* olarak açıkladıkları görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (5) atomu elektronu katmadan *çekirdek* gibi açıklayarak *bileşik parçacık* olarak açıkladığı görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (6) atomu *proton ve elektron* gibi alt parçacıklardan oluştuğunu düşündüğü için *bileşik parçacık* olarak kabul ettiği görülmektedir. Öğretmen adaylarından ikisinin (7, 11) atomu *bileşik parçacık* olarak kabul ederken *elektron, çekirdek, proton, nötrondan* oluşmasını göz önünde bulundurulduğu görülmektedir. Başka bir öğretmen adayının (8) diğer öğretmen adaylarından farklı olarak açıklamasını *protonun alt parçacığı kuarkı* da katarak yaptığı görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (10) diğer bir öğretmen adayının (5) açıklamasına benzer olarak atomu *çekirdek* gibi açıkladığı görülmektedir.

**Tablo 4.13 Öğretmen Adaylarının Çekirdek Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizleri**

Tanımlanan kavram	Kategoriler		Açıklama Örneği
	Parçacık türü	Nedeni	
Çekirdek	Temel parçacık	Atomun merkezinde bulunur (1)	Temel parçacıktır. Çünkü atomun merkezinde bulunur.
	Bileşik parçacık	Bir şeylerden oluşur (2)	Bileşik parçacıktır. O da bir şeylerden oluşuyor.
		Proton ve nötronlardan oluşur (3, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14)	Çekirdek proton ve nötronlardan oluşmuştur. Bileşiktir
		Proton ve nötronlardan oluşur. Bunlar da kuarklardan oluşur (4, 7)	Bileşiktir. Proton ve nötronlardan meydana gelir. Bunlar da kuarkların birleşmesiyle meydana gelir.
		Proton, nötron ve mezonlardan oluşur (6)	Bileşiktir. Protonlardan, nötronlardan, mezonlardan oluşur.
		Proton ve elektron bulutundan oluşur (8)	Bileşiktir. Proton ve elektron bulutundan oluşur. Yani daha alt parçacıkları vardır.
		Atom gibidir (15)	Bileşik parçacıktır. Bu da aynı atom gibidir.

Tablo 4.13 incelendiğinde öğretmen adaylarının çekirdek kavramı hakkındaki görüşlerinin temel parçacık ve bileşik parçacık ana kategorileri altında temel parçacık kategorisinde 1 kategoride toplandığı, bileşik parçacık kategorisinde 6 kategoride toplandığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında, öğretmen adaylarından biri (1) dışında diğer öğretmen adaylarının (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15) çekirdeği *bileşik parçacık* olarak gördükleri görülmektedir. 1 numaralı öğretmen adayının önceki sorularda yaptığı temel parçacık tanımı dışında bir tanımlamayla çekirdeği *temel parçacık* olarak kabul ettiği görülmektedir. 2 numaralı öğretmen adayının açıklaması önceki soruda bileşik parçacığa örnek verememesini destekler nitelikte bir açıklama olmuş ve çekirdeğin bir şeylerden oluştuğunu belirtmiş ancak nelerden oluştuğunu belirtmediği görülmektedir. Öğretmen adaylarının sekizinin (3, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14) *proton ve nötronlardan oluşur* ifadesini kullanarak açıklama yaptığını görmekteyiz. Öğretmen adaylarından ikisi (4, 7) *proton ve nötronlardan oluşur* ifadesine *proton ve*

*nötronun da kuarklardan meydana geldiği* ifadesini ekleyerek diğer öğretmen adaylarından farklı olarak daha temele inen bir açıklama yapmışlardır. 6 numaralı öğretmen adayı bir önceki soruda verdiği örneği destekleyecek nitelikte *proton ve nötronlarla birlikte mezonları* da çekirdeğin yapısına kattığı görülmektedir. 8 numaralı öğretmen adayının atom kavramı hakkında yaptığı açıklamaya benzer olarak açıklamasında *elektron bulutunu* da çekirdeğin yapısına kattığını ancak *nötronu* açıklamasında kullanmadığı görülmektedir. 15 numaralı öğretmen adayının çekirdeğinde aynen atom gibi alt parçacıkları olduğunu ima eden bir açıklama yaptığı görülmektedir.

**Tablo 4.14 Öğretmen Adaylarının Proton Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizleri**

Tanımlanan kavram	Kategoriler		Açıklamalar
	Parçacık türü	Nedeni	
Proton	Temel parçacık	Bölünemez (1, 13)	Temel. Bölünemeyen olduğundan.
	Bileşik parçacık	Kuarklardan oluşur (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15)	Bileşiktir. Çünkü kuarklardan oluşur.
		Alt parçacıklardan oluşur (10)	Protonun da daha alt parçacıkları vardı. Ama şu an aklıma gelmiyor. Bence bileşik parçacıktır.

Tablo 4.14 incelendiğinde öğretmen adaylarının proton kavramı hakkındaki görüşlerinin temel parçacık ve bileşik parçacık kategorileri başlığında temel parçacık kategorisinde 1 kategoriye, bileşik parçacık kategorisinde 2 kategoriye ayrıldığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında öğretmen adaylarından ikisinin (1, 13) önceki sorularda yaptıkları *temel parçacık* tanımıyla örtüşen bir görüşle protonu açıkladığını görülmektedir. Öğretmen adaylarından on ikisinin (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15) de protonun yapısına inerek *kuarklardan oluştuğu* vurgusunu yaparak protonu *bileşik parçacık* olarak açıkladığını görülmektedir. 10 numaralı öğretmen adayının ise protonu *bileşik parçacık* kategorisine koyduğunu görülmektedir ancak bileşik parçacık kategorisinde cevap veren öğretmen adaylarından farklı olarak protonun alt parçacığının ne olduğunu söylemeden soruyu cevapladığı görülmektedir.

**Tablo 4.15 Öğretmen Adaylarının Nötron Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizleri**

Tanımlanan kavram	Kategoriler		Açıklama Örneği
	Parçacık türü	Nedeni	
Nötron	Temel parçacık	Neden belirtmemiş (1)	Temel parçacıktır.
		Bölünmeyen/daha küçük parçacıklara ayrılamayan (9, 13)	Temel. Bölünemeyen olduğundan.
	Bileşik parçacık	Kuarklardan oluşur (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 15)	Bileşiktir. Çünkü kuarklardan oluşur.
		Alt parçacıkları var (10)	Nötronun da daha alt parçacıkları var. Ona da bileşik parçacık diyorum.

Tablo 4.15 incelendiğinde öğretmen adaylarının nötron kavramı hakkındaki görüşlerinin temel parçacık ve bileşik parçacık kategorileri başlığında temel parçacık kategorisinde 2 kategoriye, bileşik parçacık kategorisinde de iki kategoriye ayrıldığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında öğretmen adaylarının üçü (1, 9, 13) dışında diğer öğretmen adaylarının (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15) nötronu *bileşik parçacık* olarak kabul ettikleri görülmektedir. 1 numaralı öğretmen adayının neden belirtmese de *temel parçacık* tanımıyla örtüşecek bir şekilde açıklama yaptığı görülmektedir. 13 numaralı öğretmen adayının da *temel parçacık* tanımıyla örtüşen bir görüşle nötronu *temel parçacık* olarak kabul ettiği görülmektedir. 9 numaralı öğretmen adayı bir önceki soruda atomun yapısında bulunan bileşik parçacıklara nötronu da örnek vermesine rağmen, bu soruda nötronu *temel parçacık* olarak açıkladığı ve nötron hakkındaki görüşlerinin örtüşmediği görülmektedir. Öğretmen adaylarından on biri (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 15) nötronun yapısına inerek ve *kuarklardan oluşur* ifadesini kullanarak açıklama yaptıkları görülmektedir. 10 numaralı öğretmen adayının ise proton kavramı hakkındaki görüşüyle örtüşecek şekilde kapalı bir açıklamayla nötronu *bileşik parçacık* olarak kabul ettiği görülmektedir.

**Tablo 4.16 Öğretmen Adaylarının Elektron Kavramına Verdikleri Cevapların Analizi**

Açıklanan kavram	Kategoriler		Açıklama Örneği
	Parçacık türü	Nedeni	
Elektron	Temel parçacık	Neden belirtmemiş (6, 9)	Temel bir parçacıktır.
		Atomun etrafında dolanır (1)	Temeldir. Çünkü atomun etrafında dolanır.
		Bir şeylerden oluşmaz. Mezondur (2)	Temel parçacıktır. Çünkü bir şeylerden oluşmaz. Zaten kendisi mezondur.
		Başka parçacıklardan oluşmaz (3, 4, 8)	Temeldir. Başka parçacıklardan oluşmuyor.
		Alt parçacığı/yapısı yoktur/bölünmez (5, 7, 10,11,12,13 14, 15)	Daha alt yapısı olmadığından temeldir. Temel parçacıktır çünkü onu oluşturan bir parçacık yok. Bir alt parçacığı yok. Bölünemeyen olduğundan temeldir.

Tablo 4.16 incelendiğinde öğretmen adaylarının elektron kavramına dair görüşlerinin temel parçacık ana kategorisi altında 5 kategoriye ayrıldığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında bütün öğretmen adaylarının elektronu *temel parçacık* olarak kabul ettikleri görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (1) yaptığı temel parçacık tanımı dışında bir tanımla cevap verdiği görülmektedir. Diğer bir öğretmenin (2) elektronu *mezon* olarak kabul ettiği görülmektedir. Öğretmen adaylarından ikisinin (6, 9) neden belirtmeden açıklama yaptıkları görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (6) diğer parçacıklara verdikleri cevaplara bakıldığında neden belirtmese de diğer cevaplarıyla örtüşen bir cevap verdiği anlaşılmaktadır. Diğer öğretmen adaylarının ise (3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15) elektronu *alt parçacığı olmayan, bölünmeyen başka parçacıklardan oluşmayan parçacık* olarak kabul ettikleri görülmektedir.

**Tablo 4.17 Öğretmen Adaylarının Müon Kavramına Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler		Açıklama Örneği
	Parçacık türü	Nedeni	
Müon	Temel parçacık	Neden belirtmeyenler (5, 6, 13)	Temel parçacıktır.
		Bir şeylerden oluşmaz (2)	Temel parçacıktır. Çünkü bir şeyden oluşmaz.
		Alt parçacıkları yok (7)	Temel parçacıktır. Onları oluşturan alt parçacıkları yok.
		Lepton sınıfında olduğu için (8)	Müon leptonlar grubuna girdiği için onlara da temel parçacık diyoruz .
		Etkileşim sağladığı için (9, 10)	Temel parçacık. Çünkü proton ve nötronlardan oluşan o etkileşimleri sağlayan ufak bir parçacık.
	Bileşik parçacık	Neden belirtmeyenler (4)	Temel parçacık değil. Bileşikti galiba. Ben öyle hatırlıyorum.
		Bölünme sonucunda oluşur (1)	Bileşik parçacıktır. Çünkü bölünme sonucu oluşmuştur.
	Bilmiyorum /Emin değilim/hatırlamıyorum(3, 11, 12,14,15)		Müonu tam bilmiyorum. Proton ve nötronlarla alakalı bir şeydi ama tam hatırlamıyorum açıkçası Müonlar iki kuarktan mı oluşurdu, tam emin değilim

Tablo 4.17 incelendiğinde öğretmen adaylarının müon kavramına dair görüşlerinin 3 kategoriye ayrıldığı görülmektedir. Temel parçacık kategorisinin kendi içerisinde 5 alt kategoriye, bileşik parçacık kategorisinin de 2 alt kategoriye ayrıldığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında öğretmen adaylarından sekizinin (2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13) müonu *temel parçacık* olarak kabul ettiği görülürken, iki öğretmen adayının (1, 4) müonu *bileşik parçacık* olarak kabul ettiği görülmektedir. Dört öğretmen adaylarının ise (3, 11, 12, 15) müon hakkında net bir görüş belirtmedikleri görülmektedir. Üç öğretmen adayının (5, 6, 13) herhangi bir neden belirtmeden müonu *temel parçacık* olarak gördüğü görülmektedir. İki öğretmen adayının (2, 7) önceki sorular için de yaptığı *temel parçacık* açıklamasını kullanarak müon hakkında görüş belirttiği görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (8) diğer öğretmen adaylarından farklı olarak *lepton* kavramını kullanarak görüş belirttiği görülmektedir. Öğretmen adaylarından ikisinin (9, 10) müonu *etkileşim parçacığı* olarak kabul ettikleri görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (4) ise herhangi bir neden

belirtmeden müonu *bileşik parçacık* olarak gördüğü görülmektedir. Öğretmen adaylarından üçünün (3, 11, 12) müonu bilmedikleri için ikisinin de (14, 15) emin olup hatırlamadıkları için müon hakkında net bir görüş belirtmediği görülmektedir.

**Tablo 4.18 Öğretmen Adaylarının Mezon Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler		Açıklama Örneği
	Parçacık türü	Nedeni	
Mezon	Temel parçacık	Neden belirtmemiş (9)	Pi mezonlar, k mezonlar var. Onlar da temel parçacık diye biliyorum.
		Ara parçacık. Küçük parçacıklara bölünmez (5)	Temel parçacıktır. Ara parçacıklardır. Bunlar daha küçük parçacıklara bölünemezler. Pi mezon mesela.
		Bir şeylerden oluşmaz (2)	Temel parçacıktır. Çünkü bir şeyden oluşmaz.
		Alt bileşenleri yok (10)	Temel parçacıktır. Daha alt bileşenlerine ayrılmıyor.
	Bileşik parçacık	İki kuarktan oluşur. Ara parçacıktır (3)	Mezon iki kuarkın birleşmesiyle oluşuyor. Onlar da bileşiktir diyebiliriz. Çekirdeğin içindeki nötronlar protonlara dönüşürkenki ara parçacık olarak da düşünebiliriz.
		İki kuarktan oluşur (4, 6, 7, 15)	Bileşik parçacık. Çünkü iki kuarktan oluşuyor
		Kuark-antikuarktan oluşur (8, 13)	Mezon iki tane kuarktan meydana gelir. kuark anti kuarktan oluşur. Bileşik parçacıktır
		Kuarklardan oluşur. Etkileşmeyi sağlar (11)	Bileşik parçacıktır. Onları da kuarklar oluşturur. Proton nötron arasındaki etkileşmeyi sağlarlar.
	Bilmiyorum (1)		Bilmiyorum.
	Hatırlamıyorum (14)		İkili mezon, kuarklarla ilgili bir şeydi ama hatırlamıyorum.

Tablo 4.18 incelendiğinde öğretmen adaylarının mezon kavramına dair görüşlerinin 4 ana kategoriye ayrıldığı görülmektedir. Temel parçacık kategorisinin kendi içerisinde 4 alt kategoriye, bileşik parçacık kategorisinin de 4 alt kategoriye ayrıldığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında öğretmen adaylarından dördünün (2, 5, 9, 10) mezonu *temel parçacık* olarak kabul ettiği görülürken, sekizinin (3, 4, 6, 7, 8, 11,

13, 15) *bileşik parçacık* olarak kabul ettiği görülmektedir. İki öğretmen adayının ise (1, 14) mezon hakkında net bir görüş belirtmediği görülmektedir. Öğretmen adaylarından beşinin (3, 4, 6, 7, 11, 15) mezonu *iki kuarktan oluşan bileşik parçacık* olarak gördüğü, öğretmen adaylarından birinin (3) bu görüşe ek olarak mezonu *ara parçacık* olarak gördüğü, öğretmen adaylarından birinin (11) ise bu görüşe ek olarak mezonu *etkileşim parçacığı* olarak gördüğü, yine öğretmen adaylarından ikisinin (8, 13) daha detaylı açıklamada bulunarak mezonu *kuark-antikuark çiftinden oluşan bileşik parçacık* olarak gördüğü görülmektedir. 2, 5 ve 10 numaralı öğretmen adaylarının daha önce de kullandıkları *temel parçacık* ifadesiyle örtüşecek şekilde açıklama yaparak mezonu temel parçacık olarak açıkladıkları görülmektedir. 5 numaralı öğretmen adayının bu açıklamaya ek olarak mezonu *ara parçacık* olarak da açıkladığı görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (1) mezonu bilmediği diğerinin (9) ise temel parçacık açıklamasına bir neden belirtmediği görülmektedir.

**Tablo 4.19 Öğretmen Adaylarının Kuark Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler		Açıklamalar
	Parçacık türü	Nedeni	
Kuark	Temel parçacık	Neden belirtmemiş (2, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 13, 15)	Temel parçacıktır.
		Daha alt yapısı/parçacığı yok (5, 7, 10, 14)	Temel parçacık. Daha alt yapılardan oluşmuyor. Temel parçacıktır çünkü bir alt parçacığı bulunamamış .
		Birleştiğinde mezon oluşturmasından dolayı (12)	Kuark da temel parçacık, çünkü kuarkların birleşmesiyle mezon oluşuyor.
	Bileşik parçacık	Bölünme sonucu oluştuğundan (1)	• Bileşiktir. Çünkü bölünme sonucunda oluşuyor bunlar.

Tablo 4.19 incelendiğinde öğretmen adaylarının kuark kavramına ilişkin görüşlerinin temel parçacık ve bileşik parçacık olarak 2 ana kategoriye ayrıldığı, temel parçacık kategorisinin kendi içerisinde 3 alt kategoriye ayrıldığı, bileşik parçacık kategorisinin ise 1 alt kategoriye ayrıldığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında öğretmen adaylarından on üçünün (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15) kuarkı *temel parçacık* olarak kabul ettiği görülürken,

birinin (1) kuarkı *bileşik parçacık* olarak kabul ettiği görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (1) önceki soruda yaptığı *bileşik parçacık* tanımı ile örtüşen görüş belirttiği görülmektedir. Öğretmen adaylarının dokuzunun ise (2, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 13, 15) herhangi bir neden ifadesi kullanmasalar da önceki açıklamalarına dayanarak kuarkı *temel parçacık* sınıfına koydukları görülmektedir. Öğretmen adaylarından dördünün ise (5, 7, 10, 14) kuarkı *alt parçacığı /yapısı olmadığı için* temel parçacık sınıfına koydukları görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (12) kuarkı *mezonları oluşturduğu için* temel parçacık sınıfına koyduğu görülmektedir.

**Tablo 4.20 Öğretmen Adaylarının Gluon Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler		Açıklama Örneği
	Parçacık türü	Nedeni	
Gluon	Temel parçacık	Neden belirtmemiş (2, 14)	Temel parçacıktır.
		Etkileşmeyi sağlayan ara parçacıktır (3, 11, 15)	Kuarklar arasındaki etkileşmeyi sağlayan ara parçacıklar gluonlardır. Temeldir.
		Alt parçacıklara ayırlamadığı için (10)	Temel parçacık. Daha alt parçacıklara ayrılmıyorlar.
		Kuarkları yapıştıran parçacıktır (7)	Temel parçacıktır. Çünkü kuarkların bir arada bulunmasını sağlar. Onları yapıştıran temel parçacıktır.
		Etkileşim parçacığıdır (8)	Etkileşim parçacığı olduğu için elektromanyetik kuvvetin etkileşim parçacığı olduğu için o da temel parçacıktır.
	Bileşik parçacık	Bölünme sonucu oluştuğu için (1)	Ne olduğunu bilmiyorum ama bileşik olduklarını biliyorum, çünkü onlar da bölünme sonucunda oluşuyorlar hep.
		Ara parçacık olduğu için (6)	Gluon çekirdekte bulunan bir parçacık ama ara parçacık. Gluon ara parçacık olduğuna göre, temel parçacık olarak hiç duymadık. O zaman bileşik parçacıktır.
	Bilmiyorum (9)		Bilmiyorum.
	Tam hatırlamıyorum/Emin değilim/Öyle olduğunu düşünüyorum (4, 5, 12, 13)		Emin değilim ama o da bileşik. İki mezonun birleşmesiyle oluşuyor. Temel miydi, ara parçacık mıydı? Emin değilim; sanırım temel.

Tablo 4.20 incelendiğinde öğretmen adaylarının gluon kavramına dair görüşlerinin 4 ana kategoriye ayrıldığını, temel parçacık kategorisinin 5 alt

kategoriye ayrıldığını, bileşik parçacık kategorisinin de 2 alt kategoriye ayrıldığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında sekiz öğretmen adayının (2, 3, 7, 8, 10, 11, 14, 15) gluonu *temel parçacık* olarak kabul ettiği görülmektedir. Bu öğretmen adaylarından üçünün (3, 11, 15) gluonu *etkileşmeyi sağlayan ara parçacık* olarak ifade ettiği görülürken, birinin (8) bu açıklamadan daha kapalı bir şekilde gluonu *ara parçacık* olarak açıkladığı görülmektedir. Birinin (10) gluonu önceden yaptığı temel parçacık tanımlamasına uygun açıklamasını sürdürerek *alt parçacıklarına ayrılmaz* şeklinde ifade ettiği, yine birinin de (7) gluonu yine modern bir ifade sayılabilecek ve gluonun yapıştırıcı gibi davranmasını vurgulayacak *kuarkları yapıştıran parçacık* olarak ifade ettiği görülmektedir.

Öğretmen adaylarından ikisinin (1, 6) gluonu *bileşik parçacık* olarak kabul ettikleri görülmektedir. Bu öğretmen adaylarından biri (1) daha önce yaptığı bileşik parçacık tanımıyla örtüşecek ifadelerle gluonu bileşik parçacık olarak açıklarken, diğeri (6) 8 numaralı öğretmen adayı gibi gluonu *ara parçacık* olarak ifade ederken, 8 numaralı öğretmen adayından farklı olarak gluonu *bileşik parçacık* olarak kabul ettiği görülmektedir.

Öğretmen adaylarından beşi (4, 5, 12, 13) gluon kavramı hakkında bir şey bilmediklerini ya da ikilem içeren cevaplarla emin olmadıklarını belirten ifadeler kullanmışlardır.

**Tablo 4.21 Öğretmen Adaylarının Z Bozonu Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler		Açıklama Örneği
	Parçacık türü	Nedeni	
Z bozonu	Temel parçacık	Emin değilim ama temel parçacık (3, 5, 9)	Zayıf etkileşmelerin ara parçacığydı. Bunlar da temeldir herhalde.
		Neden belirtilmemiş (2, 15)	Temel parçacıktır.
		Alt parçacıklara ayrılmıyor (10)	Temel parçacık. Daha alt parçacıklara ayrılmıyorlar.
	Bileşik parçacık	Tam bilgin yok/hatırlamıyorum ama bileşik parçacık (4, 12)	Bozonlar bileşikti. Bozonlarla ilgili tam bir bilgin yok zaten. Temel parçacık değil. O da bir şeylerin birleşimiydi ama hatırlamıyorum.
	Bilmiyorum (1)		Onu bilmiyorum.
	Tam hatırlamıyorum (6, 11, 14)		Leptonlarda sanki biraz daha onlara yaklaştım gibi gördüm. Ama yine de akıl yürütemedim onda. Bozonları isminden hatırlıyorum ama tam açıklayamam. Mezonlardan mı oluşmuştu? Onu tam hatırlamıyorum.

Tablo 4.21 incelendiğinde öğretmen adaylarının Z bozonu kavramına dair görüşlerinin 4 ana kategoride toplandığı, temel parçacık kategorisinin kendi içinde 3 alt kategoriye ayrıldığı, bileşik parçacık kategorisinin de kendi içinde 1 alt kategoriye ayrıldığını görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında öğretmen adaylarının altısının (2, 3, 5, 9, 10, 15) Z bozonunu *temel parçacık* olarak kabul ettikleri görülmektedir. Bu öğretmen adaylarının üçünün (3, 5, 9) emin olamadıkları ifadelerle Z bozonunu açıkladıkları ve açıklamalarında *zayıf etkileşmelerin ara parçacığ*, *higgs bozonu* gibi ifadeleri kullandıkları görülmektedir. Öğretmen adaylarından birinin (10) ise temel parçacık tanımıyla örtüşecek ifadeler kullanmayı sürdürdüğü görülmektedir.

Öğretmen adaylarından ikisinin (4, 12) Z bozonunu *bileşik parçacık* olarak kabul ettikleri görülmektedir ancak net ifadelerle açıklama yapamadıkları görülmektedir.

Öğretmen adaylarından dördü ise (1, 6, 11, 14) Z bozonunu bilmediklerini ya da hatırlayamadıklarını belirterek kategori edilebilecek açıklamalarda bulunamamışlardır.

**Tablo 4.22 Öğretmen Adaylarının Foton Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler		Açıklama Örneği
	Parçacık türü	Nedeni	
Foton	Temel parçacık	Elektrik kuarkları-ışık kuarklarıdır (2)	Foton temel parçacık olmalı elektrik kuarkları yani ışık kuarkları olduğu için, kuark olduğu için bir şeylerden oluşmaz.
		Elektromanyetik etkileşimin ara parçacığıdır (3)	Elektromanyetik etkileşiminin ara parçacığıydı. Temeldir yine.
		Bölünemez (5, 12, 13)	Temel parçacık. Bölünemiyor çünkü.
		Işığın yapı taneciğidir (6)	Temel bir parçacık. Çünkü ışığın en küçük yapı taneciği olarak gördük. Dalga özelliği gösteriyor ve en temel parçacık.
		Elektriksel kuvvetin ara parçacığıdır (7)	Elektriksel kuvvetin ara parçacığı olduğu için onlar da temel parçacıktır.
		Alt parçalara ayrılmaz/daha küçük şeylerden oluşmaz (9, 10)	Temel parçacık çünkü daha küçük bir şeylerden oluştuğu gözlenmemiştir. Temel parçacık. Daha alt parçacıklara ayrılmıyorlar.
		Elektromanyetik dalgalardan oluşur (15)	Temel parçacık diyebilirim. Çünkü fotonlar elektromanyetik dalgalardan oluşuyorlar diye biliyorum ve başka da bir şey bilmiyorum.
		Emin değilim ama temel parçacık (11, 14)	Temel parçacıktır. Kütlesi yok, bununla da alakası da yok ama, biliyorum ama nedenini açıklayamıyorum. Işıkla ilgili bir terimdi. Elektronların bir üst seviyeye geçmesi için gereken enerjiyle ilgiliydi. Temel parçacık olabilir.
	Bileşik parçacık	İçinde birden fazla dalga var (4)	Bileşik olması gerekiyor. Çünkü içinde birden fazla dalga var.
	Bilmiyorum (1)		Foton ışığın yayılması sonucunda oluşan, saçılması sonucunda oluşan şeydi ya neydi biliyordum fotonu ama. Cevaplayamayacağım. Bilmiyorum.

Tablo 4.22 incelendiğinde öğretmen adaylarının foton kavramına dair görüşlerinin 3 ana kategoriye ayrıldığı, temel parçacık kategorisinin kendi içinde 8 alt kategoriye ayrıldığı, bileşik parçacık kategorisinin de kendi içinde 1 alt kategoriye ayrıldığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında öğretmen adaylarından on birinin (2, 3, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15) fotonu *temel parçacık* olarak açıkladığı görülürken, birinin (4) *bileşik parçacık* olarak açıkladığı görülmektedir. Öğretmen adaylarından biri ise (1) herhangi bir açıklamada bulunmamıştır. Öğretmen adaylarının ifadelerine bakıldığında foton kavramı hakkında ortak görüşlerin sayısının az olduğu görülmektedir.

Fotonu *temel parçacık* olarak açıklayan öğretmen adaylarından biri (2) *elektrik-ışık kuarkları* ifadesini kullanırken, bir diğeri (3) *elektromanyetik etkileşimin ara parçacığı* ifadesini kullanmıştır. Öğretmen adaylarından biri (13) *bölünemez*, biri (6) *ışığın yapı taneciği*, biri (7) *elektrik kuvvetin ara parçacığı*, ikisi (9, 10) *alt parçacıklara ayrılmaz/daha küçük şeylerden oluşmaz*, biri (15) *elektromanyetik dalgalardan oluşur* ifadeleriyle açıklamada bulunmuştur. Bir öğretmen adayının ise (8) herhangi bir açıklamada bulunmadan fotonu *temel parçacık* olarak kabul ettiği görülmektedir.

Fotonu *bileşik parçacık* olarak kabul eden öğretmen adayı ise (4) *fotonun içinde birden fazla dalganın* olduğunu ifade etmiştir.

**Tablo 4.23 Öğretmen Adaylarının Graviton Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler		Açıklama Örneği
	Parçacık türü	Nedeni	
Graviton	Temel parçacık	Yerçekimi /Gravitasyonel kuvvetin ara parçacığı (3, 7, 15)	Gravitasyonel kuvvetin, yer çekimi kuvvetinin ara parçacığıdır. Yani temel parçacık diyebiliriz.
		Gravitasyonel kuvvetinin etkileşim parçacığı (8)	Gravitasyonel kuvvetin etkileşim parçacığı olduğu için temel parçacıktır.
		Emin değilim/Hatırlayamadım (10, 11, 13)	Gravitasyonel kuvvetler falan var, elektronla çağrışım yapayım falan diyorum ama herhalde elektronun temel parçacığı olabilir. Emin değilim. Temel parçacıktır ama tam hatırlayamadım yine de.
	Bileşik parçacık	Ara parçacık olduğu için (6)	Ara parçacık, o da demek ki bileşik parçacık olmalı.
		Emin değilim (12)	Kütle çekimiyle ilgiliydi sanırım. O da bileşikti herhalde.
	Bilmiyorum/yorum yok (1, 2, 4, 5, 9, 14)		Bilmiyorum. Yorumum yok.

Tablo 4.23 incelendiğinde öğretmen adaylarının graviton kavramına dair görüşlerinin 3 ana kategoride toplandığını, temel parçacık kategorisinin 3 alt kategoriye, bileşik parçacık kategorisinin de 2 alt kategoriye ayrıldığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında öğretmen adaylarının yedisinin (3, 7, 8, 10, 11, 13, 15) gravitonu *temel parçacık* olarak kabul ettiği görülmektedir. Bu öğretmen adaylarından üçü (3, 7, 15) *gravitasyonel kuvvetin ara parçacığı* ifadesiyle, biri (8) de *gravitasyonel kuvvetin etkileşim parçacığı* ifadesiyle gravitona dair görüş bildirirken, diğerleri gravitonu neden temel parçacık olarak kabul ettiklerine dair net bir açıklamada bulunmadılar.

Öğretmen adaylarından ikisinin (6, 12) gravitonu *bileşik parçacık* olarak kabul ettikleri görülmüştür. Öğretmen adaylarından birinin (6) önceki açıklamalarında da belirttiği *ara parçacık* görüşüyle örtüşecek şekilde gravitonu da *bileşik parçacık* olarak kabul ettiği görülürken diğerinin ise (12) gravitonu neden bileşik parçacık olarak kabul ettiğine dair net bir açıklamada bulunamadığı görülmüştür.

Araştırmanın bu evresinde bazı öğretmen adaylarına bu kavramlarla ilgili yaptıkları açıklamaları destekleyecek bazı ek sorular da sorulmuştur.

Örneğin çalışma boyunca parçacıkların çoğunu temel parçacık ve bileşik parçacık sınıfına net bir neden açıklamadan koyan 2 numaralı öğretmen adayına “*Bu parçacıkları tekrar saysam, hangilerini bilip bilmediğini ya da duyup duymadığını söyler misin?*” sorusuna verdiği cevaplar şu şekildedir:

*A: Mesela atom?*

*2: Biliyorum.*

*A: Çekirdek?*

*2: Biliyorum.*

*A: Proton?*

*2: Biliyorum.*

*A: Nötron?*

*2: Biliyorum.*

*A: Elektron?*

*2: Biliyorum.*

*A: müon?*

*2: Yani sadece kuark olduğunu biliyorum.*

*A: Mezon?*

*2: Yani biliyorum da çok da bilmiyorum yine.*

*A: Peki duymuş muydun mezonu önceden hiç?*

*2: Duydum.*

*A: Peki kuark?*

*2: Biliyorum.*

*A: Gluon?*

*2: Bilmiyorum.*

*A: Z bozonu?*

*2: Biliyorum ama hatırlayamıyorum tam olarak.*

*A: Foton?*

*2: Fotonu biliyorum ama hatırlayamıyorum. Fotonu biliyor olmam lazım, çok fazla duyuyorum ama tam olarak hatırlayamıyorum.*

*A: Graviton?*

*2: Bilmiyorum.*

Öğretmen adaylarından 6, 7, ve 8 numaralı öğretmen adaylarına gluon kavramını açıklarken kullandıkları ara parçacık ifadesine dair “*Ara parçacığın görevi nedir?*” sorusu sorulduğunda öğretmen adaylarının cevapları sırasıyla şu şekilde oldu:

*A: Ara parçacığın görevi ne sence peki?*

*6: Etkileşimi sağlıyor iki parçacık arasında.*

*A: Sence bu etkileşim nasıl sağlanabilir?*

*6: Bir parçacıktan diğer parçacığa gider. Bir momentum aktarır. Enerji aktarır ve iki parçacık arasında bir etkileşim oluşur.*

*A: Ara parçacığın görevi nedir?*

*7: Momentum aktarıcıydı.*

*A: Ara parçacığın görevi tam olarak nedir peki?*

*8: Momentum aktarımını ve dönüşümleri sağlar. Madde değiş tokuşunu sağlar.*

*A: Madde değiş tokuşu nasıl bir şey?*

*8: Mesela kuarkla leptonun yer değiştirmesini sağlıyor olabilir.*

Öğretmen adaylarının cevaplarına bakıldığında öğretmen adaylarının ara parçacığı *etkileşim sağlayan, momentum ve enerji aktaran, madde değiş tokuşunu sağlayan parçacık* olarak kabul ettikleri görülmektedir.

Bazı öğretmen adaylarının da müon ve sonrasında sayılan parçacıklara dair “*Bu parçacıklardan hangisi atomun yapısında yer alır? Atomdaki yeri ve görevi nedir?*” sorusuna verdikleri cevaplar çalışma esnasında izlenen parçacık sıralamasına göre şu şekilde oldu:

**Müon:**

*5: Yörüngede elektronun olduğu kısımda yer alır diye düşünüyorum. Tam olarak bilmiyorum. Elektron bulutu içinde olabilir ara parçacık olarak.*

*8: Müon leptonlar grubunda olduğu için çekirdek içerisinde olmasını beklerim. Ama tam da bilmiyorum.*

*10: Atomun yapısında yer alır. Çekirdeğin içerisindedir.*

*11: Müon büyük ihtimalle çekirdeğin içindedir.*

*14: Atomun yapısında olsa bile çekirdeğin içinde olacağını sanmıyorum. Yörüngede olabilir. Elektronlarla aynı yerde olmasa bile çevresinde elektronun.*

Öğretmen adaylarının cevaplarına bakıldığında cevap veren bütün öğretmen adaylarının müonun atomun yapısında olmasını bekledikleri görülmektedir. Verilen cevaplara bakıldığında üç öğretmen adayının (8, 10, 11) müonun *çekirdeğin içerisinde* yer almasını bekledikleri görülürken, iki öğretmen adayının (5, 14) ise *elektron bulutunda ya da elektronların çevresinde* yer almasını bekledikleri görülmektedir. Bir öğretmen adayının (5) müonu *ara parçacık* olarak gördüğü de görülmektedir.

### **Mezon:**

*5: Çekirdekte, çekirdek çekim kuvvetini sağlıyor.*

*7: Çekirdekte bulunur. Çünkü proton ve nötron arasındaki etkileşimi sağlıyor. Bu ikisi çekirdekte olduğuna göre mezon da çekirdekte bulunur.*

*9: Çekirdektedir. Pi mezonlar vardır. Değiş-tokuşla ilgili bir şeydi. Parçacık değişimi falan.*

*8: Kuarklardan meydana geldiği için onun da yapısında bulunmasını beklerim. Çekirdek içerisinde olmasını beklerim.*

*10: Mezonlar da çekirdeğin içerisinde.*

*11: Mezonlar çekirdekte bulunur. Çünkü protonla nötron arasındaki etkileşmeyi sağlar.*

*12: Mezon ya ikili ya da üçlü yapılardan biriydi. Dolayısıyla atomun yapısının içinde hatta çekirdeğin içinde proton ve nötronlarla alakası var. Onları oluşturuyor.*

*15: Çekirdekte bulunur. Protondan nötrona çevrilirken pi mezonlar olarak çıkıyor diye biliyorum.*

Öğretmen adaylarının cevaplarına bakıldığında cevap veren öğretmen adaylarının hepsinin mezonu atomun yapısında bulunduğunu söyledikleri

görülmektedir. Cevap veren öğretmen adaylarının tümü mezonun çekirdekte olduğunu söyledikleri görülmektedir. Mezonun görevine dair yorum yapan öğretmen adaylarının cevaplarına bakıldığında öğretmen adaylarından biri (5) mezonu çekim kuvvetini sağlayan parçacık olarak açıklarken, ikisinin (7, 11) proton-nötron arasındaki etkileşimi sağlayan parçacık olarak açıkladığı görülmektedir. Öğretmen adaylarından biri (12) mezonu proton ve nötronu oluşturur olarak açıklarken, ikisi (9, 15) mezonu parçacık değişimi/dönüşümünü sağlar olarak açıkladığı ve bu dönüşüm sırasında pi mezonların ortaya çıktığını söylediği görülmektedir.

## **Gluon**

*5: Çekirdeğin içinde bulunur. Görevleri sanırım kuarklarla ilgili. Onların bir arada bulunmasını sağlıyordu. Sanırım öyle hatırlıyorum.*

*7: Kuarkların bir arada olmasını sağlayan gluon denilen parçacıklar var yapıştıran anlamında onları. Bunlar da iki kuarkın bir araya gelmesini ve protonlar nötronlar arasındaki ilişkiyi sağlayan parçacıklar olarak bahsedebilirim. Bu yüzden çekirdekte olmasını beklerim.*

*9: Protonla nötronları bir arada tutan yapıştırıcı gibi bir şey. Çekirdekte bulunur.*

*10: Çekirdek dışarısında olabilir belki çünkü gluon kuvveti vardı çekirdek ve elektron arasındaki çekim kuvvetinden dolayı. Elektronlarla aynı yerde değil de çekirdekle elektron yörüngesi arasında bulunuyor olabilir.*

*11: Gluonlar da kuarklar arasındaki etkileşmeyi sağlar, dolayısıyla çekirdekte bulunur.*

*14: Çekirdek içinde proton ve nötron var diyorum. Onlar kuarklardan oluşmuş diyorum. Aklıma fazla bir şey gelmiyor. O yüzden gluonları çekirdeğin içerisine sığdıramadım açıkçası. Yörüngelerle çekirdek arasında bir yerlerde bulunması daha mantıklı geliyor şu an.*

*15: Beklerim. Çünkü gluon kuvvetli etkileşimlerin ara parçacığıydı. Bu da çekirdekte oluyor.*

Öğretmen adaylarının cevaplarına bakıldığında cevap veren öğretmen adaylarının hepsinin gluonu atomun yapısında belirttikleri görülmektedir. Bu soruya cevap veren öğretmen adaylarından beşinin (5, 7, 9, 11, 15) gluonun çekirdekte bulunduğunu söyledikleri görülmektedir. Öğretmen adaylarından ikisi (10, 14) ise gluonun çekirdekle elektron yörüngeleri arasında bir yerde bulunduğunu söyledikleri görülmektedir. Öğretmen adaylarından ikisi (5, 7, 9) gluonun görevini *kuarkların bir arada kalmasını sağlar* şeklinde ifade ettikleri görülürken, bu öğretmen adaylarından ikisinin (7, 9) gluonu ayrıca *yapıştırıcı* olarak da ifade ettiği görülmektedir. Bir öğretmen adayı (10) gluonun görevini *çekirdekle elektron arasındaki çekimi sağlar* şeklinde ifade ettiği görülürken, yine başka bir öğretmen adayının (11) gluonu *kuarklar arasında etkileşimi sağlayan parçacık* olarak ifade ettiği görülmektedir. Bir öğretmen adayının (15) ise gluonu *kuvvetli etkileşimlerin ara parçacığı* olarak tarif ettiği görülmektedir.

### **Z bozonu**

*5: Dışarıda elektronun bulunduğu yerde bulunduğunu düşünüyorum. Elektron bulutunun içinde ara parçacık olarak bulunabilir.*

*15: Zayıf etkileşmelerde meydana geliyor. O da yörüngeyle yani elektronla proton arasında.*

Öğretmen adaylarının cevaplarına bakıldığında en az yorumun Z bozonuna dair olduğu görülmektedir. Cevap vermeyen öğretmen adaylarının çoğu Z bozonunu kendilerine yabancı gelen bir kavram olarak ifade etmişlerdir. Bu soruya cevap veren öğretmen adaylarından ikisi (5, 15) de Z bozonunu *elektron-proton arasında bir yerde* beklediklerini belirtmişlerdir. Cevap veren öğretmen adaylarından biri (15) Z bozonunun *zayıf etkileşmelerde meydana geldiğini* vurguladığı görülmektedir.

## **Foton**

*5: Çekirdeğin içinde vardır. Işıma yapmasını sağlar diyorum.*

*7: Fotonlar mesela elektron-proton arasındaki etkileşmeyi sağlıyor. Aslında burada bir momentum aktarımı söz konusu ve momentum aktarımı bu parçacıklar birbirine değmeden oluyor ve fotonlar sayesinde meydana geliyor.*

*8: Kuvvetli etkileşmelerin ara parçacığı fotondur sanırım. Onu beklerim.*

*9: Atomda bulunmaz foton.*

*14: Elektronun bir üst seviyeye geçmesi için gerekli enerji ile ilgili olacağından atom etrafında bulunacağını düşünüyorum. Elektronların olduğu yerde.*

Öğretmen adaylarının cevaplarına bakıldığında öğretmen adaylarından ikisinin (5, 14) fotonu atomun yapısında bulunmasını bekledikleri görülmektedir. Öğretmen adaylarından biri (5) fotonu *çekirdeğin içinde* olarak ifade ederken, diğeri (14) *elektronların olduğu yerde* olarak ifade ettiği görülmektedir. Öğretmen adaylarından biri (9) atomun yapısında fotonun olmadığını söylemiştir. Öğretmen adaylarından biri (5) fotonu *atomun ışına yapmasını sağladığını* söylediği görülürken, bir diğeri (7) fotonun *elektron-proton arasındaki etkileşmeyi sağladığını* söylediği görülmektedir ve görevinin de *momentum aktarımı* olduğu vurgusunu yaptığı görülmektedir. Öğretmen adaylarından biri (8) ise fotonu *kuvvetli etkileşimlerin ara parçacığı* olarak ifade ettiği görülmektedir. Diğer bir öğretmen adayının (14) ise fotonu *elektronların üst seviyeye geçiren gerekli enerjiyle ilgili* olduğunu söylediği görülmektedir.

## **Graviton**

*5: Çekimi sağlıyor. İki atom arasındaki çekim kuvvetini sağlıyor.*

*8: Gravitonun olmasını beklerim çekim kuvvetinden dolayı.*

*15: Bu normalde iki proton arasında da olur, protonla elektron arasında da olur fakat bu çok azdır. Yani diğer kuvvetlere göre mesela coulomb veya çekirdek etkileşimlerine göre çok azdır. Ama vardır yani. Yani hepsinin arasında vardır. Yani çekirdekte de vardır, yörüngede yani elektronda yani atom da da vardır.*

Öğretmen adaylarının cevaplarına bakıldığında Z bozonundan sonra cevap oranının en az olduğu parçacık graviton olmuştur. Cevap vermeyen öğretmen adayları graviton hakkında bilgilerinin olmadığını belirtmişlerdir. Öğretmen adaylarından biri (15) gravitonun atomdaki *tüm kütleli parçacıklar arasında olmasını* beklediğini söylemiştir. Cevap veren üç öğretmen adayı (5, 8, 15) da gravitonun *çekim kuvvetini sağladığını* ifade etmişlerdir.

#### **4.6 Altıncı Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar**

Araştırmanın altıncı sorusu *“Herhangi bir dış etki olmadan, kararlı bir atomun parçalanmadan bir bütün olarak kalmasını sağlayan etmenler sizce neler olabilir? Açıklayınız.”* sorusuna dair öğretmen adaylarının soru içerisinde geçen *kararlı atom* kavramı ve *kararlı atomun bütün olarak kalmasını sağlayan etmenler* hakkındaki görüşleri sırasıyla aşağıdaki gibidir:

**Tablo 4.24 Öğretmen Adaylarının Kararlı Atom Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler	Açıklama Örneği
<b>Kararlı atom</b>	Elektron alışverişine meyilli olmayan/elektronlarını tamamlamış/iyonlaşmamış olan (1, 9, 11, 12, 14)	Elektron dizilişini sekize tamamlayan atomlar kararlı atomlardır. Örnek olarak soygazlar var. Onlardan elektron koparmak çok zordur. Koparmak için çok büyük miktarda enerji gerekmektedir. İyonlaşmamış olabilir. Yani elektron alıp vermesiyle alakalı olabilir. Yani kararlı atomlar soygazlardır . • Soygazlar oluyor kararlı atomlar. Kararlı atomlar bir kere bileşik oluşturamıyorlar. Son yörüngelerinde boş orbitalleri yok. Elektronlarının hepsi tamamlanmış oluyor. Dolayısıyla bunları bölmek çok daha zor. Çok büyük bir kuvvet gerekiyor bunları ayırmak için.
	Bozunmayan/yarılanmayan (2, 15)	Bozunmuyor, yarılanmıyor, sürekli kararlı.
	Nötron ve Proton sayısına bağlı (3, 4)	Nötron/proton oranı 1'e çok yakın olan yani nötron ve proton sayısı birbirine çok yakın olan, eşit gibi olan atomlar benim için kararlı atomdur.
	Enerji düzeyi taban durumunda olan (5)	Enerji düzeyi taban durumunda olan bir atomdur.
	Uyarılmamış, bölünmemiş, nötr (6)	Hiç uyarılmamış bir atom, hiç bölünmemiş, uyarılma durumuna gelmemiş, proton sayısı elektron sayısına eşit olan nötr bir atomdur.
	Durumunu koruyan atom (7)	Bulunduğu konumu korumak isteyen atomdur.
	Fikrim yok (8)	Kararlı atom hakkında pek bir fikrim yok.
	Bölünmeyen/parçalanmayan (10, 13)	Bölünemeyen yani bölünme eğilimi olmayan atomdur. • Parçalanmayan, parçalanması zor olan.

Tablo 4.24 incelendiğine öğretmen adaylarının kararlı atom kavramına dair görüşlerinin 8 kategoriye ayrıldığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında beş öğretmen adayının (1, 9, 11, 12, 14) kararlı atomu *elektron alışverişine meyilli olmayan/iyonlaşmamış/elektronlarını tamamlamış* ifadesiyle açıkladıkları görülürken, öğretmen adaylarından ikisinin (2, 15) *bozunmayan/yarılanmayan* ifadesiyle açıkladıkları görülmektedir. Öğretmen adaylarından ikisi (3, 4) kararlı atomu *belli bir nötron-proton oranı olan* ifadesiyle açıkladıkları görülürken, birinin (5) *enerji düzeyi taban durumunda olan* ifadesini kullandığı, birinin (6) *uyarılmamış, bölünmemiş, nötr* ifadelerini kullandığı, yine birinin (7) *konumunu koruyan atom* ifadesini kullandığı görülmektedir. Diğer iki

öğretmen adayı ise kararlı atomu *bölünmeyen/parçalanmayan* ifadesini kullanarak açıkladığı görülmektedir.

**Tablo 4.25 Öğretmen Adaylarının Kararlı Atomun Bir Bütün Olarak Kalmasını Sağlayan Etmenlere Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler	Açıklama Örneği
Bütünlüğünü sağlayan etmenler	Çekirdek kuvveti, manyetik kuvvet, elektriksel çekim kuvveti, kütle çekim kuvveti (1)	Bence çekirdek kuvvetidir. Onun etrafında dolanan manyetik kuvvet vardır. Bir de kütle çekim kuvveti var. Ama o çok küçük miktarda. Ama en güçlü olan çekirdek kuvveti. Bir de coulomb kuvveti var.
	Bilmiyorum (2, 13)	Bilmiyorum.
	Elektronun bağlanma enerjisi (3)	Bu çevresinde dolanan elektronlarının toplam enerjisinin sıfır olmasıdır. Yani bağlı olmasıdır. Şimdi elektronun bir bağlanma enerjisi vardır, potansiyeli, bir de kinetik enerjisi vardır. Bunları birbirinden çıkardığımızda negatif bir değer olduğunu buluyoruz. Bu da elektronun çekirdeğe bağlı olduğunu gösteriyor.
	Proton-elektron dengesi (4)	Çekirdekte bulunan proton sayıları nötron sayıları ve elektron sayıları yani çekirdek aslında tam bir artı şeklindedir. Çevresinde elektronları var, onlarda eksi. Birbirini dengeliyor olarak düşünürüm.
	Nükleer çekim kuvveti, elektronların birbirine göre çekimi (5)	Çekirdeğin içindeki nükleer çekim kuvveti; proton-nötron arasındaki çekim kuvveti. Elektronların birbirlerine göre çekim kuvvetleri olabilir.
	Elektriksel kuvvet, merkezci kuvvet, nükleer kuvvet (6)	Bir kere coulomb kuvveti uyguluyor çekirdek elektrona, yani protondan dolayı bir coulomb kuvveti oluşuyor. Bir de merkezci kuvvet oluşuyor dışa doğru. Çünkü elektronlar dönüyor çekirdeğin etrafında, orda bir denge sağlanıyor ve elektronlar da duruyor. Bu arada çekirdekte nükleer kuvvetten dolayı çok güçlü kuvvetler olduğu için dağılmıyorlar .
	Çekirdek kuvveti/kuvvetli etkileşimler, kütle çekim kuvveti, elektriksel kuvvet (7, 10, 15)	Çekirdek kuvveti yani nükleer kuvvetler. Gravitasyonel kuvvetler. Coulomb kuvveti var bir de. Elektriksel kuvvet, gravitasyonel kuvvet ve çekirdek kuvvetleri atomun bütünlüğünü sağlıyor .
	Elektromanyetik, kuvvetli, zayıf etkileşimler ve kütle çekim etkileşimi (8)	Etkileşimler olabilir. Bunları saydığımızda elektromanyetik etkileşim, zayıf etkileşim, gravitasyonel etkileşim, kuvvetli etkileşim.
	Nükleonlar arası kuvvet, elektriksel kuvvet (9)	Nükleonlar arası nükleer kuvvet, bir de elektriksel kuvvet var.
	Proton-nötron etkileşimi, elektronların birbirine göre konumları (11)	Birincisi elektronun yörüngede dolanması, biri bu tarafa dönerken diğerinin onun tersi yönde dönmesi. Protonla nötronlar arasında mezonlar olduğu için, bir de bu yüzden diyebiliriz. Mezonlar etkileşmeyi sağlıyorlar. Parçacık değişimi oluyor mezonlar sayesinde.
	Kütle çekimi (12)	Kütle çekimi diyorum.
	Elektronların çekme kuvveti, çekirdek yoğunluğu, parçacık etkileşimleri (14)	Elektronların çekme kuvveti olabilir. Çekirdeğin içindeki yoğunluğundan da olabilir. Atomdaki parçacıkların hepsinin birbiriyle etkileşimlerinden dolayı olabilir.

Tablo 4.25 incelendiğinde öğretmen adaylarının kararlı bir atomun bütünlüğünü sağlayan etmenlere dair görüşlerinin 12 kategoride toplandığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında kararlı atomun bütünlüğünü sağlayan etmenler arasında öğretmen adaylarından yedisinin (1, 5, 6, 7, 9, 10) *çekirdek kuvveti/ kütle çekim kuvvetini* söylediği görülürken, bir öğretmen adayının (1) *manyetik kuvveti*, altı öğretmen adayının (1, 6, 7, 9, 10, 15) *elektiriksel çekim kuvvetini*, beş öğretmen adayının (1, 7, 10, 12, 15) *kütle çekim kuvvetini* söyledikleri görülmektedir. Yine bir öğretmen adayının (3) *elektronun bağlanma enerjisini*, bir öğretmen adayının (4) *proton-elektron dengesini*, bir öğretmen adayını (6) *merkezcil kuvveti*, bir öğretmen adayının (8) *elektromanyetik, kütle çekim, zayıf ve güçlü etkileşimleri*, bir öğretmen adayının (11) bir önceki öğretmen adayının ifadesine göre daha kapalı olan *proton-nötron etkileşimini*, bir öğretmen adayının (14) *çekirdek yoğunluğu* ve kendinden önce yapılmış etkileşim yorumlarına göre daha kapalı bir ifade olan *parçacık etkileşimlerini* ve son olarak üç öğretmen adayının (5, 11, 14) *elektronların birbirine göre çekimini* söyledikleri görülmektedir.

Araştırmanın bu evresinde bazı öğretmen adaylarına kullandıkları ifadeleri daha da açıklayacak bazı sorular sorulmuştur. Öğretmen adaylarına açıklamalarında kullandıkları kuvvetlerle ilgili olarak “*Sayıdığın kuvvetleri açıklar mısın? Bu kuvvetler hangi parçacıklar arasında meydana gelmekte söyleyebilir misin?*” sorusuna cevap öğretmen adaylarının kuvvetlere göre cevapları şu şekilde oldu:

#### **Çekirdek Kuvveti/Nükleer Kuvvet:**

*1: Nasıl bir kuvvet olduğunu bilmiyorum. Hocalarımızın anlattığına göre söylüyorum. Fazla vaktim olmadığından dolayı araştırma şansım olmadı.*

*6: Sadece çekirdeğin içinde etkili bir kuvvet, çekirdeğin dışında etkili olabilen bir kuvvet değil. Çekirdeğin merkezinde en etkili olan kuvvet, nükleonları bir arada tutan kuvvettir. Kuvvetler arasında en güçlü olan kuvvet.*

*7: Menzili çok kısa ve çekirdek içindeki kuvvetlerdir. Protona ve nötrona etki ediyor.*

*10: Proton ve nötron arasında olur.*

Çekirdek kuvveti/kütle çekim kuvveti hakkında cevap veren öğretmen adaylarından ikisi (6, 7) bu kuvvetin sadece *çekirdeğin içinde etkili* olduğunu ve *menzilin çok kısa* olduğunu söyledikleri görülmektedir. Öğretmen adaylarından biri (1) ise bu kuvveti araştırmadığını öğretilenlerle yetindiğini belirtmiştir. Öğretmen adaylarından üçü (6, 7, 10) bu kuvvetin *proton ve nötron arasında* olduğunu söylediği görülmektedir.

### **Coulomb Kuvveti/Elektriksel Kuvvet:**

*1: Yüklerin uzaklığının karesi ile ters orantılı. Oluşması için yüklü cisim gerekiyor. Yükler aynı ise itme, farklı ise çekme şeklinde oluyor.*

*7: Fotonlar aracılığıyla oluyor ve elektron-proton arasında var.*

*10: Proton ve elektron arasında oluyor.*

Coulomb kuvveti/elektriksel kuvvet hakkında cevap veren öğretmen adaylarından biri (1) bu kuvvetin oluşabilmesi için *yüklü cisim* gerektiğini söylediği görülürken diğer ikisinin (7, 10) bu kuvvetin atomda *elektron-proton arasında* olduğunu söylediği görülmektedir. Yine öğretmen adaylarından birinin (7) bu kuvvetin *fotonlar* aracılığıyla olduğunu belirttiği görülmektedir.

### **Gravitasyonel Kuvvet/Kütle Çekim Kuvveti:**

*10: Tam bilmiyorum ama proton, nötron ve elektron arasında olur.*

*12: Proton, nötron ve elektron arasında oluyor.*

Gravitasyonel/kütle çekim kuvveti hakkında cevap veren öğretmen adaylarının ikisi de (11, 12) bu kuvvetin *elektron, proton ve nötron* arasında meydana geldiğini söylemişlerdir.

#### **4.7 Yedinci Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar**

Araştırmanın yedinci sorusu “*Herhangi bir dış etki olmadan, kararlı bir çekirdeğin bir bütün olarak kalmasını sağlayan etmenler sizce neler olabilir? Açıklayınız.*” sorusuna dair öğretmen adaylarının soru içerisinde geçen kararlı çekirdek kavramı ve kararlı çekirdeğin bütünlüğünü sağlayan etmenler hakkındaki görüşleri sırasıyla aşağıdaki gibidir:

**Tablo 4.26 Öğretmen Adaylarının Kararlı Çekirdek Kavramına Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler	Açıklama Örneği
Kararlı çekirdek	Etrafındaki yükleri tutabilen (1)	Etrafındaki yükleri daha güçlü tutabilen.
	Yorum yok (2)	Yorumum yok.
	Nötron sayısı proton sayısına yakın/eşit (3, 4, 11, 15)	Nötron sayısı proton sayısına yakınsa kararlı çekirdektir. Çekirdek kararlıysa nötron/proton oranı 1'e eşit olacaktır büyük ihtimalle.
	Durumunu koruyan (5)	Durumunu koruyan çekirdek.
	Uyarılmamış (6)	Uyarılmamış çekirdek.
	Taban durumunda olan (7, 8)	Nükleer bozunma gerçekleştirilmeyen, yani taban durumunda bulunan çekirdektir.
	Radyoaktif ışınım yapmasına bağlı (9)	Radyoaktif ışınım yapıp parçalayamayacağımız çekirdek.
	Bozunmak istemeyen (10)	Protonunu nötrona dönüştürmek istemeyen veya nötronunu protona dönüştürmek istemeyen, bozunmalar yapmak istemeyen çekirdek olabilir.
	Nötr olan (12)	Çekirdeğin nötr olması olabilir, bu da nötron=proton olabilir. Bu durumda çekirdeği bölmek zor olabilir.
	Bölünmeyen (13)	Bölünemeyen.
	Kendi yapısı kadar proton ve nötronu olan (14)	Yapısında kendi yapısı kadar proton ve nötron bulunduran.

Tablo 4.26 incelendiğinde öğretmen adaylarının kararlı çekirdek kavramına dair görüşlerinin 11 kategoriye ayrıldığı görülmektedir..

Öğretmen adaylarının cevaplarına genel olarak bakıldığında öğretmen adaylarından birinin kararlı çekirdeği (1) görüşünü *etrafındaki yükleri tutabilen*, dördünün (3, 4, 11, 15) *nötron ve proton sayısı birbirine eşit/ yakın olan*, birinin (5) *durumunu koruyan*, yine başka bir öğretmen adayının (6) *uyarılmamış*, ikisinin (7, 8) *taban durumunda olan* çekirdek olarak kabul ettiği görülürken, bir öğretmen adayının (9) *radyoaktif ışınım yapmasına bağlı*, başka bir öğretmen adayının (10) *bozunmak istemeyen*, yine sırasıyla diğer öğretmen adaylarının (12, 13, 14) *nötr, bölünmeyen, kendi yapısı kadar proton ve nötronu olan* olarak kabul ettikleri görülmektedir.

**Tablo 4.27 Öğretmen Adaylarının Kararlı Çekirdeğin Bütünlüğünü Sağlayan Etmenlere Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler	Açıklamalar
Bütünlüğü sağlayan etmenler	Çekirdek (nükleer) kuvveti (1, 3, 6, 7, 13)	Çekirdek kuvvetidir. Nükleer kuvvetlerdir.
	Yorum yok (2)	Yorumum yok.
	Proton-nötron dönüşümü (4)	Çekirdekte, nötronla proton birbirine sürekli dönüşüyor ve bu dönüşümle sürekli duruyor çekirdek.
	Çekim kuvvetleri (5)	Çekim kuvvetleridir.
	Nükleer ve elektromanyetik etkileşim (8)	Etkileşimlerdir. Nükleer etkileşim ve elektromanyetik etkileşimdir.
	Nükleer kuvvet, proton-nötron arasındaki etkileşim (9)	Nükleer kuvvet. Proton-nötron arasındaki etkileşim.
	Çekirdek kuvveti, gluon kuvveti (10)	Çekirdek kuvvetleri, gluon kuvvetleri olabilir.
	Mezonlar (11)	Mezonlar olabilir. Parçacık değişimi yapıyorlar ya bu yüzden olabilir.
	Kütle çekim kuvveti (12)	Proton ve nötronun kütesinden kaynaklanan kütle çekim kuvvetidir.
	Proton ve nötronun enerjisi (14)	Enerji kaynaklıdır. Proton ve nötronun sahip olduğu enerjiden.
	Kuvvetli etkileşimler (15)	Kuvvetli etkileşimlerdir.

Tablo 4.27 incelendiğinde öğretmen adaylarının kararlı çekirdeğin bütünlüğünü sağlayana etmenlere dair görüşlerinin 11 kategoriye ayrıldığı görülmektedir.

Kategoriler incelendiğinde öğretmen adaylarından dördünün (1, 3, 6, 7, 13) kararlı çekirdeğin bütünlüğün sağlayan faktörü çekirdek (nükleer) kuvvet olarak kabul ettiği görülürken, bir öğretmen adayının (2) yorum yapmadığı, bir öğretmen adayının (4) proton-nötron dönüşümü ifadesiyle, diğer bir öğretmen adayının ise (5) çekim kuvvetleri ifadesini kullanarak açıklama yaptığı görülmektedir. Öğretmen adaylarından biri (9) nükleer kuvvet ifadesini kullanan öğretmen adaylarından farklı olarak açıklamasına proton nötron arasındaki etkileşim ifadesini de eklemiştir. Bir diğer öğretmen adayı (10) ise çekirdek kuvvetine ek olarak gluon kuvveti ifadesini de açıklamasında kullandığı görülmektedir. Bir öğretmen adayının (11) mezon ifadesini kullandığı görülmektedir. Öğretmen adaylarından biri (12) kütle çekim kuvveti ifadesini kullanırken, bir diğerinin proton ve nötronun enerjisi ifadesini

kullandığı görülmektedir. 15 numaralı öğretmen adayının ise açıklamasında kuvvetli etkileşim ifadesini kullandığı görülmektedir.

#### 4.8 Sekizinci Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın sekizinci sorusu “*Foton nedir? Şekil çizerek açıklayınız?*” sorusuna dair öğretmen adaylarının soru içerisinde geçen foton kavramı ve fotonun şekli hakkındaki görüşleri sırasıyla şu şekildedir:

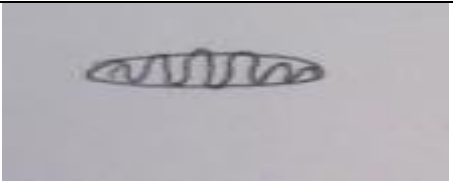
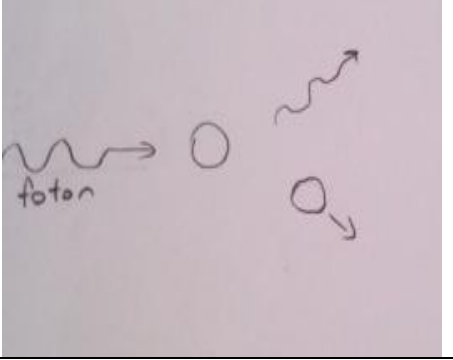
**Tablo 4.28 Öğretmen Adaylarının Fotona Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler	Açıklama Örneği
Foton	Işınlara saçılması (1)	Işınlara saçılması olarak biliyorum ama tam bir bilgim yok.
	Dalga, boyu var, ışık parçacığı (2)	Aslında bir ışık dalgasıdır. Kendi içerisinde bir dalgaları ve boyu vardır. Küçük madde parçacıkları, ışık parçacıkları olarak düşünülür.
	Dalga, tanecik, dalga paketi (3)	Tanecik özelliği gösterdiği için paket diyoruz, dalga özelliği gösterdiği için de dalga diyoruz. Onun için fotona dalga paketi diyebiliriz.
	Işın, dalga (4)	Foton hem dalga gibi davranır. Hem ışın gibi davranır.
	Dalga, tanecik, enerji paketi, bölünemeyen (5)	Foton $E=h \cdot \omega$ enerjisi taşıyan ve bu paketçiklerden oluşan, hem dalga hem de parçacık özelliği gösteren, bölünemeyen bir parçacıktır diyebiliriz.
	Dalga, tanecik (6)	Foton hem parçacık, hem dalga özelliği gösteriyor. Bazen parçacık, bazen dalga özelliği gösteriyor.
	Ara parçacık (7)	Elektromanyetik etkileşmelerin yani coulomb kuvvetinin ara parçacığı.
	Dalga, tanecik, bölünmeyen (8)	Hem parçacık hem de dalga özelliği gösterir. Bölünmez.
	Işık ışınlarını oluşturur (9)	Foton ışık ışınlarını oluşturan en küçük parçacıktır çok küçüktür şimdiye kadar gözlenmemiş bile olabilir.
	Işıma (10)	Bir elektronun çekirdeğe çarptığında oluşan bir ışıma.
	Işık demeti, dalga, enerjisi var, kütlesi yok, uzunluğu var (11)	Işık demetidir. Belli bir enerjisi vardır. Kütlesi yoktur. Uzunluğu vardır. Dalga olarak düşünülebilir.
	Parçalanmaz, olasılık taşıyıcı (12)	Parçalanmayan, olasılık taşıyan temel parçacıktır.
	Enerji paketi (13)	Enerji paketleri halindedir.
	Işıktadır (14)	Işıktadır bulunan bir parçacıktır .
	Elektromanyetik dalga (12)	Elektromanyetik dalgadır.

Tablo 4.28 incelendiğinde öğretmen adaylarının foton kavramı hakkındaki görüşlerinin 15 kategoride toplandığı görülmektedir.

Öğretmen adaylarının foton kavramı hakkındaki görüşlerinin de çok çeşitli olduğu görülmektedir. Öğretmen adaylarından yedisi (2, 3, 4, 5, 6, 8, 11) foton için *dalga* ifadesini kullanırken, ikisi (2, 11) *boyu/uzunluğu var* ifadesini, üçü (2, 9, 11) *ışık taneciği/demeti* ifadesini, dördü (3, 5, 6, 8) *tanecik* ifadesini, biri (3) *dalga paketi* ifadesini, üçü (4, 10, 14) *ışın/ışıma* ifadesini, ikisi (5, 13) *enerji paketi* ifadesini, üçü (5, 8, 12) *bölünmeyen/ parçalanmayan* ifadesini, biri (11) *enerjisi var, kütlesi yok* ifadelerini, biri (12) *olasılık taşıyıcı* ifadesini, son olarak bir öğretmen adayı (15) da *elektromanyetik dalga* ifadesini kullanmıştır.

**Tablo 4.29 Öğretmen Adaylarının Fotonun Şekline Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Tanımlanan kavram	Kategoriler	Açıklama Örneği
Fotonun şekli	Dalga-parçacık modeli (3, 15)	
	Compton saçılması (9, 10, 11)	
	Şekil yok (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14)	

Tablo 4.29 incelendiğinde öğretmen adaylarının sadece beşinin (3, 9, 10, 11, 15) fotonun şekline dair yorum yaptıkları görülmektedir. Şekil çizen öğretmen adaylarından ikisi (3, 15) dalga-parçacık modelini tercih ederken, üçü (9, 10, 11) fotonu Compton saçılmasıyla tasvir etmeyi tercih etmiştir.

#### 4.9 Dokuzuncu Soruya Dair Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın dokuzuncu sorusu “*Günümüzde parçacıkların hızlandırılarak çarpıştırıldığı deneyler yapılabilmektedir. Sizce, bilim adamları bu deneylerle hangi sorulara cevap aramaktadır? Açıklayınız.*” sorusuna dair öğretmen adaylarının sorunun cevap bulmaya amaçladığı hızlandırma ve çarpıştırma deneylerinin amacına dair görüşleri şu şekildedir:

**Tablo 4.30 Öğretmen Adaylarının Bilim Adamlarının Parçacıkların Hızlandırılarak Çarpıştırıldığı Deneylerle Hangi Sorulara Cevap Aradıkları Sorusuna Verdikleri Cevapların Analizi**

Konu	Kategoriler	Açıklama Örneği
Hızlandırma ve çarpıştırma deneylerinin amacı	Evrenin oluşumu, maddenin yapısı ve big bang teorisini açıklamak (1, 5)	Evrenin yaratılışı, maddenin yapısı, nasıl oluştuğu, big bang teorisi, Bunu ispatlamaya çalışıyorlar. Öncelikle evrenin nasıl oluştuğu. Mesela big bang teorisi tam anlamıyla kanıtlanmış bir şey olmadığından ya da insanın nasıl meydana geldiğini, maddenin nasıl meydana geldiğini bizim oluşmamızı etkileyen etmenleri, kısaca evrenin nasıl oluştuğunu.
	Fikrim yok/bilmiyorum (2, 7, 8, 12)	Herhangi bir fikrim yok. Bilmiyorum.
	Higgs parçacığını bulmak, evrenin oluşumunu, big bang teorisini açıklamak (3)	Cern'deki deneyi söyleyebiliriz. Bu deneyin amacı higgs parçacığı, tanrı parçacığının olduğunu düşünüyorlar. Bütün evrendeki her şeyin sadece bu parçacıktan oluştuğunu düşünüyorlar. Böyle bir parçacık var mı yok mu? Onu araştırıyorlar. Bir diğer sebebi de evrenin oluşumu, big bang teorisi var mı yok mu, onu araştırıyorlar.
	Anti madde ve başka alt parçacıkları keşfetmek (4)	Anti maddeyi keşfetmek istiyorlar ya da bizim bildiğimiz elektron mesela temel parçacık diyoruz. Elektronlardan başka temel parçacık var mı, kuarklardan daha küçük parçacıklar var mı? Bunları araştırıyorlar.
	Başka alt parçacıkları keşfetmek, ışık hızına ulaşmak (6)	Başka ara parçacıklar bulmaya çalışıyorlar. Işık hızına ne kadar yaklaşabileceklerini arıyorlar.
	Alt parçacıklar keşfetmek (9)	Daha küçük yapıdan oluşup oluşmadığını merak ediyorlar parçacıkların.
	Işık hızına ve big bangdeki enerjiye ulaşmak (10)	En fazla ulaşabileceği enerjiye, elektronun en çok ne kadar hızlandırılacağına, ışık hızına ulaşıp ulaşamayacağına, big bang'deki toplam enerjinin elde edilip edilemeyeceğine, hızlandırma sürecinde yeni parçacıkların çıkıp çıkmayacağı .
	Evrenin oluşumunu anlamak (11, 13)	Evrenin nasıl oluştuğu hakkında bilgi almaya çalışıyorlar.
	Atom ve elementlerin yararı, doğanın faydalarını anlamak (14)	Doğadaki atomların elementlerin etkilerini, yararlarını falan, mesela bir radyasyon gibi bunların yararı, doğayı keşfetmek olabilir.
	Temel madde, higgs bozonu, anti madde, karanlık maddeyi keşfetmek (15)	Daha çok temel madde araştırması yapılabilir. Mesela cern'de şey araştırılıyor diye biliyorum, kütleli temel maddesinin. Yani higgs bozonu araştırılıyor diye biliyorum. Bunların yanında ayrıca anti madde, karanlık madde, böyle şeyler araştırılıyor olarak biliyorum.

Tablo 4.30 incelendiğinde öğretmen adaylarının hızlandırma ve çarpıştırma deneylerinin amacına dair verdikleri cevapların 10 kategoride toplandığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında öğretmen adaylarının hızlandırma ve çarpıştırma deneylerinin amaçlarına dair beş öğretmen adayının (1, 5, 3, 11, 13) *evreni anlamak*, iki öğretmen adayının (1, 5) *maddenin yapısını anlamak*, dört öğretmen adayının (1, 3, 5, 10) *big bang teorisini açıklamak*, iki öğretmen adayının (3, 15) *Higgs parçacığını bulmak*, iki öğretmen adayının (4, 15) *anti maddeyi keşfetmek*, üç öğretmen adayının (4, 6, 9) *alt parçacıkları keşfetmek*, iki öğretmen adayının (6, 10) *ışık hızına ulaşmak* bir öğretmen adayının (15) *temel ve karanlık maddeyi keşfetmek*, bir öğretmen adayının ise (14) *doğanın ve elementlerin yararlarını keşfetmek* ifadelerini açıklamalarında kullandıkları görülmektedir.

#### 4.10 Onuncu Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Araştırmanın onuncu sorusu “*Sizce parçacık hızlandırıcılarında parçacıklara hız nasıl kazandırılmaktadır? Açıklayınız.*” Sorusuna öğretmen adaylarının sorunun cevap bulmaya amaçladığı hızlandırıcıların çalışma prensibine ilişkin görüşleri şu şekildedir:

**Tablo 4.31 Öğretmen Adaylarının Parçacık Hızlandırıcılarının Çalışma Prensibine Dair Verdikleri Cevapların Analizi**

Konu	Kategoriler	Açıklama Örneği
Parçacıklar hızlandırıcılarda nasıl hız kazanır?	Manyetik alan ve mesafe ile (1)	Cern deneyindeki o yer altı merkezinde, büyük bir yol açmışlar, elektron o yoldan geçerek manyetik alanın iteklemesiyle hız kazanıyor, mesafeyle orantılı olarak.
	Yüksek gerilim ile (2)	Yüksek gerilim ile.
	Elektrik ve manyetik alan ile (3, 4, 1 5)	Elektrik ve manyetik alan kullanılarak hızlandırılabilir.
	Yüksek sıcaklık ve basınç ile (5)	Yüksek sıcaklık ve basınçla.
	Elektron tabancaları, katot ışınları tüpü ve ısıtma ile (6)	Elektron tabancalarıyla olduklarını biliyorum. Katot ışını tüplerini kullandıklarını biliyorum. Isıtılarak da hızlandırılabilir. Isı da etkilidir.
	Bilmiyorum/fikrim yok. (7, 8, 11, 12, 13)	Bu konuda bilgim yok. Fikrim yok.
	Dev aletler, yüksek sıcaklık ve basınç ile (9)	Hızlandırma için kullanılan dev aletler, yüksek sıcaklık ve basınç.
	Periyot ve frekansı artırılarak (10)	Tam olarak bilmiyorum da yer altında çok büyük bir alanda oluyor. Çok büyük bir alanda dönüyorsa elektron demek ki bunun periyoduyla frekansıyla falan oynuyorlar ki hızlanması artıyor .
	Enerjisi artırılarak (14)	Enerji verilerek, enerjisi artırılarak.

Tablo 4.31 incelendiğinde öğretmen adaylarının hızlandırıcıların çalışma prensibine dair görüşlerinin 9 kategoriye ayrıldığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında öğretmen adaylarının parçacıklara hızın nasıl kazandırıldığına dair görüşlerini dört öğretmen adayının (1, 3, 4, 15) *manyetik alan* ifadesi ile, bir öğretmen adayının (1) *mesafe* ifadesi ile, bir öğretmen adayının (2) *yüksek gerilim* ifadesi ile, üç öğretmen adayının (3, 4, 15) *elektrik alan* ifadesi ile, üç öğretmen adayının (5, 6, 9) *yüksek sıcaklık/ısıtma* ifadesi ile, iki öğretmen adayının (5, 9) *basınç* ifadesi ile, bir öğretmen adayının (6) *elektron tabancası ve katot ışınları tüpü* ifadesi ile, bir öğretmen adayının (9) *dev aletler* ifadesi ile, bir öğretmen adayının (10) *periyot ve frekansı artırılarak* ifadesi ile, bir öğretmen adayının (14) *enerjisi artırılarak* ifadesi ile açıklama yaptığı görülmektedir.

Araştırmanın bu evresinde bazı öğretmen adaylarına kullandıkları ifadelerle ilgili ek sorular da sorulmuştur. Bu sorular ve öğretmen adaylarının cevapları sırasıyla aşağıdaki gibidir:

*A: Yüksek gerilim hangi parçacıklara uygulanıyor olabilir? Hangi parçacıklara etki eder ve nasıl bir fonksiyonu vardır parçacık hızlandırmada?*

*2: Hımmm. Elektronlar üzerine etki eder. Başka da bilmiyorum.*

*A: Neden elektronların üzerine etki eder? Elektronları diğer parçacıklardan ayıran özellik nedir?*

*2: Elektron, hımmm, çok hafif ve hareketlidir.*

Öğretmen adayının verdiği cevapta da görüldüğü gibi öğretmen adayı hızlandırıcılarda sadece elektronun hızlandırıldığını düşünmektedir.

*A: Sence parçacıklara hızlandırıcılarda nasıl hız kazandırılmakta?*

*3: Elektrik ve manyetik alan kullanılarak hızlandırılabilir.*

*A: Nasıl mesela? Bu alanlar nasıl etki edebilirler parçacıklara hız kazandırmada? Bana örnek vererek açıklayabilir misin? Elektrik alanın etkisi ne? Manyetik alanın etkisi ne?*

*3: Mesela bir devreye gerilim verdiğiniz zaman onun bir elektrik alanı olacak ve elektrik alanı sayesinde de bir elektriksel kuvvet etki edecek. Bu elektriksel kuvvetin etkisinde parçacık hızlanacak. Mesela artı yükse, gerilimi verdiğimiz yönde hızlanır, eksi yükse ters yönde hızlanır.*

*A: Peki manyetik alanın etkisi ne?*

*3: Manyetik alanda da N-S kutupları var. Mıknatıs özelliği kullanılarak hızlandırılacağını düşünüyorum.*

Öğretmen adayı verdiği bu cevapla elektrik alanının parçacık hızlandırmadaki etkisini net bir ifadeyle açıklarken, manyetik alanının parçacık hızlandırmadaki etkisini net olmayan bir ifade ile açıklamıştır.

#### **4.11 On Birinci Soruya İlişkin Bulgular ve Yorumlar**

Araştırmanın on birinci sorusu “*Parçacık hızlandırma ve çarpıştırma çalışmaları yapan bildiğiniz merkezleri yazınız ve açıklayınız.*” Sorusuna dair öğretmen adaylarının verdikleri hızlandırıcı merkezi örnekleri şu şekildedir:

**Tablo 4.32 Öğretmen Adaylarının Hızlandırıcı Merkezlerine Verdikleri Örneklerin Analizi**

Konu	Kategoriler	Açıklama Örneği
Hızlandırıcı merkezleri örnekleri	Bilmiyorum (8, 13)	Bilmiyorum.
	Cern (1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 14, 15)	Cern.
	BNL – Cern (5)	Cern, Brookhaven National Lab., başka da bilmiyorum.
	Türk hızlandırıcı merkezi-Cern (12)	Türk hızlandırıcı merkezi var, Cern var.

Tablo 4.32 incelendiğinde öğretmen adaylarının hızlandırıcı merkezlerine verdikleri örneklerin 4 kategoride toplandığı görülmektedir.

Oluşan kategorilere bakıldığında bu soruya cevap veren öğretmen adaylarının hepsinin cevabında *Cern*'ün olduğu görülmektedir. İki öğretmen adayının ise (5, 12) *Cern* dışında başka örnek verdiği görülmektedir. Bu öğretmen adaylarından birinin (5) *BNL hızlandırma merkezini*, diğerinin de (12) *Türk Hızlandırıcı Merkezini* örnek gösterdiği görülmektedir.

Araştırmanın bu evresinde bu soruya cevap veren öğretmen adaylarından bazılarında “*Cern hakkındaki bilgiyi nasıl edindin?*” sorusu sorulmuştur. Soruyu cevaplayan öğretmen adaylarının cevapları sırasıyla şu şekildedir:

*1: Reklamı çok yapıyor. Medyada da çok duyuluyor. İnternete hızlandırıcı yazdığında ilk Cern geliyor. Bilim adamlarımız hep Cern'e gidiyor.*

*2: Bilim teknik dergisinden, okuldaki fizik topluluğundan, derslerden.*

*3: Fizikçi olduğumdan beri internetten falan merakımdan kendim araştırdım.*

*5: Televizyondan duydum, bilim teknik dergileri, internetten, facebooktan, gazetelerden.*

**6:** *En medyatik, en çok basına yansıyan merkez. Çok büyük bir merkez.*

**9:** *Geçen seneki lab dersinde bahsetmişlerdi, okuldaki fizik grubundan duydum bir de.*

**10:** *Big bangı duymuştum. Onu okumuştum bu deney olurken internetteki haberlerden okudum.*

**11:** *İnternette gördüğüm kadarıyla, hocalarımızdan duyma vasıtasıyla. Çok da araştırmadım açıkçası.*

**12:** *Derslerde bazen adı geçiyor.*

**14:** *Dergilerden, internette.*

**15:** *Hocalarım bahsetmişti bir kere. Ben de merak edip internette araştırdım.*

Öğretmen adaylarının verdikleri cevaplara bakıldığında öğretmen adaylarının çoğunluğunun *basın, medya, dersler ve internet* vasıtasıyla Cern hakkındaki bilgileri edindikleri görülmektedir. Öğretmen adaylarından yedisinin (1, 3, 5, 10, 11, 14, 15) Cern hakkında bilgi edinmede *internette* yararlandığını söylediği görülürken, üçünün (2, 5, 14) *bilim teknik dergilerinden* yararlandığını ikisinin (2,9) *okuldaki fizik topluluğundan* yararlandığını, beşinin (2, 9, 11, 12, 15) *derslerden* yararlandığını, birinin (5) *televizyondan ve facebooktan* yararlandığını, ikisinin de (5, 6) *gazetelerden* yararlandıklarını söyledikleri görülmektedir.

Yukarıdaki soruya cevap veren bazı öğretmen adaylarına “Cern hakkında neler duydun?” sorusu sorulmuştur. Soruyu cevaplayan öğretmen adaylarının cevapları sırasıyla şu şekildedir:

**2:** *En son parçacık araştırmaları yapmışlardı. Sonra 6-7 ay arıza çıktı. Beklediler. Sonra yine yaptılar deneyi.*

**5:** *Higgs bozonunu bulduklarını biliyorum.*

*6: Higgs parçacığının arandığını biliyorum. Bu konuda da en iyi merkez olduğunu biliyorum.*

Soruyu cevaplayan öğretmen adaylarının cevaplarına bakıldığında cevap veren öğretmen adaylarından ikisinin (5, 6) Cern hakkında *Higgs bozonunu* araştırdıklarını duydukları görülmektedir. Diğer öğretmen adayının ise Cern deneylerinde çıkan *arızalarla* ilgili şeyler duyduğu görülürken, yapılan deney ya da bu deneyle araştırılan konu hakkında herhangi bir bilgi vermediği görülmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmanın bu evresinde araştırmanın bulgularına dayalı çıkarılan sonuçlardan ve bu sonuçların olumsuz yönlerini giderebilecek önerilerden bahsedilecektir.

### 5.1 Sonuçlar

Öğretmen adaylarının cevapları genel olarak incelendiğinde;

- Öğretmen adaylarının atom altı parçacıklar ve parçacık hızlandırıcılarına dair sorulan sorularda yabancılık çektikleri ve açıklama yapmakta zorlandıkları
- Öğretmen adaylarının atom ve yapısı hakkında açıklama yaparken atom altı parçacıklar ve parçacıklar arası etkileşimleri içeren ifadeleri kullanmadıkları
- Atomun yapısı hakkında karmaşa yaşayan öğretmen adaylarının bulunduğu
- Mezon, müon, gluon, graviton, Z bozonu ve foton kavramlarında yabancılık çektikleri
- Kararlı atom ve kararlı çekirdek hakkında karmaşa yaşadıkları
- Kararlı atom ve çekirdeğin bütünlüğünü sağlayan etmenlere dair kullandıkları ifadeler olan kuvvet ve etkileşim arasında nasıl bir ilişki olduğu konusunda karmaşa yaşadıkları
- Güncel modern fizik gelişmelerini takip etmede yetersiz kaldıkları

görülmüştür.

## 5.2 Öneriler

Araştırma esnasında yapılan gözlemlerde öğretmen adaylarının atom altı parçacıklar ve parçacık hızlandırıcılarına dair sorulan sorularda yabancılık çektikleri ve açıklama yapmakta zorlandıkları gözlenmiştir. Bu nedenle öğretmen adayları fizik bilimindeki güncel gelişmeleri takip etmeye teşvik edilmeli araştırmacı kimlik özellikleri geliştirilmelidir. Yine araştırma esnasında öğretmen adaylarının görüşme metoduna yabancı oldukları, düşünmeye sevk eden sorular sorulduğunda kendi duygu ve düşüncelerini ifade etmekte zorlandıkları da gözlenmiştir. Bu amaçla dersler öğrenciyi düşünmeye ve fikrini açıklamaya teşvik edecek nitelikte olmalı ve öğrenci merkezli olarak işlenmelidir.

Öğretmen adaylarından bazılarının atom kavramı hakkında geliştirilen ilk modelleri kullanarak açıklama yaptığı gözlenmiştir. Bu öğretmen adaylarının neden bu modelleri tercih ettikleri ve nötron ya da elektron kavramlarını göz ardı ederek açıklamalarda buldukları araştırılmalı ve günümüzde kabul edilen modern kavramları ve açıklamaları öğrenmelerini sağlayacak uygulamalar yapılmalıdır.

Öğretmen adaylarının atomun yapısını proton, nötron ve elektron ile açıklamada zorlanmadıkları görülürken, atom altı parçacıkların kullanılarak atomun yapısını tekrar açıklamaları istendiğinde zorlandıkları gözlenmiştir. Ayrıca öğretmen adaylarının kuark ve elektron dışındaki temel parçacıkları, mezon gibi bileşik parçacıkları da açıklarken zorlandıkları ve net ifadeler kullanamadıkları görüldüğünden, bu kavramlara dair kavramsal bir çalışmanın yapılması, eksiklik ve yanlışların belirlenmesi ve bu eksiklik ve yanlışları giderecek materyallerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Çalışma esnasında öğretmen adaylarının kuvvet ve etkileşim kavramları hakkında bir karmaşa yaşadıkları, açıklamalarında kuvvet ve etkileşim kavramlarını nasıl kullanacaklarına dair bir ikilem yaşadıkları gözlenmiştir. Kuvvet ve etkileşim

kavramlarının aralarındaki ilişkiye dair ve ne olduklarına dair bir çalışmanın da yapılması gereklidir.

Bazı öğretmen adayları kararlı atom ve kararlı çekirdeği açıklarken aynı ifadeleri kullanmış, iki kavram hakkında bir ayrım yapmamıştır. Ayrıca cevap veren öğretmen adaylarının açıklamalarında da çok çeşitlilik görülmektedir. Kararlı atom ve çekirdeğe dair kavram yanlışlığını belirleyecek ve giderecek çalışmaların da yapılması gereklidir.

Öğretmen adaylarının foton kavramını net olarak bilmedikleri ve özelliklerini yansıtabilecek açıklamaları tam anlamıyla yapamadıkları gözlenmiştir. Foton kavramının öğretimi gözden geçirilerek, eksiklikler giderilmeli ve gereken değişiklikler yapılmalıdır.

Öğretmen adaylarının artık günlük hayatın bir parçası olan hızlandırıcılar hakkındaki gelişmeleri takip etmedikleri, yüzeysel bilgilerle yetindikleri ve araştırma yapmadıkları da gözlenmiştir. Artık Türk Hızlandırıcı Merkezi'nin de açıldığı ve çalışmalara başladığı düşünülecek olursa, öğretmen adaylarının hızlandırıcılara dair güncel olayları takip etmesi, hızlandırıcıların da eğitim sistemimizde bir konu olarak yerini alması gerekmektedir.

## **EKLER**

### **Ek A: Atom Altı Parçacıklara İlişkin Görüş Belirleme Formu**

*Soru 1: Elektron, proton, nötron ve atomu nasıl tarif edersiniz? Kısaca açıklayınız. Sizce atomun şekli nasıldır? Çizim ile gösteriniz.*

*Soru 2: Nötr bir  $^{12}_6\text{C}$  atomunun yapısını şekil çizerek açıklayınız.*

*Soru 3: Atomun yapısında bulunan temel parçacıklar denildiğinde aklınıza ne gelmektedir? Örnek vererek açıklayınız*

*Soru 4: Atomun yapısında bulunan bileşik parçacıklar (bağıl durum parçacıkları) denildiğinde aklınıza ne gelmektedir? Örnek vererek açıklayınız.*

*Soru 5: Aşağıda verilen parçacıklardan hangisi ya da hangilerinin temel parçacık, hangisi ya da hangilerinin bileşik parçacık (bağıl durum parçacıkları) olduğunu düşünüyorsunuz? Nedenleriyle açıklayınız.*

*Atom, Çekirdek, Proton, Nötron, Elektron, Muon, Mezon, Kuark, Gluon, Z bozonu, Foton, Graviton*

*Soru 6: Herhangi bir dış etki olmadan, kararlı bir atomun parçalanmadan bir bütün olarak kalmasını sağlayan etmenler sizce neler olabilir? Açıklayınız.*

*Soru 7: Herhangi bir dış etki olmadan, kararlı bir çekirdeğin bir bütün olarak kalmasını sağlayan etmenler sizce neler olabilir? Açıklayınız.*

*Soru 8: Foton nedir? Şekil çizerek açıklayınız.*

*Soru 9: Günümüzde parçacıkların hızlandırılarak çarpıştırıldığı deneyler yapılabilmektedir. Sizce, bilim adamları bu deneylerle hangi sorulara cevap aramaktadır? Açıklayınız.*

*Soru 10: Sizce, parçacık hızlandırıcılarında parçacıklara hız nasıl kazandırılmaktadır? Açıklayınız.*

*Soru 11: Parçacık hızlandırma ve çarpıştırma çalışmaları yapan bildiğiniz merkezleri yazınız ve açıklayınız.*

## KAYNAKLAR

- [1] Martin, R. B. and Shaw, G., Particle Physics, John Willey and Sons, United Kingdom, (2008), 6.
- [2] Brown, M. L. and Hoddeson, L., The Birth of Particle Physics, Cambridge University Press, New York, (1983), 23.
- [3] McDermott L. C. and Redish, E., “Resource Letter PER-1: Physics Education Research”, *American Journal of Physics*, **67 (9)**, (1999) 755-767.
- [4] <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/bibint.html> (23 Mayıs 2011).
- [5] Bağ, H. ve Kara, İ., “Kimya ve Fizik Eęitimiyle İlgili Makalelerin Bibliyografyası”, *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakóltesi Dergisi*, **2**, (2002) 13-20.
- [6] <http://www.scribd.com/doc/17113065/11-SINIF-KIMYA-DERS-OGRETM-PROGRAMI> (29 Mayıs 2011).
- [7] T. C. Milli Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Orta Öğretim 12. Sınıf Fizik Dersi Öğretim Programı, (2009).
- [8] Griffiths, D., Introduction to Elementary Particles, John Willey and Sons, Toronto, (1987), 18.
- [9] Gribbin, J., Q is for Quantum Q is for Quantum-An Encyclopedia of Particle Physics, Simon and Schuster, New York, (2000), 346.
- [10] <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/204797/fermion> (12 Haziran 2011).
- [11] <http://particleadventure.org./quarks.html> (28 Haziran 2011).
- [12] <http://particleadventure.org/color.html> (15 Haziran 2011).

- [13] [http://members.quicknet.nl/nj\\_dewit/quarks/p2.html](http://members.quicknet.nl/nj_dewit/quarks/p2.html) (27 Haziran 2011).
- [14] <http://w3.gazi.edu.tr/~mkaradag/tezler/ertugruldemir.pdf>  
(15 Haziran 2011).
- [15] <http://www.slac.stanford.edu/history/highlights.shtml> (18 Haziran 2011).
- [16] [http://www.cpepweb.org/images/chart\\_details/Fermions.jpg](http://www.cpepweb.org/images/chart_details/Fermions.jpg)  
(27 Haziran 2011).
- [17] <http://www.fnal.gov/pub/about/whatis/history.html> (12 Haziran 2011).
- [18] <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/336940/lepton>  
(21 Haziran 2011).
- [19] Kenyon, I. R., Elementary Particle Physics, Routledge and Kegan Paul, Newyork, (1987), 78.
- [20] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Leptonlar> (15 Haziran 2011).
- [21] <http://tr.wikipedia.org/wiki/müon> (13 Haziran 2011).
- [22] <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/74759/boson>  
(12 Haziran 2011).
- [23] <http://particleadventure.org/interactions.html> (12 Haziran 2011).
- [24] <http://particleadventure.org/hadrons.html> (21 Haziran 2011).
- [25] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Pion> (15 Haziran 2011).
- [26] <http://en.wikipedia.org/wiki/Kaon> (12 Haziran 2011).
- [27] <http://particleadventure.org/accel.html> (21 Haziran 2011).
- [28] <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bdergi/yeniufuk/icerik/hizlandirici.pdf>  
(21 Haziran 2011).

- [29] [http://particleadventure.org/fixe\\_d\\_target.html](http://particleadventure.org/fixe_d_target.html) (17 Haziran 2011).
- [30] <http://www6.slac.stanford.edu/AboutSLAC.aspx> (11 Haziran 2011).
- [31] <http://public.web.cern.ch/public/en/About/About-en.html>  
(21 Haziran 2011).
- [32] <http://public.web.cern.ch/public/en/About/History83-en.html>  
(10 Haziran 2011).
- [33] <http://public.web.cern.ch/public/en/About/History90-en.html>  
(11 Haziran 2011).
- [34] <http://www.bnl.gov/bnlweb/researchlist.asp> (13 Haziran 2011).
- [35] <http://en.wikipedia.org/wiki/DESY> (28 Haziran 2011).
- [36] <http://en.wikipedia.org/wiki/Gluon> (19 Haziran 2011).
- [37] Seçken, N. ve Morgil, İ. F., “Orta Öğretimde Kimya Müfredat Programlarında Atom Konusunun İncelenmesi”, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **1 (1)**, (1999) 42-74.
- [38] Nakiboğlu, C. ve Bülbül, B. “Orta Öğretim Kimya Derslerinde Yapısalıcı Öğrenme Kuramı Çerçevesinde Çekirdek Kimyası Ünitesinin Öğretimi”, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **2 (1)**, (2000) 76-87.
- [39] Nakiboğlu, C. ve Poyraz, E., “Üniversite Kimya Öğrencilerinin Kimyasal Bağlar Konularını Açıklamada İnsana Özgü Dil ve Canlılığı Kullanmalarının İncelenmesi”, *Kastamonu Eğitim Fakültesi Dergisi*, **14**, (2006) 83- 90.
- [40] Ayas, A. ve Özmen, H., “Lise Kimya Öğrencilerinin Maddenin Tanecikli Yapısı Kavramını Anlama Seviyelerine İlişkin Bir Çalışma”, *Boğaziçi Eğitim Fakültesi Dergisi*, **19 (2)**, (2002) 45-60.

- [41] Tezcan, H. ve Salmaz, Ç., “Atomun Yapısının Kavratılmasında ve Yanlış Kavramaların Giderilmesinde Bütünleştirici ve Geleneksel Öğretim Yöntemlerinin Etkileri”, *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, **7 (1)**, (2009) 49- 67.
- [42] Cokelez, A. and Dumon, A., “Atom and Molecule: Uper Secondary School French Students Representations in Long-Term Memory” *Educational Research*, **6**, (2005) 119-135.
- [43] Yıldız, H., İlköğretim ve Ortaöğretim Öğrencilerinin Atomun Yapısıyla İlgili Zihinsel Modelleri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, Balıkesir, (2006).
- [44] Marton, F., “Phenomenography: A research Approach to Investigating Different Understandings of Reality”, *Journal of Thought*, **2 (3)**, (1986) 28-49.
- [45] Tokcan, H. ve Demirkaya, H., “Öğretmen Adaylarının İklim Kavramı Algımları: Fenomenografik Bir Çalışma”, *TSA*, **2**, (2007).
- [46] Çepni, S., Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş, Celepler Yayıncılık, Trabzon, No: 3, 310.