



T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

LİSANS ÖĞRENCİLERİNİN PARÇACIK FİZİĞİ KAVRAMLARINI  
ANLAMA DÜZEYLERİ VE KAVRAM YANILGILARI

Natali MUNK-JAKOBSEN

Fizik Anabilim Dalı

Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği Programı

DANIŞMAN  
Prof. Dr. Sehban KARTAL

II. DANIŞMAN  
Prof. Dr. Zeynep GÜREL

Haziran, 2018

İSTANBUL

Bu çalışma, 6.06.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

### Tez Jürisi



Prof. Dr. Sehban KARTAL(Danışman)  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi



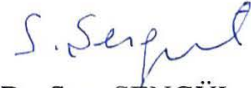
Prof. Dr. Ali TUTAY  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi



Prof. Dr. Filiz KABAPINAR  
Marmara Üniversitesi  
Atatürk Eğitim Fakültesi



Doç. Dr. Ayberk YILMAZ  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi



Doç. Dr. Sare ŞENGÜL  
Marmara Üniversitesi  
Atatürk Eğitim Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, tez çalışmalarım sırasında desteklerini ve sabrını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Sehban KARTAL'a çok teşekkür ederim.

Eğitim bilimleri alanındaki bilgilerini benimle paylaşarak tez çalışmama büyük katkılar sağlayan, hoşgörülü ve pozitif yaklaşımıyla desteğini her zaman hissettiren değerli hocam Prof. Dr. Zeynep GÜREL'e teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmamın test ve mülakat bölümlerine katılmayı kabul ederek tez çalışmamın tamamlanmasında büyük rol oynayan öğrencilere teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca maddi ve manevi her türlü destekleriyle yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2018

Natali MUNK-JAKOBSEN

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ .....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ .....	vii
TABLO LİSTESİ.....	viii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ .....	ix
ÖZET .....	x
SUMMARY .....	xii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. PROBLEM DURUMU .....	1
1.2. ARAŞTIRMANIN AMACI.....	3
1.3. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ .....	3
1.4. PROBLEM CÜMLESİ.....	5
1.5. ALT PROBLEMLER.....	5
1.6. HİPOTEZLER.....	5
1.7. VARSAYIMLAR.....	6
1.8. SINIRLILIKLAR .....	6
<b>2. GENEL KISIMLAR.....</b>	<b>7</b>
2.1. ÖĞRENME YAKLAŞIMLARI.....	7
2.1.1. Davranışçı Yaklaşım.....	7
2.1.2. Bilişsel Yaklaşım .....	8
2.1.3. Yapılandırmacı Yaklaşım .....	9
2.1.3.1. Bilişsel Yapılandırmacılık.....	10
2.1.3.2. Sosyal Yapılandırmacılık .....	10
2.1.3.3. Radikal Yapılandırmacılık .....	11
2.2. KAVRAMLAR VE KAVRAM YANILGILARI .....	11
2.2.1. Kavramlar .....	11
2.2.2. Kavram Yanılgıları .....	13
2.2.3. Kavram Yanılgılarının Belirlenmesi .....	17
2.3. MODELLER .....	18
2.3.1. Model ve Modelleme.....	18

2.3.2. Zihinsel Modeller .....	18
2.3.3. Kavramsal Modeller .....	19
2.4. PARÇACIK FİZİĞİ EĞİTİMİ .....	20
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM.....</b>	<b>26</b>
3.1. ARAŞTIRMA DESENİ .....	26
3.2. ÇALIŞMA GRUBU VE ARAŞTIRMA ORTAMI .....	26
3.3. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI.....	26
3.3.1. Parçacık Fiziği Kavramları Testinin Hazırlanması ve Uygulanması .....	27
3.3.2. Görüşme (Mülakat).....	28
3.4. VERİLERİN ANALİZİ.....	29
3.4.1. Verilerin Tematik Analizi.....	29
3.4.2. Verilerin Normatif Analizi .....	30
3.4.3. Verilerin Betimsel Analizi.....	30
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>32</b>
4.1. PFKT SORULARINA VERİLEN CEVAPLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	32
4.2.GÖRÜŞMELERDE VERİLEN CEVAPLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	47
4.2.1. Birinci Öğrenci ile Yapılan Görüşmelerden Elde Edilen Bulgular .....	47
4.2.2. İkinci Öğrenci ile Yapılan Görüşmelerden Elde Edilen Bulgular .....	53
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>59</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>65</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>69</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 4.1: Öğrenci-1'in temel tanecikler sınıflandırması .....	48
Şekil 4.2: Öğrenci-1'in atomdaki tanecikleri gösteren model çizimi .....	49
Şekil 4.3: Öğrenci-2'nin temel tanecikler sınıflandırması .....	54
Şekil 4.4: Öğrenci-2'nin atomdaki tanecikleri gösteren model çizimi .....	57
Şekil 5.1: Parçacıkların özellikleri ile ilgili soruların anlama düzeyi ölçeğine göre analizi....	60
Şekil 5.2: Temel etkileşimler ile ilgili soruların anlama düzeyi ölçeğine göre analizi .....	60

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa No

<b>Tablo 2.1:</b> 2007 tarihli ortaöğretim fizik programları ünite dağılımları.....	22
<b>Tablo 2.2:</b> Büyük patlama ve evrenin oluşumu konusu kazanımları .....	23
<b>Tablo 2.3:</b> Büyük patlama ve evrenin oluşumu konusu kazanımları .....	24
<b>Tablo 2.4:</b> 12. sınıf fizik dersi programı ünitelere göre kazanım sayısı ve süre tablosu .....	25
<b>Tablo 3.1:</b> PFKT'den elde edilen verilerin analizinde kullanılan anlama düzeyi ölçeği.....	30
<b>Tablo 4.1:</b> 1. soruya verilen cevapların tematik analizi.....	33
<b>Tablo 4.2:</b> 1. soruya verilen cevapların normatif analizi .....	34
<b>Tablo 4.3:</b> 2. soruya verilen cevapların tematik analizi.....	35
<b>Tablo 4.4:</b> 2. soruya verilen cevapların normatif analizi .....	36
<b>Tablo 4.5:</b> 3. soruya verilen cevapların tematik analizi.....	36
<b>Tablo 4.6:</b> 3. soruya verilen cevapların normatif analizi .....	37
<b>Tablo 4.7:</b> 4. soruya verilen cevapların tematik analizi.....	38
<b>Tablo 4.8:</b> 4. soruya verilen cevapların normatif analizi .....	38
<b>Tablo 4.9:</b> 5. soruya verilen cevapların tematik analizi.....	38
<b>Tablo 4.10:</b> 5. soruya verilen cevapların normatif analizi .....	40
<b>Tablo 4.11:</b> 6. soruya verilen cevapların tematik analizi.....	40
<b>Tablo 4.12:</b> 6. soruya verilen cevapların normatif analizi .....	41
<b>Tablo 4.13:</b> 7. soruya verilen cevapların tematik analizi.....	42
<b>Tablo 4.14:</b> 7. soruya verilen cevapların normatif analizi .....	43
<b>Tablo 4.15:</b> 8. soruya verilen cevapların tematik analizi.....	43
<b>Tablo 4.16:</b> 8. soruya verilen cevapların normatif analizi .....	44
<b>Tablo 4.17:</b> 9. soruya verilen cevapların tematik analizi.....	45
<b>Tablo 4.18:</b> 9. soruya verilen cevapların normatif analizi .....	45
<b>Tablo 4.19:</b> 10. soruya verilen cevapların tematik analizi.....	46
<b>Tablo 4.20:</b> 10. soruya verilen cevapların normatif analizi .....	46



## SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

<b>Kisaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>C</b>	: Cevapsız
<b>CPPT</b>	: Concepts of Particle Physics Test
<b>D</b>	: Doğru Cevap
<b>KD</b>	: Kısmen Doğru Cevap
<b>PFKT</b>	: Parçacık Fiziği Kavramları Testi
<b>Y</b>	: Yanlış Cevap

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### LİSANS ÖĞRENCİLERİNİN PARÇACIK FİZİĞİ KAVRAMLARINI ANLAMA DÜZEYLERİ VE KAVRAM YANILGILARI

**Natali MUNK-JAKOBSEN**

**İstanbul Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Fizik Anabilim Dalı**

**Danışman : Prof. Dr. Sehban KARTAL**

**II. Danışman : Prof. Dr. Zeynep GÜREL**

Bu araştırmanın temel amacı; fizik bölümü öğrencilerinin parçacık fiziği konularını anlama düzeylerini ve bu konulardaki kavram yanılığını belirlemektir.

Nitel araştırma yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen bu araştırmanın ilk aşamasında üniversite öğrencilerine parçacık fiziği konusundaki temel bilgilerini belirlemek amacıyla Parçacık Fiziği Kavramları Testi (PFKT) uygulanmıştır. PFKT'ye verilen cevaplardan elde edilen verilerin analizinde tümevarımsal analiz yöntemi kullanılmıştır. Tümevarımsal analiz süreci, tematik analiz ve normatif analiz olacak şekilde iki kısımda gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise araştırmanın ilk aşamasına katılan öğrencilerden seçilen gönüllü öğrencilerle, PFKT sorularına verdikleri cevapları derinlemesine incelemek ve parçacık fiziği konusundaki bilgilerini önceden mevcut olan bilgileriyle ilişkilendirebilme yeteneklerini belirlemek için yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmelerde, öğrencilerin önceki bilgileri ile parçacık fiziğiyle ilgili yeni bilgileri arasında kurdukları ilişkilerin niteliklerini yapılandırmacı yaklaşıma göre belirlemek amaçlanmıştır. Görüşmelerden elde edilen verilerin analizinde nitel araştırma yöntemlerinden biri olan betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır.

Araştırmadan elde edilen veriler sonucunda, fizik bölümü öğrencilerinin parçacık fiziği konusundaki bilgilerinin yetersiz olduğu ve çeşitli kavram yanılgılarına sahip oldukları tespit edilmiştir.

Haziran 2018, 82 sayfa.

**Anahtar kelimeler:** Parçacık fiziği, kavram yanılgısı, yapılandırıcılık



## **SUMMARY**

### **M.Sc. THESIS**

#### **UNDERGRADUATE STUDENTS' LEVELS OF UNDERSTANDING THE CONCEPTS OF PARTICLE PHYSICS AND MISCONCEPTIONS**

**Natali MUNK-JAKOBSEN**

**İstanbul University**

**Institute of Graduate Studies in Science and Engineering**

**Department of Physics**

**Supervisor : Prof. Dr. Sehban KARTAL**

**Co-Supervisor : Prof. Dr. Zeynep GÜREL**

The main purpose of this research is to investigate undergraduate physics students' level of the understanding of particle physics concepts and their misconceptions about particle physics.

In the first part of this study, in which qualitative research methods are used , “Concepts of Particle Physics Test” (CPPT) is applied to determine the understanding and knowledge level of particle physics on undergraduate physics students. The data from CPPT is analyzed by using the inductive approach. The inductive approach has been carried out in two parts; the thematic analysis and the normative analysis.

The second part of this study consists of semi-structured interviews with two volunteer students who took CPPT before interviews. The purpose of these interviews is to make a detailed analysis of the answers given in the CPPT and to determine their ability to link new information about particle physics to their prior knowledge. In these interviews, it is aimed to determine the qualifications of the relationships between students' previous knowledge and new information on particle physics, according to the constructivist approach. In the analysis of the data obtained from the interviews, the descriptive analysis method is used.

The findings of the study shows that undergraduate physics students' knowledge of particle physics is inadequate and they have some misconceptions.

June 2018, 82 pages.

**Keywords:** Particle physics, misconception, constructivism



## 1. GİRİŞ

Bu bölümde problem durumu, araştırmanın amacı ve önemi verilmiş; problem cümlesi, alt problemler, hipotezler, varsayımlar ve sınırlılıklar belirtilmiştir.

### 1.1. PROBLEM DURUMU

Günümüzde teknolojinin büyük bir hızla gelişme göstermesi, fen bilimleri eğitiminin öneminin artmasına neden olmaktadır. Fizik bilimi, kimya ve biyoloji ile birlikte fen bilimlerinin üç ana bölümünü oluşturmaktadır. Fizik, doğa olaylarını belirli kanunlar çerçevesinde inceleyen bir bilim dalıdır. İçerdiği konular açısından teknolojik bilgilerin temelini oluşturmaktadır. Bu yüzden hızla gelişen teknolojiye ayak uydurmak isteyen toplumlar için fizik eğitimi büyük önem taşımaktadır.

Fizik eğitimi; formüller, tanımlar, anlaşılması zor kavramlar ve kurallar içerir. Geçmişte olduğu gibi günümüzde de bu tür bilgilerin öğrencilere sunumunda, öğrencilerin pasif konumda olduğu dersler, laboratuvar yöntemleri ve problem çözümleri gibi bilişsel mekanizma ile ilgili olmayan yöntemlerin kullanılmaya devam edildiği görülmektedir.

Fizik eğitimi ile ilgili araştırmalar son yıllarda hızla artmıştır. Bu araştırmaların çoğu fizik eğitimindeki eksikliklere yoğunlaşmıştır. Bu eksikliklerin, fizik eğitiminde uygulanan yöntemler ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Geleneksel fizik eğitimi anlayışında, benzer problemleri sistematik ve tekrar eden bir şekilde çözen öğrencilerin fizik kavramlarını istenilen şekilde anlamlandırdıkları varsayılmaktadır.

Arons'a (1997) göre fizik eğitimi çoğu zaman öğrencilerin bölüm sonu problemlerini doğru bir şekilde çözebilmelerine ve laboratuvar uygulamalarında doğru sonuca ulaşmalarını sağlamaya odaklanmaktadır. Öğrenciler, öğrenmenin ne demek olduğunu ve nasıl gerçekleşmesi gerektiğini öğrenme fırsatı bulamadan, anlamlarını tam olarak bilmedikleri denklemleri ezberlemeye yönlendirilmektedir.

Yapılan araştırmalar fizik eğitiminde konu ile ilgili problemleri çözebilmenin, kavram ve ilkeleri anlamlı bir şekilde öğrenmeyi sağlamadığını ortaya koymuştur. Bu araştırmalarda problemlere doğru sayısal cevabı verebilmek ve kavramları anlamak arasındaki bağlantının çok düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Soru kitaplarındaki standart problemleri kolayca çözebilen öğrencilerin çoğu zaman daha karmaşık durumlarda ortaya çıkan sonuçları birbirleriyle ilişkilendirmekte yetersiz kaldığı görölmüştür (Bowden ve diğ, 1992).

Davranışçı yaklaşımda öğrenciler boş bir levha olarak görölmektedir. Bu yaklaşıma göre bilgi öğrenciye öğretmen tarafından aktarılmaktadır ve öğrencilerde kavramsal anlayış geliştirmek amacıyla çok sayıda problem çözülmektedir. Bununla birlikte, yapılan araştırmalar fizik derslerine başlayan öğrencilerin derse gelmeden önce kendi önceki deneyimleri sonucu oluşmuş kavramsal bir çerçeveye sahip olduklarını göstermektedir. Öğrenciler üniversite seviyesine gelene kadar yaşadıkları hayattan elde ettikleri deneyimlerden ve aldıkları fizik eğitiminden kaynaklanan yaklaşık 20 yıllık bir bilgi birikimine sahiptirler. Bu nedenle günümüzdeki modern eğitim anlayışında yapılandırmacı yaklaşıma yer verilmesi büyük bir önem taşımaktadır.

Davranışçılıktan yapılandırmacılığa geçişle birlikte öğretmen merkezli eğitim yerini öğrenci merkezli eğitime bırakmıştır. Öğrenci merkezli yaklaşımda öğretmenin ne aktardığı değil öğrencinin ne anladığı dikkate alınır. Öğrencinin başlangıçta ne bildiği ve eğitim ortamı ile nasıl bir etkileşimde olduğu önemlidir.

Fizik eğitiminde en önemli problemlerden birini öğrencilerin yanlış ön bilgileri ve kavram yanılgıları oluşturmaktadır. Bu yanlış ön bilgiler ve kavram yanılgıları tespit edilip giderilmediği takdirde, eğitim sürecinin ilerleyen dönemlerinde sorunlar ortaya çıkabilmekte ve anlamlı bir öğrenmenin gerçekteşmesi zorlaşmaktadır.

Günümüzde eğitim alanında yapılan çalışmalar arasında öğrencilerdeki kavram yanılgılarının tespit edilmesi ve giderilmesini amaçlayan çalışmalar önemli bir yer kaplamaktadır. Fizik eğitimi ile ilgili çalışmalarda da öğrencilerde çok sayıda kavram yanılgıları olduğu ve bundan dolayı yeni bilgilerin sağlıklı bir şekilde yapılandırılmadığı görölmüştür. Bu kavram yanılgılarının giderilmesi için öncelikle nedenlerinin tespit edilmesi önem taşımaktadır. Sonraki

aşamada ise kavram yanlışlarının giderilmesine yönelik araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Günümüzde özellikle medyadaki yönüyle parçacık fiziği merak uyandırıcı ve heyecan verici bir görüntü çizmektedir. Yapılan çalışmalar medyanın bilgi dağılımında kilit bir rol oynadığını ve medya yoluyla öğrenilenlerin derslerde veya diğer öğretici ortamlarda öğrenilenlerden çok daha etkili olabileceğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, kaynağı belli olmayan magazin tipi popüler bilim haberlerinin de çoğu kişi tarafından akıl süzgecinden geçirilmeden, üzerinde düşünölüp yorumlamaya gerek duymaksızın doğru kabul edildiği görölmüştür (Sağlık, 2013).

Yapılan diğer araştırmalar temel parçacık fiziğinin, astronomi ve görelilik gibi konularla birlikte öğrencilerin ilgisini çeken fizik konularının başında geldiğini ortaya koymaktadır (Swinbank, 1992).

Bununla birlikte soyut tabiatından dolayı parçacık fiziği konularının öğrenimi sırasında öğrencilerin zorluk yaşayabileceği tahmin edilmektedir. Bu varsayımdan yola çıkılarak üniversite öğrencilerinin parçacık fiziği konusundaki kavram yanlışlarını belirlemeye yönelik bir çalışma yapılmasının önemli olduğu düşünölmüştür.

## **1.2. ARAşTIRMANIN AMACI**

Araştırmanın temel amacı, fizik bölümü lisans öğrencilerinin parçacık fiziği konuları ile ilgili temel kavramları anlama düzeylerini ve kavram yanlışlarını tespit etmek, mevcut kavram yanlışlarının giderilmesi için getirilebilecek önerileri belirlemektir

## **1.3. ARAşTIRMANIN ÖNEMİ**

Soyut tabiatından dolayı temel fizik kavramları öğrencilerin anlamakta en çok zorlandığı konulardan biridir. Bu nedenle fizik eğitiminde kavram yanlışları oldukça sık karşılaşılan bir durumdur.



Ülkemiz geneline bakıldığında ilköğretim fen bilimleri ve lise fizik derslerinin yürütülmesinde genellikle sadece düz anlatım yönteminin kullanıldığı görülmektedir. Bunun yanı sıra yeterli donanıma sahip olmayan laboratuvarlar, ders kitaplarındaki eksiklikler ve yeterli bilgi düzeyine sahip olmayan öğretmenler nedeniyle bu dersler öğrenciler tarafından anlaşılmasız ve başarılması zor olarak görülmektedir. Öğrenciler lisans eğitimlerine geçmiş eğitim ortamlarından kaynaklanan bilgi eksiklikleri ve yanlış anlaşılmasız kavramlar ile başlamaktadır. Öğrencilerin sahip oldukları kavram yanlışlıklarına lisans eğitimleri süresince yenilerinin eklenmesi nedeni ile kavramların anlaşılma düzeyleri ve öğrenci başarıları istenilen düzeylere ulaşamamaktadır.

Klasik mekanik, elektromanyetik teori, kuantum mekaniği gibi çeşitli alanlardaki kavram yanlışlıklarının belirlenmesine yönelik çok sayıda araştırma mevcuttur (Duit, 2006). Bununla birlikte parçacık fiziği alanındaki kavram yanlışlıklarının belirlenmesi ile ilgili çalışmalar çok sınırlı sayıdadır.

Yapılan literatür taraması sonucu, ülkemizde parçacık fiziği kavramlarının anlaşılma düzeyleri ve öğrencilerin kavram yanlışlıklarını belirlemeye yönelik bir çalışma bulunmadığı görülmüştür.

Kavram yanlışlıkları, öğrencilerin fizik dersindeki başarı düzeylerini etkileyen önemli etkenlerin başında gelir. Dersler içeriklerinin ve eğitim ortamlarının kavram yanlışlıklarını engelleyecek veya azaltacak şekilde düzenlenmiş olması öğrencilerin başarı düzeylerini arttırmak konusunda önemli bir role sahiptir. Bu nedenle, öğrencilerin kavram yanlışlıklarının neler olduğunun tespit edilmesi ve bu kavram yanlışlıklarının oluşmasında etkili olan gerekçelerinin belirlenmesi çok önemlidir.

Bu çalışma sonucu elde edilen veriler ile konu hakkında çalışan akademisyenlere ve ders kitabı hazırlayan uzmanlara parçacık fiziği eğitimi ile ilgili süreçlerde göz önünde bulundurulması gereken noktalar ve öğrencilerin parçacık fiziği alanındaki kavram yanlışlıkları hakkında ışık tutmak amaçlanmaktadır.

#### 1.4. PROBLEM CÜMLESİ

1. Fizik bölümü lisans öğrencilerinin parçacık fiziği konuları ile ilgili kavramları anlama düzeyleri nedir?
2. Fizik bölümü lisans öğrencilerinin parçacık fiziği konuları ile ilgili kavram yanılgıları nelerdir?

#### 1.5. ALT PROBLEMLER

Fizik bölümü lisans öğrencilerinin parçacık fiziği konuları ile ilgili olarak;

1. Fizik bölümü lisans öğrencilerinin temel tanecikler ile ilgili kavramları anlama düzeyleri nedir?
2. Fizik bölümü lisans öğrencilerinin tanecikler arasındaki temel etkileşimler ile ilgili kavramları anlama düzeyleri nedir?
3. Fizik bölümü lisans öğrencilerinin temel tanecikler ile ilgili kavram yanılgıları var mıdır?
4. Fizik bölümü lisans öğrencilerinin tanecikler arasındaki temel etkileşimler ile ilgili kavram yanılgıları var mıdır?

#### 1.6. HİPOTEZLER

1. Fizik bölümü lisans öğrencilerinin temel tanecikler ile ilgili kavramları anlama düzeylerinde yetersizlikler vardır.
2. Fizik bölümü lisans öğrencilerinin tanecikler arasındaki temel etkileşimler ile ilgili kavramları anlama düzeylerinde yetersizlikler vardır.
3. Fizik bölümü lisans öğrencilerinin temel tanecikler ile ilgili kavram yanılgıları vardır.
4. Fizik bölümü lisans öğrencilerinin tanecikler arasındaki temel etkileşimler ile ilgili kavram yanılgıları vardır.

### 1.7. VARSAYIMLAR

- Veri toplama araçları öğrencilerin bilgisini makul seviyede tespit edecek yeterliliktedir.
- Öğrenciler veri toplama araçlarındaki sorulara herhangi bir etki altında kalmadan samimi ve istekli bir şekilde cevaplamışlardır.
- Öğrenciler, anket sorularının uygulaması sırasında birbirinden etkilenmemiştir.
- Öğrencilerin anket uygulaması sırasındaki moral ve motivasyonları eşit düzeydedir.
- Mülakatlara katılan öğrencilerin ilgi, samimiyet ve motivasyonları aynı düzeydedir.

### 1.8. SINIRLILIKLAR

- Araştırma, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü ile Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Fizik Eğitimi Ana Bilim Dalında öğrenimine devam eden son sınıf öğrencilerinden oluşturulan 50 kişilik çalışma grubu ile sınırlandırılmıştır.
- Araştırma süresi, anket sorularının ve mülakatların uygulandığı eğitim dönemi ile sınırlandırılmıştır.
- Araştırmaya dahil olan öğrencilerin bilgilerini değerlendirme amacıyla kullanılan veri toplama araçlarına verdikleri cevaplar ile sınırlandırılmıştır.
- Araştırma, fizik bölümü lisans öğrencilerinin parçacık fiziği konularına ilişkin bilgileri ile sınırlandırılmıştır.
- Araştırmanın mülakat kısmı çalışmaya katılan iki gönüllü öğrenci ile sınırlıdır.

## 2. GENEL KISIMLAR

Bu bölümde, öğrenme kuramlarından yapılandırmacı yaklaşım üzerinde durulmuş; kavramlar, kavram yanılgıları ve modellerle ilgili genel bilgiler ve tanımlara yer verilmiştir. Ayrıca Türkiye’de lise ve üniversite düzeyinde parçacık fiziği eğitimi konusunda bilgiler verilmiştir.

### 2.1. ÖĞRENME YAKLAŞIMLARI

Bireyin çevresiyle ilişkileri ve etkileşimleri sonucu davranışlarında veya gelecekte oluşabilecek potansiyel davranışlarında meydana gelen kalıcı değişiklikler öğrenme olarak tanımlanır. Öğrenme ile ilgili kuramlar, öğrenme sürecinin gerçekleştiği koşulları ve öğrenmenin ilkelerini açıklamayı amaçlamaktadır. Öğrenme ile ilgili farklı bakış açılarından bazıları aşağıda sunulmuştur.

#### 2.1.1. Davranışçı Yaklaşım

Pozitivist felsefe görüşünün bir sonucu olarak ortaya çıkan davranışçı öğrenme yaklaşımına göre bilgi nesnedir. Bireyden bağımsız olarak, bireyin dışında gerçekleşir ve kişiden kişiye değişmez. Davranışçı yaklaşımda öğrenme, davranış ile davranışı ortaya çıkaran uyarıcılar arasında çağrışımlar kurularak açıklanır. John Broadus Watson tarafından geliştirilen davranışçı yaklaşımın diğer önemli temsilcileri Edward Thorndike, Ivan Petroviç Pavlov ve Burrhus Frederic Skinner’dir.

Davranışçı yaklaşıma göre öğrenme, uyarıcı ve tepki arasındaki ilişki sonucu oluşur. Uyarıcı, canlı bir varlığı harekete geçirebilen her türlü iç ve dış etkilerin genel adıdır. Tepki ise, uyarıcının canlı üzerinde meydana getirdiği fizyolojik veya psikolojik değişimdir. Davranışın ardından canlı organizma üzerinde olumlu bir etki yaratması nedeniyle davranışın tekrarlanma olasılığını arttıran uyarıcılar pekiştirici olarak adlandırılır. Öğrenme, uyarıcı ile davranış arasında bir ilişki kurulması sonucu meydana gelir. Bu ilişkinin zaman içerisinde gelişme göstermesi ve pekiştirme ile güçlendirilmesi sonucu davranış değişikliği meydana gelmektedir (Özden, 2005).

Davranışçı yaklaşımda öğretmenin görevi bilgiye öğrenciye aktarmaktır. Öğrenci ise bu bilgiyi almak ile görevlidir. Bu durumda öğrenci pasif bir konumdadır. Pekiştiricilerin etkisi altında olan ve güdülenmeye ihtiyaç duyan bir birey durumundadır. Öğretilmesi amaçlanan bilgi, belli bir bütünlüğü olan parçalara bölünür ve parçalar basitten başlayarak karmaşığa doğru sıralandırılmaktadır. Davranışçı yaklaşımda öğrenme pasif ve mekanik bir süreç olarak görülmektedir. Öğrenme sürecinde öğrencinin yaşadığı zihinsel etkinlikler dikkate alınmaz. Çünkü öğrencinin o an zihninden geçenleri ve düşündüklerini incelemek mümkün değildir. Öğrenmenin gerçekleşip gerçekleşmediğinin tespit edilmesi için önceden belirlenmiş gözlemlenebilir ve ölçülebilir davranışların ortaya çıkıp çıkmadığı araştırılır. Bu davranışların ortaya çıkmasında hangi zihinsel etkinliklerin gerçekleştiği önemli değildir. Düşünme, analiz etme, karar verme, problem çözme gibi zihinsel süreçler açıklanmaz (Ulusoy,2002).

### **2.1.2. Bilişsel Yaklaşım**

Davranışçı yaklaşımın öğrenme sürecindeki zihinsel olayları açıklamada yetersiz kalması bilim insanlarını öğrenmede bilişsel süreçlerin rolünü araştırmaya yönlendirmiştir. 20. Yüzyılın başından itibaren Piaget, Bruner, Gestalt, Ausubel gibi bilim insanları bu konuda çalışmalar yapmaya başlamış ve yeni yaklaşımlar geliştirmiştir.

Davranışçı yaklaşımda öğrenme sadece davranıştaki değişme ile açıklanırken, bilişsel yaklaşımda zihinsel süreçler ve bireysel faktörlere yer verilmektedir. Bilişsel yaklaşıma göre zihinde meydana gelen etkinlikler sonucu öğrenme meydana gelmekte ve davranış değişimleri de öğrenmenin sonucu olarak dışa yansımaktadır. Öğrenme, bireyin çevresindeki olaylar ile beyninde var olan benzer yaşantıları ilişkilendirmesi ve olayları anlamlandırması sonucu gerçekleşen zihinsel bir olaydır. Davranışçı yaklaşımdan farklı olarak bilişsel yaklaşımda, zihinde gerçekleşen düşünme, algılama, anlama, yaratma, problem çözme gibi olaylar büyük önem taşımaktadır (Özden, 2005).

Davranışçı yaklaşımda öğrenci pasif bir konumdayken, bilişsel yaklaşımda aktif bir role sahiptir. Bilişsel yaklaşımda birey, öğrenme sürecinde çevresi ile etkileşimlerde bulunur ve bu etkileşimler sonucunda karşısına çıkan uyarıcıları anlamlandırarak yeni şekillere dönüştürür. Böylece zihninde yeni bilişsel yapılar meydana getirir ve öğrenmenin gerçekleşmesini sağlar. Öğrenme aşamasında bireylerin kişisel özellikleri ve zihinlerinde gerçekleşen bilişsel süreçler önemli bir rol oynamaktadır (Yeşilyaprak, 2006).

### 2.1.3. Yapılandırmacı Yaklaşım

Yirminci yüzyıl bilim ve teknoloji açısından pek çok önemli gelişmenin yaşandığı bir dönem olmuştur. Bu gelişme günümüzde de hızla devam etmektedir. Ortaya çıkan yenilikler çok sayıda yeni bilimsel kavramı beraberinde getirmiştir. Bu aşamada bilimsel kavramların doğru ve eksiksiz öğretilmesi büyük önem kazanmıştır.

Geleneksel eğitim anlayışında bilgi bireylere doğrudan aktarılmaya çalışılmaktadır. Geleneksel eğitim yöntemlerinin uygulandığı eğitim süreçleri, öğrencilerde pasif bilgiler ve öğrenme eksiklikleri meydana gelmesine neden olmaktadır. Bireylerin hızla gelişen bu dünyaya ayak uydurabilmesi için araştırma, sorgulama ve yorumlama yeteneği ile eleştirel bakış açısına sahip olması çok önemlidir (Gardner, 1991).

Günümüz dünyasında, bireylerden beklenen bilgi tüketmekten çok bilgi üretmeleridir. Modern dünyaya ayak uydurmuş bir birey, kendisine aktarılan bilgiyi doğrudan kabul etmez. Başkaları tarafından şekillendirilmek ve yönlendirilmeyi beklemek yerine bilgiyi yorumlayarak anlam yaratılma aşamasında aktif olarak rol oynar (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Çağdaş dünyada bireyler, kendilerine aktarılan bilgiyi pasif bir şekilde almak yerine zihinlerinde yorumlayarak anlamlandırmalı ve bilgiyi oluşturma süreçlerinde aktif olarak rol oynamalıdır. Böylece dış dünyadan edindikleri deneyimleri içselleştirerek kendileri ait anlamlar oluşturabilirler. Bu düşünceler yapılandırmacı yaklaşımın çıkış noktasını oluşturmaktadır. Yapılandırmacılık terimi ülkemizde constructivism sözcüğünün karşılığı olarak kullanılmaktadır. Yapılandırmacılık, ilk olarak John Dewey ve William James tarafından geliştirilmiş ve 20. yüzyılın başlarında eğitim alanında uygulanmaya başlamıştır. İlerleyen yıllarda ise Lev Vygotsky ve Jean Piaget yaptıkları çalışmalar ile yapılandırmacı yaklaşımın eğitim dünyasında önemli bir yer edinmesini sağlamıştır (Demirel ve Kaya, 2005). Yapılandırmacı yaklaşımda öğretmenin görevi, bilgiyi anlamlandırma sürecinde öğrenciye yol göstermektir. Öğrenci öğrenmenin merkezinde yer alır. Bu nedenle öğrencilerin ilgi, ihtiyaç ve istekleri öğretim sürecinin nasıl ilerleyeceğini büyük ölçüde etkilemektedir. Öğretim hedeflerinin belirlenmesi ve programın şekillendirilmesi sürecine öğrencilerin özellikleri yön vermektedir. Öğrencilerin ön bilgileri dikkate alınarak bir program oluşturulur ve eğitim etkinlikleri düzenlenir. Öğretim programı bütünden parçaya doğru hazırlanır (Saban, 2014).

Yapılandırmacı öğrenme yaklaşımında en önemli nokta öğrencilerin bilgiyi temelden yapılandırmasıdır. Öğrenciler geçmiş yaşantıları sonucu oluşturdukları deneyimleri ile geldikleri öğrenme ortamında öğrenme etkinliklerine katılırlar. Bu etkinliklerde aktif rol oynayarak kendi düşüncelerini geliştirirler ve yorum yaparlar. Böylece kendi zihinlerinde bilgiyi yapılandırır. Yapılandırmacı yaklaşıma göre şekillendirilen bir öğrenme sürecinde amaçlanan öğrencinin bilgiyi doğrudan alması değildir. Öğrencinin düşünme, analiz etme, problem çözme gibi becerileri kullanarak bilgiyi kurabilmesi hedeflenmektedir (Alkan ve diğ.,1995).

### **2.1.3.1.Bilişsel Yapılandırmacılık**

Bilişsel yapılandırmacılığın temelleri Piaget'in bilişsel gelişim ve öğrenme teorisine dayanmaktadır. Bu nedenle bilişsel yapılandırmadığın kurucusu Piaget olarak kabul edilir. Piaget, öğrenme teorisini şema, özümleme, uyumsama ve dengeleme kavramları ile açıklar.

Şema, bilgilerin yerleştirildiği bilişsel yapıdır. Bireyler, yeni bir bilgi ile karşılaştıklarında öncelikle zihinlerinde var olan şemalarla açıklamaya çalışmaktadır. Yeni bilgi eski şemalarla açıklanabiliyorsa ve var olan bilgi ile denge haline getirilebiliyorsa özümleme gerçekleşir. Özümleme, bireyin yeni karşılaştığı bir olay, olgu veya nesneyi zihninde önceden var olan bilişsel yapı içerisine koyması olarak tanımlanabilir. Eğer yeni bilgi zihindeki eski şemalarla açıklanamazsa zihindeki mevcut denge bozulur. Zihinde yeni bilgiye karşılık gelen yeni bir şema oluşturulur ve denge sağlanır. Yeni şemalar oluşturduktan veya var olan şemaların nitelik ve kapsamalarında değişiklik yapıldıktan sonra oluşan deneyimlere uygun davranma sonucu uyumsama gerçekleşir (Erden ve Akman, 2007).

### **2.1.3.2.Sosyal Yapılandırmacılık**

Rus bilim adamı Lev Vygotsky'nin görüşlerine dayanarak geliştirilen sosyal yapılandırmacılığa göre öğrenme süreci ile sosyal çevre, kültür ve dilin önemli bir ilişkisi vardır. Her birey bilgilerini kendisi yapılandırmakla birlikte bu süreç üzerinde sosyal ve kültürel ortamın etkisi büyüktür.

Vygotsky'e göre (1978) öğrenmenin gerçekleşmesi için sosyal çevreye ihtiyaç duyulmaktadır. Bireyin bilgiyi anlamlandırmasında yaşadığı toplum ve çevresindeki kişilerin etkisi büyüktür.

Bilişsel gelişimin kaynağı olan sosyal süreçte, dil ve düşünme iki önemli unsurdur. Bireyin içinde bulunduğu sosyal çevre ve kültürün yanı sıra kullandığı dil de bilişsel gelişimde önemli bir role sahiptir.

Vygotsky'nin kuramına göre bir bireyin her yaş ve seviye için tek başına çözebileceği veya bir başkasının yardımıyla çözebileceği problem vardır. Bu iki seviye arasındaki fark yakınsal gelişim alanını meydana getirir. Bu kavram gelişmeye açık alan olarak da adlandırılır. Buna göre bireyin gelişimi sonsuzdur ve bir başkasından yardım almak öğrenme potansiyelinin artmasını sağlar.

### **2.1.3.3. Radikal Yapılandırıcılık**

Radikal yapılandırıcılığa göre öğrenme bilginin yeniden üretilmesi anlamına gelir ve öğrenmenin oluşması için Piaget'in kuramındaki özümleme ve uyarılma aşamalarının gerçekleşmesi gerekir. Bu iki işlem sonucunda bilgi pasif bir edinim olmaktan çıkarak bireyin kendi kişisel gayret ve becerisiyle elde ettiği bir çıkarım haline gelir. Bununla birlikte anlamlandırma süreci her bireyin kendi deneyim ve yaşantılarından yola çıkarak şekillenir. Buna göre bilişsel eylemler farklı deneyimler ve gerçeklerle desteklendiğinde değişime uğrar (Fer ve Cırık, 2007).

Radikal yapılandırıcılığa göre deneyimlerin dışında rasyonel olarak bilinmesi ve açıklanması mümkün olan nesnel bir gerçeklik yoktur. Bilginin ne şekilde tanımlandığı ile değil, bilgiye yüklenen anlam ile ilgilenir. Bilgi; deneyimler sonucu oluşturulmuş ve düzenlenmiş bir dünyayı yansıtır. Radikal yapılandırıcılığın savunucularından Glasersfeld'e göre (1995) bilgi bireysel yapılandırma ile oluşur ve deneyimler ile gerçekleşir. Fakat her bireyin deneyleri ve yorumları birbirinden farklıdır. Bilginin yapılandırılmasının temeli bireylerin deneyimlerine dayanır. Her bireyin deneyimleri öznel olduğu için radikal bilgi öznedir.

## **2.2. KAVRAMLAR VE KAVRAM YANILGILARI**

### **2.2.1. Kavramlar**

Eşya, olay, kişi ve düşüncelerin benzer özelliklerine göre gruplandırılmasıyla oluşan gruplar kavram olarak adlandırılır. Birden fazla varlık ortak özelliklerine göre gruplandırılarak diğer



varlıklardan ayırt edilir. Oluşturulan bu gruplar zihinde düşünce birimleri olarak bulunur. Kavramlar, bu düşünce birimlerini adlandırmakta kullanılan sözcüklerdir. Kavramlar gerçek dünyada değil, düşüncelerde yer alır. Eşya, olay veya varlıklar gibi somut bir yapıya sahip değildirler. Somut varlıkların benzer özelliklerine göre gruplandırılmasıyla ortaya çıkan, zihinde yer alan soyut düşünce birimleridir (YÖK/Dünya Bankası, 1997).

Kavramlar, birbiriyle ilişkilendirilebilen olay ve nesnelerin zihinde gruplara ayrılmasını sağlar. Kavramlar sayesinde bilgilerin sistemli bir şekilde gruplandırılması karmaşık durumların ifade edilmesini basitleştirir ve insanlar arasındaki iletişimi daha kolay bir hale getirir (Kaptan, 1999).

Kavramlar düşüncenin en küçük birimleridir ve zihinde düşüncelerin merkezinde yer alır. İnsanlar küçük yaşlardan itibaren yeni kavramları ve bu kavramları adlandırmakta kullanılan sözcükleri öğrenirler. Kavramları benzerlik ve farklılıklarına göre gruplandırarak aralarında ilişki kurarlar ve böylece bilgilerine anlam kazandırarak zihinlerinde yeniden düzenlerler. Mevcut bilgilerini kullanarak yeni kavramlar ve bilgiler oluşturarak öğrenme sürecini gerçekleştirirler (YÖK/Dünya Bankası, 1997).

Kavram geliştirme süreci genelleme, ayırma ve tanımlama olmak üzere üç temel süreçten oluşur. (Ayas, 2016)

- *Genelleme*; varlıkları ortak özelliklerine göre gruplandırma ve oluşturulan grubun adlandırılması sürecidir. Kavramların çoğunun sınırlı sayıda gözlem ve deneyime göre şekillenmesi nedeniyle genelleme sürecinde bazı hatalar oluşabilir. Bir gruba dahil olmayacak varlıkların da o gruptaymış gibi düşünülmesi sonucu oluşan hataya gereğinden fazla genelleme (overgeneralization) denir. Bir gruba dahil olması gereken bir varlığın grup dışında bırakılması ise gereğinden az genelleme (undergeneralization) olarak adlandırılır.
- *Ayırma* sürecinde varlıklar ve olaylar birbirine göre gösterdikleri farklılıklar dikkate alınarak değerlendirilir. Bu süreç, farklılıklar ayırt edilmesi ve bu farklılıklara bağlı olarak farklı tepkiler ortaya konulmasına dayanır.

- *Tanımlama*; zihindeki soyut kavramların sözcükler ile tanımlandığı süreçtir. Bilinmeyen bir kavramın tanımlanması için önceden bilinen başka kavramlar kullanılır. Bir kavramın tanımlanması geliştirilmesini kolaylaştırır.

Kavram oluşturma, çok küçük yaşlarda başlayıp hayat boyu devam eden bir süreçtir. Bu işlem özellikle küçük yaşlarda daha yoğun olarak gerçekleşir. Bunun nedeni bu dönemlerde karşılaşılan her varlık ve olayın küçük çocuk için yeni olmasıdır. Yaş ilerledikçe oluşturulan yeni kavramlar daha önceden oluşturulmuş, zihin mevcut olan kavramlara dayanır (Çaycı, 2007).

Kavram öğrenme sürecinde, birey çeşitli varlık ve olaylar arasında bağ kurmaya çalışır, çeşitli denemeler yapar. Çok sayıda deneme ile hatalarını azaltıp doğruya ulaşır. Elde ettiği sonuçları değerlendirir ve varlık ve olaylar ile ilgili kavramlar geliştirir. Kavram öğrenme süreci sonucunda bireyde kavramla ilgili gözlenebilir davranış değişiklikleri meydana gelir. Birey kavramı tanımlar, benzer kavramlarla karşılaştırır, özelliklerini sıralar, kavramla ilgili öğrendiği bilgileri açıklar (Ülgen, 2001).

Kalıcı ve anlamlı bir öğrenmenin gerçekleşmesi açısından kavram öğretimi de önemlidir. Öğrencilerin kavramları kalıcı ve tam olarak öğrenebilmeleri için farklı öğretim yöntemleri kullanılması, tek bir yönetime bağlı kalınmaması gerekir.

### **2.2.2. Kavram Yanılgıları**

Bireyler kavramları kendi zihinlerinde yapılandırır ve sahip oldukları mevcut bilgiler, öğreneceklerini önemli ölçüde etkiler. Öğrencilerin daha önceki deneyimlerinden elde ettikleri ön bilgiler her zaman bilimsel gerçeklerle aynı olmayabilir. Bu durumda, yeni öğrenme süreçlerinde öğrencilerin mevcut ön bilgilerini kullanması, kavramlar arasında anlamlı bir bütünlük sağlamakta ve kavramsal değişimi gerçekleştirmede zorluk yaşamalarına neden olabilir. (Kuru ve Güneş, 2005)

Yapılandırmacı yaklaşıma göre öğrenciler yeni bilgilerini daha önceden sahip oldukları bilgiler ve deneyimler yani ön birikimler üzerine inşa ederler. Bu ön birikimler yeni bilgilerin yapılandırılmasında çok önemli bir yere sahip olmakla birlikte bazen olumsuz etkilere de sahip olabilirler. Öğrencilerin zihinlerinde, bilimsel gerçeklerle örtüşmeyen hatta tam tersi bu

gerçeklerle çelişen bazı kavramlar ve düşünceler mevcut olabilir. Bu durum yeni kavramların anlaşılmasını veya yanlış anlaşılmasına neden olabilir ( Duit ve Treagust, 2003).

Bilimsel literatürde öğrencilerin daha önceki deneyimlerinden kaynaklanan ve bilimsel gerçeklerle örtüşmeyen inanışlar; “ön kavramlar (pre-concepts), alternatif kavramlar (alternative conceptions), kavram yanlışları (misconceptions), çocukların bilimsel içgüdüleri (children’s scientific instincts) , çocukların bilimi (children’s science) , genel duyu kavramları (general sense concepts), kendiliğinden oluşan bilgiler (spontaneous knowledge)” gibi çeşitli terimler ile ifade edilmiştir (Yağbasan ve Gülçiçek, 2003). Bu ifadeler küçük detaylar ile birbirinden farklılık gösterse de bu çalışmada daha kapsayıcı bir terim olarak kavram yanlışlığı terimi kullanılmıştır

Kavram yanlışlığı, bireylerin kişisel deneyimleri sonucunda oluşmuş, bilimsel gerçeklerle uyuşmayan ve bilimsel açıdan gerçekliği kanıtlanmış kavramların öğrenilmesini zorlaştıran bilgiler olarak tanımlanabilir. Bir kişinin bir kavramı anladığı şeklin, genel olarak kabul edilen bilimsel gerçeklerden büyük ölçüde farklı olması da kavram yanlışlığı olarak ifade edilebilir (Çakır ve Yürük, 1999).

Kavram yanlışları kişilerin sahip oldukları bilimsel gerçeklere uymayan yanlış fikirler olarak açıklanmaktadır. Bununla birlikte bilimsellikten uzak her düşünce kavram yanlışlığı olarak tanımlanamaz. Kavram yanlışlarının sınıflandırılması aşağıdaki şekilde yapılabilir. (Yağbasan ve diğ., 2005).

- *Önyargılı Fikirler:* Gündelik hayattaki deneyimlere dayalı kavramlardır. Günlük hayatta karşılaşılan olaylardan yola çıkılarak oluşturulan önyargılı düşüncelerdir.
- *Bilimsel Olmayan İnançlar:* Öğrencilerin bilimsel açıdan doğru kaynaklar dışından elde edindikleri bilgilerdir. Efsanevi öğretim gibi bilimsel eğitime dahil olmayan kaynaklara dayanır. Bu kaynaklardan edinilen bilgilerin tamamı veya bir kısmı bilimsel bilgilerle çelişebilir ve öğrencilerde yanlış kavramlar oluşmasına sebep olur.
- *Kavramsal Yanlış Anlamalar:* Öğrenciler tarafından önceden oluşturulmuş önyargılı fikirler ve bilimsel olmayan inançlara dayalı kavramların, bilimsel açıdan doğru olan bilgiler ile

çelişkili olması durumunun başlangıçta fark edilmemesi nedeniyle ortaya çıkar. Öğrenciler bu durumu fark etmeleri halinde bu çelişkiyi ortadan kaldırmak amacıyla yanlış zihinsel modeller oluşturabilir ve bilimsel kavramlara karşı şüpheli bir yaklaşım gösterebilirler.

- *Konuşma Dilinden Kaynaklanan Yanlış Kavramalar*: Bir kelimenin günlük yaşamdaki kullanılış şekli ile bilimsel açıdan kullanımının farklı olması halinde oluşur.
- *Doğal Olaylara Dayalı Yanlış Kavramalar*: Erken yaşlarda öğrenilen ve zihinde kaldığı haliyle yetişkin yaşlara kadar süregelen yanlış kavramalardır.

Kavram yanlışlarının kaynağı öğrencilerin geçmişteki deneyimlerinden elde ettikleri bilgilerdir. Bu bilgiler daha önceki eğitim yaşantılarında sınıf ortamında elde edilebilmesinin yanı sıra günlük hayatlarında içinde buldukları sosyal ve fiziksel çevreden de kaynaklanabilir. Bunun yanı sıra öğrencilerin çok sayıda bilgi ve terimi aralarındaki anlamsal ilişkiyi dikkate almadan ezberlemeye çalışması, farklı kavram ve terimler arasındaki benzer ve farklı yönleri algılamalarını zorlaştırır. Bu durum da kavram yanlışlarının ortaya çıkmasında etkili olmaktadır (Smith ve diğ., 1993)

Yanlış kavramların oluşmasının diğer nedenleri arasında öğrencilerin yeni bilgileri öğrenme sürecinde mevcut ön bilgilerini kullanmada yeterlilik gösterememesi, öğretmenlerin öğrenci zihninde kavramsal değişim gerçekleştirmede başarılı olamaması ve öğrencilerin yeni kavramları öğrenirken bazı durumlarda anlam bütünlüğü kurmayı başaramaması gösterilebilir. (Koray ve Bal, 2002)

Öğrencilerin zihinlerinde oluşmuş kavram yanlışlarının değiştirilmesi çok zordur. Çünkü bireyler zihinlerinde var olan kavramları değiştirme konusunda direnç gösterirler. Bu nedenle yeni karşılaştıkları kavramları bilimsel gerçeklere uyumlu bir şekilde öğrenmekte güçlük yaşarlar. Geleneksel öğretim metotları, mevcut kavram yanlışlarını düzeltmekte yetersiz kalmaktadır. Anlamlı bir öğrenmenin gerçekleşmesi, konunun mantıksal bir çerçevede anlatılması ve öğrencilerin verilen bilgileri ezberlemesi ile sağlanamamaktadır (YÖK/Dünya Bankası, 1997).

Yeni kavramların öğrencilerin zihinlerinde kalıcı bir yer edinebilmesi için yeni karşılaştıkları bilgileri kendi bilişsel yapılarını kullanarak anlamlandırmaları gerekmektedir. Kalıcı ve anlamlı öğrenmenin gerçekleşebilmesi yeni kavramlar ile önceden mevcut olan bilgiler arasında bir ilişki kurulmasına bağlıdır. Kavram yanlışlarının önlenmesinde önceki bilgiler ve yeni kavramlar arasında sağlıklı bir bağlantı kurulması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle eğitim süreci, öğrencilerin geçmişten kaynaklanan yanlış fikirlerinden ve mevcut kavram yanlışlarından kurtulmalarını sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. Böylece öğrencilerin zihninde kavramsal değişim gerçekleştirmeye uygun bir ortam oluşturulmuş olur (Pines ve West, 1986 ).

Öğrencilerin zihinlerinde kavramsal değişimlerin gerçekleşebilmesi bazı temel koşullara bağlıdır. Bu koşulları Posner ve diğ. (1982) şu şekilde sıralamıştır:

- Zihinde var olan mevcut kavramlardan hoşnutsuzluk ve rahatsızlık duyulmalıdır. Çünkü birey, zihnindeki kavramların yeni karşılaştığı olay ve varlıkları açıklamaya yeterli olmadığını fark etmediği sürece yeni kavramlara ve kavramsal değişimlere ihtiyaç duymayacaktır.
- Yeni kavram akla yatkın, açık, anlaşılması kolay ve mantıklı olmalıdır.
- Yeni kavram verimli ve kullanışlı olmalıdır. Karşılaşılan problemleri çözmeye fayda sağlamalıdır. Yeni karşılaşılan durumları anlamlandırma ve açıklama özelliğine sahip olmalıdır.

Güneş ' e göre kavram yanlışlarının genel özellikleri şöyledir;

- Öğrenciler derslere farklı kavram yanlışlarına sahip bir şekilde gelirler. Bu kavram yanlışları çoğu zaman doğal olaylara dayanır. Bazı kavram yanlışlarının da eski bilim adamlarının görüşleri ile benzer olduğu görülür.
- Kavram yanlışları öğrencilerin geçmişlerindeki kişisel deneyimlere dayanmaktadır. Bu deneyimler; gözlemler, kültürel ortam, medya veya okuldaki fen bilimleri dersi kaynaklı olabilir. Her bireyin farklı bir geçmişe ve deneyimlere sahip olduğu için her bireyin farklı kavram yanlışlarına sahip olması mümkündür.
- Derslerde anlatılan bilimsel kavramların öğrenciler tarafından kolaylıkla anlaşıldığı düşünülür. Ama bilimsel kavramlar ile öğrencilerin kavram yanlışlarının etkileşmesi olumsuz sonuçlara neden olabilir ve anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesini engelleyebilir.

- Uzun yıllar fen bilimleri dersleri alan yetişkinlerde hatta fen bilimleri öğretmenlerinde öğrencilik dönemlerinde edindikleri kavram yanlışlarının sürmüştüğü görülmektedir.

### 2.2.3. Kavram Yanlışlarının Belirlenmesi

Anlamli bir öğrenmenin gerçekleşmesi için, bireylerin yeni edindikleri kavram ve bilgileri mevcut bilgileri üzerine ekleyerek ve aralarında bağlantılar kurarak yapılandırması önemlidir. Bu nedenle öğrencilerin mevcut bilgilerinin bilimsel gerçeklikten uzak olması, verimli bir öğrenme sürecinin oluşmasını engellemektedir. Öğrenciler yeni bilgileri öğrenme sürecinde mevcut ön bilgilerini kullanmakta, kavramlar arasında anlamsal bütünlük ve bağlantı kurmakta ve kavramsal değişim gerçekleştirmekte başarı sağlayamayabilir. Bu nedenle öğrencilerdeki kavram yanlışlarının tespit edilip, eğitim ortamlarının bu kavram yanlışlarını ortadan kaldıracak şekilde düzenlenmesi büyük önem taşımaktadır (Gülçiçek ve Yağbasan, 2004).

Kavram yanlışları öğrencilerin zihninde oluşan yapılardır ve doğrudan gözlenmesi mümkün değildir. Bu nedenle kavram yanlışlarının belirlenmesi sürecinde çoğu zaman çeşitli zorluklarla karşılaşabilmektedir. Bununla birlikte uluslararası literatürde kavram yanlışlarının belirlenmesinde çok sayıda farklı yöntem kullanıldığı bilinmektedir. Bu yöntemlerden bazıları kavram haritaları, kavram karikatürü, çizimler, tahmin-gözlem-açıklama, durumlarla, olaylarla veya kavramlarla ilgili mülakatlar şeklinde sıralanabilir. Çoktan seçmeli testler, açık uçlu sorular, kısa cevaplı sorular ve doğru- yanlış soruları da kavram yanlışlarının tespitinde kullanılabilir.

Kavram yanlışlarını belirlemeyi amaçlayan yöntemlerde dikkate alınması gereken, sonuca dayalı testlerden çok olayların nedenlerini ve süreçlerini anlatan açıklayıcı cevaplar elde etmeye yönelik sorular sormaktır. Bu sorular notla değerlendirme amacına yönelik olmamalı, öğrencilerin düşünme şekillerini açığa çıkarmayı amaçlamalıdır. Bu tür sorulara verilen cevaplar kavram yanlışlarının tespit edilmesinde kolaylıklar sağlamak ve daha verimli sonuçlar ortaya koymaktadır (Yağbasan ve diğ., 2005).

## 2.3. MODELLER

### 2.3.1. Model ve Modelleme

Model, en genel anlamıyla bir olay, obje veya düşüncenin temsilidir. Modeller, hedefteki olay, obje veya düşüncelerin daha önceden bilinenler ile ifade edilmesi sonucu ortaya çıkar. İdealize yapılar olan modeller, hedeflenen gerçek ile model arasındaki benzerlik ilişkilerinden yararlanılarak oluşturulmaktadır (Gilbert,2000). Bir modelin, her yönüyle hedef ile benzer veya ilişkili olması beklenmez. Hedefin bazı özellikleri modelde temsil edilmemiş olabilir (Driel ve Verloop, 1999).

Fizik eğitiminde modeller ve modelleme büyük bir önem taşımaktadır. Fizik öğrenme bir modelleme oyunu öğrenmeye benzetilebilir. Bilimsel bilginin modeller ile temsil edilmesi sayesinde öğrencilerin anlamlı öğrenme gerçekleştirmesi daha kolay bir şekilde meydana gelebilir. (Clement, 2007).

Bilimsel modeller, hedeflenen sistemi temsil etmek için kullanılan varsayımsal yapılar olarak tanımlanabilir. Bir sistem, kendisine benzer özellikler taşıyan varsayımsal yapıların bir araya gelmesi ile modellenir. Model aracılığı ile sistem ve çalışma yapısı ile ilgili fikir sahibi olmak kolaylaşır. (Weisberg, 2012)

Modellemenin en faydalı ve kullanışlı olduğu durumlar hedeflenen sistem ile ilgili bilgilerin sınırlı olduğu veya karmaşık bir sistemin mevcut olduğu durumlardır. Modeldeki varsayımsal yapılar sayesinde hedef sistem daha kolay anlaşılabilir. Varsayımsal yapılar ile gerçek arasındaki benzerlik ne kadar fazla ise sistemin anlaşılması o kadar kolaylaşır. Bu benzerlikler her durumda aynı derecede olmayabilir. Hedef ile varsayımsal yapıların ne tür benzerliklere sahip olduğu ve bu benzerliklerin derecesinin ne düzeyde olduğunun bilincinde olmak, kullanışlı bir modeli oluşturmak ve geliştirmek açısından büyük önem taşımaktadır (Godfrey-Smith, 2006)

### 2.3.2. Zihinsel Modeller

Zihinsel modeller, gerçek veya hayali durumların psikolojik birer temsilidir. Kişilerin gerçek dünyada gerçekleşen olayları algılamaları ve kavramsallaştırmaları sonucunda akıllarında belirli bir zihinsel model oluşur. Zihinsel modeller, kişiler tarafından yeni bilgiler ve

tahminlerde bulunmak amacıyla kullanılsa da pek çok kişi, sahip olduğu zihinsel modellerin tam anlamıyla farkında değildir. İnsanlar genellikle olaylar hakkında gizli varsayımlara sahiptirler. Her ne kadar bu varsayımların bilincinde değilseler de karşılaştıkları olayları açıklamada bunları kullanırlar (Franco ve Colinvaux, 2000).

Norman'a göre (1983) zihinsel modeller iyi tanımlanmamış sınırlara sahiptir, eksik yönleri vardır ve sabit değildir. Bu nedenle insanlar tarafından sıklıkla unutulabilir veya bazı detaylar karıştırılabilir. Bu olumsuzluklara sahip olmasına rağmen zihinsel modeller temsil ettiği konuyu anlamlandırmakta oldukça işlevseldir.

Zihinsel modellerin en önemli işlevi, temsil ettiği fiziksel sistemle ilgili açıklamalar ve tahminlerde bulunma imkanı sağlamasıdır. Böylece zihinsel modeli oluşturan kişinin olayları anlamlandırmasına yardımcı olur. (Greca ve Moreire, 2000)

Zihinsel modeli tamamlanmamış, değişken, bilimsellikten uzak, iyi tanımlanmış limitleri olmayan bir modeldir. Zihinsel modelin önemi işlevsel olmasıdır, kişiye temsil ettiği fiziksel sistemi açıklama ve onla ilgili tahminlerde bulunma imkanı vermesidir. Zihinsel modellerin genel özellikleri şu şekilde sıralanabilir. (Franco ve Colinvaux, 2000).

1. Zihinsel modeller üretkendir. Öğrenciler mevcut zihinsel modellerini kullanarak tahminlerde bulunabilir, yeni bilgiler üretebilirler.
2. Zihinsel modeller açıkça söylenmemiş, üstü kapalı bilgiyi kapsar. Kişi kullandığı, sahip olduğu zihinsel modelin bazı özelliklerinin tam olarak farkında değildir.
3. Zihinsel modeller yapaydır. Bir olgu ya da olayın basitleştirilmiş temsilidir. Ama olguyu ya da olayı tam olarak temsil edemez. Hangi özelliklerin temsil edilip edilmeyeceğine dair bilinçli veya bilinçsiz bir seçim söz konusudur. Tam olarak bir kopyası değildir.
4. Zihinsel modeller kişinin dünya görüşü ile sınırlanır. Kişinin sahip olabileceği zihinsel modelin bazı limitleri vardır. Kişiler zihinsel modellerini sahip oldukları inançlara göre geliştirir ve kullanır.

### **2.3.3. Kavramsal Modeller**

Kavramsal modeller, bilim adamları, araştırmacılar, öğretmenler tarafından yaratılmış dışsal betimlemelerdir. Gerçek nesne, olgu ve olayların sadeleştirilmiş ve idealize edilmiş temsilidir.



Bu temsiller öğretim sürecini ve anlamayı kolaylaştırır (Greca ve Moreire, 2000). Matematiksel modeller, bilgisayar modelleri ve fizik modelleri de dışsal betimlemeler olduğu için kavramsal modeller olarak değerlendirilebilir.

Kavramsal model, eksiksiz, kesin ve bilimsel bilgiyle uyumlu bir temsildir. Bu temsil; bir analogi, grafik, matematiksel formül veya yapay bir materyal olabilir. Örneğin; Elektrik devresindeki pil ile su pompası, elektrik akımı ile su akışı arasında bir analogi kurulması, Güneş sistemi ile Rutherford atom modeli arasında bir analogi kurulması mümkündür. Bunlar birer temsildir. İdeal gaz modelinin veya dalga fonksiyonunun matematiksel formüllerle ifade edilmesi de bir temsildir, yani kavramsal modeldir (Norman, 1983).

Her ne kadar öğretmenler sundukları kavramsal modellerin bir kopyası şeklinde bir zihinsel model oluşturacaklarını varsaysalar da bu her zaman gerçekleşmez. Örneğin atom modelinin analogiler kullanılarak anlatılması durumunda öğrencilerin zihinsel modellerinin de bu kavramsal model ile tutarlı olacak şekilde oluşacağı ve karşılaşılan soru ve problemlerin de bu modele uyumlu bir şekilde cevaplanacağı beklenmektedir. Kişi bir kavramsal modeli anlamayı amaçlıyorsa, bu modelden ilgili gördüğü kısımları seçip çıkarır ve daha önceden bildikleri ile ilişkilendirir. Oluşturduğu zihinsel modelin, kendisine sunulan kavramsal modelle aynı olması şart değildir.

Matematiksel modeller, bilgisayar modelleri ve fizik modelleri de dışsal betimlemeler olduğu için kavramsal modeller olarak değerlendirilebilir. Fizik eğitiminde modelleme, bir fiziksel sistemin veya olgunun basitleştirilmiş ve idealize edilmiş halidir. Matematiksel modeller de fiziksel modellerin bir parçası olabilirler.

Fizikteki kavramsal modellere örnek olarak ışığın tanecik ve dalga modelleri, atom modeli ve Güneş sistemi arasındaki benzerlik, manyetik alan çizgisi modeli verilebilir.

#### **2.4. PARÇACIK FİZİĞİ EĞİTİMİ**

Ülkemizde ilk ve ortaöğretim düzeyinde parçacık fiziği öğretiminin durumu incelendiğinde bu konuya gerektiği düzeyde önem verilmediği görülmektedir. 2013 ve 2017 tarihli İlköğretim Kurumları (İlkokullar ve Ortaokullar) Fen Bilimleri Dersi Öğretim programları

incelendiğinde “Maddenin Tanecikli Yapısı” ünitesi kapsamında sadece atom, çekirdek, proton, nötron, elektron gibi kavramların yer aldığı, daha ayrıntılı bilgilere yer verilmediği görülmektedir.

Parçacık fiziği ile ilgili konular öğrencilerin karşısına ilk olarak ortaöğretim düzeyinde 12. Sınıf Fizik dersi kapsamında çıkmaktadır. 2007 yılında yayımlanan ve 2013 yılına kadar uygulamada olan Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı’nda parçacık fiziği ile ilgili konular 12. Sınıf Fizik dersi programında, “Atomlardan Kuarklara” ünitesinde yer almaktaydı.

2007 tarihli Ortaöğretim 12. Sınıf Fizik Dersi Öğretim programında bu ünitenin amacı şu şekilde açıklanmıştır:

“Bu üniteye fiziğin mikroskopik boyutta uğraş alanı hakkında bilgi sahibi olacak olan öğrencilerin fiziğin sınırları hakkında bilgi edinmeleri beklenmektedir. Öğrenciler, yeğin ve zayıf nükleer kuvvetlerden sorumlu olan hadronlar ve leptonları tanıyacaklar ve mezonlar hakkında bilgi edineceklerdir. Atomu oluşturan temel parçacıkların nasıl sınıflandırıldığı, bazı parçacık ve karşıparçacıkların kütleleri ve yükleri hakkında bilgi sahibi olacaklardır. Atomu oluşturan parçacıklar olan elektron, proton ve nötron’dan yola çıkarak kuarklar ve karşıkuarklara doğru yolculuk yapacaklardır. 11. sınıf “Yıldızlardan Yıldızlılara” ünitesi ile fiziğin makroskopik boyutta uğraş alanı hakkında bilgi sahibi olan öğrenciler bu ünite ile de fiziğin mikroskopik boyutta uğraş alanı hakkında bilgi sahibi olacaklardır. Her parçacığın bir karşıparçacığı olduğu bilgisinden yola çıkacak olan öğrenciler, yeterli enerjiye sahip fotonların parçacık ve karşı parçacık çiftleri oluşturabileceğinin farkına varacaklardır. Parçacıkları temel olarak hadron ve leptonlar olarak sınıflandıracak olan öğrenciler, herhangi bir kuarkın ve bir karşıkuarkın mezon olarak sınıflandırılan parçacık grubunu oluşturduklarını öğreneceklerdir. Elde ettiği bu bilgiler ile öğrencilerin kuarklardan daha küçük parçacıkların olası varlığına yönelik sorgulama yapmaları sağlanarak fiziğin mikroskopik boyuttaki uğraş alanı ile ilgili bakış açıları ve hayal güçlerinin sınırlarını genişletmelerine çalışılacaktır.”

2007 tarihli 9.-10.-11. ve 12. Sınıf Fizik Dersi programları incelendiğinde “Atomlardan Kuarklara” ünitesinin toplam 11 ders saati ile tüm ortaöğretim fizik öğretim programları içerisinde %3,06 ağırlık yüzdesi ile en son sırada yer aldığı görülmektedir.

**Tablo 2.1:** 2007 tarihli ortaöğretim fizik programları ünite dağılımları.

Ünite	Ders Saati	Ağırlık Yüzdesi
Fiziğin Doğası	13	3,61
Enerji	18	5,00
Madde ve Özellikleri	43	11,94
Kuvvet ve Hareket	76	21,11
Elektrik-Manyetizma-Elektronik	57	15,83
Dalgalar	67	18,61
Modern Fizik	58	16,11
Yıldızlardan Yıldızlılara	17	4,72
Atomlardan Kuarklara	11	3,06
Toplam Ders Saati	360	100,00

2013-2014 yılında uygulamaya konulan ve 2017-2018 öğretim yılında da uygulanmakta olan Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı'nda parçacık fiziği konuları "Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite" ünitesinde yer alan "Büyük Patlama ve Evrenin Oluşumu" konu başlığı altında sınırlı bir şekilde yer almıştır.

2013 tarihli Ortaöğretim 12. Sınıf Fizik Dersi Öğretim programında "Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite" ünitesinin amacı şu şekilde açıklanmıştır:

"Bu ünite de öğrencilerin; atom ve atom altı parçacıklarla ilgili olarak geliştirilen model ve açıklamaları analiz ederek atom ve atom altı parçacıkların özelliklerini açıklamaları ve sınıflandırmaları amaçlanmıştır. Öğrenciler bu süreçte yapılandıkları kavram ve modellerle evrenin oluşumu, radyoaktivite ve nükleer enerjiye ilişkin çıkarımlar yapabilmeli, problem durumları ortaya koyabilmeli ve argümanlar oluşturabilmelidir."

2013 tarihli Ortaöğretim 12. Sınıf Fizik Dersi Öğretim programında "Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite" ünitesinde yer alan "Büyük Patlama ve Evrenin Oluşumu" konusu kazanımları Tablo 2.2'de verilmiştir.

**Tablo 2.2:** Büyük patlama ve evrenin oluşumu konusu kazanımları (2013 tarihli karara göre).

<b>12.4.2. BÜYÜK PATLAMA VE EVRENİN OLUŞUMU</b>
<b>12.4.2.1. Büyük patlama teorisinin dayandığı bilimsel bilgileri inceler ve yorumlar.</b> a. Öğrencilerin büyük patlama teorisini modellerden veya simülasyonlardan yararlanarak yorumlamaları sağlanır.
<b>12.4.2.2. Atom altı parçacıkları sınıflandırır ve atom altı parçacıkların özelliklerini açıklar.</b>
<b>12.4.2.3. Atom altı parçacıklardan atomların oluşumuna yönelik çıkarımlar yapar.</b> a. Öğrencilerin atom altı parçacıklar arasındaki etkileşim kuvvetini açıklamaları sağlanır.
<b>12.4.2.4. Atomların madde oluşturması sürecini açıklar.</b> a. Öğrencilerin alt parçacıklardan başlayarak madde oluşumuna kadar geçen süreci betimlemelerine ve modeller oluşturmalarına fırsat verilir.
<b>12.4.2.5. Madde ve anti maddenin evrendeki yerini tartışır.</b>
<b>12.4.2.6. Büyük patlamadan bugüne gezegenlerin, yıldızların ve gökadalarnın oluşumunu inceler.</b> a. Öğrencilerin evrenin oluşumu ile ilgili farklı teorileri karşılaştırmaları sağlanır. b. Öğrencilerin evrenin geleceği ile ilgili teorileri tartışmaları sağlanır.

2018 yılında yayımlanan ve 2018-2019 Eğitim Öğretim yılından itibaren uygulamaya konulacak olan Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı'nda da parçacık fiziği konuları aynı ünite ve konu başlığı altında yer almakla birlikte kazanımlarda daha ayrıntılı alt başlıklar bulunduğu görülmektedir.

2018-2019 Eğitim Öğretim yılında uygulanmaya başlanacak Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı'na göre 12. Sınıf müfredatında 4. Ünite olarak yer alacak "Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite" ünitesi "Atom Kavramının Tarihsel Gelişimi", "Büyük Patlama ve Evrenin Oluşumu" ve "Radyoaktivite" konu başlıkları altında işlenecektir. Toplam 11 kazanımın hedeflendiği ünite, "Büyük Patlama ve Evrenin Oluşumu" konusunda hedeflenen kazanım sayısı 4 olarak görülmektedir.

12. sınıf fizik dersi öğretim programında yer alan Büyük Patlama ve Evrenin Oluşumu konusunun kazanımları Tablo 2.3'te gösterilmiştir.

**Tablo 2.3:** Büyük patlama ve evrenin oluşumu konusu kazanımları (2018 tarihli karara göre).

<b>12.4.2. BÜYÜK PATLAMA VE EVRENİN OLUŞUMU</b>
<p><b>12.4.2.1. Büyük patlama teorisini açıklar.</b></p> <p>a) Evrenin oluşumu ve geleceğiyle ilgili farklı teorilerin de olduğu vurgulanır.</p> <p>b) Öğrencilerin büyük patlama teorisini destekleyen bilimsel çalışmalarını araştırmaları ve araştırma sonuçlarını rapor olarak sunmaları sağlanır.</p> <p>c) Hubble Yasası'na değinilir. Matematiksel modeli verilmez</p>
<p><b>12.4.2.2. Atom altı parçacıkların özelliklerini temel düzeyde açıklar.</b></p> <p>a) Öğrencilerin atom altı parçacıkları standart model çerçevesinde tanımlamaları sağlanır.</p> <p>b) Korunum yasaları ile ilgili matematiksel hesaplamalara girilmez.</p> <p>c) Dört temel kuvvetin açıklanması sağlanır.</p> <p>ç) Abdus Salam, Sheldon Lee Glashow ve Steven Weinberg'in Nobel ödülünü elektromanyetik ve zayıf kuvvetin birleşik bir kuvvet görünümünde olduğunu keşfetmeleri üzerine aldıkları vurgulanır.</p>
<p><b>12.4.2.3. Madde oluşum sürecini açıklar.</b></p> <p>a) Atom altı parçacıklardan başlayarak madde oluşumunun modellenmesi açıklanması sağlanır.</p> <p>b) Higgs bozonuna kısaca değinilir.</p>
<b>12.4.2.4. Madde ve antimadde kavramlarını açıklar.</b>

Yenilenen 12. sınıf fizik dersi öğretim programı incelendiğinde parçacık fiziği ile ilgili kazanım sayısının azaldığı, bununla birlikte kazanımların içeriklerinin genişletildiği görülmektedir.

6 ünitelerden oluşan 12. Sınıf Fizik dersi programında “Atom Fiziğine Giriş ve Radyoaktivite” ünitesine ayrılan süre 26 ders saati olarak belirlenmiştir. Bu sürenin 12. Sınıf programındaki oranı %18 olmakla birlikte, 9.-10.-11. Sınıf programları da göz önüne alındığında 4 senelik lise fizik eğitimi kapsamında bu üniteye ayrılan sürenin oranı %6 olarak görülmektedir. 12. sınıf fizik dersi programı ünitelere göre kazanım sayıları ve bu kazanımlara ayrılan süreler Tablo 2.4’te verilmiştir.

**Tablo 2.4:** 12. sınıf fizik dersi programı ünitelere göre kazanım sayısı ve süre tablosu.

Ünite Adı	Kazanım Sayısı	Süre / Ders Saati	Oran (%)
Çembersel Hareket	15	34	23,6
Basit Harmonik Hareket	5	20	13,8
Dalga Mekaniği	8	26	18
Atom Fizikine Giriş ve Radyoaktivite	11	26	18
Modern Fizik	15	22	15,4
Modern Fizik'in Teknolojideki Uygulamaları	14	16	11,2
<b>TOPLAM</b>	<b>68</b>	<b>144</b>	<b>100</b>

Türkiye'deki üniversitelerde temel parçacık fiziği konuları Temel Tanecikler veya Parçacık Fiziği ders adları altında ele alınmaktadır. Fizik bölümlerinin ders planları incelendiğinde bu derslerin amaçlarının “Temel taneciklerin özellikleri, bu parçacıkların etkileşimleri, standart model ve parçacıkların sınıflandırılması” gibi şekillerde ifade edilmiş olduğu görülmektedir. Bununla birlikte bu dersler çoğu üniversitede zorunlu ders olarak değil, seçmeli ders olarak yer almaktadır.

### **3. MALZEME VE YÖNTEM**

Bu bölümde araştırmanın yöntemi, çalışma grubu, araştırma ortamı, veri toplamada kullanılan araçların hazırlanıp uygulaması ve elde edilen verilerin analizi ile ilgili açıklamalar yer almaktadır.

#### **3.1. ARAŞTIRMA DESENİ**

Fizik bölümü öğrencilerinin parçacık fiziği konusundaki bilgilerini değerlendirmek ve kavram yanlışlarını belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması tekniği kullanılmıştır.

#### **3.2. ÇALIŞMA GRUBU VE ARAŞTIRMA ORTAMI**

Araştırmanın çalışma grubunu 2013-2014 Eğitim - Öğretim yılında İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü ve Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Fizik Eğitimi Ana Bilim Dalında öğrenimine devam eden son sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Çalışma grubu 50 öğrenciden oluşmaktadır. Bu çalışma için çalışma grubu belirlenirken amaçlı örnekleme yöntemlerinden kolay ulaşılabilir durum örnekleme kullanılmıştır.

#### **3.3. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI**

Nitel araştırmalarda en çok kullanılan veri toplama yöntemleri görüşme, odak grup görüşmesi, gözlem ve doküman incelemesidir. Araştırmacının, araştırmakta olduğu problemin durumunu göz önünde bulundurarak bu yöntemlerden bir veya birkaçını belirleyerek araştırma desenine dahil etmesi mümkündür. Nitel araştırmalarda verilerin geçerliliği ve sonuçların doğruluğu oldukça hassas bir konudur. Birden çok veri toplama yönteminin kullanılması elde edilen verilerin doğruluğunun teyit edilmesi ve geçerliliğinin kanıtlanması açısından önemlidir (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Bu araştırmada orta üretim ve niversite fizik dersleri müfredatlarının doküman incelemesi, yazılı açık uçlu sorulara verilen cevaplar ve görüşmelerden elde edilen veriler kullanılmıştır. Birden çok veri çeşidi kullanılarak, veri toplama yönteminden kaynaklanan sınırlılıkların diğer veri toplama yöntemi ile aşılması amaçlanmıştır.

### 3.3.1. Parçacık Fiziği Kavramları Testinin Hazırlanması ve Uygulanması

Nitel araştırmalarda veri toplama amacıyla kullanılacak testlerin hazırlanması ve geliştirilmesi araştırmanın en önemli kısımlarından biridir. Yapılan literatür taramasında parçacık fiziğindeki kavram yanılığlarını belirlemeye yönelik bir araştırmaya rastlanmamıştır.

Araştırma kapsamında; öğrencilerin parçacık fiziği kavramlarını anlama düzeylerini ve kavram yanılığlarını tespit etmek amacıyla açık uçlu sorulardan oluşan ‘‘Parçacık Fiziği Kavramları Testi’’ (PFKT) hazırlanmıştır. Bu testteki bütün sorular araştırmacı tarafından geliştirilmiş, konu uzmanlarının görüşleri sonucunda son halini almıştır. Soruların hazırlanması aşamasında ülkemizdeki çeşitli üniversitelerdeki parçacık fiziği konularını kapsayan derslerin içerikleri incelenmiş ve mevcut konu başlıkları göz önünde bulundurulmuştur.

Sorular hazırlanırken tümden gelim yöntemiyle iki farklı kategori oluşturulmuştur. Öğrencilerin parçacıklar ile kuvvet türleri arasında kuracakları ilişkiye ait sorular PFKT ‘nin 1., 2., 6., 8. ve 10. soruları iken; 3., 4., 5., 7. ve 9. sorular parçacıkların özelliklerine ait sorular olacak şeklinde düzenlemiştir.

Bu çalışmada öğrencilerin daha önceden tahmin edilmesi mümkün olmayan görüşlerinin de ortaya kartılması amaçlanarak açık uçlu sorular sorulmuştur. Açık uçlu sorular ile öğrencilere cevaplarını nedenleri ile birlikte açıklama imkanı verilmiştir. Böylece ğrencilerin st düzey düşünme becerilerinin de ortaya konulması amaçlanmıştır.

Testin kapsam geçerliliği, başarı testindeki soruların tüm konu içeriğini rneklemesi ve kapsadığı soruların her birinin ölçmek istediği davranışı en iyi derecede ölçmesidir. Kapsam geçerliliği belirlenirken en çok kullanılan yöntem uzman görüşüne başvurmaktır. Araştırmanın geçerliliğini sağlamak amacıyla fizik ve eğitim bilimleri konusunda uzman dört



kişinin görüşleri alınmış ve bu görüşler doğrultusunda yapılan değişiklikler sonucu kavram testine son şekli verilmiştir.

Açık uçlu 10 sorudan oluşan PFKT'nin uygulanması sırasında; öncelikle öğrencilere testin yapılış nedeni açıklanmış ve verilen cevapların not ile değerlendirilmeyeceği vurgulanmıştır. Test kitapçığı dağıtıldıktan sonra testin süresi tekrar belirtilmiştir. Süre bitiminde test kitapçıkları toplanmıştır.

### 3.3.2. Görüşme (Mülakat)

Nitel araştırmalarda sıklıkla kullanılan veri toplama yöntemlerinden biri görüşmedir. Görüşme yöntemi, önceden belirlenen bir amaç ile gerçekleştirilen, soru sorma ve yanıtlamaya dayanan, karşılıklı etkileşim içeren bir iletişim sürecidir.

Bu çalışmada, yarı yapılandırılmış görüşme metodu kullanılmıştır. Bu metotta, araştırma soruları araştırmacı tarafından önceden hazırlanır. Bununla birlikte görüşme sırasında katılımcılara esneklik sağlanır, soruların yeniden düzenlenmesi ve tartışılması mümkündür. Soruları cevaplayan kişi de kendisi için önemli olan noktaları vurgulayabilir. Böylece görüşmeyi yapan kişi hem görüşmeyi belli bir düzende götürme hem de konuyla ilgili gerekli bilgileri edinebilme şansına sahip olur.

Bu çalışma kapsamındaki görüşmeler, öğrencilerin PFKT sorularına verdikleri cevapları teyit edebilmek ve ayrıntılı bilgi toplamak amacı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasına katılan öğrenciler arasından rastgele seçilen iki gönüllü öğrenci ile 50-60 dakikalık görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

Görüşme yapılacak olan öğrencilere görüşmenin ne amaçla yapıldığı açıklanmış ve görüşme sırasında öğrencilerden alınacak olan yanıtlar ses kayıt cihazına kaydedilmeden önce öğrencilerden izin alınmıştır. Kayıt cihazının ve ortamdaki dış etkilerin görüşülen kişiyi rahatsız etmeyecek şekilde olmasına özen gösterilmiştir. Ayrıca görüşme için kendilerinin isimlerinin saklı tutulacağı ifade edilerek görüşme yapılan öğrencilerin sorulan sorulara rahat bir şekilde ve içtenlikle cevap vermeleri sağlanmıştır.

Görüşmeler sırasında veriler ses kayıt cihazına kaydedilmiş ve daha sonra kaydedilen veriler çözümlenmiştir.

### **3.4. VERİLERİN ANALİZİ**

Bu çalışma nitel araştırma yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PFKT'den elde edilen verilerin analizi için tümevarımsal analiz yöntemi kullanılmıştır. Tümevarımsal analizde, verilerin altında yatan kavramların ve bu kavramlar arasındaki ilişkilerin kodlama yolu kullanılarak ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

PFKT'den elde edilen verilerin analizi için uygulanan tümevarımsal analiz birbirinden bağımsız iki aşamada yapılmıştır. Bu aşamalar sırasıyla tematik analiz ve normatif analiz şeklinde gerçekleştirilmiştir. Tablolar hazırlanırken çalışma grubu üniversiteler arasında aynı programın uygulandığı göz önüne alınarak PFKT'ye verdikleri cevaplar bir arada değerlendirilmiştir.

Görüşmelerden elde edilen verilerin analizinde nitel araştırma yöntemlerinden biri olan betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır.

#### **3.4.1. Verilerin Tematik Analizi**

Tematik analizde, mevcut veriler içinde yer alan temalar ve örüntüler analitik teknikler kullanılarak belirlenir. Bu çalışmanın en önemli aşaması verileri kodlamaktır. Kodlama, elde edilen verilerin sürecidir. Bu süreçte, araştırma sonucu elde edilen veriler, birbirleriyle karşılaştırılır ve aralarında ilişki kurulur. Ortaya çıkan kodların benzerlik ve farklılıkları saptandıktan sonra birbirleriyle ilişki içinde olan kodlar bir araya getirilir ve temalar belirlenir (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Bu çalışmanın tematik analiz aşamasında öğrencilerin Parçacık Fiziği Kavramları Testi sorularına verdikleri cevapları tek tek incelenerek yazıya dökülmüş ve benzerliklerine göre gruplara ayrılmıştır. Bazı sorular için tümden gelim yöntemiyle sorunun soruluş biçiminden temalar çıkartılmıştır. Bu temalar her soruya ait tablolarda açık bir şekilde tanımlandıktan sonra öğrencilerin her bir temaya ait farklı cevapları tablolarda gösterilmiştir.

Temalar ve cevap kategorilerine ait nitel veriler basit yüzde hesaplama yöntemi kullanılarak yüzdeler halinde ifade edilmiştir.

### 3.4.2. Verilerin Normatif Analizi

Normatif analizde, PFKT sorularına verilen cevaplar incelenerek bilimsel açıdan kabul edilebilirlikleri göz önüne alınarak kategorilere ayrılmıştır. Her bir kategori için cevap sayısına karşılık gelen yüzde oranlar belirlenmiştir.

Öğrencilerin cevaplarının sınıflandırılması, anlama düzeylerinin belirlenmesi ve öğrencilerin düzeyleri arasında kıyaslama yapılması amacıyla gerçekleştirilen çalışmalarda pek çok farklı ölçek kullanılmıştır (Abraham ve diğ., 1994; Smith ve Metz,1996; Marek, 1986).

Bu çalışmada, öğrencilerin cevaplarını sınıflandırma ve kavramları anlama düzeylerini belirleme amacıyla kullanılan ölçeğin kategorileri Tablo 3.1 de verilmiştir.

**Tablo 3.1:** PFKT’den elde edilen verilerin analizinde kullanılan anlama düzeyi ölçeği.

<b>Doğru Cevap</b>	Bilimsel açıdan geçerliliği olan, cevabın bütün yönlerini içeren cevaplar verme.
<b>Kısmen Doğru Cevap</b>	Geçerli cevabın en az bir yönünü içeren fakat bütün yönlerini kapsamayan cevaplar verme.
<b>Yanlış Cevap</b>	Doğru olmayan ya da mantıksız cevaplar verme.
<b>Cevapsız</b>	Boş bırakma, bilmiyorum şeklinde cevaplama, soruyu tekrarlama.

### 3.4.3. Verilerin Betimsel Analizi

Betimsel analiz, çeşitli veri toplama teknikleri ile toplanan verilerin önceden belirlenen temalar dikkate alınarak özetlenmesi ve yorumlanması ile gerçekleştirilir. Betimsel analizde, görüşülen bireylerin düşüncelerini düzgün bir şekilde yansıtmak amacıyla doğrudan alıntılara yer verilebilir. Bu analiz türünde elde edilen veriler özetlenip yorumlanarak okuyucuya sunulur (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Bu çalışmada, betimsel analizinin ilk aşamasında verilerin hangi temalar altında düzenlenip sunulacağı belirlenmiştir. Sonrasında ise öğrenciler ile yapılan görüşmelerin ses kayıtları yazıya dökülmüş ve düzenlenmiştir. Elde edilen bulguların açıklanması ve birbirleriyle ilişkilendirilmesi aşamasında gerek görülen yerlerde öğrencilerle yapılan görüşmelerden doğrudan alıntılara yer verilmiştir.



## 4. BULGULAR

Çalışma boyunca uygulanan testler ve yapılan görüşmelerden elde edilen veriler incelenmiş, bu verilerin analizi sonucunda elde edilen bulgular ve bu bulgulara ilişkin yorumlar temel başlıklar halinde bu bölümde sunulmuştur.

Birinci kısımda PFKT sorularına verilen cevapların tematik analizi ve normatif analizi yapılmış, elde edilen bulgular tablolar halinde gösterilerek yorumlanmıştır. İkinci kısımda ise yapılan görüşmelerden elde edilen verilerin betimsel analizi ve yorumlanması yapılmıştır.

### 4.1. PFKT SORULARINA VERİLEN CEVAPLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

On sorudan oluşan “Parçacık Fiziği Kavramları Testi”ne verilen cevaplar incelenmiş ve verilen cevaplar gruplar halinde ayrılmıştır.

Bazı sorular için sorunun soruluş biçimine uygun olacak şekilde temalar oluşturulmuştur. Tümünden gelim yöntemiyle oluşturulan bu temalar, soruya ait tablolarda gösterilmiş ve her temaya uygun cevap ve açıklamalar tablonun açıklamalar kısmında verilmiştir.

Tabloların son sütunlarında, temalar ve cevap kategorilerine ait nitel veriler basit yüzde hesaplama yöntemi kullanılarak yüzde oranlar halinde gösterilmiştir.

PFKT sorularına verilen cevapların tematik analizinden sonra normatif analizi de bu bölümde ortaya konulmuştur. Öğrencilerin anket sorularına verdikleri cevaplar incelenmiş ve bilimsel açıdan kabul edilebilirliklerine göre DOĞRU CEVAP - KISMEN DOĞRU CEVAP- YANLIŞ CEVAP - CEVAPSIZ olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Her bir grup için cevap sayısına karşılık gelen yüzde oranlar belirlenmiş ve grafik şeklinde sunulmuştur.

PFKT’deki sorulardan 3., 4., 5., 7. ve 9. sorular öğrencilerin parçacıkların genel özellikleri hakkındaki bilgilerini ve kavram yanılgılarını ortaya çıkarma amacıyla hazırlanmış sorulardır. 1., 2., 6., 8. ve 10. sorular ise parçacıklar arasındaki etkileşimler hakkında bilgileri belirlemeye yönelik olacak şekilde düzenlenmiştir.

**Soru 1: Leptonlar güçlü etkileşimden etkilenir mi? Nedenini açıklayın.**

- 1. Soru öğrencilerin leptonların sahip olduğu özellikler ile güçlü etkileşim konusundaki bilgilerini belirlemeye yönelik bir sorudur.
- Leptonlar, temel parçacık çeşitlerinden biridir. Elektrik yükü taşıyan tau, elektron ve müon ile elektrik yükü taşımayan tau nötrinosu, elektron nötrinosu ve müon nötrinosu ve bunların antiparçacıkları lepton grubunu meydana getirirler. Leptonlar renk yükü taşımayan parçacıklardır. Bu nedenle renk yükü taşıyan parçacıkları etkileyebilen güçlü etkileşimden etkilenmemektedirler.

**Tablo 4.1:** 1. soruya verilen cevapların tematik analizi.

TEMA	AÇIKLAMA	ORAN (%)	
Evet	Açıklama yok.	20	28
	Çünkü kuarklardan meydana gelmişlerdir	8	
Hayır	Açıklama yok.	12	36
	Hayır, çünkü kuark yapılı değildirler.	10	
	Güçlü etkileşimden sadece baryonlar ve mezonlar etkilenir.	2	
	Çünkü hadron ailesine dahil değildir.	2	
	Leptonların nötrinoları olduğu için zayıf etkileşim yaparlar.	2	
	Elektrik yükü vardır, sadece elektromanyetik etkileşime girerler.	2	
	Leptonlar arasında etkileşim sağlayan ara parçacık farklıdır.	4	
	Çünkü leptonlar kuarklar kadar yüksek bir enerjiye sahip değil.	2	
Belli durumlarda etkilenir.	Korunum yasalarına uyuyorlarsa etkilenirler.	8	12
	Lepton sayısı korunuyorsa etkileşime girerler.	2	
	İzospin, yük, spin gibi özellikler uygunsa girerler.	2	
Cevapsız			24

- Tablo 4.1’de görüldüğü gibi öğrencilerin % 24’ü 1. soruyu cevapsız bırakmıştır. Öğrencilerin %32’si ise verdikleri cevabın nedeniyle ilgili herhangi bir açıklama yapamamıştır.
- Verilen cevapların %14’ünde leptonların kuarklardan meydana gelmedikleri gerekçesiyle güçlü etkileşimden etkilenmeyeceği belirtilmektedir. Bu düşünce “Çünkü hadron ailesine dahil değildir.”, “ Güçlü etkileşimden sadece baryonlar ve mezonlar etkilenir.”, “Kuarklardan meydana gelmedikleri için güçlü etkileşimden etkilenmezler.” benzeri ifadeler ile ortaya koyulmuştur.
- Korunum yasalarına uyum sağlanması halinde leptonların güçlü etkileşimden etkileneceği yönünde fikir belirten öğrencilerin oranı %12’dir. Bu düşünceyi ortaya koyan cevaplara bazı örnekler şunlardır: “Lepton sayısının korunması önemli. Eğer korunursa güçlü etkileşime girebilirler”, “İzospin, yük, spin gibi özellikler uygunsuzsa korunum sağlanır. Güçlü etkileşim bu şekilde gerçekleşir.”, “Leptonların güçlü etkileşime girmesi gerekir. Yoksa korunum yasaları sağlanmamış olurdu.”
- 1. soruya verilen cevapların kategorileri ve yüzde oranları Tablo 4.2.’de verilmiştir. Bu soru PFKT’de yanlış cevap oranı en yüksek sorudur.

**Tablo 4.2:** 1. soruya verilen cevapların normatif analizi.

CEVAP KATEGORİSİ	YÜZDE ORAN (%)
DOĞRU CEVAP	14
KISMEN DOĞRU CEVAP	12
YANLIŞ CEVAP	50
CEVAPSIZ	24

**Soru 2: Nötrinolar elektromanyetik kuvvetten etkilenir mi? Nedenini açıklayın?**

- 2. soru öğrencilerin %34’ü tarafından cevapsız bırakılmıştır. Bu soruya neden belirtmeksizin evet cevabını veren öğrenci oranı ise %16 olarak görülmektedir.

**Tablo 4.3:** 2. soruya verilen cevapların tematik analizi.

TEMA	AÇIKLAMA	ORAN (%)	
Evet	Açıklama yok.	16	28
	Negatif yüklü oldukları için etkilenirler.	12	
Hayır	Yüksüz parçacıklar oldukları için etkilenmezler.	26	38
	Zayıf etkileşime girdikleri için etkilenmezler.	12	
Cevapsız			34

- Öğrencilerin %26'sı nötrinoların yüksüz parçacıklar olduğunu belirtmiş ve bu nedenle elektromanyetik etkileşimden etkilenmeyeceğini ifade ederek doğru cevap vermiştir.
- Nötrinoların zayıf etkileşimden etkilenen parçacıklar olduğu bilgisine sahip olan ve bu bilgiyi nötrinoların elektromanyetik etkileşime girmemesiyle ilişkilendiren öğrencilerin oranı %12 olarak belirlenmiştir. Verilen cevaplardan yola çıkılarak bu öğrencilerin, zayıf etkileşimden etkilenen herhangi bir parçacığın elektromanyetik etkileşimden etkilenmesinin mümkün olmadığını düşündükleri görülmektedir.
- Nötrinoların negatif elektrik yükü taşıdığı için elektromanyetik etkileşimden etkilendiği düşüncesine sahip öğrencilerin oranı % 12'dir. Bu düşüncüyü ortaya koyan cevaplardan bazıları şunlardır : “Nötrino türüne göre değişir. Elektron nötrinosu negatif yüke sahip olduğu için etkilenir.”, “Nötrino lepton grubundan bir parçacık. Bütün leptonlar negatif yüke sahip olduğu için pozitif yüklü parçacıklarla etkileşir.”, “ Nötrinolar lepton ailesine mensuptur. Leptonlar sadece kendi aralarında etkileşir. Eksi yüklü oldukları için elektromanyetik etkileşim de olabilir.”
- İncelenen cevaplarda, bu öğrencilerin lepton ailesine dahil olan elektron, müon ve tau parçacıkları gibi nötrinoların da negatif elektrik yükü taşıdığı yanlışlığına sahip oldukları görülmektedir.



- 2. soruya verilen cevapların kategorileri ve yüzde oranları Tablo 4.4.'de verilmiştir.

**Tablo 4.4:** 2. soruya verilen cevapların normatif analizi.

CEVAP KATEGORİSİ	YÜZDE ORAN (%)
DOĞRU CEVAP	26
KISMEN DOĞRU CEVAP	0
YANLIŞ CEVAP	40
CEVAPSIZ	34

**Soru 3: Higgs bozonu nedir? Higgs bozonunun gözlemlenmesinin önemi nedir?**

- Öğrencilerin %38'i bu soruya herhangi bir cevap vermemiştir. Higgs bozonunun temel tanecik olduğu bilgisi ile sınırlı cevaplar veren öğrencilerin oranı ise %8'dir.
- Higgs bozonunun şu ana kadar bilinen en küçük tanecik olduğu ve bu nedenle gözlemlenmesinin önem taşıdığı fikrine sahip öğrencilerin oranı %12 olarak belirlenmiştir.

**Tablo 4.5:** 3. soruya verilen cevapların tematik analizi.

Cevap Kategorisi	Oran (%)
Temel taneciklerden biridir.	8
En küçük taneciktir.	12
Maddeye kütle kazandıran taneciktir.	30
Diğer cevaplar	12
Cevapsız	38

- Higgs bozonunun maddeye kütle kazandıran tanecik olduğunu ifade eden cevapların oranı %30 olarak görülmektedir. Bununla birlikte bu cevabı veren öğrencilerin çoğunun bu bilgiyi anlamlı bir şekilde açıklama düzeylerinin yeterli olmadığı görülmüştür.

- Tabloda belirtilen kategorilerden hiçbirine dahil edilemeyen cevaplardan bazıları şunlardır: “ *Evrenin oluşmasını sağlayan parçacıktır. Big Bang anında Higgs bozonu olmasa evren meydana gelmezdi. Bu yüzden Higgs bozonunu gözlemleyerek evrenin oluşumu hakkında bilgi elde edinebiliriz.*”, “*Higgs bozonu madde ve antimaddenin birleşmesi sonucu ortaya çıkan parçacıktır*”, “*Higgs enerjisi maddeye dönüştüren bir parçacıktır.*”, “ *Higgs yeni keşfedilen bir parçacıktır. Doğada birçok bilinmeyen parçacık olduğunu, bunların deneyle bulunabileceğini anlamamızı sağlamıştır.*”
- CERN’de yapılan deneyler ve medyadaki yansımaları nedeniyle Higgs bozonu son dönemlerde oldukça gündemde olan ve dikkat çeken bir konudur. Buna rağmen öğrencilerin Higgs bozonu ile ilgili bilgilerinin son derece sınırlı olduğu görülmektedir.
- 3. soruya verilen cevapların kategorileri ve yüzde oranları Tablo 4.6.’da gösterilmiştir.

**Tablo 4.6:** 3. soruya verilen cevapların normatif analizi.

CEVAP KATEGORİSİ	YÜZDE ORAN (%)
DOĞRU CEVAP	30
KISMEN DOĞRU CEVAP	8
YANLIŞ CEVAP	24
CEVAPSIZ	38

#### **Soru 4: Kuarkların her türlü kombinasyonu mümkün müdür? Neden?**

- 4. sorunun cevapsız bırakılma oranı %48 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte öğrencilerin %24’ünün verdiği cevapla ilgili bir açıklama yapmamış olduğu Tablo 4.7’de görülmektedir.
- Öğrencilerin %12’si kuarkların bir arada bulunabilmesi için yüklerinin uygun koşulları sağlaması gerektiğini “*kuarkların bir arada bulunabilmesi için elektrik yükü tam sayı ve renk yükü nötr olmalı*” şeklinde cevaplar ile belirtmişlerdir.
- 4. Soruya cevap veren öğrencilerin %12’si kuarkların baryon veya mezon oluşturacak şekilde bir araya geldiklerini bilmekle beraber bu bilgiyi yeterli ve uygun şekilde

açıklayamamaktadır. Bu kategoride değerlendirilen cevaplardan bazıları şu şekildedir: “Üç kuark biraraya gelerek baryonu oluşturur. Bir kuark bir anti kuark ise mezonu oluşturur.”, “Kuarklar ikili ya da üçlü gruplar halinde birarada bulunur. Örneğin  $q\bar{q}$  veya  $qqq$  olarak.”

**Tablo 4.7:** 4. soruya verilen cevapların tematik analizi.

Cevap Kategorisi	Oran (%)
Mümkündür (Açıklama yok)	16
Mümkün değildir. (Açıklama yok)	8
Baryon veya mezon olacak şekilde bir araya gelirler.	12
Yükleri uygun olacak şekilde bir arada bulunurlar.	12
Diğer cevaplar	4
Cevapsız	48

- 4. soruya verilen cevapların kategorileri ve yüzde oranları Tablo 4.8.’de verilmiştir. Bu soru en az doğru cevap verilen 2. sorudur.

**Tablo 4.8:** 4. soruya verilen cevapların normatif analizi.

CEVAP KATEGORİSİ	YÜZDE ORAN (%)
DOĞRU CEVAP	12
KISMEN DOĞRU CEVAP	20
YANLIŞ CEVAP	20
CEVAPSIZ	48

**Soru 5: Kuarklar ve gluonlar tek başına gözlenebilir mi? Neden?**

- Renk yüküne sahip parçacıklar olan kuarklar, tek başına izole bir halde bulunamazlar. Renk hapsi olarak adlandırılan bu durum nedeniyle kuarkları tek başına gözlemlemek mümkün değildir. Bir kuark ve bir antikuark bir araya gelerek mezonları, üç kuark bir

araya gelerek baryonları, üç antikuark bir araya gelerek antibaryonları oluşturur. Gluonlar da renk yüküne sahip parçacıklardır. Bu nedenle renk hapsi gluonlar için de geçerlidir.

**Tablo 4.9:** 5. soruya verilen cevapların tematik analizi.

Cevap Kategorisi	Oran (%)
Tek başına gözlemlenemezler.	12
Kararsız oldukları için tek başına gözlemlenemez.	4
Etkileşim türüne bağlı olarak gözlemlenebilir.	8
Ara parçacık olduğu için tek başına gözlemlenebilir.	8
Diğer Cevaplar	12
Cevapsız	56

- Tablo 4.9’da görüldüğü gibi “Kuarklar ve gluonlar tek başına gözlenebilir mi?” sorusu öğrencilerin %56’sı tarafından cevapsız bırakılmıştır. Verilen cevapların %12’sinde kuarkların ve gluonların tek başlarına gözlemlenemeyeceği belirtilmekle birlikte bu durum ile ilgili yeterli ve bilimsel açıdan doğru bir açıklama yapılamamıştır. Bu nedenle soruya verilen cevaplardan hiçbiri tamamen doğru kategorisinde değerlendirilememektedir.
- Bu soruya verilen yanlış cevap kategorilerinden birinde kuark ve gluonların tek başına gözlemlenememesi kararsız olmalarına bağlanmıştır. Öğrenciler bu düşüncüyü “*Kararsızlığı o kadar fazladır ki hemen başka bir kuarka bağlanır. Tek başına görmemiz neredeyse mümkün değildir.*” benzeri ifadelerle ortaya koymuştur. Verilen cevaplar incelendiğinde kararsız atomların elektron alarak veya vererek kararlı elektron dizilimine sahip olması ve bu sırada kimyasal bağ kurması ile kuarkların kendi aralarındaki etkileşimleri arasında benzerlik kurulduğu görülmektedir.
- 5. soruya verilen cevapların kategorileri ve yüzde oranları Tablo 4.10’da verilmiştir. Bu soru hiçbir öğrencinin doğru cevap veremediği tek PFKT sorusudur.

**Tablo 4.10:** 5. soruya verilen cevapların normatif analizi.

CEVAP KATEGORİSİ	YÜZDE ORAN (%)
DOĞRU CEVAP	0
KISMEN DOĞRU CEVAP	12
YANLIŞ CEVAP	32
CEVAPSIZ	56

**Soru 6: Gluonlar kendi aralarında etkileşime girerler mi? Neden?**

- Gluonlar kuarklar arasında güçlü etkileşimin gerçekleşmesini sağlayan ara parçacıklardır. Gluonlar renk yükü taşıyan parçacıklardır, kendi aralarında da güçlü etkileşime girerler.
- 6. Sorunun %38 oranında cevapsız bırakıldığı tabloda görülmektedir. Öğrencilerin %6'sı gluonların güçlü etkileşime girdiklerini bilmekle birlikte bunun nedeniyle ilgili bir açıklama yapamamıştır.

**Tablo 4.11:** 6. soruya verilen cevapların tematik analizi.

TEMA	AÇIKLAMA	ORAN (%)	
<b>Evet</b>	Güçlü etkileşim yaptıkları için girerler.	6	16
	Renk yükü taşıdıkları için girerler.	8	
	Çiftler oluşturmak için etkileşime girerler.	2	
<b>Hayır</b>	Yüksüz ve kütesiz oldukları için girmezler.	22	32
	Renk yükleri farklı olduğu için girmezler.	4	
	Ara parçacık oldukları için etkileşime girmezler.	6	
<b>Belli durumlarda etkilenir.</b>	Çarpışma türüne bağlı olarak girebilirler	12	14
	Yüksek enerji ile hızlandırılırlarsa girerler.	2	
<b>Cevapsız</b>			38

- Öğrencilerin %8'i "gluonların renk yükü taşıdıkları ve bu yüzden kendi aralarında etkileşime girebileceği" bilgisini içeren cevaplar vermiştir. Bununla birlikte verilen cevapların %4'ünde gluonların farklı renk yükü taşıması, kendi aralarında etkileşime girmemelerinin nedeni olarak gösterilmiştir.
- Öğrencilerin %22'si gluonların kendi aralarında etkileşime girmemesini yüksüz ve kütsüz olmasına bağlamaktadır.
- Öğrencilerin vermiş olduğu cevaplardan etkileşim olarak sadece elektromanyetik etkileşimin akla geldiği ve diğer etkileşim türlerinin göz ardı edildiği görülmektedir. Dolayısıyla elektrik yükü taşımayan gluonların etkileşime girmedikleri ileri sürülmüştür. Bunun yanı sıra kütsüz olmalarından dolayı gravitasyonel kuvvetten etkilenmeyecekleri ifade edilmektedir.
- Bu soruya verilen cevaplardan bazıları şu şekildedir: " *Gluonlar ara parçacıktır, başka parçacıkların etkileşime girmelerini sağlarlar, bu yüzden kendi aralarında etkileşim yapmazlar.* ", " *Evet, çiftler oluşturmak için etkileşime girerler.* ", " *Eğer çok yüksek enerji ile hızlandırılıp çarpışmaları sağlanırsa girebilirler.* "
- 6. soruya verilen cevapların kategorileri ve yüzde oranları Tablo 4.12.'de sunulmuştur. 6. soru yanlış cevap kategorisinde değerlendirilen cevapların en yüksek oranda olduğu PFKT sorularından biridir.

**Tablo 4.12:** 6. soruya verilen cevapların normatif analizi.

CEVAP KATEGORİSİ	YÜZDE ORAN (%)
DOĞRU CEVAP	8
KISMEN DOĞRU CEVAP	6
YANLIŞ CEVAP	48
CEVAPSIZ	38

**Soru 7: Kuarklar fermiyondur ve pauli dışarlama ilkesine uyarlar. Buna rağmen bir baryonda aynı çeşniye sahip kuarklar bir arada bulunabiliyor. Bunun nedeni nedir? (örneğin protonda uud)**

**Tablo 4.13:** 7. soruya verilen cevapların tematik analizi.

Cevap Kategorisi	Oran (%)
Renk yükleri farklı olduğu için	18
Aynı çeşniye sahip oldukları için	4
Diğer cevaplar	8
Cevapsız	70

- 7.soru öğrencilerin %70'i tarafından cevapsız bırakılmıştır. Bu soruya “*aynı çeşniye sahip olup farklı renk yüküne sahip olan kuarkların Pauli dışarlama ilkesine uygun bir şekilde bir arada bulunabileceği*” benzeri ifadeler kullanarak doğru cevap veren öğrenci oranı %18 olarak görülmektedir.
- Bunun dışında kalan ve bilimsel açıdan yanlış kategorisinde değerlendirilen cevapların oranı ise % 12'dir. Bu kategoride değerlendirilen cevaplardan bazıları şu şekildedir: “*Aynı çeşniye sahip kuarklar çeşni türünü korumak için bir arada bulunurlar.*”, “*Aynı çeşniye sahip oldukları için birbirlerini çekerler*”, “*Baryonun içindeki kuvvet çok büyük olduğu için birbirlerinden ayırlamazlar.*”, “*Kuarkların kütleleri birbirine yakın olduğu için birbirlerine çekim kuvveti uygulayarak birlikte dururlar.*”, “*İki kuarktan biri antiparçacık olabilir, örneğin biri u ise diğeri  $\bar{u}$  olur yani antikuark*”
- Bu soruya verilen cevaplardan öğrencilerin tanecikler arasındaki etkileşimlerle ilgili pek çok yanlış bilgi ve kavram yanılığısına sahip olduğu görülmektedir.
- 7. soruya verilen cevapların kategorileri ve yüzde oranları Tablo 4.14.'de verilmiştir. Bu sorunun %70 oran ile PFKT'de en çok cevapsız bırakılan soru olduğu görülmektedir.

**Tablo 4.14:** 7. soruya verilen cevapların normatif analizi.

CEVAP KATEGORİSİ	YÜZDE ORAN (%)
DOĞRU CEVAP	18
KISMEN DOĞRU CEVAP	0
YANLIŞ CEVAP	12
CEVAPSIZ	70

**Soru 8: Elektromanyetik etkileşimden bütün parçacıklar etkilenir mi? Neden?****Tablo 4.15:** 8. soruya verilen cevapların tematik analizi.

TEMA	AÇIKLAMA	ORAN (%)	
<b>Hayır</b>	Sadece elektrik yükü taşıyan parçacıklar etkilenir.	32	48
	Sadece fotonlar etkilenir.	10	
	Zayıf etkileşimli parçacıklar arasında görülür.	2	
	Kuvvetli parçacıklar arasında görülür.	2	
	İzospin simetrisi korunmayan parçacıklarda görülür.	2	
<b>Belli durumlarda etkilenir.</b>	Baryon sayısı, lepton aile sayısı ve renk korunumu gibi özellikler korunuyorsa etkilenir.	2	12
	Belli korunum özellikleri sağlanırsa bütün parçacıklar elektromanyetik etkileşime girebilir.	10	
<b>Cevapsız</b>			40

- Tablo 4.15'te görüldüğü gibi 8. Soruya öğrencilerin %40'ı cevap vermemiştir. Elektromanyetik etkileşim fiziğinin en temel konularından biri olması ve pek çok dersin içeriğinde yer almasına rağmen bu konuda verilen cevapların çok yetersiz olduğu görülmektedir.
- Öğrencilerin %10'u fotonları elektromanyetik etkileşimden etkilenen parçacıklar olduğu cevabını vermiştir. Elektromanyetik etkileşim elektrik yük taşıyan parçacıklar arasında gerçekleşmekte, fotonlar ise elektromanyetik etkileşimin ara parçacıkları olan bozonlar olarak bu etkileşimde rol oynamaktadır.



- Verilen cevapların %32'sinde elektromanyetik etkileşimin elektrik yükü taşıyan parçacıklar arasında gerçekleştiği ifade edilmiştir.
- Öğrencilerin %12'si cevaplarında gerekli konunun özelliklerinin sağlanması halinde elektromanyetik etkileşimin gerçekleşeceğini belirten ifadeler kullanmıştır. Bu ifadelerden bazıları şunlardır: *“Elektromanyetik etkileşim sadece izospin simetrisi korunmayan parçacıklar arasında görülür, foton yoluyla gerçekleşir.”*, *“Korunum yasalarını belirten tabloya bakarak hangi durumlarda gerçekleştiğini bulabiliriz.”*, *“Baryon sayısı, lepton aile sayısı korunumu, renk korunumu gibi özellikler korunuyorsa elektromanyetik etkileşim görünebilir.”*
- 8. soruya verilen cevapların kategorileri ve yüzde oranları Tablo 4.16'da gösterilmiştir. 8. soru PFKT'de doğru cevap verilme oranı en yüksek olan ikinci sorudur

**Tablo 4.16:** 8. soruya verilen cevapların normatif analizi.

CEVAP KATEGORİSİ	YÜZDE ORAN (%)
DOĞRU CEVAP	32
KISMEN DOĞRU CEVAP	0
YANLIŞ CEVAP	28
CEVAPSIZ	40

#### **Soru 9: Antiparçacık nedir?**

- Bu soruya öğrencilerin %30'u herhangi bir cevap vermemiştir. Verilen cevapların %24'ü ise antiparçacığın karşıt parçacık olduğunu ve ters işaretli olduğunu belirtmekle sınırlı kalmıştır ve yeterli açıklama içermemektedir.
- Antiparçacık- parçacık arasındaki farkın, antiparçacığın zıt elektrik yüküne sahip olması olduğunu vurgulayan cevapların oranı %26 olarak görülmektedir. Bu kategorideki cevapların çoğunda antiparçacık *“Bir parçacık ile bütün özellikleri aynı, elektrik yükü farklıdır”* ifadesiyle tanımlanmıştır.

- Öğrencilerin %24'ü antiparçacığı “ters işaretli karşıt parçacık” olarak tanımlamış ama bu durumun elektrik yüküne bağlı bir farklılık olduğu açıklamasını yapmamıştır.

**Tablo 4.17:** 9. soruya verilen cevapların tematik analizi.

Cevap Kategorisi	Oran (%)
Karşıt parçacık, ters işaretlidir.	24
Elektrik yükü hariç bütün özellikleri aynıdır.	26
Negatif enerjiye sahip parçacıklardır.	10
Negatif kütleyle sahip parçacıklardır.	6
Diğer cevaplar	4
Cevapsız	30

- 9. soruya verilen cevapların kategorileri ve yüzde oranları Tablo 4.18.'de verilmiştir.

**Tablo 4.18:** 9. soruya verilen cevapların normatif analizi.

CEVAP KATEGORİSİ	YÜZDE ORAN (%)
DOĞRU CEVAP	26
KISMEN DOĞRU CEVAP	24
YANLIŞ CEVAP	20
CEVAPSIZ	30

**Soru 10: Çekirdek içerisindeki protonlar aynı elektrik yüküne sahip olmalarına rağmen nasıl bir arada bulunabilmektedir?**

- Tablo 4.19'da görüldüğü gibi 10. Sorunun cevapsız bırakılma oranı %30'dur. Bununla birlikte doğru cevap verilme oranı en yüksek olan soru 10. Sorudur.
- Bu soru, öğrencilerin %46'sı tarafından “Çekirdekdeki protonlar arasında kuvvetli etkileşim olduğu ve bunun elektromanyetik etkileşimden kaynaklanan itme kuvvetinden daha güçlü olduğu” benzeri ifadeler ile doğru şekilde cevaplanmıştır.

**Tablo 4.19:** 10. soruya verilen cevapların tematik analizi.

Cevap Kategorisi	Oran (%)
Güçlü etkileşim bir arada tutar.	46
Çekirdek içinde oldukları için bir arada bulunurlar.	12
Diğer cevaplar	12
Cevapsız	30

- Protonların çekirdek içinde oldukları için bir arada bulunduğunu belirten cevapların oranı %12'dir. Fakat bu durumun nedeni bilimsel açıdan doğru şekilde açıklanamamıştır. Bu kategoride değerlendirilen cevapların bazıları şunlardır: “Çekirdek içindeki mesafe çok küçük olduğu için itme kuvveti sanki çekme gibi davranır.”, “Protonlar çekirdek içinde dağınık halde buldukları için aralarında itme kuvveti oluşmaz.”, “ Çekirdek içindeki nötronlar nedeniyle protonların itme kuvveti nötrlenir ve etkisiz hale gelir.”
- Bu soruya verilen cevaplardan bazıları şu şekildedir: “Aralarındaki coulomb kuvveti sayesinde bir arada bulunurlar”, “Çünkü çekirdeğin içinde itme kuvveti yoktur.”, “Elektronların itme kuvvetinden dolayı protonlar bir arada kalırlar.”

**Tablo 4.20:** 10. soruya verilen cevapların normatif analizi.

CEVAP KATEGORİSİ	YÜZDE ORAN (%)
DOĞRU CEVAP	46
KISMEN DOĞRU CEVAP	0
YANLIŞ CEVAP	24
CEVAPSIZ	30

- 10. soruya verilen cevapların kategorileri ve yüzde oranları Tablo 4.20.'de verilmiştir. 10. soru %46 oran ile PFKT'de en çok sayıda öğrenci tarafından doğru cevap verilen soru olmuştur. Bununla birlikte cevapların %24'ü yanlış cevap, %30'u ise cevapsız kategorisinde değerlendirilmiştir.

## 4.2. GÖRÜŞMELERDE VERİLEN CEVAPLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma kapsamındaki görüşmeler, öğrencilerin PFKT sorularına verdikleri cevapları teyit etmek ve daha ayrıntılı bilgi toplamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasına katılan öğrenciler arasından rastgele seçilen iki gönüllü öğrenci ile 50-60 dakikalık görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmeler öğrencilerin izni alınarak ses kayıt cihazı ile kaydedilmiş, kayıt cihazının ve ortamdaki dış etkilerin görüşülen kişiyi rahatsız etmeyecek şekilde olmasına özen gösterilmiştir.

Görüşmelerde öğrencilere parçacık fiziği ile ilgili temel bilgilerin yanı sıra bu konudaki bilgileri ile daha önce görmüş oldukları genel fizik, elektromanyetik teori, nükleer fizik, kimya gibi konular ile ilişki kurmaya yönelik sorular sorulmuştur. Yapılandırmacı yaklaşım kullanılarak gerçekleştirilen görüşmelerde, öğrencilerin önceki bilgileri ile yeni bilgilerini ne derece ilişkilendirebildikleri ortaya konulmak istenmiştir.

Görüşmelerde öğrencilerin PFKT sorularına verdikleri cevaplardan yola çıkılarak sorulan soruların yanı sıra araştırmacı tarafından önceden hazırlanmış sorulara da yer verilmiştir. Görüşme süresince öğrencilere sorulan açık uçlu ve irdeleyici sorular ile öğrenciler ayrıntılı açıklama yapmaya teşvik edilmiş, yanlış anlaşılmalara önlemek için gerektiğinde söylenenlerin açık bir biçimde tekrarlanması sağlanmıştır.

Görüşmelerden elde edilen verilerin analizinde betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. Öğrencilerin verdiklerin cevaplar önceden belirlenen temalara göre alıntılar sunularak özetlenmiş ve yorumlanmıştır.

### 4.2.1. Birinci Öğrenci ile Yapılan Görüşmelerden Elde Edilen Bulgular

Araştırmanın ikinci kısmına katılmayı kabul eden gönüllü öğrencilerden birincisi (Öğrenci-1) ile parçacık fiziği konularındaki temel bilgilerini ve yanılgılarını belirlemeye yönelik yapılan görüşmede verilen cevaplardan bazıları aşağıdaki gibidir:

***Araştırmacı:** Temel tanecik denilince ne anladığınızı açıklar mısınız?*

***Öğrenci-1:** Maddenin yapı taşı olan tanecikler. Maddeyi atomlar oluşturuyor. Atomları proton, nötron ve elektron oluşturuyor. Onları oluşturan parçacıklar da leptonlar, baryonlar, mezonlar...*

**Araştırmacı:** Proton ve nötronun iç yapısını oluşturan daha küçük parçacıklar var mı?

**Öğrenci-1:** Evet, kuarklardan oluşuyor. Proton uud, nötron da udd kuarklarından meydana gelmiş.

**Araştırmacı:** Elektronun oluşturan daha küçük parçacıklar var mı?

**Öğrenci-1:** Hayır, elektron kendisi bir lepton. En küçük yapı taşı halinde...

**Araştırmacı:** Temel taneciklerin bir sınıflandırmasını yapabilir misin? Çizerek gösterebilirsin.

**Öğrenci-1:** Üç ana başlık var. Baryonlar; üç kuarktan oluşuyor. Mezonlar; bir kuark ve bir antikuark. Leptonlar da elektron, müon ve tau ile bunların nötrinoları.

**Araştırmacı:** Bozonlar hakkında neler biliyorsun?

**Öğrenci-1:** W ve Z bozonları zayıf etkileşimin ara parçacığı. Foton elektromanyetik etkileşimin ara parçacığı...

**Araştırmacı:** Peki, bozonlar bu sınıflandırmanın neresinde yer alıyor?

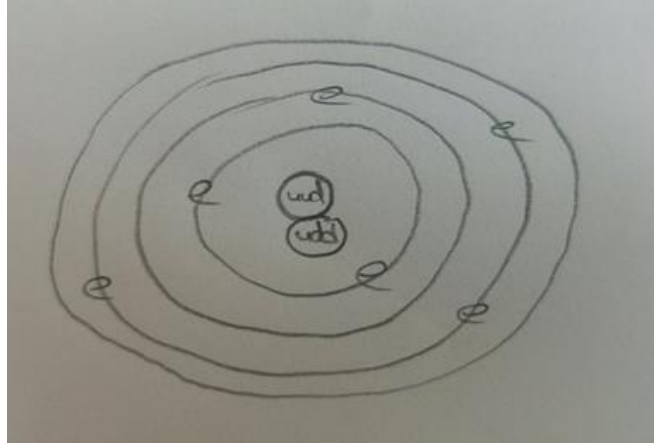
**Öğrenci-1:** Yapılarına göre bir sınıfa konulabilir ama yapıları nasıl bilmiyorum.

Öğrenci-1'in atomun içyapısı ve atomu oluşturan temel tanecikler hakkında genel bilgiye sahip olmakla birlikte, mezonları da atomu oluşturan parçacıklar arasında sıraladığı görülmüştür. Bunu yanı sıra Şekil 4.1'de görüldüğü gibi Öğrenci-1'in yapmış olduğu tanecik sınıflandırması eksik ve yanlış bilgiler içermektedir. Öğrenci-1, bozonları sınıflandırmaya ayrı bir grup olarak dahil etmemiş, mevcut üç gruptan birine dahil olduğunu belirtmiştir.

Baryon	Mezon	Lepton
qqq	q $\bar{q}$	e $\mu$ $\tau$
		$\nu_e$ $\nu_\mu$ $\nu_\tau$

**Şekil 4.1:** Öğrenci-1'in temel tanecikler sınıflandırması.

Öğrenci-2'den verdiği bu bilgilere dayanarak bir atomdaki temel tanecikleri gösteren bir model çizmesi istenmiştir. Öğrenci yaptığı çizimi 'Merkezde bir çekirdek var, nötron ve protonlardan oluşuyor. Nötron ve proton da kuarklardan oluşuyor; uud ve udd. Çekirdeğin etrafında elektronlar sürekli hareket ediyor yörüngelerinde. Yörünge sayısı elemente göre değişir tabii.' şeklinde açıklamıştır. Çizilen model Şekil 4.2'te gösterilmiştir.



**Şekil 4.2:** Öğrenci-1'in atomdaki tanecikleri gösteren model çizimi.

**Araştırmacı:** PFKT sorularına verdiğin cevaplarda nötrinoların elektromanyetik kuvvetten etkilendiği cevabını verdiğin görülüyor. Bunu biraz açıklayabilir misin?

**Öğrenci-1:** Evet, çünkü elektromanyetik etkileşim leptonlar arasında görülür. Nötrinolar da lepton olduğu için bu kuvvetten etkilenirler.

**Araştırmacı:** İki proton düşün. Bunların arasında elektromanyetik etkileşim görülmez mi?

**Öğrenci-1:** Protonlar kuarklardan oluşuyor. Kuarklar elektromanyetik etkileşimden etkilenmez diye biliyorum. Güçlü ya da zayıf çekirdek kuvvetinden etkilenirler. Leptonlar ayrı bir sınıf, kuarklardan oluşmuyorlar. Bu yüzden elektromanyetik etkileşimden etkilenebilirler diye düşünüyorum. Nötrinolar da lepton olduğu için aynı şekilde etkilenirler.

Öğrenci-1 kuarkların elektromanyetik etkileşimden etkilenmediği yanlış ön bilgisine sahiptir. Bu bilgi ile birlikte leptonların kuarklardan oluşmadığı bilgisine dayanarak bütün leptonların elektromanyetik kuvvetten etkilendiği yanlış sonucuna varmıştır. Verdiği cevaptan yola çıkılarak Öğrenci-1'in elektromanyetik etkileşimin elektrik yüklü parçacıklar arasında gerçekleştiği bilgisini bilmediği veya hatırlamadığı, ayrıca nötrinolar hakkında bilgi sahibi olmadığı yorumu yapılabilir.

**Araştırmacı:** PFKT'de yer alan sorulardan biri Pauli dışarlama ilkesi ile ilgiliydi. Sen bu soruyu cevapsız bırakmışsın. Pauli dışarlama ilkesinin ne olduğunu hatırlıyor musun?

**Öğrenci-1:** Hayır, hatırlamıyorum.

**Araştırmacı:** Peki, bir baryonu göz önüne alalım. Bana bir baryon ismi ve onu oluşturan kuarkları söyleyebilir misin?

**Öğrenci-1:** Proton, uud kuarklarından oluşur.

**Araştırmacı:** *Kuarklar fermiyondur ve Pauli dışarlama ilkesine uyarlar. Bu nedenle aynı cins iki kuarkın bir arada bulunmaması beklenir. Ama senin de söylediğin gibi proton uud kuarklarından oluşuyor. İki u kuarkının proton içerisinde bir arada bulunmasını nasıl açıklayabilirsin?*

**Öğrenci-1:** *Güçlü etkileşim nedeniyle bir arada bulunuyorlar.*

**Araştırmacı:** *Evet, ama Pauli dışarlama ilkesi gereği aynı tür kuarkların bir arada bulunamayacağından bahsediyorum. Güçlü etkileşimin etkisiyle de olsa...*

**Öğrenci-1:** *Bu bir istisna olabilir belki, bilmiyorum. Burada u kuarklarının özellikleri aynı ama d kuarkına bağlanma şekilleri farklı olabilir.*

**Araştırmacı:** *Bağlanma şekli derken biraz daha açabilir misin?*

**Öğrenci-1:** *Kimyasal bağlarda olduğu gibi... uud şeklinde değil de udu şeklinde olabilir mi? Bu yüzden bir arada bulunuyor olabilir.*

Öğrenci-1 Pauli dışarlama ilkesi hakkında bir bilgiye sahip değildir. Araştırmacı tarafından yapılan açıklamalara dayanarak bir çıkarım yapmaya çalışmış fakat ön bilgilerindeki yanlışlıklar ve zihnindeki yanlış modeller nedeniyle doğru bir cevap verememiştir.

Öğrenci-1'in kuarkların birbirine bağlanması ile ilgili zihninde oluşturduğu model ile kimyasal bağ modelinin benzerlik taşıdığı görülmektedir. Bu nedenle kuarklar arasındaki etkileşimin de kimyasal bağ oluşumundaki gibi farklı sıra ve şekillerde gerçekleşebileceğini düşünmüş ve soruya yanlış yapılandırılmış bu bilgiye dayanarak cevap vermeye çalışmıştır.

**Araştırmacı:** *Güçlü nükleer kuvvet ile ilgili bildiklerini anlatır mısın?*

**Öğrenci-1:** *Güçlü etkileşimin ara parçacığı gluon. Gluonun yükü sıfırdır sanırım, yanlış hatırlamıyorsam.*

**Araştırmacı:** *Hangi parçacıklar arasında güçlü etkileşim görülür?*

**Öğrenci-1:** *Kuarklar arasında. Kuarkları güçlü etkileşim bir arada tutar.*

**Araştırmacı:** *Kuarklar dışında başka parçacıklar arasında da güçlü etkileşim görülebilir mi?*

**Öğrenci-1:** *Yapılarına bağlı.*

**Araştırmacı:** *Örneğin iki elektron arasında güçlü etkileşim görülebilir mi? Neden?*

**Öğrenci-1:** *Hayır, onlar arasında elektromanyetik etkileşim olur, ikisi de eksi yük taşıdığı için.*

**Araştırmacı:** *Peki, kuarklar yüklü parçacıklar mı?*

**Öğrenci-1:** *Evet.*

**Araştırmacı:** *Ne yükü taşırlar? Elektrik yükleri var mıdır?*

**Öğrenci-1:** *Evet, elektrik yükleri var. O yüzden yük taşırlar dedim zaten.*

**Araştırmacı:** *Elektrik yükü dışında başka yük taşırlar mı?*

**Öğrenci-1:** *Başka bir yük yok ki zaten.*

Öğrenci-1'in verdiği cevaplardan kuarklar arasında güçlü etkileşim gerçekleştiğini ve bu etkileşimin ara parçacığının gluon olduğunu bildiği görülmektedir. Ama bu etkileşimin hangi özelliğe sahip parçacıklar arasında ve nasıl gerçekleştiği hakkında bilgi sahibi olmadığı anlaşılmaktadır.

Kuarklar ile ilgili yaptığı açıklamada, kuarkların yüklü parçacıklar olduğunu belirtmiş, bunu da elektrik yüküne sahip olmalarına bağlamıştır. Zihnindeki yüklü parçacık kavramı, 'elektrik yükü taşıyan parçacık' ile sınırlıdır. Kuarkların aynı zamanda renk yükü taşıdığı bilgisine sahip değildir. Öğrenci-1'in bu soruya ve görüşme genelindeki diğer sorulara verdiği cevaplardan renk yükü ile ilgili bilgi sahibi olmadığı görülmektedir.

**Araştırmacı:** Temiz bir tabağa birkaç damla su damlatıldıktan sonra tabağı ters çevrildiğinde su damlalarına ne olmasını beklersin?

**Öğrenci-1:** Yere düşmelerini beklerim.

Öğrencinin bu durumu deneyerek gözlemlemesi sağlandıktan sonra soru bu durumun ne ile ilgili olduğu açıklanması istenir. Öğrenci bir açıklama yapamaz.

**Araştırmacı:** Adezyon ve kohezyon kuvvetleri sana bir şey hatırlatıyor mu? Tabaktaki tanecikler ve su damlasını oluşturan tanecikler arasında bir kuvvet oluşuyor.

**Öğrenci-1:** Tanecikler arasındaki etkileşim ile ilgili yani...

**Araştırmacı:** Evet. Peki, sence bu etkileşim dört temel kuvvetten biri ile ilişkili midir? Bunlardan biri ile açıklayabilir misin?

**Öğrenci-1:** Kütle çekim kuvveti ile ilgili olabilir. Mantıklı bir açıklamasını yapamam ama diğer kuvvetler ile hiç alakası yok. Çekirdek kuvveti yok, nükleer bir şey yok. Elektromanyetik etkileşim olacağını da sanmam.

**Araştırmacı:** Şöyle düşün, kütle çekim kuvveti nedeniyle olsaydı, yerçekimi kuvveti tabağın damlaya uygulayacağı çekim kuvvetinden daha büyük bir kuvvet uygulardı.

**Öğrenci-1:** Evet. Su damlasını çekerdi ama elektromanyetik kuvvet ile de bağdaştıramıyorum. Bu durumda kütle çekim kuvveti olmadığı belli, ama başka bir açıklama yapamıyorum.

**Araştırmacı:** Peki, şuradaki cisme bir itme kuvveti uygulasam... Bunu nasıl açıklayabilirsin? Bu olayda dört temel kuvvetten hangisi etkili?

**Öğrenci-1:** Bir yer değiştirme oluşuyor ve sürtünme kuvveti var. Sürtünme kuvveti için de elektriklenme gerekli. Elektromanyetik kuvvet derim.

Öğrenci, soruda verilen durumu önce kütle çekim kuvveti ile ilişkilendirmiş, daha sonra verilen bilgilerden yola çıkarak kütle çekim kuvveti ile ilgisi olmadığı çıkarımını yapmıştır.



Bununla birlikte, öğrencinin damlaların tabağa yapışıp kalmasına neden olan kohezyon kuvveti ile elektromanyetik kuvvet arasında bir bağlantı kurmayı başaramadığı görülüyor.

Bunun yanı sıra, bir cisme uygulanan itme kuvveti, meydana gelen yer değiştirme ve oluşan sürtünme kuvvetinden yola çıkılarak elektromanyetik kuvvet ile ilişkilendirilmiştir. Bu durum, öğrencinin klasik mekanik konuları ile elektromanyetik kuvvet arasında ilişkiyi yanlış kurduğunu göstermektedir.

**Araştırmacı:** *Bir miktar uranyum tuzunun bir fotoğraf filmine sarılarak karanlık bir yerde bekletildiğini düşün. Bu olay sonucunda ne olmasını beklersin?*

**Öğrenci-1:** *Uranyumun yarılanmasını beklerim. Ama yarı ömrünü bilmiyorum. Fotoğraf filminin yapısını bilmiyorum. Yani aralarında bir reaksiyon olabilir mi bilmiyorum.*

**Araştırmacı:** *Yapılan deneylerde fotoğraf filmine sarılan uranyum tuzunun bir süre sonra fotoğraf filminde lekeler oluşturduğu görülmüş. Bu olay nasıl açıklanabilir?*

**Öğrenci-1:** *O zaman bir tepkimeye giriyorlar.*

**Araştırmacı:** *Nasıl bir tepkime olabilir?*

**Öğrenci-1:** *Kimyasal tepkime. Yanma reaksiyonu olabilir.*

**Araştırmacı:** *Bu olay sonucunda bir temel tanecik açığa çıkmasını bekler misin?*

**Öğrenci-1:** *Zaten bütün tanecikler açıkta. Yani fotoğraf filmi ve uranyumda hepsi var. Elektron, proton ve nötron. Burada kimyasal bir tepkime var. Foton açığa çıkmayacağına göre... Başka bir şey açığa çıkmasını beklemiyorum.*

Bu sorunun sorulmasındaki amaç, öğrencinin gerçekleşen radyoaktif olaylar sonucu ışınım yayıldığı bilgisine dayanarak, beta bozunumu sonucu nötrino açığa çıkacağı çıkarımını yapıp yapamayacağını belirlemektir. Böylece nükleer fizik ve radyoaktivite konularında edinilen bilgilerden parçacık fiziği ile ilgili yeni bir bilgi yapılandırılmış olup olmadığı belirlemek amaçlanmıştır.

Öğrenci-1'in bu soruya verdiği cevapta uranyumun yarı ömründen bahsetmesi uranyumun radyoaktif bir element olduğunu bildiğini göstermektedir. Bununla birlikte uranyum tuzu ile fotoğraf filmi arasında gerçekleşen etkileşimin kimyasal bir yanma reaksiyonu olabileceği görüşünü belirtmiştir. Bu durum, öğrencinin radyoaktivite konusunda sahip olduğu eksik ve yanlış bilgilerin parçacık fiziği ile ilgili yeni bir bilgiyi yapılandırmasını engellediği şeklinde yorumlanabilir.

#### 4.2.2. İkinci Öğrenci ile Yapılan Görüşmelerden Elde Edilen Bulgular

Araştırmanın ikinci kısmına katılmayı kabul eden gönüllü öğrencilerden ikincisi (Öğrenci-2) görüşmenin başlangıcında, lisans derslerine ek olarak almış olduğu pedagojik formasyon dersleri nedeniyle lise fizik dersi parçacık fiziği konularıyla ilgili bir araştırma ödevi hazırladığını ve bu nedenle bu konuya ilgi duyduğunu belirtmiştir. Öğrenci-2'nin parçacık fiziği konularındaki temel bilgilerini ve kavram yanlışlarını belirlemek amacıyla yapılan görüşmede vermiş olduğu cevaplardan bazıları aşağıdaki gibidir:

*Araştırmacı: Temel tanecik kavramından ne anladığını açıklayabilir misin?*

*Öğrenci-2: Mesela çok eskiden en temel taneciğin atom olduğu düşünülmüş. Daha sonra atomun, elektron gibi daha küçük parçacıklardan oluştuğu bulunmuş. Ondan sonra da elektronların da daha küçük parçacıklardan oluştuğu bulunmuş. Yani temel tanecik denilince en temel yapı taşı anlamında kullanılıyor.*

*Araştırmacı: Peki örnek verebilir misin?*

*Öğrenci-2: Mesela üç tane kuarktan ben bir elektron elde edebiliyorsam kuarklar benim için temel parçacıktır.*

*Araştırmacı: Peki proton ve nötron için ne düşünüyorsun? Temel tanecikler midir, içyapıları var mıdır?*

*Öğrenci-2: Proton ve nötron da aynı şekilde daha küçük taneciklerden oluşuyor. Onlar da kuarktan oluşuyor sanırım.*

*Araştırmacı: Elektronları ve protonları sınıflandırmak istersek hangi sınıfa koyabiliriz? Bunları aynı kategoride mi yoksa farklı kategorilerde mi değerlendirebiliriz?*

*Öğrenci-2: Neye göre değerlendirdiğime bağlı. Mesela yük açısından sınıflandırırsam tabii ki aynı kategoriye koyamam. Kuark sayılarına göre baryon veya mezon olarak sınıflandırabiliriz.*

*Araştırmacı: Peki elektronu hangi kategoride değerlendirebiliriz?*

*Öğrenci-2: Emin değilim...*

Öğrenci-2'nin atomu oluşturan temel tanecikler hakkındaki genel bilgilerinin büyük ölçüde yanlış olduğu görülmektedir. Öğrenci elektronun da nötron ve proton gibi kuarklardan meydana geldiği yanlış düşüncesine sahiptir. Temel tanecik kavramını da bu yanlış bilgi üzerinden açıklamaya çalışmıştır.

*Araştırmacı: Temel tanecikleri kaçaya ayırabiliriz? Çizerek açıklayabilir misin?*

*Öğrenci-2: Leptonlar ve hadronlar. Hadronlar da kendi içinde ikiye ayrılıyor. Baryon ve mezon.*

*Araştırmacı: Yani bütün temel tanecikler leptonlar veya hadronlar grubuna mı dahil sence?*

**Öğrenci-2:** Evet.

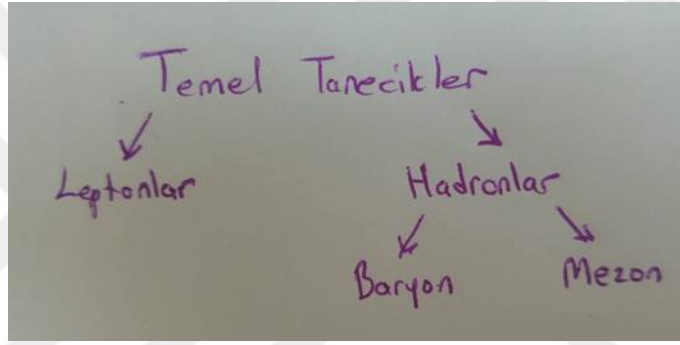
**Araştırmacı:** Peki, bu temel tanecikler arasındaki etkileşimlerden bahsedebilir misin?

**Öğrenci-2:** Standart modele dahil dört temel kuvvet var. kütleçekim kuvveti, zayıf nükleer, güçlü nükleer ve elektromanyetik kuvvet.

**Araştırmacı:** Bu kuvvetleri gerçekleştiren ara parçacıklar hakkında bilgi var mı?

**Öğrenci-2:** Mezonlar güçlü nükleer kuvvet, leptonlar zayıf nükleer kuvvet... Elektromanyetik kuvvet fotonlarla oluyor sanırım. Tam emin değilim. Higgs bozonu da kütleçekim kuvvetinin ara parçacığı.

Temel tanecikleri sınıflandırması istenen Öğrenci-2, yaptığı çizimde temel tanecikleri Şekil 4.3'te görüldüğü gibi iki temel gruba ayırmıştır. Kuarkları bir alt kategori olarak göstermek yerine, kuarkların oluşturduğu hadronlara ayrı bir kategori olarak çiziminde yer vermiştir.



**Şekil 4.3:** Öğrenci-2'nin temel tanecikler sınıflandırması.

Öğrenci-2'nin temel tanecikler sınıflandırmasında bozonlara yer vermediği görülmektedir. Bununla birlikte görüşmenin devamında bozonlarla ilgili soruların ardından bozonların da ayrı bir grup olarak yer aldığını ifade etmiştir. Ayrıca öğrencinin bozonlar ile ilgili pek çok yanlış bilgiye sahip olduğu görülmektedir.

Öğrenci-2'nin temel kuvvetler hakkındaki bilgilerinin de sınırlı olduğu verdiği cevaplardan anlaşılmaktadır. Öğrenci dört temel kuvvetin isimlerini sıralamış ama bu kuvvetlerin ara parçacıkları ile ilgili doğru bilgi verememiştir. Güçlü nükleer kuvvet, zayıf nükleer kuvvet ve gravitasyonel (kütleçekim) kuvvetin ara parçacıklarının neler olduğu hakkında yanlış bilgiye sahip olduğu görülmüştür.

**Araştırmacı:** Elektromanyetik kuvvetle ilgili neler söyleyebilirsin?

**Öğrenci-2:** Birbiriyle etkileşen yüklü parçacıklar... Elektromanyetik kuvvet ile ilgili fazla bilgim yok. Sadece fotonları biliyorum, enerji taşıyorlar.

**Araştırmacı:** Çekirdekte bir arada bulunan protonlar birbirine bir kuvvet uygular mı?

**Öğrenci-2:** Tabii ki... Coulomb yasasından dolayı yüklü parçacıklar birbirleriyle etkileşirler. Aynı yüklü parçacıkların da birbirini itmesi gerekiyor.

**Araştırmacı:** Bu olayı hangi temel kuvvet ile açıklayabilirsin?

**Öğrenci-2:** Bilmiyorum.

**Araştırmacı:** Protonların aynı yüklü olduğundan bahsediyorsun...

**Öğrenci-2:** Yükle ilgili düşünürsem elektromanyetik kuvvet ile açıklanabilir.

**Araştırmacı:** Peki, protonlar birbirine itme kuvveti uyguluyorlarsa çekirdek içinde nasıl bir arada bulunabiliyor?

**Öğrenci-2:** Protonlar birbirlerini itmesine rağmen çekirdek dışına çıkmıyorlar. Bunları bir arada tutan bir kuvvet olması gerekiyor. Bu kuvvet yani güçlü nükleer kuvvet, mezon denilen parçacıklardan kaynaklanıyor.

Öğrenci-2, elektrik yüküne sahip parçacıkların birbiriyle etkileştiği ve çekirdekteki protonların güçlü nükleer kuvvetin etkisiyle bir arada kalabildiği bilgisine sahiptir. Buna rağmen, öğrencinin bu konulardaki bilgilerinin oldukça yüzeysel olduğu anlaşılmaktadır. Sahip olduğu yanlış bilgilerin yanısıra kuvvetler ve etkileri arasında ilişki kurmakta zorluk çektiği de görülmektedir. Bu durum, öğrencinin bilgiler arasında bağlantı kurarak yeni bilgileri yapılandırmak yerine ezberleme yoluna başvurduğu şeklinde yorumlanabilir.

**Araştırmacı:** Higgs bozonu ile ilgili biraz daha bilgi verir misin?

**Öğrenci-2:** Standart modelde kütle çekim kuvveti açıklanamıyordu. Bu kuvvetin ara parçacığı olarak teorik olarak Higgs bozonu ileri sürüldü. Higgs bozonunun bulunmasıyla çekim kuvveti de açıklanmış oluyor.

**Araştırmacı:** Genel olarak bozonlar hakkında biraz bilgi verebilir misin?

**Öğrenci-2:** O da alt kategorilerden biri sanırım. Leptonlar gibi... Bir özelliklerine göre bu şekilde sınıflandırılmışlar. Spinleri olabilir. Tam emin değilim.

**Araştırmacı:** Higgs bozonu dışında başka bir bozon biliyor musun? Örnek verebilir misin?

**Öğrenci-2:** Hayır.

Öğrenci-2 kütleçekim kuvvetinin ara parçacığının Higgs bozonu olduğu yanlış bilgisine sahiptir. Bu bilgiye dayanarak Higgs bozonunun gözlenmesinin, standart modeldeki gravitasyonel kuvvet ile ilgili eksik kısmın tamamlanmasını sağlıyor olduğu açıklamasını yapmıştır. Öğrencinin yanlış ön bilgilerine dayanarak yeni yanlış kavramlar oluşturduğu görülmektedir.

**Araştırmacı:** Kuarklar ile ilgili neler söyleyebilirsin?

**Öğrenci-2:** Hadronların yapı taşı kuarklar. Altı çeşit kuark var. Renk yükleri var. Bir araya gelerek baryonlar ve mezonları oluşturuyorlar.

**Araştırmacı:** Kuarklar renk yükü taşıyorlar dedin. Peki, aynı zamanda elektrik yükü de taşırlar mı?

**Öğrenci-2:** Hayır.

**Araştırmacı:** Kuarklar kendi aralarında etkileşirler mi?

**Öğrenci-2:** Kuarkların bir arada bulunabilmesi için etkileşim olması gerek. Kütle çekim kuvveti olamaz. Elektromanyetik kuvvet de olamaz elektrik yükleri olmadığı için. Zayıf ya da güçlü nükleer kuvvet olması lazım bu durumda.

**Araştırmacı:** Kuarklar dışında renk yükü taşıyan parçacıklar var mıdır?

**Öğrenci-2:** Yok bence.

**Araştırmacı:** Peki. Proton kuarkların biraraya gelmesi ile oluşuyor dedin. Proton da bir renk yükü taşır mı?

**Öğrenci-2:** Hayır. Çünkü kuarklar bu parçacıkları oluşturduktan sonra artık kuark özelliği göstermiyorlar. Bir arada bulunmalarını sağlayan şey renk yükü olabilir bu durumda. Yoksa renk yükü nereye gider ki? Bilmiyorum.

Öğrenci-2 kuarklar ile ilgili bazı temel bilgilere sahip olmakla birlikte konu ile ilgili yanlış ve eksik bilgileri de mevcuttur. Kuarkların renk yükü taşıdığı bilmekle birlikte gluonların da renk yükü taşıyan parçacıklar olduğu bilgisine sahip değildir. Öğrenci görüşmenin bu bölümünde kuarkların elektrik yükü taşımadıklarını söylemektedir ve buna bağlı olarak kuarklar arasında elektromanyetik etkileşim gerçekleşmeyeceğini ifade etmiştir.

**Araştırmacı:** Protonlar kuarklardan oluşuyor. Peki, nötronlar için ne diyebilirsin?

**Öğrenci-2:** Nötronların elektrik yükü yok, kuarkların da yok demiştim. Ama bu durumda protonun elektrik yükü nasıl oluyor? Yanlış söyledim galiba onu, düşündükçe buluyorum. Demek ki kuarkların da elektrik yükü var, protonun elektrik yükü olduğuna göre... Nötron yüksüz bir parçacık, bu yüzden kuarklardan oluşmuş olamaz. İçyapısı olmayan temel bir parçacık olabilir ya da kuark dışında başka parçacıklardan oluşmuştur. Bilmiyorum.

**Araştırmacı:** Üç tane elektrik yüklü kuarkın bir araya gelmesiyle oluşan parçacığın da mı mutlaka yüklü olması gerekiyor?

**Öğrenci-2:** İki tane olsaydı bir artı ve bir eksi birbirini götürebilirdi. Ama burada üç kuark var. İkisi birbirini nötrlese bile bir elektrik yükü açıkta kalıyor.

**Araştırmacı:** Peki, elektrik yükleri sadece tam sayı değer mi alabilir?

**Öğrenci-2:** Evet, spinde olabiliyordu ama elektrik yüklerinde  $3/2$  gibi birşey gördüğümü hatırlamıyorum. Nötron iki kuarktan oluşmuş olabilir. O zaman yüksüz olur.

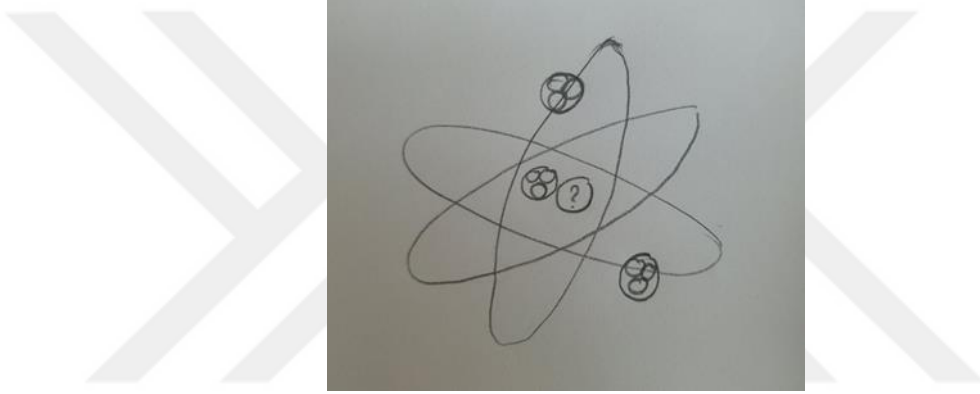
**Araştırmacı:** Peki ya elektronlar?

**Öğrenci-2:** Elektronlar yüklü parçacıklar. Demek ki üç kuarktan oluşmuşlar.

Görüşmeden alıntılanan bir önceki kısımda görüldüğü gibi Öğrenci-2 sorulan soruya kuarkların elektrik yükü taşımadığı cevabını vermişti. Görüşmenin devamında protonun

kuarklardan elektrik yükü taşıması ve aynı zamanda kuarklardan oluşmasından yola çıkarak kuarkların da elektrik yükü taşıması gerektiğini ifade etmiştir. Bu düşünceye dayanarak, nötronların yüksüz parçacıklar olduğunu ve bu nedenle elektrik yükü taşıyan üç kuarktan oluşamayacağını ifade etmiştir. Öğrencinin zihninde bu kavramı oluşturması sırasında “elektrik yüklerinin sadece tam sayı değer alabileceği” yanlış kavramından yola çıktığı ve bu nedenle yanlış bir bilgi yapılandığı görülüyor.

Öğrenci-2’den verdiği bu bilgileri kapsayacak şekilde bir atomdaki bütün temel tanecikleri gösteren bir model çizmesi istenmiştir. Çizilen model Şekil 4.4’te gösterilmiştir.



**Şekil 4.4:** Öğrenci-2’nin atomdaki tanecikleri gösteren model çizimi.

Öğrenci-2 yaptığı çizimde çekirdekte yer alan proton ve nötron ile çekirdek etrafındaki yörüngelerde dönen elektronlara yer vermiştir. Elektron ve protonları üç kuarktan oluşacak bir şekilde göstermiş, nötron ile ilgili bir açıklama yapamayacağını söyleyerek nötron çizimine bir soru işareti koymuştur. Nötronların bir temel tanecik olabileceği veya kuarklar dışında başka bir temel tanecikten oluşmuş olabileceği fikrini tekrarlamıştır. Öğrenci ayrıca kuarkları bir arada tutan gluonlar ile protonları bir arada tuttuğunu ifade ettiği mezonların da atom içerisinde yer alan temel tanecikler olduğunu belirtmiştir.

**Araştırmacı:** Temiz bir tabağa birkaç damla su damlatıldıktan sonra tabak ters çevrildiğinde damlaların yere düşmediği gözlemleniyor. Bunun nedeni nedir?

**Öğrenci-2:** Adezyon ile ilgili.

**Araştırmacı:** Bunu hangi temel kuvvet ile açıklayabilirsin?

**Öğrenci-2:** Nükleer kuvvet ile açıklardım. Çünkü adezyon ve kohezyon, cismin kendi molekülleri ile alakalı olan kuvvetler. Su damlasının bir arada durmasını kohezyon sağlıyor, damlanın tabakta durmasını adezyon sağlıyor. Tabağın ve suyun molekülleri

*arasında gerçekleşen çekim kuvvetleri... Nükleer kuvvetin de çekirdeğin içinde olması gerekiyor diye düşünüyorum. Çekirdekleri etkileştiği için tabaktan düşmüyor olabilir.*

Öğrenci-2 adezyon kavramını duymuş olmakla birlikte bunu dört temel kuvvetten biri ile doğru şekilde ilişkilendirememiştir. Ayrıca moleküller arasındaki kimyasal bağların oluşumu ile yanlış bilgilere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Öğrenci, moleküller arasındaki etkileşimi atomların çekirdekleri arasında gerçekleşen etkileşimden kaynaklandığını ifade etmiş ve bu etkileşimin nükleer çekirdek kuvvet olduğunu belirtmiştir. Verilen cevapta öğrencinin hem kimyasal bağlar hem de nükleer etkileşim ile ilgili yanlış bilgileri olduğunu ve bu yanlış bilgilerden yola çıkarak zihninde bilimsel açıdan tamamen hatalı bir model oluşturduğu görülmektedir.

**Araştırmacı:** *Masanın üstünde duran bir cisme bir itme kuvveti uygulandığını düşünelim. Ne olmasını beklersin?*

**Öğrenci-2:** *Uygulanan kuvvetin büyüklüğüne göre cisim hareket edebilir. Masa ile arasında bir sürtünme kuvveti oluşur. Oluşan sürtünme kuvveti, cismin ağırlığına ve masanın sürtünme kat sayısına bağlıdır.*

**Araştırmacı:** *Sürtünme kuvvetini hangi temel kuvvet ile açıklayabilirsin?*

**Öğrenci-2:** *Kütle çekim kuvveti. Çünkü cismin ağırlığı da yer çekimi kuvveti ile ilgili.*

Öğrenci-2'nin bu soruya verdiği cevap sürtünme kuvveti ile ilgili temel bilgilere sahip olduğunu göstermektedir. Bu durumda Öğrenci-2'nin klasik fiziğin temel hareket denklemlerini anlamış olduğu ama kuantum alanlar kuramına göre ortaya çıkan doğadaki diğer kuvvetleri algılamakta ve açıklamakta zorluk yaşadığı yorumu yapılabilir.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, üniversite öğrencilerinin parçacık fiziği kavramlarını anlama düzeyleri ve bu konudaki kavram yanlışlarının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında ayrıca öğrencilerin fizik konularındaki geçmiş öğrenme yaşantıları ve zihinlerindeki mevcut kavramlar ile parçacık fiziği derslerinde karşılarına çıkan yeni kavramları birbirleriyle ilişkilendirme becerileri araştırılmıştır.

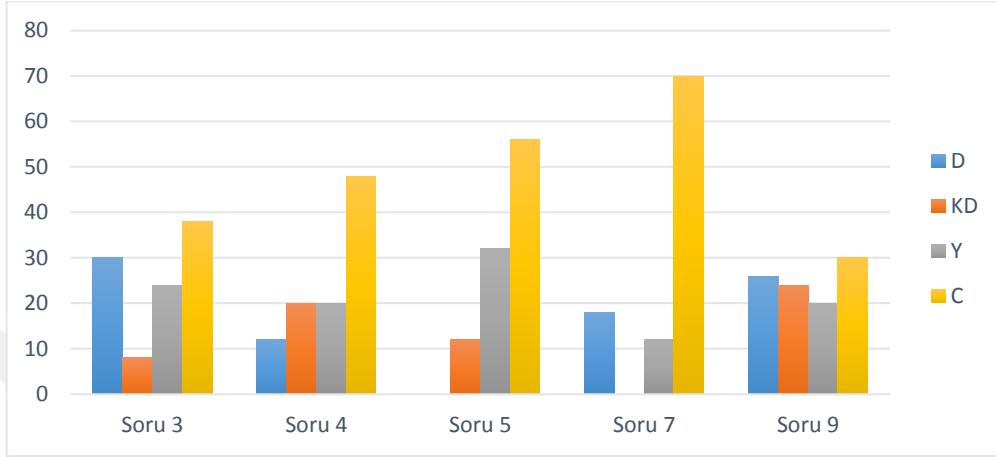
Çalışmanın bu bölümünde PFKT sorularına verilen cevaplar ve görüşmelerden edilen bulgular yorumlanmakta ve araştırmanın sonuçları tartışılmaktadır. Tartışmalar doğrultusunda öğrencilerin parçacık fiziği kavramlarını anlama düzeylerini geliştirmeye yönelik öneriler sunulmaktadır.

Çalışmanın amaçları doğrultusunda, araştırmada elde edilen bulgular değerlendirilerek öğrencilerin kavramları anlama düzeyleri ve kavram yanlışları ortaya konulmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara dayanılarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Elde edilen bulgular, çalışmaya katılan öğrencilerin parçacık fiziği kavramlarını yeterince anlamadığını ve pek çok kavram yanlışına sahip olduklarını ortaya koymuştur.
2. Tematik analiz sonuçlarının değerlendirilme sürecinde verilen az sayıda cevaba rağmen farklı cevap kategorileri ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, öğrencilerin verdikleri cevabı fiziğin temeli olan nedensellik ilkesine göre açıklayamadıkları görülmektedir. Oysa ki öğrencilerin verdikleri cevaplar yanlış bile olsa düşüncelerini ifade edebilmeleri yapılandırmacı eğitimin gerçekleşebilmesi için büyük önem taşımaktadır. Tematik analiz tablolarında da görüldüğü gibi verilen bir cevabın nedenselliğe dayalı olarak açıklanamaması bilimsel süreç becerilerinin yeterli düzeyde kullanılmadığını göstermektedir.

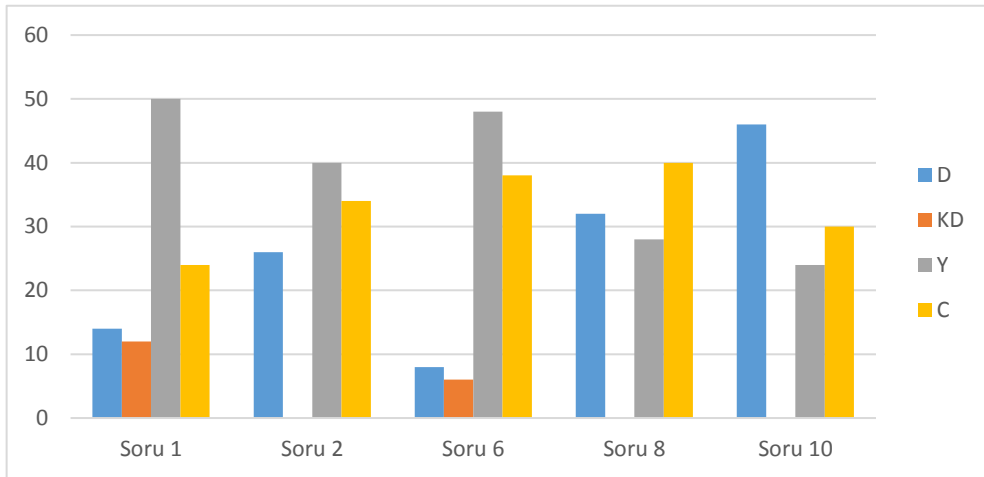


3. Öğrencilerin PFKT'deki parçacıkların genel özellikleri ile ilgili sorulara verdikleri cevapların kavramları anlama düzeyi ölçeğine göre analizinden elde edilen sonuçlar doğru cevap oranının %30'un altında kaldığını göstermektedir. Bunun yanı sıra öğrencilerin bu soruları cevapsız bırakma oranı %30 ve üstü olarak görülmektedir.



Şekil 5.1: Parçacıkların özellikleri ile ilgili soruların anlama düzeyi ölçeğine göre analizi.

4. Öğrencilerin PFKT'deki temel etkileşimler ile ilgili sorulara verdikleri cevapların kavramları anlama düzeyi ölçeğine göre analizinden elde edilen sonuçlar Şekil 5.2'de verilmiştir. Bu sorulara verilen yanlış cevapların oranının parçacıkların özellikleri ile ilgili sorulara verilen yanlış cevaplara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca bu soruların da cevapsız bırakılma oranlarının yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.2: Temel etkileşimler ile ilgili soruların anlama düzeyi ölçeğine göre analizi.

5. Araştırmaya katılan öğrencilerin, parçacık fiziği dersindeki başarıları araştırma kapsamında göz önüne alınmamıştır. Ancak, sorulara bilimsel açıdan tam olarak doğru cevaplar veren öğrencilerin, soruları cevapsız bırakan öğrencilere göre çok düşük sayıda olması nedeniyle dersteki kavramların başlangıç düzeyinde anlaşılmadığı veya kalıcı öğrenmenin gerçekleşmediği düşünülmektedir.
6. Öğrencilerin verdikleri cevaplarda kavram yanlışlarının «parçacık» ve «temel etkileşim» kavramlarına dayalı olarak ortaya çıktığı görülmektedir.
7. Bu araştırmadan elde edilen verilerin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ile ‘kuarklar ve gluonlar’ ile ilgili tespit edilen kavram yanlışları şunlardır:
- Aynı çeşniye sahip kuarklar aynı renk yükünü taşırlar.
  - Kuarklar, sadece renk yükü taşırlar, elektrik yükü taşımazlar.
  - Kuarklar elektromanyetik etkileşime girmezler.
  - Gluonların ömürleri sonsuzdur.
  - Gluonlar renk yükü taşımazlar.
  - Gluonlar birbirleri ile etkileşime giremezler.
  - Kuarklar, kararsız oldukları için tek başına bulunamazlar.
  - Kuarklar kütleçekim kuvvetinin etkisi ile bir arada bulunurlar.
8. Çalışma kapsamında nötron, proton ve elektronlar ile ilgili belirlenen kavram yanlışları şunlardır:
- Nötron ve proton içyapısı olmayan temel taneciklerdir.
  - Elektronlar da proton ve nötronlar gibi kuarklardan oluşmuştur.
  - Nötron içyapısı olmayan bir taneciktir, çünkü elektrik yükü yoktur.
  - Çekirdek içerisindeki protonla nötron etkileşim halinde değildir, çünkü nötron yüksüzdür.
  - Bir protonun nötrona dönüştürülmesi mümkün değildir, çünkü içyapısı değiştirilemez.
9. Çalışmada elde edilen bulgulara dayanılarak tespit edilen ‘temel etkileşimler’ ile ilgili kavram yanlışları şunlardır:

- Kütleli parçacıklar etkileşime giremez.
- Elektrik yükü taşımayan parçacıklar hiçbir etkileşime girmez.
- Nötrinolar hiçbir etkileşime girmez.
- Leptonlar sadece elektromanyetik etkileşime girerler.
- Farklı renk yüküne sahip parçacıklar arasında güçlü etkileşim gerçekleşmez.

10. Çalışma kapsamında tespit edilen diğer kavram yanlışları şunlardır:

- Higgs bozonu, gravitasyonel kuvvetin ara parçacığdır.
- Elektrik yükü sadece tam sayı değer alabilir.
- Elektron nötrinosu negatif elektrik yüküne sahiptir.
- Bütün leptonlar negatif elektrik yüküne sahiptir.
- Higgs bozonu en küçük taneciktir.
- Higgs bozonu madde ve antimaddenin birleşmesi sonucu ortaya çıkan parçacıktır.

11. PFKT ve görüşme sorularına verilen cevaplar derinlemesine incelendiğinde verilen yanlış cevaplar ve mevcut kavram yanlışlarının bazılarının öğrencilerin yanlış veya eksik ön bilgilerinden kaynaklandığı görülmüştür.

12. Öğrencilerin verdiği cevaplar incelendiğinde, bilgi eksikliğine dayalı yanlış cevapların da olduğu düşünülmektedir. Bu araştırmada, soruların cevapsız bırakılma oranının çok yüksek olması ve öğrencilerin cevaplarındaki ifade eksikleri nedeniyle elde edilen sonuçların epistemolojik kökeni hakkında ayrıntılı bir bilgi edinilememiştir.

Lisans öğrencilerinin parçacık fiziği kavramlarını anlama düzeyleri ve parçacık fiziği ile ilgili kavram yanlışlarını belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlara dayanılarak aşağıdaki öneriler yapılabilir.

1. Parçacık fiziği konuları öğrenciler için günlük hayatta deneyimlenemeyen, sadece matematiksel olarak açıklanabilen soyut olaylar olarak kalmaktadır. Kişisel deneyimlerle açıklanamayan bu olaylar akıllarda soyut olarak yer almakta ve bunlarla ilgili bilgiler matematik diline bağlı olmaktadır. Bu gibi soyut konularda bilimsel

kavram ve olayların metafor ve analogiler kullanılarak açıklanması hem öğretene kişi hem de öğrenciler açısından kolaylık sağlayacaktır.

2. Bilgisayar, video, animasyon gibi eğitim teknolojisi araç ve gereçlerinin kullanımı diğer fen bilimleri kavramlarında olduğu gibi (Gülçiçek ve Güneş, 2004) parçacık fiziğinin kavramlarının açıklanmasında da büyük bir destek sağlayacaktır. Bilgisayar simülasyon programları yardımıyla parçacıklar ve aralarındaki etkileşimlerin görsel olarak sunulması öğrencilere kavramlar arasında bağlantı kurma ve anlamlı öğrenme gerçekleştirmeleri açısından fayda sağlayacaktır.
3. Parçacıklar arasındaki etkileşimlerin dinamik ve hareketli bir şekilde tasvir edilmesi öğrencilerin ilgisini çekme ve motivasyonlarını arttırmaya katkı sağlayacaktır. Ayrıca konu içeriğini anlama, zihinde model oluşturma, akılda tutma ve hatırlamaya yardımcı olarak öğrenmeyi kolaylaştıracaktır.
4. Öğrenmenin anlamlı olabilmesi ve istenilen şekilde gerçekleştirilebilmesi için öğrencilerin mevcut bilgileri ile yeni bilgilerinin örtüşmesi gerekmektedir. Bu nedenle temel fizik konularındaki bilgi eksikleri ve kavram yanlışlarının da tespit edilip ortadan kaldırılması önemlidir. Öğrencilerin önceki bilgilerinde kavram yanlışları varsa yeni bilgiler ile önceki bilgiler birleştirilemeyecektir ve anlamlı bir öğrenme gerçekleşmeyecektir.
5. Öğrenciler temel tanecikler ve temel etkileşimler ile ilgili ilk bilgilerini lise kimya ve fizik derslerinde edinmektedir. Bu derslerde öğrenilen kavramların büyük çoğunluğu daha sonraki kademelerde gerçekleşecek öğrenmeler için ön koşul oluşturmaktadır. Lise fizik ve kimya eğitimi sürecinde ezberci yöntemden uzak durulması, anlamlı bir öğrenmenin gerçekleşmesi ve üniversitede edinilecek bilgilerin sağlam bir temel üzerine kurulabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.
6. Parçacık fiziği ile ilgili eğitim veren öğretmenlerin öğrencilerin olası kavram yanlışları hakkında bilgi sahibi olması ve öğretim programlarını bu kavram yanlışlarını göz önünde bulunduracak şekilde hazırlaması önem taşımaktadır.

7. Ders sürecinde, öncelikle öğrencilerin temel tanecik ve etkileşim kavramları hakkındaki bilgileri sınıf içerisinde tartışma ortamı oluşturularak tespit edilmelidir. Bu uygulama sayesinde öğrencilerin mevcut kavram yanılgıları ortaya çıkarılabilir.
8. Parçacık fiziği ile ilgili eğitim veren öğretmenlerin yapılandırmacı yaklaşım konusunda bilgi sahibi olması ve öğretim sürecinde bu yaklaşıma yer vermesi öğrencilerin anlamlı ve verimli bir öğrenme gerçekleştirmelerine katkı sağlayacaktır.
9. Öğrencilerin önceki bilgileri ile yeni öğrendiklerinin birleştirilmesi fırsatı ders süreci içerisinde verilmelidir. Diğer fizik konuları ile parçacık fiziği konuları arasında bağ kurulmaya çalışılmalıdır. Anlatılan bilimsel düşüncelerin mevcut bilgilerle ilişkilendirilmesi yeni bilgilerin ve kavramların pekiştirilmesini sağlamaktadır.

## KAYNAKLAR

- Abraham, M .R., Williamson, V. M. ve Westbrook, S. L., 1994), A crossage study of the understanding of five concepts., *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 147-165.
- Alkan, C., Deryakulu, D. ve Şimşek, N., 1995, *Eğitim Teknolojisine Giriş*, Önder Matbaacılık, Ankara.
- Arons, A.B., 1997, *Teaching Introductory Physics*, John Wiley & Sons, Inc.
- Ayas, A., 2016, *Kavram Öğrenimi*, Kuramdan Uygulamaya Fen ve Teknoloji Öğretimi, In: Çepni, S.(ed), 4. Bölüm, Pegem Akademi Yayınları, Ankara, 192-220.
- Bahar, M., 2006, *Fen ve Teknoloji Öğretimi*, Pegem A Yayınları, Ankara.
- Barlow, R.,1992, The teaching of high energy physics in British universities, *European Journal of Physics*, 13/3, 105-110.
- Bertozzi, E., Levrini, O. ve Rodriguez, M., 2014, Symmetry as core-idea for introducing secondary school students to contemporary particle physics, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 679 – 685.
- Bleazby,J., 2006, Autonomy, Democratic Community, and Citizenship in Philosophy for Children: Dewey and Philosophy for Children's Rejection of the Individual/Community Dualism, *Analytic Teaching*, 26/1, 30-52.
- Bowden, J., Dall'alba, G., Martin, E., LAurillard, D., Marton;F., Master, G., Ramsden,P., Stephanau,A. Ve Walsh, E., 1992, Displacement, velocity, and Frames of reference: Phenonemographic studies of students' understanding and some implications for teaching and assessment, *American Journal of Physics*, 60/3, 262 – 269.
- Chatterjee, L., 2002, Introducing particle physics through story, *Physics Education*, 37/3, 260-262.
- Clement, J., 2007, *Model Based Learning and Instruction in Science*, Springer Science & Business Media.
- Çakır, S.Ö. ve Yürük, N. ,1999, Oksijenli ve Oksijensiz Solunum Konusunda Kavram Yanılgıları Teşhis Testinin Geliştirilmesi ve Uygulanması, *III. Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu*, M.E.B. ÖYGM.
- Çaycı, B., 2007, *Kavram Öğretiminde Kavramsal Değişim Yaklaşımının Etkililiğinin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Demirel, Ö. ve Kaya, Z.,2017, *Eğitim Bilimine Giriş*, Pegem Akademi Yayınları, Ankara.

- Driel, F. H. V. ve Verloop, N.,1999, *Teachers' Knowledge of Models and Modeling in Science*, *International Journal of Science Education*, 21, 1144-1153.
- Duit, R. , 2006, *Bibliography STCSE – Teachers' and Students' Conceptions and Science Education*, <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/>, [Ziyaret tarihi: 02.06.2018].
- Duit, R. ve Treagust,D., 2003, Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning, *International Journal of Science Education*, 25/6, 671-688.
- Erden, M. ve Akman, Y., 2007, *Eğitim Psikolojisi Gelişim-Öğrenme-Öğretme*, Arkadaş Yayınevi, Ankara.
- Fer, S. ve Cırık, İ., 2007, *Yapılandırmacı Öğrenme Kuramdan Uygulamaya*, Morpa Yayınları, İstanbul.
- Franco, C. ve Colinviaux, D. , 2000, *Grasping Mental Models, Developing models in science education*, In: Gilbert, J. K. ve Boulter C. J. (Ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 93-118.
- Gardner, H., 1991, *The Unschooled Mind: How Children Think and How Schools Should Teach*, Basic Books, New York.
- Glaserfeld, E. V., 1995, *Radical Constructivism A Way of Knowing and Learning*, Routledge Falmer, Londra.
- Greca, I. M. ve Moreire, M. A., 2000, Mental Models, Conceptual Models and Modeling, *International Journal of Science Education*,1, 1-11.
- Gülçiçek, Ç. ve Güneş, B., 2004, Fen Öğretiminde Kavramların Somutlaştırılması: Modelleme Stratejisi, Bilgisayar Simülasyonları ve Analogiler, *Eğitim ve Bilim*, 29/134, 36-48.
- Gülçiçek, Ç. ve Yağbasan, R., 2004, Basit Sarkaç Sisteminde Mekanik Enerjinin Korunumu Konusunda Öğrencilerin Kavram Yanılgıları, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24/3, 23-38.
- Güneş, B., *Kavram Yanılgılarının Genel Özellikleri*, <http://w3.gazi.edu.tr/~bgunes/files/kavramyanilgilariky%20ozellikleri.html>, [Ziyaret tarihi: 02.03.2018].
- Irving, P., 2010, *A Phenomenographic Study of Introductory Physics Students: Approaches to Their Learning and Perceptions of Their Learning Environment in a Physics Problem-Based Learning Environment* , Doktora Tezi, Dublin Institute of Technology.
- Kaptan, F.,1999, *Fen Bilgisi Öğretimi*, M.E.B Basımevi, İstanbul
- Koray, Ö. C. ve Bal, Ş., 2002, Fen Öğretiminde Kavram Yanılgıları ve Kavramsal Değişim Stratejisi, *G.Ü. Kastamonu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10/1, 83-90.

- Kuru, İ. ve Güneş, B. , 2005, Lise 2. Sınıf Öğrencilerinin Kuvvet Konusundaki Kavram Yanılgıları, *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25/2, 1-17.
- Malatyalı, E. Ve Yılmaz, K., 2010, Yapılandırmacı Öğrenme Sürecinde Kavramlar ve Önemi: Kavramların Pedagojik Açından İncelenmesi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3/14, 320-332.
- Marek, E., 1986, Understandings and Misunderstandings of Biology Concepts, *The American Biology Teacher*, 48/1, 37-40.
- MEB, 2007, *Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı*, Ankara
- MEB, 2013, *İlköğretim Kurumları Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı*, Ankara.
- MEB, 2013, *Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı*, Ankara.
- MEB, 2017, *İlköğretim Kurumları Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı*, Ankara.
- MEB, 2018, *Ortaöğretim Fizik Dersi Öğretim Programı*, Ankara.
- Norman, D. A. , 1983, Some Observations on Mental Models, Mental Models, In: Gentner, D. ve Stevens, A. L. (Ed.), Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 7-14.
- Osborne, J.F., 1996, *Beyond Constructivism*, *Science Education*, 80, 53-82.
- Özden, Y.,2005, *Öğrenme ve Öğretme*, Pegem Akademi Yayınları, Ankara.
- Perkins, D.N.,1999, The Many Faces of Constructivism, *Educational Leadership*, 57/3, 6-11.
- Peter Godfrey-Smith, P., 2006, The Strategy of Model-based Science, *Biology & Philosophy*, 21,725-740.
- Pines, A. L. ve West, L. H. T., 1986, Conceptual Understanding and Science Learning: An Interpretation of Research within a Sources of Knowledge Framework, *Science Education*, 70/5, 583-604.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. ve Gertzog, W. A., 1982, Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education*, 66, 211–227.
- Saban, A., 2014, *Öğrenme Öğretme Süreci Yeni Teori ve Yaklaşımlar*, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Sağlık, S., 2013, *Fizik Öğretmen Adayları ve Medyadaki CERN*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- Senemoğlu, N., 2018, *Gelişim, Öğrenme ve Öğretim*, Anı Yayınları, Ankara.



- Smith, J. P., diSessa A.A. ve Roschelle,J., 1993, Misconceptions Reconceived: A Constructivist Analysis of Knowledge in Transition, *The Journal of the Learning Sciences* 3/2, 115-163.
- Smith, K.J. ve Metz, P.A., 1996, Evaluating student understanding of solution chemistry through microscopic representations, *Journal of Chemical Education*, 73, 233–235.
- Swinbank, E., 1992, Particle Physics: A New Course For Schools and Colleges, *Physics Education*, 27/2, 87-91.
- Ulusoy, A., 2002, *Gelişim ve Öğrenme*, Anı Yayınları , Ankara.
- Ülgen, G., 2001, *Kavram Geliştirme*, Pegem A Yayınları, Ankara.
- van den Berg, E. ve Hoekzema, D., 2006, Teaching conservation laws, symmetries and elementary particles with fast feedback, *Physics Education*, 41/1, 47-56.
- Vygotsky, L., 1978, *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*, Harvard University Press, Cambridge.
- Weisberg, M., 2012, *Simulation and Similarity: Using Models to Understand the World*, Oxford University Press.
- Yağbasan, R. ve Gülçiçek,R., 2003, Fen Öğretiminde Kavram Yanılgılarının Karakteristiklerinin Tanımlanması, *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13, 102-120.
- Yağbasan, R., Güneş, B., Özdemir, İ. E., Temiz, B. K., Gülçiçek, Ç., Kanlı, U., Ünsal, ,Y. ve Tunç, T., 2005, *Konu Alanı Ders Kitabı İnceleme Kılavuzu – Fizik*, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Yeşilyaprak, B., 2006, *Gelişim ve Öğrenme Psikolojisi*, Pegem A Yayınları, Ankara.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H., 2013, *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*, Seçkin Yayınevi, Ankara.
- YÖK/Dünya Bankası, 1997, *İlköğretim Fen Öğretimi, Milli Eğitimi Geliştirme Projesi Hizmet Öncesi Öğretmen Eğitimi*, Ankara.
- Yurdakul, B., 2005, *Yapılandırmacılık Eğitimde Yeni Yönelimler*, Pegem A Yayıncılık, Ankara.

## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Natali MUNK-JAKOBSEN
Doğum Yeri	İstanbul
Doğum Tarihi	14.05.1988
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	-
E-Posta Adresi	natalidanaciyen@gmail.com
Web Adresi	-



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Fizik
Mezuniyet Yılı	2009

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Fizik
Programı	Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği

Makale ve Bildiriler	
Danacıyan, Natali, Gürel, Z. ve Kartal, S. , 2014, Lisans Öğrencilerinin Parçacık Fiziği Konusundaki Kavram Yanılgılarının Belirlenmesi, <i>Türk Fizik Derneği 31. Uluslararası Fizik Kongresi</i> , Sözlü Bildiri, 21-24.07.2014, Bodrum.	