T.C.

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

FİZİK EĞİTİMİ

LİSE ÖĞRENCİLERİNİN FOTOELEKTRİK VE COMPTON OLAYLARINA İLİŞKİN FİKİRLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİZEM DOKUZFİDAN

BALIKESİR, HAZİRAN – 2019

T.C.

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

FİZİK EĞİTİMİ

LİSE ÖĞRENCİLERİNİN FOTOELEKTRİK VE COMPTON OLAYLARINA İLİŞKİN FİKİRLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİZEM DOKUZFİDAN

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. R. Suat IŞILDAK (Tez Danışmanı)**

Prof. Dr. Kemal YÜRÜMEZOĞLU

Doç. Dr. H. Asuman KÜÇÜKÖZER

BALIKESİR, HAZİRAN - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Gizem Dokuzfidan tarafından hazırlanan "**LİSE ÖĞRENCİLERİNİN FOTOELEKTRİK VE COMPTON OLAYLARINA İLİŞKİN FİKİRLERİ**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 14.06.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Eğitimi Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Danışman Prof. Dr. R. Suat IŞILDAK	.....
Üye Prof. Dr. Kemal YÜRÜMEZOĞLU	.....
Üye Doç. Dr. H. Asuman KÜÇÜKÖZER	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR .....

ÖZET

LİSE ÖĞRENCİLERİNİN FOTOELEKTRİK VE COMPTON OLAYLARINA İLİŞKİN FİKİRLERİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GİZEM DOKUZFİDAN
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FİZİK EĞİTİMİ
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. R. SUAT IŞILDAK)
(EŞ DANIŞMAN: PROF. DR. HÜSEYİN KÜÇÜKÖZER)

BALIKESİR, HAZİRAN-2019

Bu araştırmanın amacı lise öğrencilerinin fotoelektrik ve Compton olaylarına ilişkin fikirlerini ortaya çıkarmaktır. Bu çalışma Balıkesir il merkezinde bulunan on ortaöğretim okulunun 12. Sınıfında öğrenim gören toplam 485 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Öğrencilere fotoelektrik olay ve compton saçılması konuları ile ilgili öğretim öncesi ve sonrasında kavramsal anlama testi uygulanmıştır.

Kavramsal anlama testinden elde edilen verilerin analizi nitel veri analizi yöntemlerinden betimsel analizle yapılmıştır. Öğretim öncesi yapılan testte öğrencilerin fotoelektrik olay ve compton saçılması konularında birçok alternatif kavrama sahip olduğu görülmüştür. Bu alternatif kavramların bazıları literatürde yer alırken, bilindiği kadarıyla literatürde olmayan birçok alternatif kavram ortaya çıkarılmıştır. Öğretim sonrasında ise öğrencilerin az bir kısmının bilimsel kabul edilebilir kavramlara sahip olduğu görülürken, büyük bir kısmının alternatif kavramlara sahip olduğu görülmüştür. Öğretim programının literatürde yer alan alternatif kavramları dikkate almaması ve müfredattaki konulara kavramsal düzeyde yeteri kadar zaman vermemesi sebebiyle öğrencilerin alternatif kavramların çoğunun öğretim sonrasında da öğrencilerde devam ettiği görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Modern Fizik, Fotoelektrik Olay, Compton Olayı, Kavramsal Anlama, Lise Öğrencileri.

ABSTRACT

HIGH SCHOOL STUDENTS' IDEAS ABOUT PHOTOELECTRIC AND COMPTON PHENOMENA
MSC THESIS
GİZEM DOKUZFİDAN
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
SECONDARY SCIENCE AND MATHEMATICS EDUCATION
PHYSICS EDUCATION
(SUPERVISOR: PROF. DR. R. SUAT IŞILDAK)
(CO-SUPERVISOR: PROF. DR. HÜSEYİN KÜÇÜKÖZER)

BALIKESİR, JUNE-2019

The aim of this study is to reveal the ideas of high school students regarding photoelectric and compton phenomena. This study has been carried out with a total of 485 students studying in 12th grade of ten high schools at Balıkesir which is are at the Turkey's western city in 2016-2017 educational period. A cognitive understanding test has been put into practice both the beginig and the ending instruction about photoelectric and compton phenomena.

The analysis of data which is obtained from those cognitive test has done descriptive analysis. In the test which is carried out before tuition has been observed that students has many alternative conceptions regarding photoelectric and compton phenomena subjects. As far as is known a myriad of alternative concepts that most of them are not in literature has been brought out, while same of these alternative concepts still take part in literature. While small portion students who have concepts that acceptable as scientific, the majority of whom have alternative concepts has been observed after tution. It has also been observed that most the alternative concepts of the students have continuedamong them after tution on account of concepts in literature and of course not give enough time to the subjects at conceptual level.

KEYWORDS: Modern Physics, Photoelectric Effect, Compton Phenomena, High School Students.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
İÇİNDEKİLER ..... **iii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **v**
TABLO LİSTESİ ..... **vi**
ÖNSÖZ ..... **vii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Problem Durumu 1
1.2 Problem Cümlesi 5
1.3 Araştırmanın Amacı 6
1.4 Araştırmanın Önemi 6
1.5 Sayıltılar 7
1.6 Sınırlılıklar 7
2. LİTERATÜR TARAMA **9**
2.1 Yapılandırmacı Öğrenme Kuramı 9
2.2 Kavram ve Özellikleri 11
2.3 Alternatif Kavramlar 12
2.4 Kavramsal Değişim 14
2.5 Kuantum Fiziği Kavramlarına İlişkin Yapılmış Çalışmalar 16
3. YÖNTEM **24**
3.1 Araştırma Modeli 24
3.2 Örneklemin Seçimi ve Özellikleri 25
3.3 Verilerin Toplanması 25
3.4 Verilerin Analizi 27
3.5 Ortaöğretim 12. Sınıflarda Gerçekleştirilen Öğretim 31
4. BULGULAR VE YORUM **34**
4.1 Birinci Alt Probleme Ait Bulgular 34
4.1.1 Soru 1 34
4.1.2 Soru 2 40
4.1.3 Soru 3 42
4.1.4 Soru 4 45
4.1.5 Soru 5 49
4.1.6 Soru 6 54
4.1.7 Soru 7 58
4.1.7 Soru 7 a 58
4.1.7 Soru 7 b 64
4.2 İkinci Alt Probleme Ait Bulgular 71
4.2.1 Soru 8 71
4.2.2 Soru 10 74
4.3 Üçüncü Alt Probleme Ait Bulgular 80
4.3.1 Soru 9 80
4.3.2 Soru 11 84
4.4 Dördüncü Alt Probleme Ait Bulgular 92
4.4.1 Soru 12 92
5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER **95**

5.1 Sonuç ve Tartışma 95
5.1.1 Çalışmada Belirlenen Alternatif Kavramlar 97
5.1.2 Öğrencilerin Fikirlerindeki Değişimler 101
5.2 Öneriler.....107
6. KAYNAKLAR.....110
7. EKLER.....118
7.1 EK A: Milli Eğitim Müdürlüğü'nden Alınan İzin.....118
7.2 EK B: Uygulanan Anket.....119

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Deney düzeneğinin şekli. 29
Şekil 3.2: Altıncı soruya ait şekil. 30
Şekil 3.3: Öğrenci grafiği örneği. 30
Şekil 3.4: Soru 1 ön bilgi. 34
Şekil 4.1: Kavramsal anlama testi 1. Soru. 35
Şekil 4.2: Kavramsal anlama testi 2. Soru. 40
Şekil 4.3: Kavramsal anlama testi 3. Soru. 43
Şekil 4.4: Kavramsal anlama testi 4. Soru. 46
Şekil 4.5: Kavramsal anlama testi 5. Soru. 49
Şekil 4.6: Kavramsal anlama testi 6. Soru. 54
Şekil 4.7: Kavramsal anlama testi soru 7a. 59
Şekil 4.8: Soru 7a tam doğru grafiği. 59
Şekil 4.9: Öğrenci grafiği örneği 2. 61
Şekil 4.10: Öğrenci grafiği örneği 3. 61
Şekil 4.11: Öğrenci grafiği örneği 4. 62
Şekil 4.12: Öğrenci grafiği örneği 5. 62
Şekil 4.13: Öğrenci grafiği örneği 6. 63
Şekil 4.14: Öğrenci grafiği örneği 7. 64
Şekil 4.15: Kavramsal anlama testi soru 7b. 65
Şekil 4.16: Soru 7b tam doğru grafiği 65
Şekil 4.17: Öğrenci grafiği örneği 8. 67
Şekil 4.18: Öğrenci grafiği örneği 9. 67
Şekil 4.19: Öğrenci grafiği örneği 10. 68
Şekil 4.20: Öğrenci grafiği örneği 11. 68
Şekil 4.21: Öğrenci grafiği örneği 12. 69
Şekil 4.22: Öğrenci grafiği örneği 13. 70
Şekil 4.23: Kavramsal anlama testi 8. Soru. 71
Şekil 4.24: Kavramsal anlama testi 10. Soru. 74
Şekil 4.25: Kavramsal anlama testi 9. Soru. 80
Şekil 4.26: Kavramsal anlama testi 11. Soru. 85
Şekil 4.27: Kavramsal anlama testi 12. Soru. 92

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: 12. Sınıf fotoelektrik ve Compton olaylarına ait kazanımlar.....33
Tablo 4.1: Soru 1'den elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.....37
Tablo 4.3: Soru 3'ten elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.....44
Tablo 4.4: Soru 4'ten elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.....47
Tablo 4.5: Soru 5'den elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.....50
Tablo 4.6: Soru 5 E_k için elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri. 52
Tablo 4.7: Soru 6'dan elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.....56
Tablo 4.8: Soru7a'dan elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri. 60
Tablo 4.9: Soru 7b için elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.....66
Tablo 4.10: Soru 8'den elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.....72
Tablo 4.11: Soru10'dan (çizim) elde edilen bulgular. 75
Tablo 4.12: Soru10'dan (açıklama) elde edilen bulgular.....78
Tablo 4.13: Soru 9'dan elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.....82
Tablo 4.14: Soru11'den elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.....86
Tablo 4.15: Soru11'den elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.....89
Tablo 4.16: Soru 12'den elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.....93

ÖNSÖZ

Öncelikle yüksek lisans tezime başlamadan önce benimle çalışmayı kabul eden ve tez çalışmam boyunca engin bilgilerini unutulmaz yardımlarını ve güler yüzünü benden bir an olsun eksik etmeyen; çalışmamın her aşamasında bana rehber olan saygıdeğer danışman hocam; Prof. Dr. R. Suat IŞILDAK'a,

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde kıymetli görüş ve bilgileri ile ufkumu geliştiren, ne zaman danışsam sabırla bana katkıda bulunan, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı önemini asla unutmayacağım değerli eş danışman hocam; Prof. Dr. Hüseyin KÜÇÜKÖZER'e,

Yüksek lisans öğrenimimde ders alma şansı bulduğum, tezimle ilgili çalışmamda çok önemli önerilerde bulunarak çalışmamın gelişmesine katkı sağlayan sayın hocam Doç. Dr. H. Asuman KÜÇÜKÖZER'e

Tez çalışmam boyunca yardımlarını ve manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen kadim dostlarım, Nejdet MADANOĞLU'na, Büşra KARADUMAN'a Kübra BEĞEN'e, Gülçin KABA'ya, sayın Recep SOYSALBAŞ'a ve Arife ATİK'e, bana verdiği moral ve motivasyonla özellikle Duygu BALCI'ya,

Başarılı olmamı gönülden isteyen ve başarılı olduğumu düşündüklerinde mutluluk duyan, eşimle benim ailelerimize, kardeşlerime,

Ve Canımın içi, güzel görüp güzel düşünmesiyle her şeyi mükemmele çeviren, desteğini her koşulda fazlasıyla hissettiren, bu süreçte yaşadığım tüm zorlukların kolaylaştırıcısı olan, inancımı her zaman ayakta tutarak beni yüreklendiren benimle birlikte bir tez de kendisi yazan hayat arkadaşım olmasından onur duyduğum biricik eşim Emre DOKUZFİDAN'a;

En içten duygularımla teşekkürlerimi sunuyorum.

Balıkesir, 2019 Gizem DOKUZFİDAN

1. GİRİŞ

Bu kısımda araştırmanın problem durumuna, amacına, önemine, sayıltılarına, sınırlılıklarına ve tanımlara yer verilmiştir.

1.1 Problem Durumu

Bilimin son yüzyıldaki hızlı gelişimi, teknolojik uygulamalarıyla birlikte yaşam koşullarını değiştirirken doğada yer alan dünyaya bakış açısını da şekillendirmektedir. Bilim ve teknolojinin toplumu yapıcı yönde etkilemesi kültürlere nitelik kazandırmak açısından önemlidir. Bu bağlamda eğitim alanında bireylere işbirliğine dayalı hareket edebilme, problemleri yorumlama, öngörebilme, istikrarlı olma ve yeni bilgiyi keşfetme güdüsünü amaçlayan yeni öğrenme ve öğretim modelleri ortaya konulmuştur. Geliştirilen bu modeller bilgiyi doğrudan aktarmak yerine süreç odaklı, bireysel farklılıklara yer vererek, öğrencinin daha aktif olduğu ve bilgiyi kendisinin yapılandırdığı şekilde kazanım temelli olarak hazırlanmıştır. Bu yönde farklı sınıf düzeyleri arasında geçmiş öğrenmelerle ilişkili konuların tekrar edildiği ve tek seferde kalıcı öğrenmenin hedeflendiği kazanımlar bulunmakla beraber amaçlanan hedeflerin günlük yaşantılarla anlamlı ilişkiler içerisinde olduğu belirtilmektedir. Eğitim öğretim programındaki sınırların ortaya konulması, farklı eğitim basamaklarındaki değerlerin belirlenmesi ve üst biliş becerilerin geliştirilmesi çerçevesinde bütüncül bir öğrenme öğretim yaklaşımı meydana getirilmiştir (MEB, 2018).

Fen alanı, insan doğasına yardım sağlayabilecek tüm bilimsel fonksiyonları belirlenen hedefler doğrultusunda ortaya çıkaran bilimsel ürünler bütünüdür. Öğretim sürecinde fen bilimlerinin amaçları şu şekilde sıralanabilir;

- Fen biliminde öğrenciye kavramları detaylı düşünebilme, olayları analiz ve sentez yapabilme becerisini geliştirmeyi sağlamak.

- Öğrenciye evrendeki olayları anlama, fiziksel çevreyi tanıma, sorgulayabilme, deney ve gözlemlere dayandırma, öngörebilme imkanı sağlamak.
- Fen Biliminde öğrencinin problemleri çözerken bilimsel basamakları kullanarak ortaklaşa üretme, aracılık etme, birbirine bağımlı çalışmalar yapma ve sosyal etkilerini genişletme imkanı sağlamak.
- Fen ve teknolojinin toplum üzerindeki etkileri hakkında fikir sahibi olmayı, teknolojik gelişmelerin sürekliliğini amaç edinmeyi sağlamak.

Temelde sorgulayıcı, deney gözlem ve somut kanıtlarla güçlendirilen, dünya görüşüyle biçimlenebilen, kavram ve olayların bilimsel yöntemler yoluyla geliştirilmesi ve kalıcı öğrenmenin gerçekleştirilmesi fen öğretiminin başlıca hedeflerindendir (Gezer, Köse ve Sürücü, 1999, akt. Gülçiçek, Yağıbasan, 2003).

Fen öğretiminde öğrenmenin birbiriyle ilişkili basamaklardan oluşması önemlidir. Yeni bilginin temeli atılırken bilinen kavramların geliştirilmesi öğretim sürecinde bilgiyi somut hale getirmeye yarar sağlar.

Bilgi zihinlerde üst biliş becerisi ile yapılanır ve anlamlı hale gelir. Çocuklar merak duygusu ve keşfetme güdüsüyle doludurlar. Bu duygu ve güdüler eğitimciler rehberliğinde işlenebilirler. Fen öğretmenleri kavramların doğru şekilde yapılanmasında; öğrencinin bilişsel gelişim sürecine uygun hareket ederek, doğal yaşamla olan etkileşimini özümlemesini sağlayarak, gözlem ve deney yaptırmak koşuluyla öğrenciye ışık tutmaktadır (Soylu ve İbiş, 1999, akt. Gülçiçek, Yağıbasan 2003).

Fizik, diğer pozitif bilimlerde olduğu gibi insanlığın temel ihtiyaçlarından ve bununla beraber evrenin gizemine yolculuk etme dürtüsünden ortaya çıkmaktadır. Toplumlar var olduğundan beri daha iyi yaşam koşulları arayıp aynı zamanda çevresini gözlemleyip doğa üzerinde gerçekleşen olayları insanlığın yararı için kullanmaya çalışmaktadırlar. Bu düşünceyle oluşan fizik; madde, yer, zaman ve enerji arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Fizik biliminin alt dallarının oluşması ve gelişmesi teknolojinin ilerlemesine büyük katkı sağlamıştır. Yaşamı anlamak adına atılan ilerlemeci adımlar klasik fizik ve modern fizik ayrımını da birlikte getirmiştir. Yapılan araştırmalarda klasik fiziğin açıklayamadığı durumların oluşması modern

fiziğe geçişe imkan vermiştir. Modern fizik atom ve atom altı parçacıklardan oluşan dünyayı ayrıca ışık hızına yakın hızlarda hareket eden cisimlerin hareket ve davranışlarını açıklamaya çalışmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmaların ilerlemesiyle modern fiziğin alt alanlarından olan kuantum fiziği de hem araştırmalarda hem de günümüzde eğitim öğretimde yerini almıştır. Kuantum fiziği diğer klasik fizik konularına göre daha soyut kavramlar içermektedir. Bu bağlamda öğretim sürecinde bilgilerin zihinde bilimsel olarak doğru kabul edilen şekilde ve kalıcı olarak yapılandırılabilmesi için uygun öğretim yöntemlerinin ve etkinliklerin kullanılması gereklidir. Aksi takdirde öğrenci yeni bilgiyi zihninde doğru bir şekilde yapılandıramaz ve bu durum sonraki öğrenmeleri de olumsuz etkiler (Didiş, Özcan ve Abak, 2008; Yıldırım, 2008).

Piaget'e göre, zihin ile yaşantı çevresi arasında bir etkileşim vardır (Boeree, 2006). Öğrenci kavramları yaptığı gözlemler, edindiği tecrübeler, inançları, yetenekleri doğrultusunda kendi anlayışını bunların bütünlüğünden oluşturarak zihninde kabul eder (Gunstone, 1994, akt. Slauson, 2008: sf. 14). Osborne ve Wittrock (1983) öğrencilerin zihinlerinde getirdikleri bu kavramlar ile ilgili araştırmaları incelemiştir ve kısaca "çocuklar kendi dünyaları hakkında fikirler geliştirir, kullanılan kelimeler için anlamlar geliştirir. Bilimsel kavramlara açıklamalar bulmak için stratejiler geliştirir" şeklinde ifade etmiştir. Yaşantılar ya da bilimsel olaylar hakkında yürüttükleri bu fikirleri diğer bazı bilim insanları ise Osborne ve Freyberg (1985) "çocuk bilimi", Ausubel, Novak ve Hanesian (1978) "ön kavramlar" Resnick (1983) "iç güdüsel bilimsel düşünce (naive theories)", Clement (1982) "ilkel kavramlar (conceptual primitives)" Sutton (1980) "özel kavramlar (privite concepts)" Driver (1981) "alternatif kavramlar" şeklinde farklı olarak isimlendirmiştir. Bu kavramlar bilimsel olarak doğru kabul edilen anlamları ile uyuşmadığında çoğunlukla "kavram yanılgıları" olarak adlandırılmıştır (Nesher, 1987; akt. Sarwar, 2008).

Öğrencilerin fen sınıflarına gelirken sahip oldukları bu fikirler farklı araştırmacıların süzgecinden geçtiği için farklı şekillerde adlandırılmıştır. Bunlar arasında klasik görüşü destekleyen fen eğitimcileri bilimsel kavramlardan farklı düşünce formlarını ifade etmek için kavram yanılgıları terimini tercih etmektedirler. Alternatif kavramlar terimi ise öğrencinin kendi yaşantılarından yola çıkarak

zihninde kendisinin biçimlendirip yapılandırması olarak tanımlanmaktadır (Mutimucuio, 1998; akt. Küçüközer, 2004). Bilimsel içerikli kavramların öğretim sürecinden geçmeden oluşamayacağı düşünülmektedir. Bu çalışma kapsamında öğrencilerin öğretim öncesinde sahip olduğu fikirleri öğretim sürecinde nasıl yapılandırdığı incelendiğinden öğrencilerin öğretim öncesinde sahip olduğu fikirler, bu çerçevede bundan sonraki kısımlarda öğretim öncesinde de sonrasında da alternatif kavramlar terimi olarak kullanılmaya devam edilecektir.

Hammer (1996) "alternatif kavramların" özelliklerini aşağıdaki gibi açıklamaktadır (akt. Sarwar, 2008).

1. Alternatif kavramların çoğu insanda rastlanabilir nitelikte olup aynı zamanda direnç gösterirler. Bu kavramların temeli önceki öğrenmelere ya da günlük yaşantılara dayanabilir ve çoğu zaman geleneksel metodlarla değiştirilmesi oldukça zordur.

2. Öğrenci geliştirdiği bu anlayışı kendince güçlü sebeplerle savunur. Bilimsel olarak doğru kabul edilen kavramdan farklı bir görüş içinde olup ikna olmazsa kendi bildiklerinden vazgeçmez.

3. Öğrenciler yeni durumları ya da olayları gözlemlerken daha önceden tanımladığı kavramlar ile ilişkilendirerek yeni kavramları oluştururlar. Bu durumda öğrenci tanımladığı kavram hakkında alternatif kavramlara sahip ise yeni kavramların zihinde yerleştirilmesi de yüksek olasılıkla doğru şekilde olmayacaktır ve olumsuz sonuçlar yaratacaktır.

4. Kavramsal değişimde hedeflenen amaç alternatif kavramların bilimsel bilgiye doğru yapılanmasıdır. Fen eğitiminde birtakım kazanımların öğretiminde uygulanan öğretim yöntemleri bu amaca ulaşamamaktadır.

Fen eğitiminde gerçekleştirilen araştırmaların bulguları, öğrencilerin bazı alternatif kavramlarının olduğunu, yapılan öğretim süreci sonrasında da bu görüşlerin sürdürülebildiğini açıklamaktadır. Araştırma sonuçları bu kavramların öğrencilerin daha sonraki dönemlerde yeni bilginin yapılandırılmasında sorunlarla karşılaşmalarına sebep olduğu görülmekte olup bu durumda öğrencilerin var olan alternatif kavramlarının öğretim süreci sonunda bilimsel görüşlere doğru

yapılanabilmesi için fen öğretmenlerinin bu gelişimi destekleyici özel öğretim kuramlarını uygulamasının önemini belirtmektedir (Küçüközer, 2004).

Formal fen derslerinde öğrenme süreci üzerinde durulması ve incelenmesi kavramsal değişimin beklendik şekilde ilerlemesine aynı zamanda öğretim yapılırken öğrenci bilişlerinin değişim sürecinde varsa ya da oluşan alternatif kavramların giderilmesine yardım sağlayacaktır.

Bu çalışmadaki fotoelektrik olay ve Compton saçılması konuları modern fiziğin içine dahil olmakla birlikte öğrencilerin karşısına lise düzeyindeki eğitimde hatta üniversitede çıkmaktadır. 12. sınıf müfredatında yer alsa da bu kavramların temelini oluşturan ışığın madde ile etkileşimi konusuyla öğrenciler ilk defa ortaokulda karşılaşmaktalar. Bu konuların içeriğinde soyut kavramlar barındırmasıyla birlikte bilimsel olarak doğru kabul edilen şekilde zihinlerde yapılanması gerekmektedir. Kavramların öğreniminin anlamlı ve kalıcı olması için öğrencilerin ön bilgileri belirlenmelidir. Sahip oldukları alternatif kavramlar varsa ortaya çıkarılmalı ve bilimsel olarak doğru kabul edilen bilgiye doğru yapılanabilmesi için öğrencilerin yeni kavramları kendilerinin keşfetmelerini sağlayacak uygun yöntemler kullanılması ve etkinlikler yapılması kavramsal değişim için oldukça önemlidir. Fotoelektrik olay ve Compton saçılması kavramlarına ilişkin lise öğrencileri ile ülkemizde yapılan çalışmalar sınırlıdır. Lise öğrencilerinin bu durumlar hakkındaki alternatif kavramlarının ortaya çıkartılıp kavramsal değişimini sağlamak ve bunlara uygun öğretim yöntemlerinin geliştirilmesine referans olmak adına bu konularda yapılan çalışmaların sayısının arttırılması ve literatürümüzdeki yerinin genişletilmesi büyük gerekliliktir. Bu çalışmada "12.sınıf Modern Fizik" ünitesinin içerisinde yer alan fotoelektrik olay ve Compton saçılması konuları hakkında lise öğrencilerinin fikirleri detaylı şekilde incelenmiş ve bu konularla ilgili alternatif kavramlara sahip olup olmadıkları araştırılmıştır.

1.2 Problem Cümlesi

Lise öğrencilerinin fizik dersi müfredatında yer alan fotoelektrik olay ve Compton saçılmasına ilişkin öğretim öncesi ve sonrasında fikirleri nedir?

Bu temel probleme bağlı olarak aşağıdaki alt problemlere yanıt aranmıştır.

1. Lise öğrencilerinin öğretim öncesi ve sonrasında fotoelektrik olay konusu ile ilgili fikirleri nedir?

2. Lise öğrencilerinin öğretim öncesi ve sonrasında Compton saçılması konusu ile ilgili fikirleri nedir?

3. Lise öğrencilerinin fotoelektrik olay ve compton saçılması farkı ile ilgili fikirleri nelerdir?

4. Lise öğrencilerinin öğretim öncesi ve sonrasında modern fizik ile ilgili fikirleri nelerdir?

1.3 Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı lise öğrencilerinin fotoelektrik ve Compton olaylarına ilişkin fikirlerini ortaya çıkarmaktır.

1.4 Araştırmanın Önemi

Son yıllarda yapılan araştırmalarda fen eğitiminde süreç odaklı öğrenme teorileri üzerinde durulmuştur. Bu araştırma sonuçlarında öğrencilerin öğretim öncesi ve sonrası zihinlerinde oluşturdukları kavramların takip edilmesi kavramsal değişimin, bilimsel bilgiyle çelişkili olan kavramların ortaya çıkarılması ve giderilmesi açısından önemli olduğu vurgulanmaktadır. Araştırma sonuçlarında bu çelişkili kavramların yeni öğrenmeleri de yüksek ihtimalle etkileyeceği ve geleneksel yöntemler kullanarak umulan kavramsal değişimin oldukça zor olduğu belirtilmektedir. Ayrıca Fen derslerinde karşılaşılan bazı konuların diğer fen konularına göre daha soyut kavramlar içermesi konuların anlaşılmasında öğrencilere zorluk yaşattığı vurgulanmaktadır. Bu bağlamda bilimsel olarak doğru kabul edilen kavrama doğru değişim sağlanması için bilişsel yapıya ve hedeflere uygun günlük

yaşantılarla ilişkili etkinlikler uygulanıp öğrenicinin yeni bilgiyi kendisinin yapılandıracağı yöntemlere yer verilmelidir (Fletcher, 1997).

Anlamlı ve kalıcı öğrenme için bilgiyi öğrencinin kendisinin yapılandırması, öğretmenin öğretim sürecini takip etmesi büyük önem taşır. Var olan ön bilgiler öğrenme süreciyle etkileşim yaşayabileceğinden dolayı mutlaka kontrol edilmeli uygulanacak etkinlikler buna göre düzenlenmelidir (Bodner, 1986).

Ülkemizde kavramsal değişim, öğretim sürecine odaklanma ve öğrencinin pasif rolde olmaması esasına dayalı yapılan çalışmalar yeni olmasıyla birlikte bu alanda yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Bu araştırmadan sağlanacak bulgular 12. Sınıf öğrencilerinin fizik dersi müfredatında yer alan fotoelektrik olay ve Compton saçılması konularına ilişkin kazanımların edinilip edimilmediğini tespit edilerek bu alanda yapılabilecek çalışmalara ışık tutabileceği düşünülmektedir.

1.5 Sayıltılar

- Uygulanan kavramsal anlama testi öğrencilerin konularla ilgili fikirlerini ortaya çıkarmada yeterlidir.
- Öğrencilerin çalışma süresince uygulana soruları samimiyetle yanıtladıkları varsayılmıştır.
- Bu araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının ölçülmek istenilen nitelikleri doğru şekilde ölçtükleri varsayılmıştır.

1.6 Sınırlılıklar

- Bu araştırma 2016-2017 öğretim yılında Balıkesir il merkezindeki on farklı lisede 12. Sınıfta okuyan 485 öğrenci ile,
- Veri toplama aracı olarak açık uçlu sorulardan oluşan kavramsal anlama testi ile verilerin analizi ise içerik analizi ile sınırlı tutulmuştur.

- Araştırma; 12. Sınıf fizik dersi “Modern Fizik” ünitesinde yer alan “fotoelektrik olay” ve “Compton saçılması” konularını kapsamaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMA

Çalışmanın bu kısmında yapılandırmacı öğrenme kuramı, kavram ve özellikleri, alternatif kavramlar, kavramsal değişim ve kuantum fiziği kavramlarına ilişkin yapılmış çalışmalardan bahsedilmiştir.

2.1 Yapılandırmacı Öğrenme Kuramı

Öğrenmenin doğasına ilişkin uzun yıllardan bu yana çeşitli çalışmalar yapılmakta ve yeni kuramlar geliştirilmektedir. Senemoğlu (2009) öğrenmeyi kısaca yaşantı deneyimlerinden ortaya çıkan düşünce ve davranıştaki bir dereceye değin kalıcı değişme süreci olarak tanımlamaktadır. Öğrenmenin eğitim açısından oldukça önemli olması kalıcı ve anlamlı öğrenme için eğitim araştırmacılarını yeni yaklaşımlara yönlendirmiştir.

20. yüzyılın başlarında gelişmeye başlayan davranışçı kuram deneysel olarak kontrol edilebilen davranışlardaki değişimi incelemektedir. Davranışçılığa göre öğrenme gözle görülebilen davranış değişikliğinin oluşturulması olarak tanımlanmaktadır. Davranışçı kuram sonuca odaklanır ve önemli olan davranış değişikliğidir (Kural, 2015). Murphy (1997) Davranışçı kuramın zihni boş bir levha olarak kabul ettiğini belirtmektedir. Öğretmenler bilimsel bilgiyi doğrudan aktarırken öğrencilerden bu etkiye tepki vererek bu koşullanma sürecinde boş levhanın kendisinin emek göstererek doldurulması istenmektedir. Öğrenilecek davranışlar net olarak bellidir. Davranışçı kuram için yöneten kişi öğretmendir. Pasif rolde olan öğrencinin yüksek performans göstermesi gerekmektedir. Davranışçılık için gözle görülebilen davranış değişikliği meydana geldiğinde öğrenme tamamlanmıştır.

20. yüzyılın sonlarına doğru Davranışçı kuramdan bilgiyi işleme odaklı olan bilişsel öğrenme kuramına doğru geçiş yapılmıştır. Yapılandırmacı öğrenme Piaget'nin fikirleri temele alınarak "Biliş"i yapılandırma anlayışına dayalı olan bir kuramdır. Piaget'nin farklı bir yaklaşımla bilginin zihinsel işlemler yoluyla bilişsel yapılandırıldığını öne sürmektedir. Bilginin dış dünyada kişiden bağımsız şekilde

bulunmadığını, yaşantılara bağlı olarak sorular sorarak bilginin kişinin zihninde yapılandırılabildiğini öne sürmektedir (Senemoğlu, 2009). Bireyler yeni bir olguyla karşı karşıya geldiklerinde zihninde önceden öğrenilen bilgilerle ve yaşantı deneyimleriyle oluşturulmuş şemalar ile yorumlamaya çalışır. Buna özümleme (asimilasyon) de denir. Bireyin şemaları yeni durumu yorumlamaya yeterli olmazsa bu durumda şemaları yeniden düzenler. Piaget bunu uyum (yeniden inşa) olarak tanımlar. Yeniden düzenleme sonucu olguyu yorumlayabildiği durumda denge sağlanmaktadır (Slauson, 2008).

Yapılandırmacı öğrenme kuramında birey bilgiyi zihinsel işlem sürecinde kendisi yapılandırır. Bu anlayışıyla davranışçı kuramdan ayrı düşmektedir. Davranışçı kuramda bilgi doğrudan öğrenciye aktarılmaktadır. Ancak yapılandırmacı kuramda öğrencinin önceki öğrenmeleri ve yaşam deneyimleri doğrultusunda zihinsel aktiviteler tarafından bilgiler yapılandırılır. Bu sebeple ön bilgiler sonraki öğrenmeleri etkilemektedir. Ayrıca öğrenci bilgiyi yapılandırırken bulunduğu sosyal ortamdan da etkilenmektedir. Daha sonra bu durum Lev Vygotsky ile öğrenmenin sosyal yönü üzerinde durulup sosyal yapılandırmacılığın incelenmesini ve ön plana çıkmasını beraberinde getirmiştir. Sosyal yapılandırmacılıkta yine öğrencinin pasif rolde olmadığı bilgiyi kendisinin inşa ettiği ve ön bilgilerin yeni öğrenmeleri etkilediği vurgulanmaktadır. Ancak burada öğrenme kişinin bulunduğu sosyal ortamda gerçekleşmektedir. Bu nedenle Vygotsky kişinin bulunduğu sosyal ortamındaki akranlar, yetişkinler ve öğrencinin kendi bilişsel gelişimine odaklanmıştır (Sarwar, 2008). "İçselleştirme", "Yakınsal Gelişim Alanı", "destekleyici" kavramları kuramın temel kavramlarıdır (Yurdakul, 2015; Akt. Anıl, 2010: sf.17).

Psikolog Ernst von Glasersfeld tarafından Piaget'nin araştırmalarından esinlenerek ortaya konulan Radikal yapılandırmacı kuram bilgiyi tanıma ve bilme eylemi üzerinde durmuştur. Bilişsel ve sosyal yapılandırmacılık ile ortak yönler taşımakla birlikte radikal yapılandırmacı kuram bireyin algısı üzerine odaklanmakta olup önemli olan bireyin kendi yaşantılarına dayalı olarak bilgiyi algılaması ve yorumlamasıdır. Bilginin tek bir düşünce formunda olmadığı ve her bireyin kendi sosyal yaşantısına göre kişisellik taşıyacağını vurgulamaktadır (Kural, 2015).

Yapılandırmacı kuramın öğretim ve öğrenme sürecine ilişkin öngördüğü durumlar aşağıdaki gibidir (Çimen, 2010; Findlay, 2010; Küçüközer, 2004; Saluson, 2008; Saydam, 2009; Seyedmonir, 2000; Yuruk, 2005).

- Öğrenci zihinleri boş levha olarak görülmemelidir. Öğrenci öğretimden önce doğal dünyayla ilgili kendi anlayışıyla geliştirdiği ön bilgilere sahiptir. Yeni bilgi öğrenme yapılandırma sürecinde ön bilgilerle ilişkilendirilerek oluşturulur.
- Bilginin yapılanmasında öğrenci aktif roldedir. Yapılandırma süreci öğrencinin içinde bulunduğu sosyal çevresi ve kendi bilişiyle etkileşen bir bütündür.
- Öğrenciler bilgiyi pasif şekilde doğrudan aktarılarak almazlar. Aktif şekilde bilgi birikimine, potansiyeline bağlı olarak bilgiyi kendisi yapılandırır.
- Anlamlı ve kalıcı öğrenmeler için öğretim sürecinde bilgileri doğrudan açık şekilde sunmak yerine öğrencinin girişimci, sabırlı, daha seçici ve yapıcı olabilmelerini sağlayan, bilgiyi kendisinin keşfedeceği bilişsel gelişimine uygun etkinlikler yer almaktadır.
- Öğretmenlerin rolü öğretim ortamlarında bilgiyi doğruca aktarmak değil, öğrencinin bilgiyi kendisinin yapılandırma aşamasında rehberlik etmektir.
- Öğretmenlerin eğitim ya da öğretim ile ilgili kendine özgü anlayışları vardır ve bu özgün anlayışlar eğitim programlarının uygulamasına şekil vermektedir.

Maddelerde de belirtildiği gibi öğrencilerin önceki öğrenmeleri mutlaka kontrol edilmesi yeni kazanımların doğru şekilde oluşturulması ve öğrencilerin sahip olduğu kendi anlayışının ve varsa alternatif kavramların ortaya çıkarılması bakımından oldukça önemlidir.

2.2 Kavram ve Özellikleri

Yaşantıların anlamlı hale gelmesi, işitsel algılamaların doğru ifade edilmesi kullanılan kavramlarla sağlanır. Kavram; insan zihninde anlamlılık kazanan nesne ve olgusal gerçekliklerin değişebilen ortak özelliklerini yansıtan bilgilerin temsil edilme

şeklidir. Düşünceler kavramlar yoluyla zihinde yer alır ve gelişir (Ülgen, 2001, akt. Anıl, 2010). Literatürde yer alan farklı tanımlarda bulunmaktadır. Sarwar'e (2008) göre hafızanın doğasını açıklayan bilgi şemasıdır. Senemoğlu'na (2009) göre insanın düşünce üretmesine aracılık eden zihinsel ürünlerdir. Doğal dünyanın anlaşılabilmesine ve etkili iletişim kurmaya yardım eder. Benzer ya da farklı olguları, olayları gruplandıran anlamların tümüdür. Yeni kavramların oluşturulmasıyla devamlı ilerler ve gelişir.

Çevremizdeki doğayı ve gözlemlediğimiz olayları anlamayı ve ifade etmemizi sağlayan kavramların var oluşlarına özgü özellikleri vardır. Senemoğlu (2009: 511-514) kavramları dışa vurum şekli yönünden sözcüklerle ifade ve hem sözcükler hem de birleşik sözcüklerle ifade olarak iki şekilde belirtmiştir.

Kavramlar sözcüklerle dile getirilirler. Bu sözcükler toplumun kendisinin benimsediği ve oluşturduğu kavramların ifadesidir. Kavramlar sözcükler ve hem sözcükler hem de birleşik sözcüklerle dile getirilirler. Kavramları taşıyan sözcükler cümle içindeki ögelerine göre (isim, zarf, bağlaç gibi) grup oluşturabilirler. Gagne kavramları somut kavramlar ve soyut kavramlar şeklinde ikiye ayırmıştır. Somut kavramlar yaşantı deneyimleri ile öğrenilebilir. Fakat soyut kavramların öğrenilmesi için çoğu zaman formal bir eğitime ihtiyaç vardır.

2.3 Alternatif Kavramlar

Öğrenciler formal öğretime başlamadan önce yaşantı çevresinden edindikleri alternatif kavramlara sahiptirler. Bunlar öğrencilerin zihinlerinde bilimsel düşünceden farklı olan kavramlardır. Gülçiçek ve Yağıbasan (2003) "alternatif kavramları; bir kişinin bir kavramı algıladığı durumun, ortaklaşa kabul edilen bilimsel anlamından önemli derecede farklılık göstermesi şeklinde ifade etmesidir" şeklinde tanımlamaktadır. Ecevit ve Şimşek (2017) Öğrencinin yeni kavramları önceden yapılandırılmış kavramlarla ilişkilendirerek zihninde yapılandırdığını belirtmektedir. Öğrenciler önceki yapılandırdığı ve yeni yapılandırabileceği kavramları kendi bilişine özgü şekilde düzenler ve önceden yapılandırılan kavramlar ile yeni kavramlar arasında ilişki kurduklarını düşünmektedir. Her öğretim

kademesinden öğrenci alternatif kavramlara sahip olabilir ve bu hayat boyu sürebilmektedir. Öğrenciler sahip oldukları alternatif kavramlarla yeni bilgileri bir araya getirip kendi anlayışına göre açıklama getirdiklerinde bu durum anlamlı ve kalıcı öğrenmeyi engeller ve yeni kavramlar doğru şekilde yapılanamaz. Bunun için öğrenme ortamlarında öğrencilerin ön bilgileri mutlaka kontrol edilmesi alternatif kavramların tespit edilmesine yarar sağlayacağını vurgulamaktadır. Alternatif kavramların tespit edilmesi kadar nedenleri üzerinde durmak da oldukça önemlidir.

Chi (1992) alternatif kavramların oluşma nedenlerini aşağıda belirtmektedir (akt. Ecevit ve Özdemir, Şimşek, 2017).

- Birey çocukluktan itibaren yaşantı çevresiyle ilişki içerisinde olarak ve kendi gözlem ve anlayışıyla oluşturdukları alternatif kavramlara sahip olabilir.
- Günlük yaşantıda kullanılan bir sözcüğün bilimsel anlamda farklı bir anlamı ifade ediyor olması alternatif kavramlara sebep olabilir.
- Eğitim-öğretim sürecinde anlamlı ve kalıcı öğrenmeye dayalı yöntem ve etkinliklerin kullanılmaması alternatif kavramların oluşmasına neden olabilir.
- Öğretim sürecinde yer alan konular ve kavramlar ile günlük yaşantılar arasında bağlantı kurulmaması alternatif kavramlar oluşturabilir.

Literatüre bakıldığında alternatif kavramların oluşmasında Keser (2007) eğitim öğretimde ezbere dayalı geleneksel öğrenme anlayışının alternatif kavramların giderilmesine yeterli olmadığını ifade etmektedir. Bu bağlamda öğretmenlerin öğretim sürecinde öğrencinin aktif rolde bulunduğu öğrenme yaklaşımlarına yer vermesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Duman ve Avcı (2014) ise fen alanında yapılan çalışmalarda öğretmen adaylarının çeşitli konu ve kavramlarda alternatif kavramların olduğunu belirtmektedir. Öğretmen adaylarının sahip oldukları alternatif kavramlar öğrencilerin anlamlı öğrenmelerine olumsuz yansımakta ve alternatif kavramlar oluşturmalarının sebeplerinden başka bir tanesi olmaktadır. Bu alternatif kavramların belirlenmesine ve giderilmesine yönelik gerekli çalışmaların yapılması oldukça önemlidir.

Literatürde alternatif kavramların giderilmesine ilişkin bazı öneriler aşağıda verilmiştir (akt. Baysen, Güneyli ve Baysen, 2012).

Driver, Guesne, ve Tibergihen (1998: sf.200) anlamlı öğrenme ve sahip olunan alternatif kavramlar varsa giderilmesi için yeni konuya başlamadan önce öğrencilerin ön bilgilerini kontrol etmek ve varsa alternatif kavramlarını ortaya çıkarmak amaçlı bir ön test uygulamanın yarar sağlayacağını vurgulamaktadır. Baysen (2003: sf.128) ise öğrencinin konuyla ilgili alternatif kavramlarının olduğuna ikna edilebilmesi için ilgi çekici olaylarla alternatif fikirler anında dönüt ile karşılaştırılmalıdır. Ayrıca öğrencilere sorgulayıcı tartışma ortamı oluşturmak çelişkili düşüncelerinin birbirlerinden etkilenip değişebilmesine olanak sağlar. Yine ayrıca öğrencilerin "doğru cevabı bulma" psikolojisinden farklı şekilde kendi zihinsel şemalarını kendi anlayışına göre yapılandırmalarına olanak sağlamak öğrenciyi eninde sonunda bilimsel bilgiye götürebilir. Toparlanacak olursa öğrencilerin öğrenme sürecinde yapılandırmacı yaklaşımların temel alınması gerektiği oldukça önemlidir.

2.4 Kavramsal Değişim

Kavramsal değişim terimini var olan alternatif kavramların (bilimsel olmayan bilgi) bilimsel kabul edilen düşünceye doğru değişim süreci olarak tanımlayan Seyedmonir (2000) alternatif kavramların bilimsel düşünceye doğru gelişimi yeni bir öğrenme yaklaşımını da ifade eden bir süreç olduğunu belirtmektedir. Bu öğrenme yaklaşımı Piaget'in özümleme, düzenleme ve dengeleme olgularına dayanmaktadır.

Özümleme; yeni kavramları oluşturmak için kendisinde var olan kavramlardan faydalanmayı başka bir ifadeyle; yeni olguyu önceden var olan bilişsel yapı sınırları içine alma sürecini temsil etmektedir. Önceden öğrenilmiş kavramlar yeni bir durumu açıklamakta yeterli olmadığında öğrencinin bu kavramları yeniden bilişsel süzgeçten geçirmesi düzenleme olarak açıklanmaktadır. Bu yeniden düzenleme öğrenmeye eşdeğer olarak düşünülmektedir. Yeniden düzenleme ve özümleme etkileşim durumunda olursa öğrenme ve gelişme mümkün olur. Dengeleme ise birey yeni karşılaştığı olguyu önceden var olan bilişsel yapılarla (şemalarla) yorumlamaya çalışır. Yorumlamanın yetersiz olduğu durumda çevreye uyum sağlayarak dengeye ulaşması süreci olarak tanımlanmaktadır. Piaget bilişsel

gelişimin temelini dengeleme kavramının temsil ettiğini belirtmektedir. Öğrenme genellikle denge dinamiğinin bozulup, yeniden daha gelişmiş olarak yapılanmasına bağlıdır. Dengeleme sürecini aktif tutmak için özümleme ve düzenleme etkinliklerinin doğru şekilde yapılması gerekir. Öğrencilerin bilişsel düzeylerine uygun olan kavramlara yer verilmesi kavramsal değişim sürecinde öğrenme güdülerinin artmasını sağlamaktadır (Senemoğlu, 2009).

Aydın ve Balım(2013) anlamlı ve kalıcı öğrenmeler için konularda yer alan kavramların birbiriyle ilişkili basamaklardan oluşması gerektiğini ifade etmektedir. Bu bağlamda öğrencilerin zihinlerinde kavramların bilimsel olarak doğru kabul edilen şekilde yapılanması için kavramsal değişim stratejilerine uygun etkinliklere yer verilmesi ve hazırlanacak olan öğretim programının bu stratejilere yönelik etkinlikler içermesi gerektiğini düşünmektedir. Fen öğretmenlerinin kavramsal değişim stratejilerine dayalı etkinliklerle öğretim sürecini paralel ilerletmeleri öğrencilerin zihinlerinde "kavram yanılgıları" oluşumunu önemli ölçüde önlediğini belirtmektedir. Ayrıca yine literatürde yer alan kavramsal değişim stratejileri hakkında öğretmenlerin bilgi sahibi olması kavramsal değişim sürecini anlama ve bu sürece dayalı öğrenme aşamalarını yapılandırmasına ışık tutacağını belirtmektedir (Aydın ve Balım, 2013).

Özkan ve Sezgin Selçuk(2015) öğrencilerin fen öğrenme disiplinindeki öğrenme yaklaşımları incelenirken bireysel farklılıkların, bilgi ve becerilerin ön planda tutulması ve bu değişkenlerin öğrenmeyi nasıl etkilediğine bakılarak kavramsal değişim stratejilerinin buna göre belirlenmesi öğrencilerin alternatif kavram oluşturma sebeplerinin ortaya çıkmasına yardım sağlayacağını belirtmektedir. Ayrıca öğretim programı hazırlanırken ezbere dayalı geleneksel öğretim metodları yerine modern öğretim yöntemlerinin uygulanması anlamlı ve kalıcı öğrenmelerin sağlanması bakımından önemli olduğunu düşünmektedir.

2.5 Kuantum Fiziği Kavramlarına İlişkin Yapılmış Çalışmalar

Bu kısımda Kuantum fiziği temel kavramları, fotoelektrik olay ve Compton saçılması konuları ile ilgili literatürde yapılan çalışmalardan bazılarına yer verilmektedir.

Robblee, Garik ve Abeg (1997-1998) sekiz Boston devlet lisesi öğretmenine Boston Üniversitesi Fen ve Matematik Eğitimi Merkezi'ndeki atölyede bilgisayar simülasyonları üzerine çalışma yapmışlardır. Katılımcılar fizik, kimya ve biyoloji öğretmenlerini içermektedir. Çalışmanın amacı kuantum öğretiminde "öğrencilerin bilimi keşfetme ve bilim sürecini tanımalarını sağlamak, atom ve moleküllerin özelliklerini araştırmak" için görsellik sağlayan bilgisayar simülasyonlarının geliştirilmesini ve öğretmenlerin pedagojik bilgi birikimleri ile kuantum bilimini öğretmede bilgisayar görselleştirme modellerini öğretim stratejileri ile birleştirmesine ilişkin bir çalıştay programlamışlardır. Öğretmenlerde atom yapısı ve elektron davranışı hakkında bazı alternatif kavramlara sahip oldukları görülmüştür. Yaz çalıştayının sonucunda alan bilgisindeki en önemli değişiklikler, elektronların dalga özellikleri ve moleküler orbitallerin oluşumunu etkileyen faktörlerle ilgili olmuştur. Kuantum bilimindeki soyut kavramların modelleme yazılımı ile daha somut ve anlaşılır hale geldiği görülmüştür.

Mashhadi ve Woolnough(1999) öğrencilerin kuantum fiziğini anlamaları foton ve elektronu nasıl algıladıkları üzerine İngiltere'de ve Galler'de 83 lise öğrencisine (16-18 yaş) tanılayıcı yarı yapılandırılmış bir test uygulamışlardır. Öğrencilerin büyük çoğunluğunun elektronu bir tür parçacık, fotonu ise parlak (küçük) küresel bir top olarak gördükleri saptanmıştır. Olsen (2002) lise öğrencileri için kuantum fiziğinin bir parçası olan ışığın dalga-parçacık ikiliğinin ne anlama geldiğini inceleyen bir araştırma yapmıştır. Yaptığı çalışmada Norveç'te 20 farklı liseden toplamda 236 öğrenciye (18-19 yaş arası) kuantum fiziği müfredatının farklı bölümlerini kapsayan çoktan seçmeli ve açık uçlu sorulardan oluşan bir anket uygulamıştır. Araştırma sonuçlarına göre çoğu öğrencinin ışığın ve elektronun doğası hakkında simetrik bir bakış açısına sahip olmadıkları görülmüştür. Ancak bazı cevaplar incelendiğinde ışığın ve elektronun "dalgalı partiküller" olarak anlaşıldığı da görülmüştür. Budde, Niedderer, Scott ve Leach (2002) yaptığı çalışmada kuantum atom modelinin anlaşılması üzerine Almanya'da "Electronium" adı verilen ortaokul

düzeyinde alternatif bir öğretim modeli geliştirmişlerdir. Bu model kuantum-mekanik kavramları öğrenmede öğrencileri destekleme amacı taşımıştır ve öğrencilerin "önyargılarını" dikkate alıp fizik içeriğini yapılandırmaya çalışmıştır. "Olasılık" modeliyle ilişkili öğrencilerin önyargılarını koruma eğiliminde olmaları veya öğretildikten sonra önyargılarına geri dönme problemleri "Electronium" modelini geliştirmek için dönüm noktası olarak görülmüştür. "Olasılık" modeline göre öğrenciler elektronu hem dalga hem de parçacık özelliklerine sahip bir kuantum nesnesi olarak gömüşlerdir.

Akarsu(2007) yaptığı çalışmasında lise öğrencilerine yönelik kuantum olaylarının anlaşılması üzerine Orta Doğu'daki üç büyük üniversitede Kimya ve Mühendislik gibi farklı fakültelerde okuyan ve daha önce en az bir matematik kursu almış olan 43 son sınıf veya genç lisans öğrencilerine (19-21 yaş arası) kuantum olaylarının kavramsal olarak anlamaları üzerine 29 maddeden oluşan bir anket uygulamıştır. Araştırma sonucunda Kuantum fiziğinin karmaşık matematiksel araçlar nedeniyle soyut kavramlar içermesi, paralel olmayan bir yapısı olması ve kötü bir üne sahip olması öğrencileri daha en başından olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca Kuantum fiziği derslerine ayrılan zaman yeterli olmamasından kaynaklı olarak derslerin öğrencilere göre hızlı geçtiği tespit edilmiştir.

Sadaghiani(2005) yaptığı çalışmasında öğrencileri kavramsal ve matematiksel olarak tanılamayı amaçlamıştır. Araştırma Ohio devlet üniversitesinde okuyan öğrenciler 48 hafta boyunca yürütülmüştür Kuantum ölçümü, olasılık, belirsizlik, dalga fonksiyonları ve enerji öz değerleri, fiziksel sistemlerde simetriyi tanıma ve matematiksel formalizm gibi kuantum mekaniğine girişte kavramsal ve matematiksel olarak kavramları tanımlamaları, kavramsal öğrenmedeki zorlukları incelenmiştir. Araştırma sonucunda öğrencilerin birçok kuantum konusunu anlamakta ve yorumlamakta zorluk çektiğini, olasılık yoğunluğu hesaplamamalarında öğrencilerin olasılık yoğunluğunu olasılık genliği ile karıştırdığını göstermiştir. Öğrencilerin dalga fonksiyonlarının farklı potansiyel bölgelerdeki nitel analizi için dalga fonksiyonu ile dalga sayısını ilişkilendirmedikleri görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin kuantum sistemlerini yorumlarken klasik modelleri kullanma eğiliminde oldukları ve matematiksel işlemsel bilgide zorluklar yaşadığı, birçok grafik ve matematiksel

sembolleri tanımakta güçlük çektiği, doğru fonksiyonları ile ilişkilendiremediği görülmüştür.

Wuttiprom, Sharma, Johnston, Chitaree ve Soankwan(2006) yaptıkları çalışmada Sydney Üniversitesi fizik fakültesi öğrencilerinin kuantum fiziğinin temel kavramlarını anlamalarına ilişkin fikirleri üzerine 20 sorudan oluşan bir kuantum fiziği kavramsal anketi geliştirmişlerdir. Araştırma sonucunda öğrencilerin fotoelektrik etki konusuyla ilgili problem yaşadıkları görülmüştür. Fotoelektrik etki konusunu kapsayan sorulara üçüncü sınıf öğrencilerinin doğru cevap verme oranı dördüncü sınıf öğrencilerine göre üç kat daha fazladır. Bu sonucun nedeninin, fotoelektrik etkinin birinci yılda öğretilmesi ve sonraki yıllarda detaylı olarak incelenmemesi olabileceği düşünülmektedir.

Ireson(1999) lisans öğrencilerinin kuantum olaylarını kavramsal anlamalarını incelemek için bir araştırma yapmıştır. Çalışmada kuantum olayları ile ilgili öğrencilerin fikirlerini ortaya çıkarmak üzere altı İngiltere üniversitesinden birinci ve ikinci sınıf mezunu olan örneklemdeki 338 öğrenciye 40 maddeden oluşan bir anket uygulamıştır. Çalışmada öğrencilerin kuantum olaylarını anlamalarına odaklanılmıştır. Öğrenciler anket sonucunda "Bir atomun enerjisi herhangi bir değere sahip olabilir.", "ışık her zaman bir dalga gibi davranır." şeklinde ifadelerde bulunmuşlardır. Sonuç olarak öğrencilerin fikirlerine ilişkin bir takım alternatif kavramlar ortaya çıkarılmıştır.

McKagan, Handley, Perkins ve Wieman(2007) yaptıkları çalışmada 2005 güz yarıyılı ve 2006 bahar yarıyılında mühendislik dallarına Fotoelektrik etki öğretilmesinde etkileşimli bir bilgisayar simülasyonu (Fotoelektrik Etki simülasyonu, Fizik Eğitimi Teknoloji Projesinin bir parçası olarak tasarlanmıştır), akran öğretimi ile fizik eğitimi araştırma grubunun bir üyesi olan bir profesör tarafından üç adet 50 dakikalık etkileşimli dersler verilmiş, bunun yanında kavramsal ve matematiksel ev ödevi problemlerini içeren bir öğretim programı geliştirmiştir. Öğrenme hedeflerini tespit etmek için iki sınav sorusu hazırlanmıştır. Bu öğretim programının amacı öğrencilerin fotoelektrik etki deneylerinin sonuçlarını doğru şekilde tahmin edebilmelerini ve bu sonuçların neden ışığın tanecik modeli ile açıklandığını yorumlayabilmeleridir. İlk iki ders, temel deneysel düzenek ve sonuçlarını anlamaya odaklanmaktadır. Bu derslerin içeriği modern fiziği içinde bulundurmakla birlikte

ışığın klasik dalga modeline daha fazla önem göstermiştir. Üçüncü ders, fotomultiplier tüpleri gibi uygulamalara ek olarak elektronların malzemelere nasıl bağlandığına ilişkin yer verilmiştir. Etkileşimli ders sunumunda sorulan sorulardan birinde öğrencilerden ışık frekansını değiştirmenin elektronların kinetik enerjisi üzerindeki etkisini tahmin etmeleri istenmiştir. Bu soruya grup tartışmalarından önce öğrencilerin yalnızca üçte biri doğru cevaplayabilmiştir. Ancak grup tartışmalarının bu tür sorularda öğrencilerin oldukça üretken olduğu görülmüştür. Uygulanan eğitim ile ilk hedefe ulaşma başarısı geleneksel öğrenime göre daha iyi olduğu görülmüştür. Öğrencilerin yaklaşık % 85'i deney koşullarındaki değişikliklerin sonuçlarını doğru şekilde tahmin ettiği tespit edilmiştir. Öğrencilerin değişen voltajın etkisine ilişkin bölüm de dâhil olmak üzere, bu sorunun tüm yönlerini iyi yaptıkları tespit edilmiştir. İkinci sınav sorusu fotoelektrik etki deney sonuçlarının ışığın tanecik modeline neden olduğunu test etmek için tasarlanmıştır. Verilen öğrenci cevaplarının analiz sonuçları belirsiz olduğu düşünülmektedir. Öğrencilerin çoğu fotoelektrik etkide hem gözlemleri hem de çıkarımları doğru bir şekilde söyleyebilse de, mutlak sonuç veremedikleri, gözlemler arasında anlaşılır ilişki kurma konusunda daha az başarılı oldukları tespit edilmiştir.

Yıldız ve Büyükkasap (2011) fotoelektrik olayı anlama ve öğrenme amaçla aktivitelerle ilgili olarak modern fiziğe giriş dersi görmüş olan eğitim fakültesi fen bilgisi öğretmenliği programında okuyan 36'sı deneye grubu, 35'i kontrol grubu ve sadece fotoelektrik olayının anlama düzeyini belirleme kısmında araştırmaya katılan 40 olmak üzere toplam 111 üniversite öğrencisi ile bir çalışma yapmıştır. Araştırma sonucunda modern fiziğe giriş dersi almış olan öğrencilerin % 5,4'ünün fotoelektrik olayını tanımlayamadıkları, % 30,6'sının fotoelektrik olayla ilgili herhangi bir eşitliği doğru ya da yanlış olarak yazamadıkları görülmüştür. Aynı zamanda fotoelektrik olayın günlük hayatta kullanıldığı sistemlerle ilgili bir açıklama yapamadıkları da görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin ''bakır alkali metaldir.'' İfadelerinde bulunduğu tespit edilmiştir.

Güneş(2017) "Fizikte Kavram Yanılgıları" ile ilgili derlediği çalışmasında Compton saçılması konusuna dair "Compton olayı kullanılarak foton ile atom (foton ile atoma bağlı elektron) etkileşimi de açıklanabilir." ifadesine yer vermiştir. Bu alternatif kavramın özünde foton ile atomun iç yörüngelerinde bağlı olan

elektronların söz konusu etkileşiminde de Compton olayının gözlenebileceği düşünülmektedir. Gerçekte Arthur Compton uyguladığı deneylerde karbon atomlarının dış yörüngelerinde serbest olarak kabul edilebilen elektronlar ile foton arasındaki etkileşim sonuçlarını gözlemlemiştir. Fakat teoride elektronların tamamen serbest ve durgun olduklarını kabul ederek denklemlerini yürütmüştür. Bu sebeple teori ile deneysel sonuçlar arasında ihmal edilebilir hata payına rastlanmıştır. Compton saçılması eşitliğinde gelen fotonun serbest halde bulunan durgun bir elektronla etkileştiğinde yeni bir dalga boyuna sahip olan gelme doğrultusu ile belli bir saçılma açısı yapan yeni bir foton saçılacağı savunulmuştur. Foton ile elektron etkileşimi durumları incelendiğinde; foton atomun iç yörünge elektronlarından biriyle etkileştiğinde bu elektronların bağlanma enerjileri dış yörünge elektronuna göre daha fazladır. Fotonun enerjisi bu iç yörünge elektronlarını üst yörüngelerden birine çıkarmaya yetiyorsa foton elektronlar tarafından soğrulur ve atom uyarılır. Eğer fotonun enerjisi iç yörünge elektronunu üst yörüngelere çıkarmaya yetecek enerjiye sahip değilse foton bu kez elektron yerine atomla etkileşiyor gibi davranacağı öngörülmektedir. Burada önemli nokta Compton eşitliğindeki dalga boyunun değişim miktarında elektronun kütlesinin belirleyici rol almakta olduğudur. Atomun kendisinin kütlesi elektronun kütlesinden çok çok fazla olduğundan burada kayda değer bir dalga boyu değişimi yaşanmayacağı belirtilmektedir. Bu sebeple bu iki etkileşim durumunun Compton eşitliğini açıklayamayacağı vurgulanmıştır. Son olarak foton ile atomun dış yörünge elektronları ile etkileşiminde dalga boyu yaklaşık 1 Angstrom civarı olan sert ışınlar kullanıldığında saçılma açısına bağlı olarak kayda değer bir dalga boyu değişimi gözleneceğinden Compton etkileşiminin bu durumu açıklamak için kullanılabilir olduğu belirtilmiştir.

Taşlıdere(2015) 5E öğrenme modeli anlayışıyla simülasyonların fotoelektrik konusunda, üniversite ikinci sınıfta okuyan 140 öğretmen adayının başarılarına etkisini araştırmıştır. Araştırmada öğrencilerle rastgele deney ve kontrol grubu şeklinde iki grup oluşturulmuş ve yarı deneysel bir tasarım kullanılmıştır. Deney grubu geliştirilen yöntemlerle fotoelektrik etki konusunu ve kontrol grubu da geleneksel öğretim ile aynı konuyu yaklaşık üç hafta kadar incelemiştir. Deney grubu öğrencileri simülasyonlara sanal deneyler yaparak alternatif fikirleri test etmeleri sağlanmıştır. Kontrol grubunda ise eğitmen power point sunum ve beyaz tahta kullanarak ders vermiş ve konular sözlü olarak açıklanıp gerekli sorular çözülmüştür.

Öğrencilere öğretim öncesi ve sonrası başarı testi ve açık uçlu bir anket uygulanmıştır. Araştırmanın sonucunda deney grubu için geliştirilen öğretimin, öğrencilerin başarısını geleneksel öğretimden daha fazla arttırdığı görülmüştür. Geleneksel öğretim ile yapılan incelemede öğrencilerin alternatif fikirlerinin ortaya çıkarılamadığı tespit edilmiştir. Yine sonuçlara göre kontrol grubu simülasyon kullanmadığı için ışığın yoğunluğunu, metallerin iş fonksiyonunu ve durdurucu potansiyelin fotoelektrik akım üzerindeki etkisini anlamakta zorluk çektikleri görülmüştür. Araştırma sonuçları ayrıca her iki gruptaki bazı katılımcıların potansiyel farkın fotoelektrik akım üzerindeki etkisi konusunda net olmadığını ortaya koymuş ve iki alternatif fikir göstermiştir. Bunlardan birincisi öğrencilerin başlangıçta fotoseldeki fotoelektrik akımın yokluğu ya da akışını ohm yasasıyla ilişkilendirmiştirler. Öğretim sonrası deney grubundaki tüm katılımcılar, potansiyel farkın fotoelektrik akım için ön koşul olmadığını fark etmiştirler. Ancak kontrol grubu öğrencilerinden bazıları, fotoelektrik akım oluşumunu hala ohm yasası ile ilişkilendirmiştir. İkinci alternatif fikir ise bazı katılımcıların elektron hareketini ve dolayısıyla fotoelektrik akım oluşumunda, metalin bağlanma enerjisinden elde edilen potansiyel farktan daha yüksek bir değere maruz bırakması olmuştur. Bu alternatif fikir öğretimden sonra bile her iki gruptaki bazı öğrencilerde devam ettiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada keşfedilen başka bir alternatif fikir ise bazı öğrenciler, katot üzerine yerleştirilecek olan yeni metalin bağlanma enerjisinin, fotoelektrik akımın üretimi için başlangıçta yerleştirilenden daha yüksek olması gerektiğine, aksi takdirde elektronların çıkarılmadığına veya fotoelektrik akımın olmadığına inandığı olmuştur. Yine araştırmanın sonucu olarak öğrenciler öğretim sonrasında elektronların koparılmasının, ışığın yoğunluğundaki önerilen değişime bağlı olmadığını fark etmişlerdir.

Steinberg, Oberem ve Mcdermott(1996) bilgisayar tabanlı bir öğretici model geliştirip fotoelektrik etki konusunun kavramsal anlaşılması ve öğrenme zorlukları üzerine üniversite ikinci sınıfta modern fizik okuyan öğrencilerle bir araştırma yapmıştır. Çalışma modern fizikte standart ders öğretimi tamamlandıktan sonra yapılmıştır. Araştırma sonucunda öğrencilerin ‘’potansiyel fark elektrottan elektron atılmasına neden olur’’ ifadelerinde bulundukları tespit edilmiştir. Bilgisayar tabanlı öğretici model kullanmış olan öğrenciler, sadece öğretmen tarafından standart öğretim alan öğrencilere göre daha başarılı oldukları görülmüştür. Öğretici model

uygulaması kullanan öğrencilerin sorulara karşı akıl yürütme becerilerinin daha iyi düzeyde olduğu ve daha doğru açıklamalarda bulundukları görülmüştür.

Sokolowski(2013) fotoelektrik etkinin tümevarımsal olarak öğretilmesi üzerine 15 lise fizik öğrencisine açık uçlu sorular sorulmuştur. Araştırmada Bilgisayar ortamında simüle edilmiş bir deney öğretim aracı olarak kullanılmıştır. Araştırma sonucunda öğretimden önce öğrencilerin "voltaj akım kaynağıdır" ifadelerinde bulundukları tespit edilmiştir. Öğretimden sonra ise öğrenciler elektrik akımı üretimini kaynaktan gelen fotonların varlığıyla ilişkilendirdikleri görülmüştür. Dışardan gelen enerji kaynağının elektronların kinetik enerjisini hızlandırabileceğini ya da yavaşlatabileceğini fark ettikleri tespit edilmiştir. Bu sonuca göre simülasyonların akıl yürütme süreçlerini sağlamlaştırma üzerinde büyük etkisi olacağı belirtilmiştir.

Görecek(2013) kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin kavramsal anlama düzeylerini anlamak üzerine araştırma yapmıştır. Çalışmayı Fen Bilgisi öğretmenliği 2. Sınıfta öğretim görmekte olan 48 öğrenciye kavramsal anlama testi, kuantum olgu anketi uygulamış ve yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış görüşmeler yapmıştır. Öğretmen adaylarına kara cisim ışıması, fotoelektrik olay, dalga teorisi konularına ilişkin kuantum fiziğinin temel kavramlarını içeren sorular sorulmuştur. Araştırma sonucunda öğrencilerin "parçacık teorisinde düşük frekanslarda, fotonlar yüksek enerjiye sahiptir", "dalga modelinde elektronların salınması, yüksek frekanslı ışığın materyal üzerine düşürülmesi ile açıklanır, elektromanyetik dalganın elektronları titreştirmesiyle değil" ifadelerinde bulundukları tespit edilmiştir. Fen bilgisi öğretmen adaylarının kuantum fiziği temel kavramlarına ilişkin alternatif kavramlara sahip oldukları tespit edilmiştir. Fotoelektrik olay konusu ile ilgili adayların "bilimsel" kavramsal anlama düzeyinde olmadığı görülmektedir. Yapılan öğretim sonrasında ise öğretmen adaylarının bir kısmının bilimsel kavramlara sahip olabildiği görülmektedir.

Fletcher(1997) Kuantum mekaniğinin temel kavramlarını anlamalarını araştırma üzerine iki aşamalı anket geliştirmiştir. Araştırmadaki anketin birinci aşaması 1995 yılında Sydney Üniversitesi'ndeki 231 birinci sınıf fizik öğrencilerine bir anket uygulamıştır. Anket uygulaması için 35 dakika verilmiştir. Birinci anket kuantum fiziğinin temel kavramlarını kapsayan 4 sorudan oluşmaktadır. Araştırmada

konunun içeriğini ne kadar iyi anladıklarını ve ışığın dalga parçacık ikiliğini "teldeki kuş" analojisi ve deneysel gözlemler arasında ne kadar iyi ilişki kurabileceklerini değerlendirmek amaçlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre öğrenciler fotoelektrik etkinin ışığın tanecik modeliyle ilgili olduğunu düşünmüşlerdir. Ancak deneysel gözlemleri açıklamak için ışığın tanecik ve dalga modellerini kullanamadıkları tespit edilmiştir. Bunun nedeninin bir modelin özelliklerini tanıma, yorumlama ve uygulamadaki yetersizliklerinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Öğrencilerin % 20 'sinden daha azı bir parçacığın frekansı ile enerjisini ve bir dalganın frekansıyla sallanma sayısını ilişkilendirdiği tespit edilmiştir. Öğrenciler dalganın sıklığı ve yoğunluğu kavramlarını tanımlamakta zorlandıkları tespit edilmiştir. Öğrenci yanıtlarının yaklaşık % 35 'i yoğunluğun frekansla ilişkili olduğunu göstermiştir. Öğrenciler var olan bilgi birikimiyle kavramları hızlı ve uygun olmayan bir şekilde ilişkilendirmektedirler. Öğrencilerin önceki öğrenmelerinin yeniden yapılanması çoğu zaman gerçekleşmemektedir. Öğrencilerin çoğu sorularda ortaokuldan gelen modellerini kullandıkları görülmüştür.

Fotoelektrik olay ve Compton saçılması konularına ilişkin literatürde yapılmış olan çalışmalar sınırlı sayıda olup bu çalışmaların sayısının arttırılması adeta bir zorunluluktur. Özellikle compton olayı konusu ile ilgili yapılmış çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir.

3. YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın modeli, örneklemin seçimi ve özellikleri, verilerin toplanması, verilerin analizi ve ortaöğretim 12. Sınıflarda gerçekleştirilen öğretim sunulmaktadır.

3.1 Araştırma Modeli

Bu araştırma, ortaöğretim 12. Sınıf öğrencilerinin fizik dersi öğretim programı müfredatında yer alan "fotoelektrik olay ve compton saçılması" konuları hakkındaki fikirlerini ortaya çıkarmaya yönelik nitel bir çalışmadır.

Değişen evrensel görüşler karşısında olgu ve olayları gözlemlerken genelleme yapmak yerine, anlamaya çalışmak ve derinlemesine inceleyip yeni paradigmalara açık olmanın daha önemli olduğu görülmüştür. Nitel çalışmalar tek bir perspektiften bakmak yerine olguları tüm boyutlarıyla bütüncül olarak inceleyip yorumlayıcı bir anlayışla kuramlar oluşturmayı ya da var olan kuramsal temellere yeni bakış açıları getirmeyi amaçlayarak tümevarımcı bir yol izler. Nitel araştırmalar geçerli kabul edilen kuramsal önermelerden yola çıkmadığı için araştırmacı topladığı verileri analiz ederken tümevarımcı bir yaklaşımla araştırmanın kavramsal çerçevesinden ya da verilerden yola çıkarak betimsel analizini oluşturur. Bu bağlamda görüşme, gözlem veya dokümanlar yoluyla toplanan verileri tek tek detaylı şekilde okur. Verilerin araştırma amacına uygun sınırlar içerisinde inceleyeceği yönlerini belirler ve buna göre kodlamalar oluşturur ya da tümevarımcı analizle veriler üzerinden belirli olgulara göre doğruca kodlamalar oluşturulur. Kısaca bu yorumlayıcı anlayış verilerin kategorize edilirken birebir kullanılmasını ve bu şeklide araştırmaya derinlik katmasını sağlar (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Araştırma modeli araştırma sorularına yanıt aramak ya da varsayımlarını test etmek için araştırmacı aracılığıyla geliştirilen bir plandır (Büyüköztürk vd., 2013; Karasar, 2012). Bu araştırmada öğrencilerin fotoelektrik ve Compton konularına

ilişkin fikirlerini tespit etmek amacıyla tarama modeli kullanılmıştır. Tarama modelinde kapsamlı bir örneklemden veriler toplanarak verilerde herhangi bir değişikliğe gidilmeden betimleme amaçlanır. Görüş ya da tutumlar bu boyutlar içerisinde değerlendirilir (Karasar, 2012).

Bilinen bir ya da birden fazla vakanın detaylı olarak incelenmesinde süreç boyunca tüm değişken boyutlarıyla ele alınarak bilimsel olarak değerlendirilmesi amacıyla durum çalışmalarından yararlanılır. Nitel çalışmalarda bir duruma yeni bakış açıları kazandırmak amacıyla sürdürülen uygulamanın, içinde bulunduğu ortam çerçevesini koruyarak sınırlandırmak durum çalışmasının özelliklerinden biri olup derinlemesine araştırma yapmayı sağlar (Yıldırım, 1999, akt. Yıldırım ve Şimşek, 2013).

3.2 Örneklemin Seçimi ve Özellikleri

Araştırmanın evreni Balıkesir ili merkez okullarında öğrenim gören 12. Sınıf öğrencilerinden oluşmaktadır.

Araştırma örneklemini ise farklı düzeylerdeki öğrenci görüşlerini ele almak amacıyla 2016-2017 eğitim öğretim yılında, Balıkesir il merkezinde bulunan 10 farklı lisede 12. Sınıfta öğrenim görmekte olan 485 öğrenci oluşturmaktadır. Okullar rastgele örnekleme yöntemiyle seçilmiştir.

3.3 Verilerin Toplanması

Bu çalışma 2016-2017 eğitim öğretim yılının ikinci yarısında şubat ve nisan aylarında okullarda uygulanmıştır. Uygulama için Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden alınan resmi yazı ile Balıkesir İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden gerekli araştırma izni alınmıştır bkz. (EK-A) .

2016-2017 eğitim öğretim yılı 12. sınıf fizik dersi öğretim programında yer alan fotoelektrik olay ve compton saçılması konularına ilişkin kazanımlar incelenmiştir. Öğrencilerin öğretim öncesi ve sonrası fotoelektrik olay ve compton

saçılması konularına ait fikirlerini incelemek amacıyla 12 açık uçlu sorudan oluşan bir kavramsal anlama testi hazırlanmıştır bkz. (EK-B). Testteki sorular literatürden esinlenerek araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenirlik en önemli belirleyicilerdendir. Çoğunlukla geçerlik veri toplama aracının amaca uygunluğunu verilerin analizinin doğruluğunu, güvenirlik araştırma sonuçlarının tutatlığını, tekrar edilebililiğini vurgulamaktadır. Geçerliği elde edebilmek doğrultusunda iç ve dış geçerliği yönelik stratejiler, güvenirliği elde edebilmek doğrultusunda iç ve dış güvenirliğe yönelik bazı stratejiler bulunmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Testin geçerliğini sağlamak amacıyla farklı fizik eğitimcileri tarafından sorular incelenmiş ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır. İç geçerliği elde edebilmek doğrultusunda araştırma kapsamında eleştirel bir bakış açısıyla esnek süreç içerisinde araştırmadan elde edilen verilerin gerçekliği aktarıp aktarmadığı araştırmanın her aşamasında gözden geçirilmeye çabalanmıştır. Dış geçerliği elde edebilmek doğrultusunda elde edilen veriler göz önünde canlanacak biçimde aktarılmaya çabalanmış, araştırmadan elde edilen verilerden doğrudan alıntılara yer verilmiştir. Öğrencilerin açıklamalarından alıntılar sunulurken kullanılan isimler gerçek olmayan isimlerdir. İç güvenirliği elde edebilmek doğrultusunda tutarlılığın sağlanabilmesi doğrultusunda araştırmada elde edilen tüm bulgularda yapılan aynı açıklamalar olup olmadığı ve benzer sonuçlar elde edilip edilmediği yorumsuz bir şekilde incelenmiştir. Dış güvenirliği elde edebilmek doğrultusunda bu test 44 kişilik bir öğrenci grubuna pilot çalışma olarak uygulanmıştır. Uygulamada yapıldıktan sonra öğrencilerin verdiği cevaplardan yola çıkarak, soruların öğretim öncesi ve öğretim sonrasında konulara ilişkin fikirlerini ortaya çıkaracak niteliklerde olduğu görülmüştür.

Öğrencilere kavramsal anlama testinin herhangi bir not değerlendirmesine girmeyeceği, yalnızca fotoelektrik olay ve compton saçılması konularına ilişkin kavramsal fikirlerinin saptanması amacı taşıdığı belirtilmiştir. Ölçme aracının uygulanma süresi her öğrenci grubu için bir ders saati (40 dakika) olarak alınmış ve sürenin dışına çıkılmamıştır.

Testin hazırlanması ve geliştirilmesinde izlenen aşamalar şunlardır:

1. Fotoelektrik olay ve compton saçılması konuları hakkında yapılan çalışmalar incelenmiştir.
2. Milli Eğitim Bakanlığı ortaöğretim 12. Sınıf fizik programında yer alan kazanımlar dikkate alınmıştır.
3. Literatürden sorular oluşturulurken Fizik öğretim programındaki kazanımlara uygun olması sağlanmıştır.
4. 12 tane açık uçlu soru oluşturuldu. 5., 10. ve 11. sorularda ana başlıklar altında her soruda iki farklı kavramın anlama düzeyi test edildi. 7. Sorunun kendisi "a)" ve "b)" şıkları şeklinde oluşturulmuştur.
5. 1.-7. soru aralığı "öğretim öncesi ve sonrasında fotoelektrik olay ile ilgili fikirleri nedir?" alt problemine yanıt aramak adına sorulmuştur.
6. 8. ve 10. soru "öğretim öncesi ve sonrasında compton saçılması konusu ile ilgili fikirleri nedir?" alt problemine yanıt aramak adına sorulmuştur.
7. 9. ve 11. Soru "öğrencilerin fotoelektrik olay ve compton saçılması farkı ile ilgili fikirleri nelerdir?" alt problemine yanıt aramak adına sorulmuştur.
8. 11. ve 12. Soru "öğrencilerin öğretim öncesi ve sonrasında modern fizik ile ilgili fikirleri nelerdir?" alt problemine yanıt aramak adına sorulmuştur.
9. Oluşturulan sorular fizik uzmanları tarafından incelemiş ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Pilot çalışma için uygun hale getirilmiştir.
10. Oluşturulan test ortaöğretim 12. Sınıf 44 kişilik bir model öğrenci grubuna uygulanmıştır.
11. Uygulanan pilot çalışmadan alınan geri bildirimler incelendiğinde soruların konularla ilgili öğrenci fikirlerini ortaya çıkarması bakımından uygun olduğu görülmüştür.

3.4 Verilerin Analizi

Kavramsal anlama testi sorularından elde edilen veriler betimsel olarak analiz edilmiştir. Betimsel analizi yapılırken başlıca amaç çalışmanın verilerini okurların açık şeklide anlayabileceği kavramlarla ilişkilendirerek yorumlamaktır. Bu sayede detaylı ve mantıklı bir düzenlemeye gidilip toplanan verilerin gerçekte ne ifade ettiği tespit edilmelidir. Birbiriyle yakın anlamda bulunan ifadeler aynı çatı altında toplanıp

buna göre kategorize edilmelidir. Verileri etkili bir biçimde aktarmak için doğrudan alıntılar çokça yer alır (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Ölçme aracı öğretim öncesi ve öğretim sonrası ön test ve son test şeklinde uygulanmıştır. Çalışma boyunca öğretim sürecine herhangi bir şekilde müdahale edilmemiştir. Verilerin kodlanma aşaması öğrencilerin her soruya ne cevap verdiğine tek tek bakılarak girilmiştir. Daha sonra benzer cevaplar kategorize grupları ve tablolar oluşturulmuştur. Verilen cevaplar tam doğru, kısmen doğru, yanlış, yanıtsız ve kodlanamaz olarak beş grupta toplanarak analiz edilmiştir. Bu beş grup kategorize edildikten sonra yanlış ve kısmen doğru gruplarında alt kategorilerin olup olmadığına bakılmış varsa alt kategori eklenmiştir.

Tam doğru: Açıklama yapılması istenen sorularda doğru ve anlaşılır bilimsel cevap veren ve sorulara doğru cevap veren öğrenciler bu grupta toplanıp değerlendirilmiştir.

Kısmen doğru: Cevabı doğru olmasına rağmen yorumlaması tam doğru cevaba göre eksik kalan öğrenciler bu grupta toplanıp değerlendirilmiştir.

Yanlış-1: Hem kısmen doğru kabul edilebilecek hem de yanlış ifadelerin birlikte bulunduğu açıklamalar bu grup içinde yer almaktadır. Bunlar genel anlamda yanlış ifadelerdir.

Yanlış-2: Bilimsel olarak yanlış olan konu ile ilgili cevaplar ve yorumlar bu grupta toplanıp değerlendirilmiştir. Bunlar tamamen yanlış açıklamalardır.

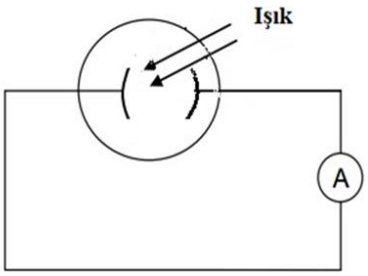
Yanlış-3: Konuyla ilgili olmayan açıklamalar bu grupta toplanıp değerlendirilmiştir. Bu ifadeler anlaşılır olmakla birlikte soru ile ilgisi yoktur.

Kodlanamaz: Yapılan açıklamaların araştırmacılar tarafından anlaşılamadığı için bu tür cevaplar bu grupta toplanarak değerlendirilmiştir.

Yanıtsız: Soruya hiçbir şekilde cevap vermeyen veya işaretlediği seçeneği aynen açıklayanlar bu grupta toplanıp değerlendirilmiştir.

Örneğin kodlamaların nasıl yapıldığını gözteren açıklamalar Soru2, Soru4, Soru7 üzerinden aşağıda verilmektedir.

Soru 2. Şekil 3.1'de verilen deney düzeneğinde metal yüzeye gönderilen ışık metalden elektron koparak devreden akım geçmesini sağlamaktadır. Akımın değerini iki katına çıkarmak için ne yapmalıyız? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız.



Şekil 3.1: Deney düzeneğinin şekli.

• **Tam doğru:** Örneğin ikinci soruya "*Işığın şiddetini 2 katına çıkarmalıyız. Bu şekilde olduğunda kopan elektron sayısı 2 katına çıkar*. **(Deniz)**" şeklinde yanıt verilmiştir. Deniz'in vermiş olduğu bu yanıt "Işık şiddeti 2 katına çıkarsa kopan elektron sayısı 2 katına çıkar" şeklinde kategoriye dâhil edilmiştir.

• **Kısmen doğru:** Örneğin ikinci soruya "*Işığın şiddeti artarsa akım şiddeti artar* **(Ahu)**." şeklinde yanıt verilmiştir. Ahu'nun vermiş olduğu bu yanıt "ışık şiddeti artarsa akım değeri artar." şeklinde kategoriye dâhil edilmiştir.

• **Yanlış-3:** Örneğin ikinci soruya "*Pil voltunu arttırabiliriz. Pilin gücünü arttırırsak sonuç olarak V'miz artacağı için V=i.r 'de V arttığı için r azalır, i'miz artar.* **(Songül)**" Şeklinde yanıt verilmiştir. Songül'ün vermiş olduğu bu yanıt " V=I.R olduğundan direnç azalırsa akım artar." şeklinde kategoriye dâhil edilmiştir.

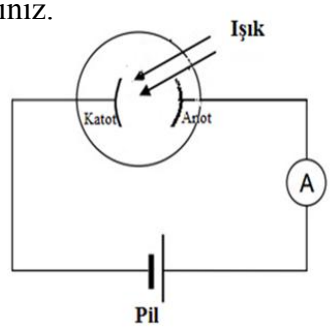
• **Yanıtsız:** Örneğin ikinci soruya " *Akımı iki katına çıkarmalıyız*. **(Erdal)**." Şeklinde yanıt verilmiş. Erdal'ın vermiş olduğu bu yanıt açıklama olmadığı için yanıtsız grubuna dâhil edilmiştir.

• **Kodlanamaz:** Örneğin ikinci soruya " *Akımın nolacağı hiç belli olmaz*. **(Ahsen)**." Şeklinde yanıt verilmiştir. Ahsen'in vermiş olduğu bu yanıt Kodlanamaz grubuna dahil edilmiştir.

Soru 4. Şekil 3.1'de verilen deney düzeneğinde kalsiyum olan metal yüzeye ışık düşürüldüğünde elektron koparılıp devreden akım geçiyor iken, kalsiyum yerine bakır kullanıldığında ise ışığımız bakır yüzeyden elektron koparamıyor ve devreden akım geçmiyor. Bu durumu nasıl açıklarsınız? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız.

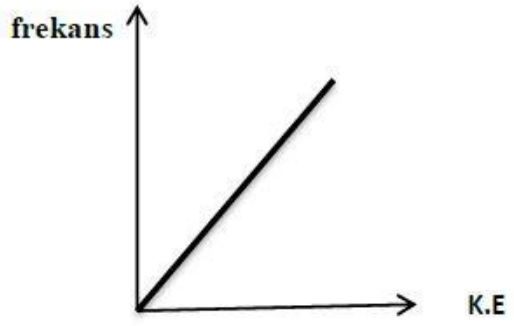
• **Yanlış-2:** Örneğin dördüncü soruya "*Bakır iletken değildir*. **(Kazım)**" Şeklinde yanıt verilmiştir. Kazım'ın vermiş olduğu bu yanıt "Bakır iletken değildir." şeklinde kategoriye dâhil edilmiştir.

Soru 7. a) Şekil 3.2'de metal yüzeyin Sodyum olduğunu varsayalım. Koparılan elektronların kinetik enerji ile ışığın frekans arasında sizce bir ilişki var mıdır? Varsa bunu bir grafikle çizerek gösteriniz.



Şekil 3.2: Altıncı soruya ait şekil.

• **Yanlış-1:** Örneğin yedinci soruya "*Aralarında doğru orantılı ilişki vardır* **(Ada)**." Bu ifade en azından kısmen doğru olarak kabul edilebilir bir ifadedir. Ada bu açıklamasından sonra aşağıdaki grafiği çizmiştir.



Şekil 3.3: Öğrenci grafiği örneği.

Ada'nın vermiş olduğu bu yanıt "Grafiği yanlış çizenler ve ışığın frekansı ile elektronların kinetik enerjisinin doğru orantılı olduğunu ifade edenler" şeklinde kategoriye dâhil edilmiştir.

3.5 Ortaöğretim 12. Sınıflarda Gerçekleştirilen Öğretim

Milli Eğitim Bakanlığı'nın (MEB), 12. Sınıf fiziği için hazırlanan programdaki kazanımlar konu başlıklarından oluşmakta ve bu kazanımlara ait açıklamalar bulunmaktadır bkz. (EK-B). Bu açıklamalar konunun kavramsal çerçevesini belirlemek amaçlıdır. Ders kitapları bu kazanımlara uygun olarak MEB onaylıdır. Tüm öğrencilerde MEB'in ders kitabı bulunmaktadır. Kitaptaki öğretim sadece anlatma ve soru cevap teknikleriyle geleneksel öğretim modelini kullanmaktadır. Anlatım içeriğinin sadece konu başlıklarından oluşması modern fizik gibi soyut kavramlara yer veren bir konunun anlaşılmasını oldukça güç hale getirmektedir. Modern fizik ünitesi içerisinde yer alan fotoelektrik olay ve Compton saçılması gibi konu içerisindeki kavramlar doğrudan aktarılmaktadır. 12. Sınıf fizik ders kitabının modern fizik ünitesi içinde bulunan ve bu araştırmanın kapsamında yer alan konular aşağıda maddeler halinde kısaca değerlendirilmiştir.

- İlk olarak fotoelektrik olay konusunu ele aldığımızda modern fiziğin kısaca tanımından sonra "Kuantum fiziğinin uğraş alanı içerisinde yer alan pek çok büyüklük, belirli değerler alabilir. Bu tür büyüklüklere kesikli veya kuantumlu denir." İfadesi sunulmaktadır. Burada "kesikli" ve "kuantumlu" kavramlarının üzerinde yeterince durulmamaktadır. Öğrenci yeni karşılaştığı bu kavramlar hakkında alternatif kavramlar oluşturabilir.
- Programda yer alan "Foton kavramını açıklar. " Fotoelektrik olayı açıklar." kazanımları için foton ve özelliklerine maddeler halinde yer verdikten sonra Henriç Rudolf Hertz'in "bobinin sağladığı voltaj ile elektromanyetik dalga yayması" çalışması kısaca anlatm ve şematik gösterim ile sunulmaktadır. Bu verilen örnekte "ürettiği dalgaların kırınım, kırılma, yansıma ve kutuplanma gibi ışık olaylarını gerçekleştirdiğini kanıtlar." İfadesi tanecik modelinin açıkladığı bir deney içerisinde dalga modeline örnek olayların sunulması öğrencide algı yanılgısına sebebiyet verebilir.

- Bütün formüller doğrudan verilmektedir. Bu şekilde sunulması öğrenci zihninde ezbere dayalı kodlama yapmasına, önyargı oluşturmasına sebep olabileceği görülmektedir.
- "Farklı metaller için maksimum kinetik enerji-frekans grafiğini çizer." Kazanımı için göze çarpan frekans ve kinetik enerjinin arasındaki ilişki grafiği ve eğimin Planck sabitine eşitliği doğrudan verilmektedir. Öncesinde bir etkinlik sunulmamaktadır. Farklı metallerin kullanarak yalnızca bir örnek sunulmaktadır. Öğrencinin zihninde anlamlandırması açısından örnek sayısı yeterli değildir.
- "Fotoelektronların sahip olduğu maksimum kinetik enerji, durdurma gerilimi ve metalin eşik enerjisi arasındaki matematiksel ilişkiyi açıklar." kazanımına baktığımızda ders kitabında grafikler verildikten sonra özellikle önem arz eden grafik soruları hakkında çözülen örnek sorusu sayısı yeterli değildir. Bu da öğrencinin Planck sabitinin grafikle olan ilişkisi hakkında çıkarım yapabilmesi ve kalıcı öğrenme için umulan beklentiyi sağlayamamaktadır.
- "Fotoelektrik olayın günlük hayattaki uygulamalarına örnekler verir." Kazanımını karşılamak için ders kitabında günlük hayattan örnekler sunulmaktadır. Bu örnekler yüzeysel olarak sunulmsktadır.
- Compton saçılmasında ise " Compton olayında foton ve elektron etkileşimini açıklar." Konunun ilk kazanımıdır. Kavramlar geleneksel yöntem ile doğrudan sunulmaktadır. Herhangi bir simülasyon uygulaması bulunmamaktadır. Ayrıca compton saçılmasında önemli bir nokta olan 'serbest kabul edilebilen elektron' kavramının üzerinde durulmamaktadır.
- "Işığın ikili doğasını açıklar." Kazanımı sunulurken ışığın düşük enerjilerde dalga modeline, yüksek enerjilerde ise tanecik modeline uygun davrandığı ancak iki davranışı asla aynı anda göstermediğini daha açık ifadelerle sunulması, modeli ve özelliklerinin tanınması kısmına daha fazla yer veilmesi öğrencinin zihninde alternatif kavramlar oluşmaması için gerekmektedir.
- Bir diğer compton saçılması kazanımı da "Madde ve dalga arasındaki ilişkiyi açıklar." şeklindedir. Burada kavramların ''De Broglie fotonlar için bu söylediklerini genişleterek, kütlesi ve hızı bilinen yani momentumu bilinen tüm maddesel parçacıklara da eşlik eden bir de broglie dalga boyu olduğunu

ifade etti. Bu bir tenis topu olabilir, bir futbol topu olabilir, bir paralel levhalar arasında hızlandırılan yüklü tanecik olabilir.'' Şeklinde örneklendirilerek öğrencilerin gözünde canlandırabilmesi amaçlanmalıdır.

MEB 12.sınıf fizik ders kitabında sunulan öğretimin içeriği genel olarak ders kitabından incelenerek elde edilmiştir. Konuların tamamı geleneksel öğretim yöntemi ile anlatılmıştır.

Aşağıdaki tabloda MEB 12. sınıf fizik ders kitabının konuya ilişkin kazanımları ve açıklamaları yer almaktadır.

Tablo 3.1: 12. Sınıf fotoelektrik ve Compton olaylarına ait kazanımlar.

KAZA-NIMLAR	**12.5.3.** FOTOELEKTRİK OLAYI **12.5.3.1.** Foton kavramını açıklar. **12.5.3.2**. Fotoelektrik olayını açıklar. a) Hertz'in çalışmaları üzerinde durulur. b) Einstein'ın fotoelektrik denklemi üzerinde durulur. c) Öğrencilerin simülasyonlar yardımıyla fotoelektrik olaya etki eden değişkenleri gözlemlemeleri ve yorumlamaları sağlanır. **12.5.3.3.** Farklı metaller için maksimum kinetik enerji-frekans grafiğini çizer. **12.5.3.4.** Fotoelektronların sahip olduğu maksimum kinetik enerji, durdurma gerilimi ve metalin eşik enerjisi arasındaki matematiksel ilişkiyi açıklar. **12.5.3.5.** Fotoelektrik olayın günlük hayattaki uygulamalarına örnekler verir. Fotoelektrik olayın günlük hayattaki olumlu (musluklarda hijyenin sağlanması gibi) ve olumsuz (sahte güneş gözlüklerinin kullanımı gibi) etkileri üzerinde durulur. **12.5.3.6**. Fotoelektrik olayla ilgili hesaplamalar yapar. **12.5.4.** COMPTON SAÇILMASI VE DE BROGLİE DALGA BOYU **12.5.4.1**. Compton olayında foton ve elektron etkileşimini açıklar. Öğrencilerin model veya simülasyonlar kullanarak Compton saçılmasını açıklamaları sağlanır. Matematiksel hesaplamalara girilmez. **12.5.4.2.** Compton ve fotoelektrik olaylarının benzer yönlerini belirterek ışığın tanecik doğası hakkında çıkarım yapar. **12.5.4.3.** Işığın ikili doğasını açıklar. Işığın tanecik, dalga, hem tanecik hem de dalga doğası ile açıklanan olaylar vurgulanır. **12.5.4.4.** Madde ve dalga arasındaki ilişkiyi açıklar. a) De Broglie bağıntısı verilir. b) Matematiksel hesaplamalara girilmez.

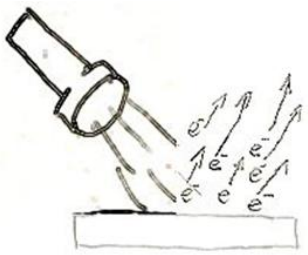
4. BULGULAR VE YORUM

Bu bölümde öğrencilere öğretim öncesi ve sonrası fotoelektrik olay ve compton saçılmasına ilişkin fikirlerini ortaya çıkarmak için uygulanan kavramsal anlama testinden elde edilen bulgulara yer verilmektedir. Kavramsal anlama testinde yer alan sorulardan elde edilen bulgular her bir soru için ayrıntılı olarak incelenmektedir. Her bir soruyla ilgili tablolar verilerek genel olarak bulgular sunulmaktadır. Sorulardan elde edilen bulgular alt problemlerin ana başlıkları altında sınıflandırılarak verilmekte ve yorumlanmaktadır.

4.1 Birinci Alt Probleme Ait Bulgular

"Öğretim öncesi ve sonrasında fotoelektrik olay ile ilgili fikirleri nedir?" alt problemine dair sorulardan elde edilen bulgular aşağıda verilmektedir.

4.1.1 Soru 1

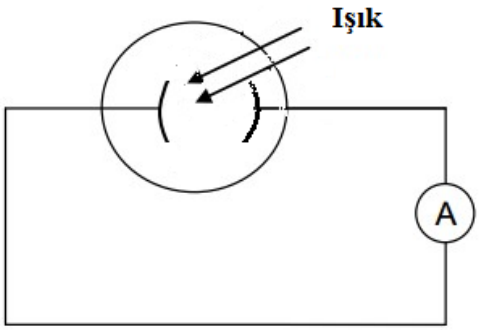


Şekil 3.4: Soru 1 ön bilgi.

Bu soruda (Şekil 4.1) öğrencilerden metal yüzeye E enerjili ışık gönderildiğinde devreden akım geçmeyip, 2E enerjili ışık gönderildiğinde devreden akım geçmesinin nedenini açıklamaları istenmektedir. Bu soruda öğrencilerin yaptıkları açıklamalarında, metal yüzeydeki elektronun bağlanma enerjisini dikkate alıp almadıklarını tespit etmek amaçlanmaktadır.

Ön Bilgi: Bir metal yüzey üzerine görünür veya mor ötesi ışık düşürüldüğünde yandaki gibi metalden elektron koparılabilir.

Bu metal yüzey aşağıdaki Şekil 1'deki gibi bir devreye bağlandığında devreden bir akım geçtiği gözlemlenmektedir. Eğer, metal yüzey üzerine düşen ışık elektron koparamasaydı devreden akım geçmeyecektir.



Şekil 1.

Şekil 1'de bir elektrik devresinde metal yüzeye gönderilen ışın (görünür veya mor ötesi ışın) demeti bulunmaktadır. Görünür ışık ve/veya UV ışığı ile aydınlatılan parlatılmış metal yüzeyleri elektron yayarlar.

Soru 1. Şekil 1'de verilen deney düzeneğinde, E enerjisine sahip ışık metal yüzeye gönderildiğinde herhangi bir elektron yayılımı gerçekleşmediği için devreden akım geçmiyor. Işığın enerjisi 2E olunca ise devreden akım geçiyor. Bunun nedeni ne olabilir? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız.

Şekil 4.1: Kavramsal anlama testi 1. Soru.

Bu sorunun tam doğru cevabı metal yüzeyden elektron kopması için gerekli minimum enerji vardır. Bu bağlanma (eşik) enerjisidir. Bu sebeple gelen ışığın enerjisi E kadar iken elektron koparmayıp, 2E kadar iken elektron koparması E kadar enerjinin elektron koparmaya yetmediği anlamına gelir. $E_{gelen} = E_{bağ.} + E_k$ bağıntısıyla da ifade edilebilir. Bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalar aşağıda sıralanmıştır:

- Metallerden elektron koparabilmek için fotonun belli bir enerji değerinin üzerinde olması gereklidir.

- E kadar enerjili ışık metalden elektron koparamadığı için devreden akım geçmemektedir. 2E enerjili ışık metalden elektron koparabildiği için devreden akım geçmektedir.

Bu sorudan elde edilen bulgular, başlıca kategoriler ve öğrenci cevaplarının yüzdeleri şeklinde Tablo 4.1'de verilmektedir.

Tablo 4.1: Soru 1'den elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.

	CEVAPLAR	ÖN TEST	SON TEST
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	$\mathbf{E}_{gelen} = \mathbf{E}_{bağ.} + \mathbf{E}_{k}$	_	31 (6.3)
	Metal yüzeyedüşürülen 2E kadar enerjili ışık elektron koparmak için gerekli bağlanma enerjisine yetmektedir. Bu gerekli bağlanma (eşik) enerjisinin sağlandığı açıklamasında bulunanlar.	12 (2.4)	101 (20.8)
KISMEN DOĞRU	Metallerden elektron koparabilmek için fotonun belli bir enerji değerinin üzerinde olması gerektiği açıklamasında bulunanlar.	21 (4.3)	67 (13.8)
	Yüzeye gelen ışık enerjisi artarsa daha fazla elektron kopar.	90 (18.5)	13 (2.6)
	Elektron koparmak için bağlanma enerjisinden daha büyük enerjili ışık gönderilmelidir.	_	73 (15.0)
	E kadar enerjili ışık metalden elektron koparamadığı için devreden akım geçmemektedir 2E enerjili ışık metalden elektron koparabildiği için devreden akım geçmektedir açıklamasında bulunanlar.	57 (11.7)	45 (9.2)
YANLIŞ-1	Metalin bağlanma enerjisi 2E'dir.	_	7 (1.4)
	Metalin bağlanma enerjisi E değerinin altındadır.	_	12 (2.4)
YANLIŞ - 2	Akımın oluşması ışığın enerjisine bağlı değildir.	34 (7.0)	_
	2E şiddetindeki ışık daha şiddetli olduğu için elektron kopar ve devreden akım geçer.	184 (37.9)	57 (11.7)
YANLIŞ - 3	V=I.R olduğundan, pil olmadığı için devre çalışmaz.	_	6 (1.2)
KODLANAMAZ		63 (12.9)	51 (10.5)
YANITSIZ		23 (4.7)	22 (4.5)

Tablo 4.1'de görüldüğü gibi öğrencilerin ön testte % 2.4'ü metal yüzeye düşürülen 2E kadar enerjili ışığın elektronun bağlanma enerjisini karşıladığını söyleyerek doğru kabul edilebilecek açıklamalar yapmışlardır. Kısmen doğru kabul edilebilecek açıklamalar yapan öğrencilerin % 4.3'ü metallerden elektron koparabilmek için fotonun belli bir enerji değerinin üzerinde olması gerektiğini, % 11.7'si ise E kadar enerjili ışık metalden elektron koparamadığı fakat 2E enerjili ışığın metalden elektron koparabildiği için devreden akım geçtiğini söylemişlerdir. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*E enerjisinin elektron koparmaya yetmiyor. 2E enerjili ışık elektron koparmaya yetiyor. O zaman E enerjili ışık yetersiz kalmıştır* (Emel)." Bu durum öğrencilerin 11.sınıfta kimya dersinde bağ enerjileri konusunu görmüş olmalarından kaynaklanıyor olabilir. Öğrencilerin % 18.5'i yüzeye gelen ışığın enerjisi artarsa daha fazla elektron koparacağı açıklamasını yapmaktadırlar. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: '' *E enerji ile gelince yeterli elektron kopmuyor. 2E enerji ile geldiğinde daha fazla elektron kopmuş ve akım oluşturmaya yetmiş* (Simge).'' Öğrencilerin % 44.8'i yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu yanlış açıklamalarda öğrencilerin % 28.6'sı 2E şiddetindeki ışık daha şiddetli olduğu için elektron kopar ve devreden akım geçer açıklamaları yapmışlardır. Öğrencilerin % 7'si ise akımın oluşmasının ışığın enerjisine bağlı olmadığını ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Akım ışığın enerjisine bağlı değil Pil bağlamak gerek* (Yunus)."

Son testte öğrencilerin % 67.7'si bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalar yapmışlardır. Bu bilimsel doğru kabul edilebilecek açıklamalarda öğrencilerin % 9.2'si E kadar enerjili ışığın metalden elektron koparamadığı 2E kadar enerjili ışığın metalden elektron koparabildiği için devreden akım geçtiğini düşünmektedir. Bu oranda son testte düşüş gözlenmektedir (Tablo 4.1). Öğrencilerin % 15.0'i elektron koparmak için bağlanma enerjisinden daha büyük enerjili ışık gönderilmelidir açıklamasını yapmışlardır. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Gönderilen 2E'lik enerji elektron koparmaya yetmiştir. Bir atomdan elektronu koparmak için atomun bağlanma enerjisinden daha büyük bir enerji verilmelidir. 2E'lik enerji bunu sağlamıştır* (İnci)." Öğrencilerin % 2.6'sı yüzeye gelen ışık enerjisi artarsa daha fazla elektron kopar açıklamasını yapmışlardır. Son testte bu orandaki düşüş göze çarpmaktadır. Öğrencilerin %

16.7'si ise yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Ön testte akımın geçmesi için belli bir ışık şiddetine ihtiyaç vardır şeklinde açıklama yapan öğrenci yüzdesi, son testte düşüş göstererek % 4.5 oranındadır. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Elektron koparmak için belli bir ışık şiddetine ihtiyaç vardır. E göndermiş ama kopmamış 2E gönderince yayılım gerçekleşmiş* (Murat)." Bu gruba ait başka öğrencilerin açıklamaları şu şekildedir: "*Işık şiddeti yetersiz olduğundan* (Semra).", " *Işık şiddeti artınca elektron kopmuş demek ki* (Batuhan)." Öğrenciler ışık şiddeti ile ışığın enerjisini birbiri yerine kullanmaktadırlar. Bu durum literatürde yapılan çalışmalarda ortaya konulmamıştır. Yanlış açıklamalarda bulunan öğrencilerin % 2.4'ü metalin bağlanma enerjisinin E değerinin altında olduğunu düşünmektedir. Bu gruptan bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Şekildeki metalin eşik enerjisi E'nin altındadır. Eşik enerjisi E'nin altında olunca 2E kadar gönderilen enerji ile eşik enerjisinin aşıp kinetik enerji kazanır*. (Ahmet)" Bu gruptaki diğer öğrenciler de benzer açıklamalarda bulunmuşlardır. Öğrencilerin % 1.4'ü ise metalin bağlanma enerjisi 2E değerindedir açıklamasında bulunmuşlardır. Bu gruptaki bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Metalin eşik enerjisi 2E'dir. Her metalin elektron yayınlamak için gerekli eşik enerjisi farklıdır*. (Zeynep)" Zeynep'in açıklamasına bakıldığında metalin cinsi ve bağlanma enerjisi kavramlarının kısmen doğru kabul edilebilir tarafı vardır ancak metalin bağlanma enerjisi bilinmediği için elektronun kazanabileceği kinetik enerjiyi dikkate almadığı görülmektedir. Yine ön testte karşılaşılmayan fakat son testte ortaya çıkan yanlış açıklamada öğrencilerin % 1.2'si V=I.R olduğundan, pil olmadığı için devre çalışmaz şeklinde açıklamalar yazmışlardır. Bu gruptaki bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Pil olmadığı için devre çalışmaz. Çünkü pil bir dirençtir. V=I.R formülünden akım bulunur*. (Burcu)" Burcu akım oluşması için devreye üreteç bağlanması gerektiğini düşünmektedir. Bu gruptaki öğrenciler benzer açıklamalar yapmışlardır.

Tablo 4.1'de ön testte kodlanamaz ve yanıtsız oranları toplamının % 17.6 ve son testte toplamda % 15 olması bu gruba ait öğrencilerin açıklama ve yorumlama becerilerinin düşük olduğunu göstermektedir.

Geleneksel öğretim sonrası uygulanan kavramsal anlama testinin sonuçlarına göre öğrencilerin metalden elektron koparma şartı ile ilgili hem öğretim sonrasında

devam eden hem de yalnızca öğretim sonrasında ortaya çıkan alternatif kavramların olduğu görülmektedir.

Öğrenciler % 6.3'ü son testte $E_{gelen}=E_{bağ}.+E_k$ bağıntısını yazabilmişlerdir. Öğrencilerin fotoelektrik olay ile ilgili açıklamalarında temel bağıntılara yer verenlerin sayısı oldukça düşüktür. Bu durum Yıldız ve Büyükkasap (2011) yaptıkları "Öğretmen Adaylarının Fotoelektrik Olayını Anlama Düzeyleri ve Öğrenme Amaçlı Yazmanın Başarıya Etkisi" çalışmasında uygulanan ön testte $E=E_{0+}E_k$ bağıntısını öğrencilerin % 12.0'ı yazabilmiş, son testte ise deney grubunda bu ifadeyle karşılaşılmamış olup kontrol grubunda ise öğrencilerin % 11.4'ü bağıntıyı yazabilmişlerdir.

4.1.2 Soru 2

Bu soruda (Şekil 4.2) öğrencilerden akımın değerini iki katına çıkarmak için ne yapılmalı sorusu gerekçesiyle istenmektedir. Bu soruda öğrencilerin açıklamalarında ışık şiddetini dikkate alıp almadıklarını tespit etmek amaçlanmaktadır.

Soru 2. Şekil 1'de verilen deney düzeneğinde metal yüzeye gönderilen ışık metalden elektron koparark devreden akım geçmesini sağlamaktadır. Akımın değerini iki katına çıkarmak için ne yapmalıyız? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız.

Şekil 4.2: Kavramsal anlama testi 2. Soru.

Bu sorunun tam doğru cevabı ışık şiddetinin artması kopan elektron sayısını arttırır. Bu sebeple ışık şiddetinin iki katına çıkarılması akım değerinin iki katına çıkmasını sağlar olarak ifade edilebilir. Bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalar aşağıda sıralanmıştır:

- Metal levhaları birbirine yaklaştırmak akım değerini arttırır.

- Işık şiddeti artarsa akım değeri artar.

Bu sorudan elde edilen açıklamalar, başlıca kategoriler ve öğrenci cevaplarının yüzdelerinden elde edilen bulgular Tablo 4.2'de verilmektedir.

Tablo 4.2: Soru 2'den elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdelerİ.

	CEVAPLAR	ÖN TEST	SON TEST
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Işık şiddeti ile akım doğru orantılıdır. Işık şiddeti iki katına çıkarsa kopan elektron sayısı iki katına çıkar.	–	141 (29.0)
KISMEN DOĞRU	Katot yüzeyini arttırmak	19 (3.9)	53 (10.9)
	V=I.R olduğundan potansiyel fark artarsa akım artar.	30 (6.1)	10 (2.0)
	Işığın enerjisi artarsa akım değeri artar.	132 (27.2)	82 (16.9)
	Işık şiddeti artarsa akım değeri artar.	26 (5.3)	79 (16.2)
YANLIŞ – 1	Işık şiddeti artarsa akım artar. Çünkü ışığın enerjisi artar.	107 (22.0)	83 (17.1)
YANLIŞ – 3	V=I.R olduğundan direnç azalırsa akım artar.	119 (24.5)	22 (4.5)
KODLANAMAZ		37 (7.6)	10 (2.0)
YANITSIZ		15 (3.0)	5 (1.0)

Tablo 4.2'de görüldüğü gibi öğrencilerin hiçbiri ön testte tam doğru cevap vermemişlerdir. Öğrencilerin % 42.5'i kısmen doğru kabul edilebilir açıklamalarda bulunmuşlardır. Kısmen doğru açıklamalarda bulunan öğrencilerin % 27.2'si ışığın enerjisi artarsa akım değerinin artacağını ifade etmektedirler. Bu yorum frekans arttığından akım da artacağı için kısmen doğru kabul edilmiştir. Akım değerinin artmasının ışık şiddetiyle orantılı olduğu öğretildiği için bir başka çalışmada yanlış yanıtlar grubunda değerlendirilebilir. Bu gruba ait bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Enerjiyi iki katına çıkarmalıyız. Enerji artarsa akım da iki katına çıkar* (Eren). "Bu gruba ait bir başka öğrencinin açıklaması ise şu şekildedir: "*Işığın dalga boyunu azaltabiliriz* (Ayşe). Öğrencilerin % 5.3'ü ise ışık şiddeti artarsa akım değerinin arttığını, % 3.9'u ise katot yüzeyinin arttırılmasıyla akım değerinin artacağı açıklamalarında bulunmuşlardır. % 6.1'i potansiyel fark artarsa akım artar şeklinde açıklama yapmaktadırlar. Bu gruba ait olan bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir:

"*Yüksek voltajlı pil bağlayabiliriz. Pil akımın değerini arttırır* (Mert)". Öğrencilerin % 46.5'i yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu yanlış açıklamalarda öğrencilerin % 22.0'ı ışık şiddeti artarsa akım artar. Çünkü ışığın enerjisi artar açıklamaları yapmışlardır. Bu gruba dahil bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Daha büyük enerjili ışık göndermeliyiz. Çünkü ışığın şiddeti arttıkça akım da artar*. (Hasan)" Bu gruptaki öğrenciler benzer açıklamalarda bulunmuşlardır. Görüldüğü gibi öğrencilerin bir kısmı ışığın enerjisi ile ışığın şiddeti kavramlarını birbirleri yerine kullanmaktadırlar (Tablo 4.2). Öğrencilerin % 24.5'i direnç azalırsa akım artar şeklinde açıklama yapmışlardır. Bu gruptaki bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Işığın gücü 2 katına çıkarılınca metalin direnci de o ölçüde düşecektir. Direncin yarıya inmesiyle akım 2 katına çıkar*. (Ecem)" Bu gruba dahil olan başka bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Direnci düşürmeliyiz. Çünkü akımla direnç ters orantılıdır.* (Büşra)" Görüldüğü gibi öğrenciler akımın artmasını ohm yasasıyla ilişkilendirerek aşırı genelleme yapmaktadırlar (Tablo 4.2). Ayrıca böyle düşünen öğrencilerin ışığın enerjisini "ışığın gücü" olarak ifade etmeye çalışmaları yorum yapmadaki zorlanmalarına ilişkin fikir sağlamaktadır.

Son testte öğrencilerin % 75'i bilimsel olarak doğru kabul edilebilir cevaplar vermişlerdir. Öğrencilerin % 21.6'i yanlış açıklamalar yapmışlardır. Ön testle karşılaştırıldığında son testte öğrencilerin devam eden alternatif kavramlarının olduğu görülmektedir. Öğrencilerin akımın artmasını direncin azalmasıyla ilişkilendiren açıklamalarının % 4.5 oran göstererek ön teste göre düşüş yaşadığı görülmektedir.

Sonuçlara bakılacak olursa öğrenciler ışığın enerjisi ve ışık şiddeti kavramlarını birbiri yerine kullanmaktadırlar. Bu durum günlük yaşantılarda bu kavramları kullanma sıklığı ve biçiminden meydana geliyor olabilir.

4.1.3 Soru 3

Bu soruda (Şekil 4.3) öğrencilerden elektronun kinetik enerjisinin daha fazla olması için ne yapılması gerektiği istenmektedir. Öğrencilerin nedeni açıklarken ışığın enerjisini dikkate alıp almadıklarını tespit etmek amaçlanmaktadır.

Soru 3. Şekil 1'de verilen deney düzeneğinde metal yüzeye gönderilen ışık metalden elektron koparabilmektedir. Kopan elektronların Kinetik enerjisinin daha fazla olmasını isteyen bir öğrenci ne yaparsa bu durumu gerçekleştirir? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız.

Cevabınız:

……

Gerekçeniz:

……

Şekil 4.3: Kavramsal anlama testi 3. Soru.

Bu sorunun tam doğru cevabı gelen ışığın enerjisinin arttırılmasıdır. Bu sebeple bağlanma enerjisinden elektrona kinetik enerji olarak kalan enerji daha fazla olacaktır. Bu açıklama gönderilen ışığın frekansını arttırmak şeklinde de ifade edilebilir. Ayrıca metalin cinsini değiştirip daha aktif bir metal kullanmak daha düşük bağlanma enerjisi anlamına gelir böylelikle elektron daha fazla kinetik enerjiye sahip olur. Yine ayrıca ışığın rengini değiştirmek bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamadır. Bu sorudan elde edilen açıklamalar, başlıca kategoriler ve öğrenci cevaplarının yüzdelerinden elde edilen bulgular Tablo 4.3'te verilmektedir.

Tablo 4.3: Soru 3'ten elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.

CEVAPLAR		ÖN TEST	SON TEST
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Daha aktif bir metal yüzey kullanmak	42 (8.6)	60 (12.3)
	Gelen ışığın enerjisi arttırılmaldır.	–	133 (27.4)
	Gelen ışığın frekansı arttırılmalıdır.	–	71 (14.6)
KISMEN DOĞRU	Işığın rengini değiştirmek	38 (7.8)	77 (15.8)
YANLIŞ - 2	Işık şiddetini arttırmak	311 (64.1)	59 (12.1)
	Işığın dalga boyunu arttırmak	51 (10.5)	34 (7.0)
	Işığın frekansını azaltmak	18 (3.7)	17 (3.5)
KODLANAMAZ		15 (3.0)	19 (3.9)
YANITSIZ		10 (2.0)	15 (3.9)

Tablo 4.3'te sunulduğu gibi öğrencilerin ön testte % 16.4'ü bilimsel olarak doğru kabul edilebilecek açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda Öğrencilerin % 8.6'sı daha aktif bir metal yüzey kullanılmasını ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Daha aktif metal kullanılırsa elektron daha kolay kopar ve hızlanır. Yani enerjisi artar* (İpek)." Öğrencilerin % 78.3'ü ise yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu açıklamalarda bulunan öğrencilerin % 64.1'i elektronun kinetik enerjisinin ışığın şiddetiyle doğru orantılı şekilde bağlı olacağını düşünmektedirler. Bu oldukça fark edilir bir orandır. Bu gruba dahil olan öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Işık şiddeti arttırılmalıdır. Işık şiddeti artınca elektrona geçen enerji artacaktır* (Can)." Yine bu gruptaki başka bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Işık şiddeti daha büyük olan bir ışık gönderirsek daha büyük enerjiyle elektrona enerji aktarırız* (Taha)." Öğrenci: Taha ışık şiddeti ile ışığın enerjisini birbiri yerine kullanmaktadır. Öğrencilerin % 10.5'i de dalga boyu arttırılırsa elektronun kinetik enerjisi artar açıklamasını yapmaktadırlar.

Böyle düşünen öğrenciler için dalga boyunun artması ışığın enerjisinin artacağı anlamına gelmektedir. Öğrencilerin % 3.7'si ise ışığın frekansını azaltmak açıklamasında bulunmaktadır.

Son teste bakıldığında öğrencilerin % 70.1'i bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalar yaparak oranda fark edilir bir artış gözlenmektedir. Bu öğrencilerin % 12.3'ü daha aktif bir metal yüzey kullanmak açıklamasını yapmışlardır. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Metalin cinsi değiştirilebilir. Daha aktif bir metal kullanılırsa bağlanma enerjisi azalır ve kinetik enerjiyi arttırabiliriz* (Cansu)." Öğrencilerin % 22.6'sı yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Öğrencilerin % 3.5'inin frekans azalırsa elektronun enerjisinin artacağı fikrinde olması ön testteki orandan çok çok az miktarda azalma göstermiştir. Bu gruba dahil olan öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Frekansı azaltırsak ışığın enerjisi artar ve elektrona daha fazla enerji gider bence* (Oğuz)." Bu durum ışığın enerjisinin frekansla ters orantılı olduğu anlamına gelmektedir. Öğrencilerin son testte % 12.1'i ışık şiddetini arttırmak açıklamasını yapmaktadırlar. Bu oran ön teste göre fark edilir düşüş gözlenmektedir. Bu gruba dahil olan öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Daha çok miktarda ışın göndermek. Böylece hızlanır, kinetik enerjisi de artar* (Tuğba)." Dalga boyunu arttırmanın elektronun kinetik enerjisini arttıracağı ifadesini kullanan öğrenciler ise son testte % 7 oranında olup ön teste göre düşüş gözlenmektedir. Bu gruba dahil olan öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Dalga boyu artarsa ışığın enerjisi de artar. Artan enerji elektrona kinetik enerji olarak geçer* (Şevval)." Böyle düşünen öğrencilere göre dalga boyu ışığın enerjisi ile ters orantılıdır.

4.1.4 Soru 4

Bu soruda (Şekil 4.4) öğrencilerden deney düzeneğinde kalsiyum yerine bakır yüzey kullanıldığında ışık yüzeyden elektron koparamıyor ve devreden akım geçmiyor bu durumu nasıl açıklayacakları istenmiştir.

Bu soruda öğrencilerin nedeni açıklarken bağlanma enerjisinin metalin cinsine göre farklılık göstereceğini dikkate alıp almadıklarını tespit etmek amaçlanmaktadır.

Soru 4. Şekil 1'de verilen deney düzeneğinde kalsiyum olan metal yüzeye ışık düşürüldüğünde elektron koparılıp devreden akım geçiyor iken, kalsiyum yerine bakır kullanıldığında ise ışığımız bakır yüzeyden elektron koparamıyor ve devreden akım geçmiyor. Bu durumu nasıl açıklarsınız? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız.

Cevabınız:

……

Şekil 4.4: Kavramsal anlama testi 4. Soru.

Bu sorunun tam doğru cevabı: Her metalin bağlanma enerjisi farklıdır, metalin cinsine bağlıdır. Bu sorunun bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklaması şu şekildedir: Metalin aktifliğine veya iletkenliğine bağlı olarak aktiflik ve iletkenlik arttıkça bağlanma enerjisi azalır. Bu sorudan elde edilen açıklamalar, başlıca kategoriler ve öğrenci cevaplarının yüzdelerinden elde edilen bulgular Tablo 4.4'te verilmektedir.

Tablo 4.4: Soru 4'ten elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.

CEVAPLAR		ÖN TEST	SON TEST
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Bağlanma enerjisi metalin cinsine bağlı olarak değişir.	13 (2.6)	240 (49.4)
KISMEN DOĞRU	Metalin aktifliğine bağlıdır.	56 (11.5)	104 (21.4)
	Metalin iletkenliğine bağlıdır.	41 (8.4)	52 (10.7)
YANLIŞ - 2	Bakır iletken değildir.	101 (20.8)	8 (1.6)
	Bakır ışığı geçirmediği için elektron kopmaz.	161 (33.1)	54 (11.1)
	Bakır alkali metaldir.	68 (14.0)	10 (2.0)
KODLANAMAZ		28 (5.7)	11 (2.2)
YANITSIZ		17 (3.5)	6 (1.2)

Tablo 4.4'te görüldüğü gibi öğrencilerin ön testte öğrencilerin % 22.5'i bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 11.5'i metalin aktifliğine bağlı olduğu açıklamasında bulunmuşlardır. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Metallerin elektronlarının kopma enerjileri farklıdır. Bu metalin aktifliğine bağlı olarak değişir. Ne kadar aktifse o kadar az enerjiyle yörüngesinden elektronu kopar. Aynı enerjiyle bir metalden kopabilirken diğerinden kopmuyorsa elektronun kopması için daha fazla enerji gerekiyordur* (Aysu)." Bu gruba ait başka bir öğrencinin açıklaması ise şu şekildedir: "*Aktiflik arttıkça daha kolay elektron kopar. Bakırın aktifliği kalsiyuma göre daha düşük olduğundan akım geçmiyor. 8.sınıf Fen bilgisi bilgilerime dayanarak bilgilerim bunlar* (Ali)." öğrencilerin % 8.4'ü metalin iletkenliğine bağlı olduğunu söylemektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Kalsiyumun iletkenliği bakıra göre daha fazladır. İletkenlik arttıkça elektron koparmak daha kolay olur.* (Edanur)" Bu gruba ait başka bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Bakır geçiş metalidir. Kalsiyum daha iletkendir* (Buğra)." Öğrencilerin % 67.9'u yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu öğrencilerin % 33.1'i bakırın ışığı geçirmediği için elektron koparamadığını söylemektedirler. Bu

gruptaki öğrenciler benzer açıklamalarda bulunmaktadırlar. Bu gruba ait bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Bakır ışığı geçirmiyor. Bu yüzden ışığın hepsini soğurur* (Ebru)". Bu durum ışığı geçirmediği için bakırdan elektron kopmadığını düşünmesine yol açmaktadır. Böyle düşünen öğrenciler kalsiyumdan elektron koparılmasını ışığı geçirip geçirmediği ile ilişkilendiriyor olabilirler. Bu gruptaki öğrenciler benzer açıklamalarda bulunmuşlardır. Öğrencilerin % 20.8'i bakırın iletken olmadığını düşünmektedirler. Böyle düşünen öğrenciler için fark edilir bir orandır. Bu gruba ait bir öğrencinin açıklaması ise şu şekildedir: "*Bakır iletken değildir. Elektriği iletmediğinden akım geçmez* (Fatma)." Bu gruptaki diğer öğrencilerin açıklamaları da benzer şekillerdedir. Öğrencilerin % 14.0'ı ise bakırın alkali metali olduğunu söylemektedirler. Bu gruba ait bir öğrencinin açıklaması ise şu şekildedir: "*Bakır bir alkali metaldir bu gerekçeyle elektron kolay kopmaz* (Efe)." Bu durum periyodik tablo konusundaki öğrenmelerinden kaynaklanıyor olabilir.

Son teste bakıldığında öğrencilerin bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamaları % 81.5 orandadır. Son testte bu cevaplarda artış gözlenmektedir. Yanlış açıklamalarda bulunan Öğrencilerde ise % 14.7 ile düşüş gözlenmektedir. Özellikle bakırın iletken olmadığını düşünen öğrenci oranında fark edilir azalma göze çarpmaktadır. Bakırın ışığı geçirmediği için elektron kopmadığını düşünen öğrenciler % 11.1 oranındadır. Son testte bu oranda bir miktar düşüş görülmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ön testteki bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalar öğrencilerin konuyla ilgili kavramları ortaokulda fen bilgisi dersinden ve lisede kimya dersinde görmüş olduklarından kaynaklanıyor olabilir. Bu sonuç öğrencilerin soruyu yorumlarken daha çok ortaokul birikimlerini kullandıklarını göstermektedir. Tablo 4.4 sonuçlarına göre öğrencilerin sahip olduğu alternatif kavramlar görülmektedir.

4.1.5 Soru 5

Bu soruda (Şekil 4.5) öğrencilerden şekil 1'de verilen deney düzeneğinde ışığın şiddeti iki katına çıkarıldığında akım ve elektronların kinetik enerjilerinin bu durumdan nasıl etkileneceğinin açıklanması istenmiştir. Öğrencilerin nedenini açıklarken akım ve elektronların kinetik enerjisinin bağlı olduğu değişkenleri dikkate alıp almadıklarını tespit etmek amaçlanmaktadır.

Soru 5: Şekil 1'de verilen deney düzeneğinde, ışığın şiddeti iki katına çıkarıldığında Akım ve Elektronların Kinetik enerjisi bu durumdan nasıl etkilenir? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız

Akım

Artar ☐ Azalır ☐ Değişmez ☐

Gerekçeniz:

……

Elektronların Kinetik enerjisi

Artar ☐ Azalır ☐ Değişmez ☐

Gerekçeniz:

……

Şekil 4.5: Kavramsal anlama testi 5. Soru.

Bu sorunun akım kavramı için tam doğru cevabı ışık şiddeti iki kat arttığı için kopan elektron sayısı da iki kat artar ve akım da maksimum değerinde değilse iki katına çıkabilir şeklinde olmalıdır. Işık şiddeti arttığı için Akım artar ifadesi de bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilir.

Bu sorunun elektronların kinetik enerjileri için tam doğru cevabı elektronların kinetik enerjisi ışık şiddetine bağlı değildir. Işığın enerjisiyle doğru orantılıdır

şeklinde olmalıdı. Bu sorudan elde edilen açıklamalar, başlıca kategoriler ve öğrenci cevaplarının yüzdelerinden elde edilen bulgular Tablo 4.5'te verilmektedir.

Tablo 4.5: Soru 5'den elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.

CEVAPLAR		**ÖN TEST**	**SON TEST**
		FREKANSLAR n(%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Işık şiddeti iki katına çıkarsa kopan elektron sayısı da iki katına çıkar. Akım iki katına çıkar.	–	58 (11.9)
KISMEN DOĞRU	Işık şiddeti artarsa kopan elektron sayısı artar ve akım artar.	18 (3.7)	197 (40.6)
YANLIŞ -1	Enerji arttığı için akımda artar.	147 (30.3)	51 (10.5)
YANLIŞ -2	Akım değeri değişmez.	234 (48.2)	127 (26.1)
	Akım değeri azalır.	49 (10.1)	22 (4.5)
KODLANAMAZ		18 (3.7)	16 (3.2)
YANITSIZ		19 (3.9)	14 (2.8)

Tablo 4.6'da görüldüğü gibi ön testte öğrencilerin % 3.7'si akım kavramının nasıl etkileneceği konusunda bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmışlardır. Öğrencilerin % 88.6'sı yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 48.2'si akımın değişmeyeceğini ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Işığın şiddetini değiştirmek akımı etkilemez. Akımı değiştiremez*. (Aslı)." Bu gruptaki başka bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Akım ışığın enerjisi ile doğru orantılıdır. Işık şiddeti akıma etki etmez. Yani değişmez.* (Yeliz)" Bu açıklama akımın ışığın enerjisi ile ilişkili olduğu anlamına gelmektedir. Yeliz ışık şiddetinin akım değeri üzerinde bir etkisi olmadığını düşünmektedir. Öğrencilerin % 30.3'ü ışığın enerjisi arttığı için akımın artacağı açıklamalarında bulunmaktadır. Bu gruba ait bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Düzenekteki ışığın enerjisi iki katına çıktığı için akım da iki katına çıkar. Çünkü doğru orantı vardır* (Mustafa)." Bu gruptaki başka bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Enerji artıyor sonuçta ona bağlı olarak akım da artacak.* (Dilek)."

Öğrenci ışık şiddeti ile ışığın enerjisi kavramlarını birbiri yerine kullanmaktadır. Öğrencilerin % 10.1'i akım değerinin azalacağını ifade etmektedir. Bu gruba ait bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Akım ile ışık şiddeti ters orantılıdır. Işığın enerjisi ile doğru orantılıdır.* (Görkem)." Böyle düşünen öğrenciler ışık şiddeti ile ışığın enerjisi kavramlarını ayırt etmektedir. Ancak ışık şiddetinin artmasıyla akımın azalacağını düşünmektedir.

Yanıtsız olarak gruplanan öğrencilerin oranı % 3.9'dur. Bu oranın içine soruya yalnızca değişmez, artar ve azalır şeklinde yazanlar ve yalnızca bu seçenekleri işaretleyen öğrenciler de dahil edilmiştir. Bu durum öğrencilerin doğru kabul edilebilir ya da yanlış cevap verdiği anlamına gelmemektedir. Öğrenciler çoğunluğu işaretledikleri kutucukları destekleyen açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu durum doğru cevap kutucuğunu işaretleyen öğrenciler için doğru cevap konusunda bir fikre sahip olduğunu göstermektedir. İşaretledikleri kutucukları desteklemeyen açıklamalarda bulunan öğrenciler % 4.9 oranındadır. Bu öğrenciler yaptıkları açıklamalara göre değerlendirilmiştir.

Son teste baktığımızda öğrencilerin % 11.9'u soruya tam doğru açıklamalar yapmışlardır. Kısmen doğru kabul edilebilir açıklamalar % 40.6 göstererek fark edilir bir artış gözlenmektedir. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Işık şiddeti arttıkça kopan elektron sayısı artar ve akım da doğru orantılı olarak artar.* (Işıl)."

Son testte akım değerinin azalacağı açıklamalarında bulunan öğrencilerin oranında düşüş görülmektedir. Enerji ile ışık şiddetini birbiri yerine kullanarak akımın artacağı açıklamaları yapan öğrenciler % 10.5 oranda olmuştur. Son testte böyle düşünen öğrencilerde düşüş gözlenmektedir. Öğrencilerin % 26.1'i akımın değişmeyeceğini düşünmektedirler. Son testte bu oranda düşüş gözlenmektedir.

Tablo 4.6: Soru 5 E_k için elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.

CEVAPLAR		ÖN TEST	SON TEST
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Elekronların kinetik enerjisi ışık şiddetine bağlı değildir.Işığın enerjisine bağlıdır.	–	114 (23.5)
	Elektronların kinetik enerjisi ışığın frekansıyla doğru orantılı olarak değişir.	–	75 (15.4)
KISMEN DOĞRU	Elekronların kinetik enerjisi ışık şiddetine bağlı değildir.	22 (4.5)	78 (16.0)
YANLIŞ -1	Işığın enerjisi arttığı için elektronların kinetik enerjisi artar.	184 (37.9)	85 (17.5)
YANLIŞ - 2	Doğru orantı olduğu için elektronların kinetik enerjisi artar.	216 (44.5)	101 (20.8)
	Elektronların kinetik enerjisi azalır.	32 (6.5)	9 (1.8)
KODLANAMAZ		14 (2.8)	11 (2.2)
YANITSIZ		17 (3.5)	12 (2.4)

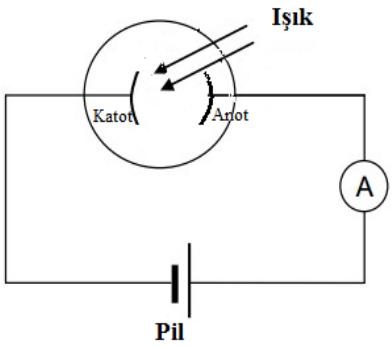
Tablo 4.6'da görüldüğü gibi ön testte öğrencilerin % 4.5'i bilimsel olarak doğru kabul edilebilir cevaplar vermişlerdir. Öğrencilerin % 88.9'u yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 44.5'i elektronların kinetik enerjisinin artacağını ifade etmektedirler. Bu gruba ait bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Işık şiddetiyle elektronların kinetik enerjisi doğru orantılıdır. Bu yüzden şiddet arttıkça elektronların hızları artar.* $\frac{1}{2}.mv^2$ *den kinetik enerjileri de artmış olur* (Sıla)." Sıla'nın bu düşüncesi klasik fizik anlayışını desteklemektedir. Bu durum ışık şiddeti ile elektronların kinetik enerjisinin doğru orantılı olduğu anlamına gelmektedir. Öğrencilerin % 37.9'u ışığın enerjisi arttığı için elektronların kinetik enerjileri artar açıklamalarında bulunmaktadır. Bu gruba ait bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*enerji arttıkça elektron kinetik enerji kazanır* (Mehmet)." Işığın enerjisi ve ışık şiddeti kavramları birbiri yerine

kullanılmaktadır. Öğrencilerin % 6.5'i ise ışık şiddeti arttıkça elektronların kinetik enerjisinin azalacağını düşünmektedirler. İki kavramı ters orantılı olarak ilişkilendirmektedirler. Bu gruba ait bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Işık şiddeti ile elektronların kinetik enerjisi ters orantılıdır. Yani azalır* (Ersin)."

Son teste bakıldığında öğrencilerin % 54.9'u bilimsel olarak doğru kabul edilebilir cevaplar vermişlerdir. Ön teste göre bu oranda fark edilir bir artış görülmektedir. Elektronların kinetik enerjilerinin artacağını düşünen öğrenciler % 20.8 oranındadır. Ön teste göre düşüş gözlenmektedir. Işığın enerjisi arttığı için elektronların kinetik enerjisinin arttığını düşünenler ise % 17.5 oranında olup ön teste göre düşüş görülmektedir. Son testte bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "$E_{gelen}=E_{bağ.}+E_k$ *formülünden* $E_{bağ.}$ *değişmez. E artıyor ise* E_k *'da artar* (Meltem)." Son testte yanıtsız grubunun içinde olan öğrenciler % 2.4 oranındadır. Bu oranın içine soruya yalnızca değişmez, artar ve azalır şeklinde ifadeler yazanlar ve ifade kullanmadan yalnızca bu seçenekleri işaretleyen öğrenciler de bu gruba dahil edilmiştir. Bu durum öğrencilerin doğru kabul edilebilir ya da yanlış cevap verdiği anlamına gelmemektedir. Yanıtsız olarak gruplanan öğrencilerin oranı % 3.5'tir. Bu oranın içine soruya yalnızca değişmez, artar ve azalır şeklinde yazanlar ve yalnızca bu seçenekleri işaretleyen öğrenciler de dahil edilmiştir. Bu durum öğrencilerin doğru kabul edilebilir ya da yanlış cevap verdiği anlamına gelmemektedir. Öğrenciler çoğunluğu işaretledikleri kutucukları destekleyen açıklamalarda bulunmuşlardır. İşaretledikleri kutucukları desteklemeyen açıklamalarda bulunan öğrenciler % 2.2 oranındadır. Bu öğrenciler yaptıkları açıklamalara göre değerlendirilmiştir.

4.1.6 Soru 6

Bu soruda (Şekil 4.6) öğrencilerden devreye pil bağlandığında akımın arttığı, akımın sıfır olması için ne yapılması gerektiği istenmektedir. Bu soruda öğrencilerin nedeni açıklarken üreteci ters bağlamanın dikkate alınıp alınmadığını tespit etmek amaçlanmaktadır.



Şekil 2

Soru 6. Yukarıdaki Şekil 2'deki devreye aşağıdaki gibi bir pil bağlanıyor. Bu sayede devreden geçen akımın arttığı gözleniyor. Bir öğrenci devreden geçen akımı durdurmak istiyor. Yani akımın sıfır olmasını istiyor. Bunun için ne yapmalıdır? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız.

Cevabınız:

…….

Gerekçeniz:

……

Şekil 4.6: Kavramsal anlama testi 6. Soru.

Bu sorunun tam doğru cevabı üreteç ters bağlanırsa akımın sıfırlanması sağlanabilir şeklindedir. Soruda sadece pil ile ilgili değişiklik yaparak bu durumu sağlamaları istenmediğinden öğrencilerden doğru kabul edilecek çeşitli açıklamalar gelmiştir. Bu açıklamalar aşağıdaki gibidir.

- Işık kaynağı kesilirse devre açık konuma gelir ve yine akımın sıfırlanması sağlanabilir.

- Bağlanma enerjisi ışığın enerjisine eşit bir metal yüzey kullanılırsa elektron anota ulaşamaz. Devre açık konuma gelir. Böylece akımın sıfırlanması sağlanabilir.

- Metalin elektronlarının bağlanma enerjisinden daha düşük enerjili ışık kaynağı kullanmak.

- Bağlanma enerjisi ışığın enerjisinden büyük olan metal yüzey kullanmak.

Bu sıralanan doğru ifadeler bu soru için kısmen doğru açıklamaların bulunduğu kategorilerde yer almaktadır. Bu sorudan elde edilen açıklamalar, başlıca kategoriler ve öğrenci cevaplarının yüzdelerinden elde edilen bulgular Tablo 4.7'de verilmektedir.

Tablo 4.7: Soru 6'dan elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.

CEVAPLAR		ÖN TEST	SON TEST
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Üreteci ters bağlamak	31 (6.3)	104 (21.4)
KISMEN DOĞRU	Bağlanma enerjisi ışığın enerjisinden büyük olan metal yüzey kullanmak	_	9 (1.8)
	Bağlanma enerjisi ışığın enerjisine eşit olan metal yüzey kullanmak	_	20 (4.1)
	Işık kaynağını kesmek	57 (11.7)	139 (28.6)
	Metalin elektronlarının bağlanma enerjisinden daha düşük enerjili ışık kaynağı kullanmak	–	37 (7.6)
YANLIŞ - 2	Işık kaynağını keserek üreteci ters bağlamak. İkisi birden.	–	32 (6.5)
	Işık kaynağını keserek üreteci çıkartmak. İkisi birden.	112 (23.0)	55 (11.3)
	üreteç ekleyerek seri bağlamak	31 (6.3)	6 (1.2)
	üreteç ekleyerek parelel bağlamak	54 (11.1)	11 (2.2)
	Üreteci çıkartmak	177 (36.4)	50 (10.3)
KODLANAMAZ		12 (2.4)	16 (3.2)
YANITSIZ		11 (2.2)	6 (1.2)

Tablo 4.7'de görüldüğü gibi ön testte bu soruyu tam doğru cevaplandıran öğrenciler % 6.3 oranındadır. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Pili ters bağlamalıyız. Bu şekilde kopan elektronlara durdurucu etki yaratmış oluruz* (Sinem)." Sonuca bakıldığında soruya tam doğru cevap veren öğrencilerin kurs desteği görmüş olabileceği düşünülebilir. Öğrencilerin % 11.7'si bu soruya bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmışlardır. Ön testte bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Işığı kesmeliyiz. Elektron geçişi olmaz* (Aykut)." Bu gruba ait başka bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir:

"*Işık kaynağını kaldırırız. Elektron kopmasını engeller ve akımın 0 olmasını sağlar* (Utku)." Öğrencilerin % 86.3'ü yanlış açıklamalar yapmışlardır.

Bu yanlış açıklamalarda öğrencilerin % 36.4'ü üreteci çıkartmak açıklamasında bulunmaktadırlar. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Devreden pili çıkarmalıyız. Devrenin enerji kaynağını keserek akımı durdurmuş oluruz* (Özcan)." Böyle düşünen öğrencilerin ışık kaynağını dikkate almadığı düşünülmektedir. Öğrenciler ışık kaynağı ve akım oluşumu arasında ilişki kurmamaktadır. Öğrencilerin % 23.0'ü ışık kaynağını ve üreteci aynı anda çıkartılmalı şeklinde açıklamalar yapmaktadırlar. Bu gruba ait bazı öğrencilerden açıklamaları şu şekildedir: "*Pili çıkartıp ışığı kesmeliyiz. Eğer pili çıkarıp ve ışığı kapatırsak hiç akım geçmez* (Ezgi)." , " *Hem ışık kaynağını kapatmalıyız hem de pili çıkarmalıyız bu ikisi birden yapıldığında akım sıfırlanır* (Duygu)." , "*Pili çıkartarak aynı anda ışığı kesmek akımı durdurur* (Melisa)." Bu durum yalnızca ışığı keserek akımın sıfırlanmayacağı anlamına gelmektedir. Seri bağlı şekilde üreteç ekleme açıklamalarında bulunan öğrenciler % 6.3 orandadır. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Devreye seri bağlı olarak bir pil daha bağlarız* (Ömer)." Böyle düşünen öğrencilerde Elektrik ünitesindeki konularda bazı temel eksikliklerinin bulunduğu düşünülebilir. Paralel bağlı şeklide üreteç ekleme açıklamasında bulunan öğrenciler ise % 11.1 oranında ön testte görülmektedir.

Son teste bakıldığında öğrencilerin % 60.8'i bilimsel olarak doğru açıklamalar yapmışlardır. Bu oranda ön teste göre oldukça fark edilir bir artış gözlenmektedir. Son testte soruya tam doğru cevap veren öğrencilerin oranı % 21.4 olmuş ve artış göstermiştir. Öğrencilerin % 7.6'sı metalin elektronlarının bağlanma enerjisinden daha düşük enerjili ışık kaynağı kullanmalı açıklamalarını yapmışlardır. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklamaları şu şekildedir: "*Eğer metalin bağlanma enerjisinden daha az enerjili ışık gönderilirse elektron koparması gerçekleşmez. Devreden akım geçmez. Geçmesi için devre anahtarıyla kapatmak gerekir* (Kemal)." Son testte öğrencilerin % 4.1'i bağlanma enerjisi ışığın enerjisine eşit olan metal yüzey kullanmak açıklamasını yapmaktadırlar. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklamaları şu şeklidedir: "*Metal yüzeyin eşik enerjisi ışığın enerjisine eşit olursa akım oluşturmaya enerji kalmaz. Akımda sıfırlanır* (Sedef)." Bu

durum elektronların anota gidemediği anlamına gelmektedir. Böylelikle devre açık konumda kalır. Öğrencilerin % 31.55'i yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır.

Bu açıklamalarda ışık kaynağını keserek üreteci çıkartarak İkisinin birden yapılması gerektiğini ifade etmektedirler. Bu oranda son testte düşüş gözlenmektedir. Öğrencilerin % 10.3'ü üreteci çıkarmak gerektiğini ifade etmektedirler. Son teste bakıldığında oranda düşüş görülmektedir. Öğrencilerin % 2.2'si ise üreteç ekleyip paralel bağlamak gerektiğini düşünmektedirler. Yine bu oranda da son testte düşüş görülmektedir.

4.1.7 Soru 7

7. soru a ve b seçeneklerinden oluşmaktadır. Soruda öğrencilerden grafik çizmeleri ve bu çizimlerini açıklamaları istenmektedir.

4.1.7 Soru 7 a

Bu soruda (Şekil 4.7) öğrencilerden şekil 2'de metal yüzeyin sodyum olduğu varsayılarak, koparılan elektronların kinetik enerji ile ışığın frekansı arasında ilişki olup olmadığı istenmektedir. Bu soruda öğrencilerin nedeni açıklarken grafikte eşik enerjisini dikkate alıp almadığını tespit etmek amaçlanmaktadır.

Soru 7. a) Şekil 2'de metal yüzeyin Sodyum olduğunu varsayalım. Koparılan elektronların kinetik enerji ile ışığın frekans arasında sizce bir ilişki vardır? Varsa bunu bir grafikle çizerek gösteriniz.

Cevabınız:

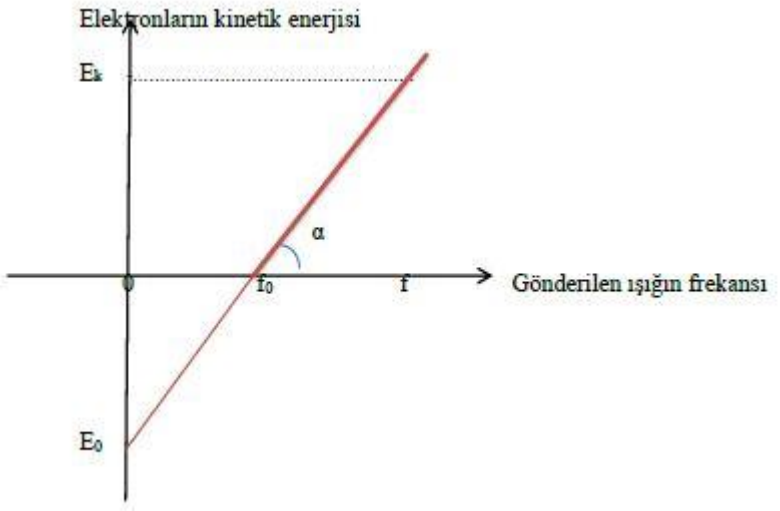
……

……

Çiziminiz:

Şekil 4.7: Kavramsal anlama testi soru 7a.

Bu sorunun tam doğru cevabı: Işığın frekansı ile elektronların kinetik enerjisi doğru orantılı olarak ilişkilidir.



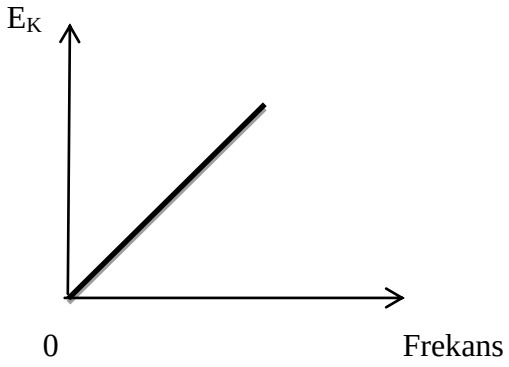
Şekil 4.8: Soru 7a tam doğru grafiği.

Bu sorudan elde edilen açıklamalar, başlıca kategoriler ve öğrenci cevaplarının yüzdelerinden elde edilen bulgular Tablo 4.8'de verilmektedir.

Tablo 4.8: Soru7a'dan elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.

CEVAPLAR		ÖN TEST	SON TEST
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Grafiği doğru çizenler ve ışığın frekansı ile elektronların kinetik enerjisi doğru orantılıdır ifadesinde bulunanlar	–	35 (7.2)
KISMEN DOĞRU	Yalnızca ışığın frekansı ile elektronların kinetik enerjisi doğru orantılıdır ifadesinde bulunanlar	44 (9.0)	193 (39.7)
YANLIŞ - 1	Grafiği yanlış çizenler ve ışığın frekansı ile elektronların kinetik enerjisi doğru orantılıdır ifadesinde bulunanlar	235 (48.4)	80 (16.4)
YANLIŞ - 2	İlişki yoktur ifadesinde bulunanlar	53(10.9)	41 (8.4)
	Ters orantılı ilişki vardır ifadesinde bulunanlar	132 (27.2)	65 (13.4)
KODLANAMAZ		11 (2.2)	37 (7.6)
YANITSIZ		10 (2.0)	34 (7.0)

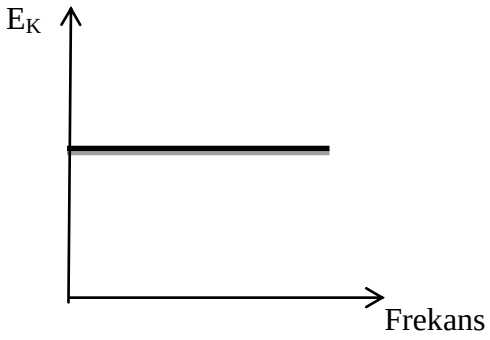
Tablo 4.8'de görüldüğü gibi ön testte bu soruya tam doğru cevap veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğrencilerin % 9.0'u bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalar ışığın frekansı ile elektronların kinetik enerjisi arasında doğru orantı olduğunu düşünen öğrencilerden oluşmaktadır. Bu gruba ait bazı öğrencilerin açıklamaları şu şekildedir: "*ışık frekansı ile elektronların kinetik enerjisi doğru orantılı bence. Düzgün artan bir grafik olurdu* (Hakan)" , " *Doğru orantılı ilişki vardır. Frekans artarsa kinetik enerjisi de artar* (Melek)" , "*Frekans artınca elektron daha hızlı gider. Bu da aralarında doğru orantı olduğundandır* (Kadir)." Öğrencilerin % 48.4'ü aralarındaki ilişkiyi doğru şekilde açıklamış fakat grafiği yanlış çizmişlerdir. Bu oran oldukça büyüktür. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Evet. İlişki vardır. Işığın frekansı artarsa elektronların kinetik enerjisi de artar* (Münir)." Münir bu açıklamasından sonra aşağıdaki grafiği çizmiştir.



Şekil 4.9: Öğrenci grafiği örneği 2.

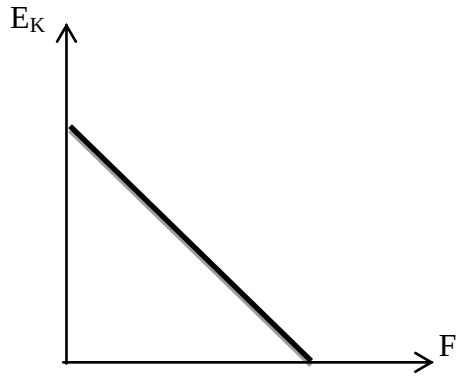
Bu gruba ait öğrencilerin açıklamaları benzer şekildedir. Böyle düşünen öğrencilerin yüzdesi oldukça fazladır.

Öğrencilerin % 86.5'i yanlış cevaplar vermektedirler. Bakıldığında oldukça büyük bir oranı içine almaktadır. Bu yanlış cevapları veren öğrencilerin % 10.9'u ise frekans ile elektronların kinetik enerjisi arasında ilişki olmadığını düşünmektedir. Bu gruba ait bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Bence aralarında ilişki yoktur*. (Salih)." Salih bu açıklamasından sonra aşağıdaki grafiği çizmiştir.



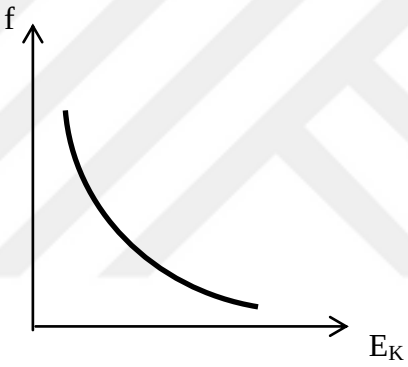
Şekil 4.10: Öğrenci grafiği örneği 3.

Öğrencilerin % 27.2'si ise ters orantılı bir ilişki olduğunu düşünmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Işığın frekansı arttıkça elektronların kinetik enerjisi azalır* (Yasemin)." Yasemin bu açıklamasından sonra aşağıdaki grafiği çizmiştir.



Şekil 4.11: Öğrenci grafiği örneği 4.

Bu gruba ait başka bir öğrencinin açıklaması ise şu şekildedir: "*Frekans arttıkça elektronun Kin. Enerjisi giderek azalır* (Enes)." Enes bu açıklamasından sonra aşağıdaki grafiği çizmiştir.

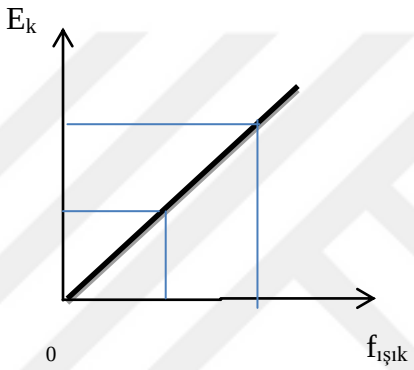


Şekil 4.12: Öğrenci grafiği örneği 5.

Öğrencilerin % 2.0'si ön testte bu soruya "*vardır* (Selim)", "*yoktur* (Gülçin)", "*Fikrim yok* (Yeşim)" ifadelerinde bulunmaktadır. Bu ifade öğrencilerin konu hakkında doğru ya da yanlış açıklama yaptığı anlamına gelmemektedir. Bu ifadelerde bulunan öğrenciler ile soruya hiçbir şekilde açıklamada bulunmayan öğrenciler de yanıtsız grubunda toplanmaktadır.

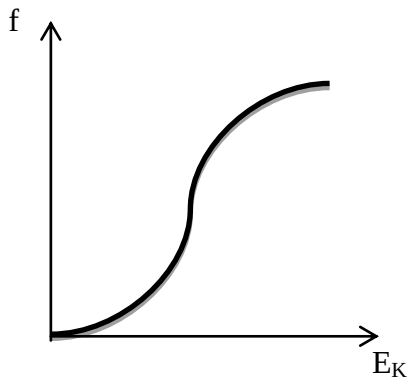
Son teste bakıldığında öğrencilerin yalnızca % 7.2'si tam doğru açıklamalar yapmışlardır. Bu oran öğretim sonrasında yalnızca 35 öğrencinin eşik enerjisini dikkate alarak grafiği doğru çizdiği ve doğru açıklamada bulunduğu anlamına gelmektedir. Bu oldukça düşük bir orandır. Öğrencilerin % 39.7'si son testte bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmaktadırlar. Öğrencilerin ışığın frekansı ve elektronların kinetik enerjisi ile doğru orantı kurabildiği açıklamalar ön

teste göre artış göstermektedir. Böyle düşünen öğrenciler açıklamalarını grafiğe dökememektedirler. Öğrencilerin % 38.2'si yanlış cevaplar vermektedirler. Ön teste göre fark edilir düşüş gözlenmektedir. Ancak öğretim sonrası yanlış açıklamalar devamlılığını sürdürmektedirler. Öğrencilerin % 16.4'ü doğru orantılı ilişki olduğunu düşünüp grafiği eşik enerjisini dikkate almadan çizen gruptan oluşmaktadır. Tablo 4.8'e göre ön teste göre fark edilir bir düşüş gözlenmektedir. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "$E=E_0+E_{kin}$, $h.f= h.f_0 + E_{Kin}$ *ışık frekansı ile kopan elektronların kinetik enerjisi doğru orantılıdır. Işık enerjisinin bir kısmını bağlanma enerjisine harcadıktan sonra kalanı elektrona kinetik enerji olur* (Gül)." Gül bu açıklamasından sonra aşağıdaki grafiği çizmiştir.



Şekil 4.13: Öğrenci grafiği örneği 6.

Böyle düşünen öğrenciler eşik enerjisinin varlığını bağıntıya yansıtmaktadırlar. Ancak grafiğe dökemedikleri görülmektedir. Öğrencinin çizdiği grafik ışığın her enerji düzeyinde elektron koparabileceği anlamına gelmektedir. Böyle bir şey modern fiziğe göre mümkün değildir. Bu yaklaşım klasik fiziği desteklemektedir. Bu gruba ait başka bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Işığın frekansı ve elektronun kinetik enerjisi doğru orantılıdır* (Melih)." Melih bu açıklamasından sonra aşağıdaki grafiği çizmiştir.



Şekil 4.14: Öğrenci grafiği örneği 7.

Öğrencilerin % 8.4'ü son testte ilişki olmadığını düşünmektedirler. Ön teste göre bu oranda çok fark edilir bir düşüş gözlenmemektedir Ters orantılı olduğunu düşünen öğrenciler son testte % 13.4 oranındadır. Ön teste göre düşüş hemen hemen yarı yarıya düşüş gözlenmektedir. Öğrencilerin % 7.6'sı kodlanamaz açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu oranda ön teste göre artış görülmektedir.

Tablo 4.8 sonuçlarına göre öğrencilerin sahip olduğu alternatif kavramlar vardır. Araştırma sonuçlarından anlaşıldığı gibi öğrencilerin büyük çoğunluğu ışığın frekansı ve elektronların kinetik enerjisi arasındaki ilişkiyi doğru grafikle çizememektedir. Doğru orantılı ilişki olduğunu ifade etseler de yorumlarını grafiğe doğru şekilde aktaramamışlardır.

4.1.7 Soru 7 b

Bu soruda (Şekil 4.15) öğrencilerden şekil 2'de metal yüzey Alüminyum olsaydı, çizecekleri grafiğin farklı olup olmayacağı istenmektedir. Bu soruda öğrencilerin nedeni açıklarken grafikte bağlanma enerjisini ve Planck sabitini dikkate alıp almadığını tespit etmek amaçlanmaktadır.

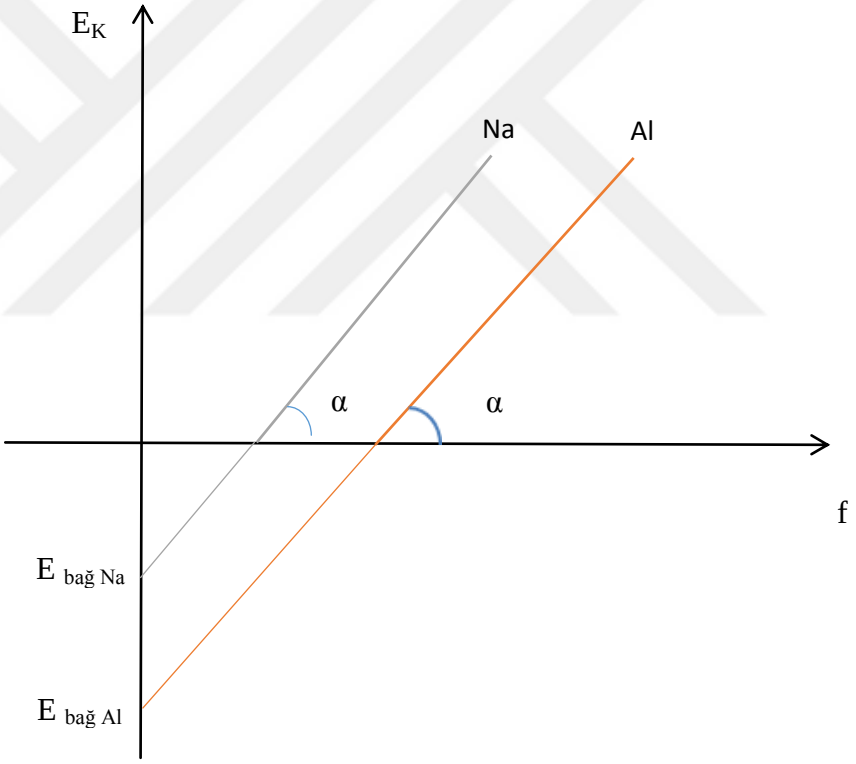
Soru 7. b) Metal yüzey Alüminyum olsaydı, çizeceğiniz grafik farklı olur muydu? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız

Cevabınız:

……

Çiziminiz:

Şekil 4.15: Kavramsal anlama testi soru 7b.



Şekil 4.16: Soru 7b tam doğru grafiği .

Bu sorunun tam doğru cevabı Eğim değişmez fakat kopan elektronların kinetik enerjisi değişir şeklinde ifade edilmektedir. Bu sorunun Bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilir açıklaması farklı metallerin bağlanma enerjileri farklı olduğu için elektronların kinetik enerjileri farklı olur şeklinde ifade edilebilmektedir.

Bu sorudan elde edilen açıklamalar, başlıca kategoriler ve öğrenci cevaplarının yüzdelerinden elde edilen bulgular Tablo 4.9'da verilmektedir.

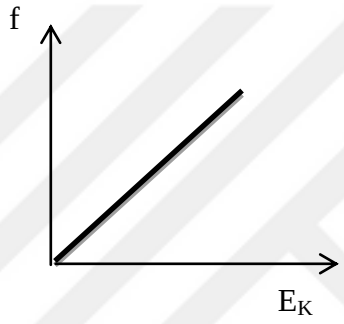
Tablo 4.9: Soru 7b için elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.

CEVAPLAR		**ÖN TEST**	**SON TEST**
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Grafiğin eğimi değişmez fakat metallerin bağlanma enerjisi değişir ifadesinde bulunanlar ve grafiği doğru çizenler.	–	29 (5.9)
KISMEN DOĞRU	Yalnızca metalin bağlanma enerjisinin farklı olur ifadesinde bulunanlar ve grafiği doğru çizenler.	–	45 (9.2)
	Yalnızca eğim değişmez ifadesinde bulunanlar ve grafiği doğru çizenler.	–	21 (4.3)
	Grafiğin eğimi değişmez. Fakat metalin bağlanma enerjisi değişir ifadesinde bulunanlar ve grafiği çizmeyenler.	–	27 (5.5)
KISMEN DOĞRU	Sodyum daha aktif metal olduğu için daha kolay elektron kopardı.	18 (3.7)	53 (10.9)
YANLIŞ - 1	Yalnızca metalin bağlanma enerjisi farklı olur ifadesinde bulunanlar ve grafiği yanlış çizenler.	–	41 (8.4)
	Eğim değişmez ifadesinde bulunanlar ve grafiği yanlış çizenler.	–	32 (6.5)
YANLIŞ-2	Grafiğin eğimi değişir.	–	82 (16.9)
	Grafik aynı olur ifadesinde bulunanlar ve grafiği yanlış çizenler	423 (87.2)	107 (22.0)
KODLANAMAZ		25 (5.1)	35 (7.2)
YANITSIZ		19 (3.9)	13 (2.6)

Tablo 4.9'da görüldüğü gibi ön testte bilimsel olarak doğru açıklamalar yapan öğrenciler % 3.7 oranındadır. Bu açıklamalarda sodyum daha aktif metal olduğu için daha kolay elektron kopacağını ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden

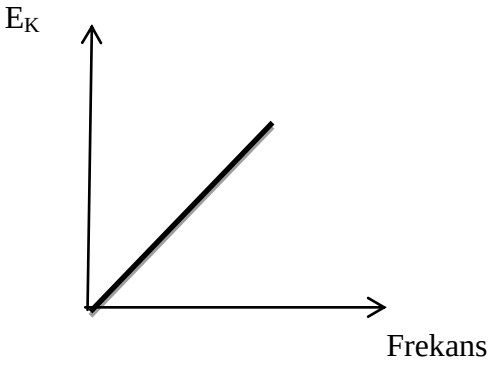
birinin açıklaması şu şekildedir: "*Evet. Sodyum daha aktif olduğu için* e^- *daha kolay kopar* (Ayşenur)."

Bu gruba ait başka bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir:*" Farklı olurdu. Sodyum alüminyumdan daha aktiftir daha kolay* e^- *verir. Daha aktif metal daha kolay elektron verir* (Betül)." Öğrencilerin % 87.2'si yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalarda grafiğin aynı olacağı açıklamasını yapan ve grafiği yanlış çizen öğrencilerden oluşmaktadır. Bu gruba ait bazı öğrencilerin açıklamaları şu şekildedir: "*Olmazdı. Alüminyum olması kinetik enerji ve ışığın frekansının doğru orantılı olmasını değiştirmez* (Beril)." Beril bu açıklamasından sonra aşağıdaki grafiği çizmiştir.



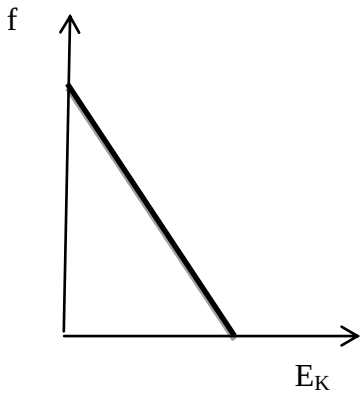
Şekil 4.17: Öğrenci grafiği örneği 8.

"*Grafik aynı olurdu. Doğru orantılı olarak artar giderdi* (Damla)." Damla bu açıklamasından sonra aşağıdaki grafiği çizmiştir.



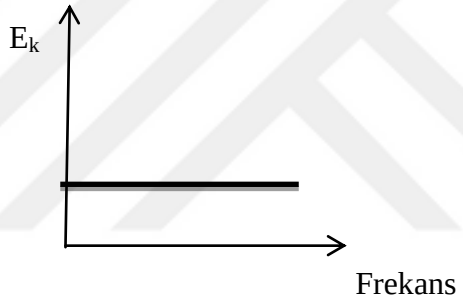
Şekil 4.18: Öğrenci grafiği örneği 9.

"*Bir şey değişmezdi* (Samet)." Samet bu açıklamasından sonra aşağıdaki grafiği çizmiştir.



Şekil 4.19: Öğrenci grafiği örneği 10.

"*Farklı olmazdı Alüminyum olsa da frekans ile elektronların kinetik enerjisi arasında ilişki olmazdı* (Semih)." Semih bu açıklamasından sonra aşağıdaki grafiği çizmiştir.

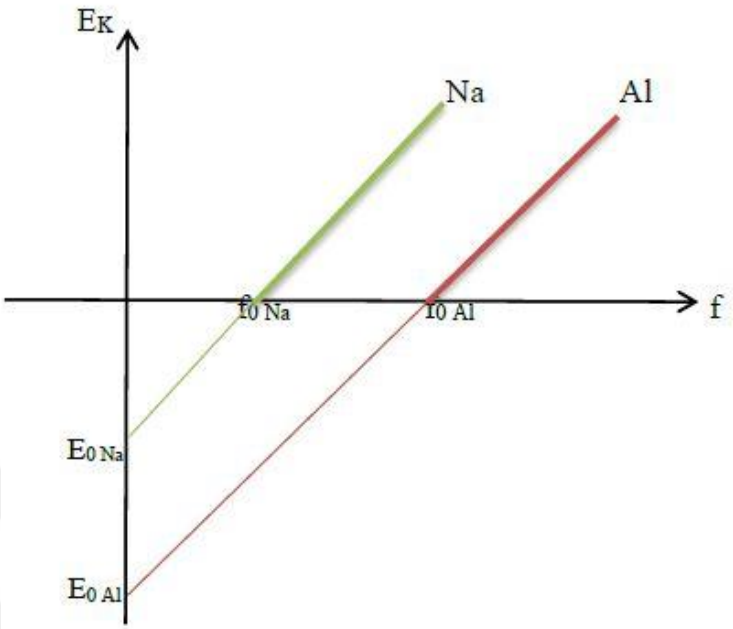


Şekil 4.20: Öğrenci grafiği örneği 11.

Böyle düşünen öğrenciler için ışığın elektron koparabilmesi için belli bir enerji sınırı yoktur. Her enerji düzeyinde elektron koparılabilir. Bu da farklı metallerin kullanılmasının grafikte bir değişiklik yaratmayacağı anlamına gelmektedir.

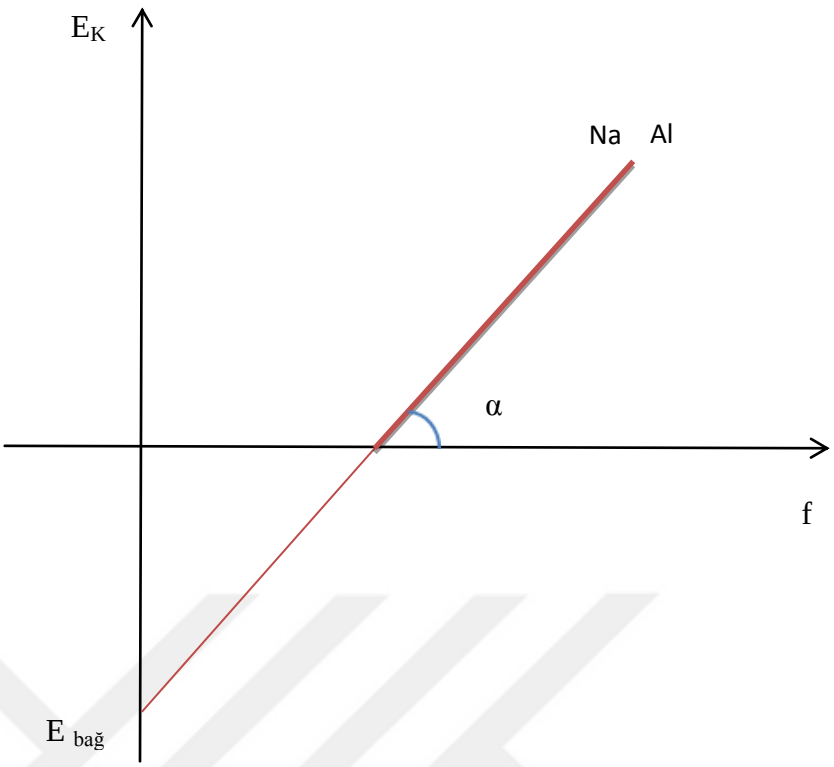
Son teste bakıldığında öğrencilerin % 35.8'i soruya bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 9.2'si metalin bağlanma enerjisinin değişeceğini ifade etmektedir. Bu gruptaki öğrenciler grafiği doğru çizmelerine rağmen eğim hakkında açıklamada bulunmamışlardır. Bu gruba ait bazı öğrencilerin açıklamaları şu şekildedir: "*Farklı olurdu. Proton sayısı ve çekim gücü dolayısıyla Bağlanma enerjisi değişir* (Pınar).", "*Olurdu. Çünkü f_0 değeri farklı olacağından eşik enerjisi aynı olmazdı* (Barış)." , "*Evet. Sadece $E_{bağ}$*

değişirdi. Bağlanma enerjisi sodyuma göre daha büyük çünkü (Cenk).” Bu öğrenciler açıklamalarından sonra aşağıdaki grafiği çizmişlerdir.



Şekil 4.21: Öğrenci grafiği örneği 12.

Son testte öğrencilerin % 4.3’ü yalnızca eğimin değişmeyeceği açıklamalarında bulunmuşlar ve grafiği doğru şekilde çizmişlerdir. Ancak bağlanma enerjisi hakkında herhangi bir açıklamada bulunmamaktadırlar. Bu gruba ait bazı öğrencilerin açıklamaları şu şekildedir: “*Bu grafiklerin eğimi sabittir değişmez. Planck sabitini verir* (Aydın).”, “Alüminyumda *ya da başka metalde eğim değişmez. Bu bir sabittir* (İlker).”, “*Grafiğin eğimi her defasında aynıdır. Açı değişmez. Planck sabitini veriyor çünkü* (Emir).” Böyle düşünen öğrenciler açıklamalarından sonra aşağıdaki grafiği çizmişlerdir.



Şekil 4.22: Öğrenci grafiği örneği 13.

Son testte öğrencilerin % 5.5'i bağlanma enerjisinin farklı olacağını, eğimin değişmeyeceğini ifade etmektedirler. Bu gruptaki öğrenciler açıklamayı doğru şekilde yapmalarına ragmen grafik çizmemişlerdir. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Frekans kaynağa bağlı ama her durumda E↑ ise f↑ . h = E/f sabit değeri verir. Bu yüzden eğim Planck sabitidir. Farklı metal olduğu için bağlanma enerjisi değişir* (Defne)." Son testte öğrencilerin % 10.9'u aktiflik özelliği ile ilgili açıklamalar yapmışlardır. Ön teste göre bu oranda artış gözlenmektedir. Son testte öğrencilerin % 53.8'i yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 16.9'u eğimin değişeceğini ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Farklı metaller bu yüzden grafik eğimi değişir* (İclal)." Böyle düşünen öğrencilere göre grafiğin eğimi sabit değildir. Bu açıklamalara son testte rastlanmıştır. Bu öğrenciler eğimle bağlanma enerjisi arasında ilişki kuruyor olabilirler. Öğrencilerin % 22.0'si son testte grafiğin değişmeyeceğini düşünmektedirler. Bu oranda ön teste göre düşüş görülmektedir. Ancak son testte bu gruba ait olan öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Fark olmazdı. Çünkü ikisi de metaldir* (Berat)." Bu durum öğrencinin grafiği her metal elementi için aynı değerlendirdiği anlamına gelmektedir. Böyle

düşünen öğrencilere göre farklı metaller için bağlanma enerjisi ayırt edici bir nitelik değildir.

Araştırma sonuçlarına bakılırsa grafiğin değişmeyeceğini düşünen öğrenci oranı oldukça fazla görülmektedir. Bu durum öğrencilerin çoğunun grafik çiziminde zorluk yaşadığını göstermektedir.

4.2 İkinci Alt Probleme Ait Bulgular

"Öğretim öncesi ve sonrasında compton saçılması konusu ile ilgili fikirleri nedir?" alt problemine dair sorular aşağıda verilmektedir.

4.2.1 Soru 8

Bu soruda öğrencilerden Şekil 1'deki metal yüzeye görünür ve mor ötesi yerine çok çok yüksek enerjili bir ışın (örneğin X ışınları) gönderildiğinde neler olabileceği istenmektedir. Bu soruda öğrenciler soruyu açıklarken yeni foton yayılmasını dikkate alıp almadıklarını tespit etmek amaçlanmaktadır.

Ön Bilgi: Metal yüzeyden elektron koparılması olayında yüzeye çarpan ışık ışınlarının (foton) enerjisinin tamamı elektron tarafından soğrulur. Bu yüzden bu olay sonucunda ışığın yok olduğu tespit edilmiştir.

Soru 8. Şekil 1'deki metal yüzeye görünür ve mor ötesi ışın yerine çok çok yüksek enerjili bir ışın (örneğin X ışınları) gönderilirse bu durumunda neler olabileceğini kısaca açıklayınız.
Açıklamanız:
……...…

Şekil 4.23: Kavramsal anlama testi 8. Soru.

Bu sorunun tam doğru cevabı atomdan kopan elektron gelen fotonun enerjisinin tamamını alamayabileceğinden, artan enerjiden yeni bir foton yayılması beklenir şeklinde ifade edilmektedir. Bu sorunun bilimsel olarak kısmen doğru cevabı şu şekilde ifade edilebilir: Elektron ışığın tamamını soğuramaz, kopar ve

yüksek bir kinetik enerji kazanır. Bu sorudan elde edilen açıklamalar, başlıca kategoriler ve öğrenci cevaplarının yüzdelerinden elde edilen bulgular Tablo 4.10'da verilmektedir.

Tablo 4.10: Soru 8'den elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.

CEVAPLAR		**ÖN TEST**	**SON TEST**
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Atomdan kopan elektron gelen fotonun enerjisinin tamamını alamayabileceğinden, artan enerjiden yeni bir foton yayılması beklenir.	_	51 (10.5)
KISMEN DOĞRU	Elektron kinetik enerji kazanır.	55 (11.3)	53 (10.9)
	Akım artar.	31 (6.3)	44 (9.0)
YANLIŞ - 1	Fotonun tamamı soğrulur ve elektron kinetik enerji kazanır.	82 (16.9)	55 (11.3)
YANLIŞ - 2	Elektronun kinetik enerjisi azalır.	34 (7.0)	26 (5.3)
	Fotonun tamamı soğrulur.	127 (26.1)	81 (16.7)
	Elektron gönderilen ışığı tamamen soğurursa yapısı bozulur.	20 (4.1)	33 (6.8)
	Akım oluşmaz.	62 (12.7)	84 (17.3)
KODLANAMAZ		35 (7.2)	32 (6.5)
YANITSIZ		39 (8.0)	26 (5.3)

Tablo 4.10'da görüldüğü gibi ön testte soruya tam doğru cevap veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğrencilerin % 17.6'sı bilimsel olarak kabul edilebilir açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 11.3'ü elektrounun kinetik enerji kazanacağını ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Yüksek enerjili bir ışın gönderirsek* $E = E_0 + E_{Kin.}$*'den elektron kinetik enerji kazanır* (Ayça)." Öğrencilerin % 6.3'ü akımın artacağını ifade etmektedirler. Öğrencilerin % 66.8'i yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalarda öğrencilerin % 26.1'i fotonun tamamının soğrulduğunu ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: *"Yüksek enerjiyle gelse bile foton yine soğrulur* (Adem)." Bu gruba ait başka bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir:

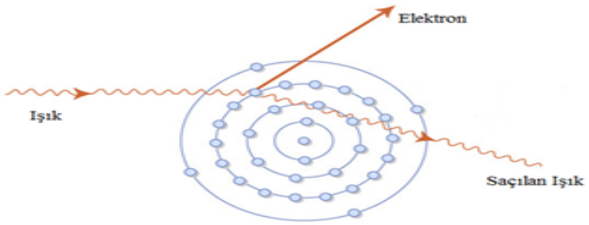
"*İlk olaydaki gibi foton elektron tarafından tamamen soğrulur* (Cihan)." Bu durum yeni bir foton yayılımının gerçekleşmeyeceği anlamına gelmektedir. Öğrencilerin % 12.7'si akımın oluşmadığını ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "Çünkü *çok yüksek enerjili ışın gönderiliyor. Akım değişmiyor. Bu yüzden de akım oluşmaz* (Ufuk)." Bu açıklama ön test grubuna aittir. Ufuk'a göre üreteç akım kaynağıdır.

Son teste bakıldığında öğrencilerin yalnızca % 10.5'i tam doğru cevap vermişlerdir. Son test için oldukça düşük orandır. Öğrencilerin % 19.9'u bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 10.9'u elektronun kinetik enerji kazanacağını ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Işığın tamamı soğrulmaz. Enerjinin bir kısmı elektrona kinetik enerji olur. Elektronun kinetik enerjisi artabilir* (Özge)." Son testte öğrencilerin % 57.4'ü yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu oranda fark edilir bir düşüş görülmemektedir. Bu yanlış açıklamalarda öğrencilerin % 16.7'si fotonun soğrulacağını düşünmektedir. Bu oranda ön teste göre düşüş gözlenmektedir. Öğrencilerin % 5.3'ü elektronların kinetik enerjilerinin azalacağı açıklamalar yapmışlardır. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "$E = E_0 + E_K$,↓ $h.c/\lambda = h.c/\lambda_0 + E_K \downarrow$ *dalga boyu azalırsa* E_K *azalır. Yani X ışını gönderilirse* $\lambda\downarrow$ *ve* E_K *azalır* (Caner)." Öğrenci gönderilen X ışının enerjisiyle dalga boyu arasında doğru orantılı ilişki olduğunu düşünmektedir. X ışını görünür ve mor ötesi ışığa göre daha uzun dalga boyludur. Son testte öğrencilerin % 11.3'i ise fotonun tamamının soğrulacağı ve elektronun kinetik enerji kazanacağı açıklamalar yapmışlardır. Bu oran ön testte fark edilir olmamakla beraber belli bir düşüş gözlenmektedir (Tablo 4.10). Ayrıca öğrencilerin % 6.8'i elektron gönderilen ışığı tamamen soğurursa yapısının bozulacağını ifade etmektedirler. Bu yanlış açıklamadaki oran ön teste göre artış göstermektedir. Bu gruba dahil olan öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Elektronlar gönderilen yüksek enerjili ışığı tamamen soğururlarsa elektronların yapısı bozulabilir* (Berra)."

4.2.2 Soru 10

Bu soruda ışık-elektron etkileşmesini aşağıdaki gibi çizen bir öğrencinin açıklaması yer almaktadır. Öğrencilerden aşağıdaki çizim ve açıklamanın doğru olup olmadığını açıklamaları istenmektedir. Bu soruda öğrencinin nedenini açıklarken yeni bir foton saçılacağını dikkate alıp almadığı amaçlanmaktadır.

Soru 10. Bu öğrenci ışık-elektron etkileşmesini aşağıdaki gibi çiziyor ve "gelen elektrona çarparak enerjisinin bir kısmını ona aktarır, kendiside kalan enerjisiyle yoluna şekildeki gibi devam eder" şeklinde bir açıklama yapıyor.



Sizce bu çizim doğru mudur? Nedenini Açıklayınız.

Evet ☐ Hayır ☐ Kararsızım ☐

Gerekçeniz:

.....

.....

.....

.....

Sizce açıklaması doğru mudur? Nedenini Açıklayınız.

Evet ☐ Hayır ☐ Kararsızım ☐

Gerekçeniz:

.....

.....

Şekil 4.24: Kavramsal anlama testi 10. Soru.

Bu sorunun tam doğru cevabı: Şekil yukarıdaki açıklamayla doğru değil. Gerçekte saçılan foton gelen fotonun bir kısmı değildir. Yeni bir fotondur. Bu sorudan elde edilen açıklamalar, başlıca kategoriler ve öğrenci cevaplarının yüzdelerinden elde edilen bulgular Tablo 4.11 "Çizim doğru mu?" kısmı için ve Tablo 4.12'de "Açıklama doğru mu?" kısmı için verilmektedir. Soruya verilen cevaplarda işaretlenen seçeneklerden daha çok açıklamalar dikkate alınarak incelenmektedir.

Tablo 4.11: Soru10'dan (çizim) elde edilen bulgular.

CEVAPLAR		**ÖN TEST**	**SON TEST**
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Çizim açıklamayla doğru değil. Saçılan foton gelen fotonun bir kısmı değildir. Yeni bir fotondur.	_	29 (5.9)
KISMEN DOĞRU	Çizim doğrudur. Elektron uyarılır ve ışık yayar.	_	31 (6.3)
	Çizim doğrudur. Işık enerjisinin tamamını aktarabilir ya da aktarmayabilir.	16 (3.2)	19 (3.9)
	Çizim doğrudur. Momentum ve enerji korunumu gereği saçılan ışık ve elektron belli bir yönde gider.	46 (9.4)	27 (5.5)
YANLIŞ-1	Çizim yanlıştır. Fotonun enerjisi parçalanamaz. Işığın tüm enerjisi elektrona aktarılır.	105 (21.6)	83 (17.1)
YANLIŞ - 2	Çizim yanlıştır. Işık ve elektron etkileşime girmez.	43 (8.8)	71 (14.6)
	Çizim doğrudur. Işık enerjisinin bir kısmını elektrona aktarır. Kalan enerjisiyle yoluna devam eder.	169 (34.8)	182 (37.5)
KODLANAMAZ		62 (12.7)	31 (6.3)
YANITSIZ		44 (9.0)	14 (2.8)

Tablo 4.11'de görüldüğü gibi ön testte çizim doğru mu kısmı için tam doğru yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır.Öğrencileri % 12.6'sı bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 9.4'ü momentum ve enerji korunumuna göre ışık ve elektron belli yönde gideceğini

ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Çizim doğrudur. Çünkü esnek çarpışma olduğu için momentum ve enerji korunur. Belli bir yönde giderler* (Nilgün).", "*Evet çizim doğrudur. Çünkü gelen ışık momentumunu koruyarak saçılır* (Çağlar)."

Öğrencilerin % 65.2'si yanlış cevaplar vermişlerdir. Bu yanlış açıklamalarda öğrencilerin % 34.8'i ışığın enerjisinin bir kısmını elektrona verip kalanıyla yoluna devam edeceğini düşünmektedir. Bu gruba ait öğrencilerden bazılarının açıklamaları şu şekildedir:*"Gönderilen ışık enerjisinin bir kısımını ona aktarır. Kendisi de kalan enerjiyle yoluna devam eder* (Batuhan).", "*Işık elektronun kabul ettiği enerjiyi bırakır. Geriye kalanla aynı şekilde yoluna gider* (İrem), "*Işık oradakini değil en üst katmandakini koparır ve aralarındaki bir etkileşim sonucu enerjisinin bir kısmını elektrona aktarır. Kalanı kendisine kalır* (Salih)." Böyle düşünen öğrenciler için ışık elektron etkileşimi sonucu başta gelen foton ile saçılan, aynı fotondur. Saçılan foton gelen fotonun bir kısmıdır. Öğrencilerin % 21.6'sı fotonun enerjisinin parçalanamayacağını ışığın tüm enerjisinin elektrona aktarıldığını ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Işığın enerjisi bölünemez. Elektron ışığın tamamını soğurur. Bu yüzden çizimin yanlış olduğu fikrindeyim* (Erkan)." Bu gruba ait başka bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Kararsızım. Elektron tamamen ışığın tüm enerjisini soğurur. Çünkü ışığın enerjisini bölemeyiz* (Gülnur)." Öğrencilerin % 8.8'i ışık ile elektron etkileşmez açıklamaları yapmışlardır.

Son teste bakıldığında öğrencilerin % 5.9'u tam doğru cevaplar vermişlerdir. Öğrencilerin % 15.7'si bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilir cevaplar vermişlerdir. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 6.3'ü elektron uyarılır ve ışık yayar açıklamalarında bulunmaktadırlar. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Foton enerjisini verir. Atom ışıma yapar, çizim doğrudur* (Eray)." Öğrencilerin % 69.1'i yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 37.5'i ışığın enerjisini elektrona aktarıp kalan enerjisiyle aynı yoluna devam eder açıklamalarında bulunmuşlardır. Bu oranın son testte artış gösterdiği göze çarpmaktadır. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Foton ile elektron etkileşime girer. Bunun sonucunda elektrona enerjisinin bir kısmını aktarır kalan enerjiyle foton yoluna yoluna devam eder* (Ferda)." Bu durum etkileşim sonucu yeni bir fotonun saçılmayacağı anlamına gelmektedir. Bu gruptaki

öğrenciler oldukça benzer açıklamalarda bulunmaktadırlar. Fotonun enerjisinin parçalanamayacağını ve ışığın tüm enerjisini elektrona aktaracağını ifade eden öğrenciler son testte % 17.1 oranındadır. Son testte bu oranda az miktarda düşüş görülmektedir. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Fotonun enerjisi parçalanamaz. Işığın tüm enerjisi e⁻'ye aktarılır* (Tolga)." Bu gruptaki öğrenciler benzer açıklamalarda bulunmuşlardır. Öğrencilerin % 14.6'sı ışık ile elektronun etkileşmediğini ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildeir; "Işık *ile elektron etkileşmez. Elektron en dış katmanda değildir. Etkileşim gerçekleşmez* (Sıla).", "Etkileşme *yoktur. Dıştaki elektronla etkileşime girebilir* (Arzu)." Böyle düşünen öğrenciler foton-elektron etkileşimini dış yörüngeden elektron koparmakla sınırlandırıyor olabilir.Bu gruptaki öğrencilerin benzer açıklamaları bulunmaktadır.

Yanıtsız olarak gruplanan öğrencilerin ön testte oranı % 9.0 son testte oranı ise % 2.8'dir. Bu oranın içine soruya yalnızca evet, hayır ve kararsızım şeklinde yazanlar ve yalnızca bu seçenekleri işaretleyen öğrenciler de dahil edilmiştir. Bu durum öğrencilerin doğru kabul edilebilir ya da yanlış cevap verdiği anlamına gelmemektedir. Öğrenciler çoğunluğu işaretledikleri kutucukları destekleyen açıklamalarda bulunmuşlardır. İşaretledikleri kutucukları desteklemeyen açıklamalarda bulunan öğrenciler % 2.6 oranındadır. Bu öğrenciler yaptıkları açıklamalara göre değerlendirilmiştir.

Tablo 4.12: Soru10'dan (açıklama) elde edilen bulgular.

CEVAPLAR		ÖN TEST	SON TEST
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Çizim açıklamayla doğru değil. Saçılan foton gelen fotonun bir kısmı değildir. Yeni bir fotondur.	–	41 (8.4)
KISMEN DOĞRU	Açıklama yanlıştır. Elektron uyarılır. Atom foton yayar.	–	94 (19.3)
YANLIŞ-1	Açıklama yanlıştır. Fotonun enerjisi parçalanamaz. Işığın tüm enerjisi elektrona aktarılır.	82 (16.9)	44 (9.0)
YANLIŞ - 2	Açıklama doğrudur. Işık enerjisinin bir kısmını elektrona aktarır, kalan enerjisiyle ışık aynı şekilde yoluna devam eder.	193 (39.7)	155 (31.9)
	Açıklama yanlıştır. Elektronla ışık etkileşmez.	103 (21.1)	72 (14.8)
KODLANAMAZ		49 (10.1)	39 (8.0)
YANITSIZ		58 (11.9)	40 (8.2)

Tablo 4.12'de görüldüğü gibi ön testte "açıklama doğru mu?" kısmına bilimsel olarak doğru kabul edilebilir yanıt veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğrencilerin % 77.7'si yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bakıldığında oldukça fark edilir bir orandır. Öğrencilerin % 39.7'si ışığın enerjisinin bir kısmını elektrona aktarıp kalan kısmıyla yoluna devam edeceğini düşünmektedirler. Bu gruba ait bazı öğrencilerin açıklamaları şu şekildedir: "*Enerji gelen elektrona esnek olmayan çarpışma yapar.* $E_{KİN}$ *olarak elektrona enerji aktarır ve elektron hız kazanır. Işık bunlardan kalan enerjiyle yoluna devam eder* (İlknur).", "*Elektron soğurabildiği kadar enerjiyi soğurur ve kalan enerjisiyle ışık yoluna devam eder* (Metin)." Böyle düşünen öğrenciler için bu bir esnek olmayan çarpışmadır. Ayrıca bu durum esnek olmayan çarpışmalarda enerjinin korunacağı anlamına gelmektedir. Bu durum öğrencinin ön testte konuyu görmemiş olmasından veya önceki öğrenmelerinden kaynaklanabilir.

Öğrencilerin % 21.1'i ışık ile elektronun etkileşime girmeyeceğini düşünmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Karasızım. Elektronlar yörüngede değil orbitalde bulunur. Ama prensip doğru. Yörünge elektronu ile ışık etkileşimde olmaz* (Okan)." Öğrencilerin % 16.9'u fotonun enerjisi parçalanamayacağını ve ışığın tüm enerjisinin soğrulacağını ifade etmektedirler.

Son teste bakıldığında ise öğrencilerin % 27.7'si bilimsel olarak doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 19.3'ü Elektronun uyarılacağını ve atomun foton yayacağını ifade etmektredirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Gelen foton soğrulur. Elektron ışıma yapar* (Aylin)." Bu gruba ait başka bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Işık tanecik gibi davranır. Gelen ışık soğrulur atom foton yayar* (Tevfik)." Ancak öğrencilerin % 55.7'si yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Son testte bu oranda düşüş gözlenmektedir. Ancak son testte oran öğrencilerin yarısından fazlasını göstermektedir. Özellikle göze çarpan ışığın elektronla etkileşiminden sonra aynı ışığın kalan enerjiyle yoluna devam ettiğini düşünmekte olan öğrenciler % 31.9 oranındadır. Bu oranda son testte fark edilir bir oynama görülmemektedir. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "Foton *elektronla çarpışıp enerjisinin bir kısmını elektrona kinetik enerji olarak aktarır tamamını vermez. Kendi kalan enerjisiyle gider* (Gülay)." Bu gruba ait başka bir öğrencinin açıklaması ise şu şekildedir:" *Işık ve elektron esnek olmayan çarpışmayla etkileşirler. Enerjisinin bir bölümünü kinetik enerji olarak elektrona verir* (Orhan)." Öğrencilerin % 14.8'i ise ışığın elektronla etkileşmeyeceğini ifade etmektedirler. Bu oranda son testte düşüş gözlenmektedir. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Gelen ışık elektrona enerjisini aktarmaz. Doğru bir bilgi değildir. Etkileşme yapmaz* (Uğur)."

Yanıtsız olarak gruplanan öğrencilerin ön testte oranı % 11.9 son testte oranı % 8.2'dir. Bu oranın içine soruya yalnızca evet, hayır ve kararsızım şeklinde yazanlar ve yalnızca bu seçenekleri işaretleyen öğrenciler de dahil edilmiştir. Bu durum öğrencilerin doğru kabul edilebilir ya da yanlış cevap verdiği anlamına gelmemektedir. Öğrenciler çoğunluğu işaretledikleri kutucukları destekleyen açıklamalarda bulunmuşlardır.

İşaretledikleri kutucukları desteklemeyen açıklamalarda bulunan öğrenciler % 4.5 oranındadır. Bu öğrenciler yaptıkları açıklamalara göre değerlendirilmiştir

4.3 Üçüncü Alt Probleme Ait Bulgular

"Öğrencilerin fotoelektrik olay ve compton saçılması konuları arasındaki ilişkisine dair fikirleri nelerdir?" Alt problemine dair sorular aşağıda verilmektedir.

4.3.1 Soru 9

Bu soruda bir öğrencinin neredeyse durgun olan elektronlara sert ışınlar gönderildiğinde ışık-elektron etkileşmesi olacağını belirttiği sunulmaktadır. Öğrencilerden bu fikre katılıp katılmadığını açıklaması istenmektedir. Bu soruda nedeni açıklarken öğrencilerin fotoelektrik olay ve compton saçılmasında ışık-elektron etkileşimleri hakkında fikirlerini ortaya çıkarmak amaçlanmaktadır.

Soru 9. Bir öğrenci; metal yüzeye çok çok yüksek enerjili bir ışın gönderilirse, bu durumda elektronların neredeyse durgun olduğunu bu yüzden de bu olayın bir ışık-elektron etkileşmesi olacağını belirtiyor. Bu fikre katılır mısınız? Neden?

Evet ☐ Hayır ☐ Kararsızım ☐

Gerekçeniz:

……

Şekil 4.25: Kavramsal anlama testi 9. Soru.

Bu sorunun doğru cevabı Evet. Katılıyorum. Çünkü bu etkileşim sonucunda ya fotoelektrik olay ya Compton saçılması ya da çift yaratılış (çift oluşumu)

olaylarından biri olur. Şeklinde ifade edilebilir. Bu sorunun bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilir cevapları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

- Elektron ışığı soğurduğunda ışık elektron etkileşmesi görülür.
- Işık elektron kopardığında ışık elektron etkileşmesi görülür. Şeklinde ifade edilebilir.
- Işık elektrona çarpınca elektron uyarılır ve saçılma yapar.

Bu sorudan elde edilen açıklamalar, başlıca kategoriler ve öğrenci cevaplarının yüzdelerinden elde edilen bulgular Tablo 4.13'te verilmektedir.

Tablo 4.13: Soru 9'dan elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.

CEVAPLAR		ÖN TEST	SON TEST
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Evet. Katılıyorum. Çünkü bu etkileşim sonucunda ya fotoelektrik olay ya Compton saçılması ya da çift yaratılış (çift oluşumu) olaylarından biri olur.	–	2 (0.4)
KISMEN DOĞRU	Işık elektrona çarpınca elektron uyarılır ve saçılma yapar.	17 (3.5)	32 (6.5)
	Daha fazla enerji daha fazla elektron koparır.	105 (21.6)	101 (20.8)
	Işık elektron kopardığında ışık elektron etkileşmesi görülür.	51 (10.5)	39 (8.0)
	Elektron ışığı soğurduğunda ışık elektron etkileşmesi görülür.	43 (8.8)	66 (13.6)
YANLIŞ - 2	Işık ile elektron etkileşmez.	89 (18.3)	56 (11.5)
	Hayır. Katılmıyorum. Işık şiddeti arttıkça elektronların enerjisi artar.	32 (6.5)	52 (10.7)
	Işık her zaman soğrulur.	9 (1.8)	11 (2.2)
	Fazla enerjili ışık elektronları durgun hale getirebilir.	17 (3.5)	24 (4.9)
	Elektronların çok yüksek enerjili olması elektronların yapısını olumsuz etkiler.	11 (2.2)	10 (2.0)
KODLANAMAZ		53 (10.9)	38 (7.8)
YANITSIZ		58 (11.9)	54 (11.1)

Tablo 4.13'te görüldüğü gibi ön testte bu soruya tam doğru cevap veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğrencilerin % 44.4'ü bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmışlardır.

Bu açıklamalarda öğrencilerin % 10.5'i ışık elektron kopardığında ışık elektron etkileşmesinin görüleceğini ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "Işık *atomdan elektron kopardığında etkileşim olur* (Berkay)." Öğrencilerin % 8.8'i ışık elektron tarafından soğrulduğunda etkileşme görüleceğini ifade etmektedirler. Öğrencilerin % 21.6 'sı ışığın enerjisi arttıkça daha fazla elektron kopacağını ifade etmektedriler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: ''*Daha fazla enerji daha fazla elektron koparır, etkileşim olur* (Seda).'' Öğrencilerin % 32.3'ü yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 18.3'ü ışık ile elektronun etkileşmediğini ifade etmektedirler. Öğrencilerin % 6.5'i ise ışık şiddeti arttıkça elektronun enerjisinin artacağını ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Işık şiddetine bağlı olarak elektronlar hızlanır ve kinetik enerji artar* (Halil)." Böyle düşünen öğrencilere göre ışık şiddeti ile elektronların kinetik enerjisi doğru orantılıdır. Öğrencilerin % 3.5'i ise fazla enerjili ışığın elektronları durgun hale getirebileceğini ifade etmektedirler. Öğrencilerin % 1.8'i ise ışığın her durumda soğrulacağını düşünmektedirler.

Son teste bakıldığında soruya tam doğru cevap veren öğrenciler % 0.4 oranında oldukça dikkat çekicidir. Bu guptaki öğrencilerin açıklamaları şu şekildedir: "Elektrona ışık gönderildiğinde elektronu koparabilir, elektron ışık yayabilir. Anti parçacıkta oluşur. Bilim adamları bunları inceliyor (Süleyman).", "Işık *elektrona enerji aktarır. Elektron ışığı tamamen soğurur. Elektron emd yayar* (Fırat)." Öğrencilerin % 48.9'u bilimsel olarak kısmen doğru cevap vermişlerdir. Son testte bu oranda fark edilir olmayan bir artış görülmektedir. Bu kısmen doğru açıklamalarda öğrencilerin % 6.5'i elektronla ışık etkileşiminde elektronun uyarılıp saçılma yapacağını ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Işık yüksek enerji ile elektrona çarptığında eşik seviyesinde veya eşik enerjisini aşmışsa sapar ve saçılma yapar* (Pınar)." Son testte bu grupta az miktarda artış gözlenmektedir. Öğrencilerin % 31.3'ü yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalarda ışık ile elektronun etkileşmediğini düşünen öğrenciler % 11.5 oranında olup son testte düşüş görülmektedir. Öğrencilerin % 10.7'si ise ışık şiddeti ile elektronların kinetik enerjilerinin doğru olduğunu ifade edenlerden oluşmaktadır. Son testte bu orandaki artış göze çarpmaktadır. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Şiddeti artırırsak elektronların kinetik enerjisini de*

arttırırız. Işık elektron etkileşimi artar (Sinan)." Öğrencilerin % 4.9'u ise fazla enerjili ışığın elektronları durgun hale getirebileceğini ifade etmektedirler. Bu oran son testte artış göstermektedir.

Yanıtsız olarak gruplanan öğrencilerin ön testte oranı % 11.9 son testte oranı % 11.1'dir. Bu oranın içine soruya yalnızca evet, hayır ve kararsızım şeklinde yazanlar ve yalnızca bu seçenekleri işaretleyen öğrenciler de dahil edilmiştir. Bu durum öğrencilerin doğru kabul edilebilir ya da yanlış cevap verdiği anlamına gelmemektedir. Öğrenciler tamamı işaretledikleri kutucukları destekleyen açıklamalarda bulunmuşlardır.

4.3.2 Soru 11

Bu soruda Klasik fizikte metalden elektron koparılması ve X-ışınlarının serbest bir elektron ile çarpıştırılması deneylerinin nasıl açıklandığı sunulmaktadır. Öğrencilerden Modern fiziğin bu görüşlere nasıl baktığını açıklamaları istenmektedir. Bu soruda öğrencilerin açıklarken ışığın enerjisi ile elektronların kinetik enerjisinin ilişkisini, ışık şiddeti ile kopan elektron sayısının ilişkisi, elektron koparabilmek için eşik frekansının varlığını, ışık – elektron etkileşiminde ışığın nasıl davrandığını ve gelen ışığın dalga boyu ile saçılan ışığın dala boyunun farklı olduğunu dikkate alıp almadıkları amaçlanmaktadır.

Soru 11. Aşağıdaki tabloda klasik fizikte; metalden elektron koparılması ve X-ışınlarının serbest bir elektron ile çarpıştırılması deneylerinin nasıl açıklandığı belirtilmektedir. Sizce Modern fiziğin bu görüşlere yaklaşımı nasıldır, açıklayınız? Açıklamanızı tablodaki boşluklara yapınız.

	Klasik Fizik	**Modern Fizik**
Metalden Elektron Koparılması	• Işığın şiddeti artınca, metal yüzeyden sökülen fotoelektronlar daha büyük kinetik enerjiye sahip olacaktır. • Metal yüzeye gönderilen elektromanyetik dalgaların elektron koparmaları için bir frekans yani enerji limiti olmadığı ve her frekans değerinde yüzeyden elektron kopabileceği ifade edilmektedir.	Açıklamanız:
X-Işınlarının serbest elektron ile çarpıştırılması	• Metal yüzeye gelen elektromanyetik dalganın elektrik alanının etkisiyle elektronlar titreşmeye başlar ve titreşen elektronlar (ivmeli hareket nedeniyle) değişik yönlerde yeni elektromanyetik dalga yayınlar. • Saçılan elektromanyetik dalganın dalga boyu ise gelen ışının dalga boyuna eşit olduğu ifade edilmektedir.	Açıklamanız:

Şekil 4.26: Kavramsal anlama testi 11. Soru.

Bu sorunun tam doğru cevapları aşağıdaki gibidir.

Metalden elektron koparılması:

- Işığın enerjisi ile kopan elektronların kinetik enerjisi doğru orantılır. Ya da ışık şiddeti ile kopan elektron sayısı doğru orantılıdır.
- Metalden elektron koparabilmek için belli bir eşik frekansına yani bir enerji limitine ihtiyaç vardır. Her frekans değerinde elektron koparılamaz.

X- Işınlarının serbest elektron ile çarpıştırılması:

- Etkileşim sonucu ışık tanecik gibi davranır ve yeni foton saçılır.
- Saçılan ışığın dalga boyu gelen ışığın dalga boyundan daha büyüktür.

Bu sorudan elde edilen açıklamalar, başlıca kategoriler ve öğrenci cevaplarının yüzdelerinden elde edilen bulgular Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'te verilmektedir.

Tablo 4.14: Soru11'den elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.

CEVAPLAR		**ÖN TEST**	**SON TEST**
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Işık enerjisi ile kopan elektronların kinetik enerjileri doğru orantılıdır. Metalden elektron koparmak için belli bir eşik frekans değeri vardır.	5 (1.0)	13 (2.6)
	Işık şiddeti ile kopan elektron sayısı doğru orantılıdır. Metalden elektron koparmak için belli bir frekans yani enerji limiti vardır.	12 (2.4)	18 (3.7)
KISMEN DOĞRU	Işık enerjisi ile kopan elektronların kinetik enerjileri doğru orantılıdır. Her frekans değerinde yüzeyden elektron kopmaz.	2 (0.4)	38 (7.8)
	Metalden elektron koparmak için belli bir eşik frekansı yani enerji limiti vardır.	–	24 (4.9)
	Bu olayı tanecik modeli açıklar.	11 (2.2)	3 (0.6)
	Işık şiddeti kopan elektronların kinetik enerjisini değiştirmez.	51 (10.5)	37 (7.6)
	Işığın şiddeti ile kopan elektronların sayısı doğru orantılıdır.	–	17 (3.5)
YANLIŞ – 1	Işık şiddeti artarsa kopan elektronların kinetik enerjisi artar. Her enerji düzeyinde elektron koparılmaz.	46 (9.4)	58 (11.9)
YANLIŞ – 2	Enerji süreklidir. Her enerji düzeyinde elektron kopartılabilir.	–	82 (16.9)
	Klasik fiziğin yaklaşımıyla aynı görüşte olanlar.	198 (40.8)	44 (9.0)
	Işık şiddetiyle kopan Elektronların kinetik enerjisi doğru orantılıdır.	35 (7.2)	59 (12.1)
KODLANAMAZ		29 (5.9)	40 (8.2)
YANITSIZ		39 (8.0)	52 (10.7)

Tablo 4.14'te görüldüğü gibi metalden elektron koparılması deneyine ilişkin ön testte öğrencilerin % 3.4'ü tam doğru cevap vermişlerdir. Öğrencilerin % 13.1'i bilimsel olarak doğru kabul edilebilir kısmen doğru açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 10.5'i ışığın şiddetinin kopan elektronların kinetik enerjisini değiştirmeyeceğini ifade etmektedirler. Bu gruba ait bazı öğrencilerin açıklamaları şu şekildedir: "*Kinetik enerji ve ışık şiddeti arasında bağlantı yoktur bence* (Muammer).", "*Işık şiddeti elektronun kinetik enerjisine etki etmez* (Filiz)." Öğrencilerin % 2.2'si tanecik modelinin açıkladığı bir olay olduğunu ifade etmektedirler. Öğrencilerin % 57.4'ü yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 40.8'i klasik fizik ile aynı görüşte olduklarını ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "Klasik *fiziğin görüşlerine katılıyorum. Modern fizik de aynı görüştedir* (Gülşah)." Bu gruptaki diğer öğrenciler benzer açıklamalarda bulunmaktadırlar. Öğrencilerin % 9.4'ü ışık şiddeti ile kopan elektronların kinetik enerjisinin doğru orantılı olduğunu ancak elektron koparmak için belli bir enerjiye ihtiyaç olduğunu ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklamalar şu şekildedir: "*Işık şiddeti arttıkça elektronun enerjisi artar. Ancak 2. Açıklama yanlış. Her enerji düzeyinde elektron koparamazsın* (Hülya)." Böyle düşünen öğrencilerin açıkamaları belirli enerji gerekliliğinden bahsettiği için bir yere kadar kısmen doğru kabul edilebilir. Fakat bu öğrenciler için ışık şiddeti ile kopan elektronların kinetik enerjisi doğru orantılı olduğunu düşünmektedirler. Öğrencilerin % 7.2'si ışık şiddetiyle kopan elektronların kinetik enerjisinin doğru orantılı olduğunu ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "Işığın *şiddeti ile elektronun enerjisi doğru orantılıdır. Şiddet artarsa elektronlar daha hızlı gider* (İsmail)."

Son teste bakıldığında öğrencilerin % 6.3'ü tam doğru açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu gruba ait bazı öğrencilerin açıklamaları şu şekildedir: "*Işığın şiddeti arttıkça kopan elektron sayısı artar. Frekansı artarsa kopan elektronun Ek'sı artar* (Raşit).", "*Kinetik enerjileri değişmez. Işığın enerjisine bağlıdır. Her metalin bir eşik enerjisi vardır ve* e^- *koparabilmek için bu değeri aşmak gerekir* (Azra) Öğrencilerin % 24.4'ü bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmışlardır.

Bu açıklamalarda öğrencilerin % 7.8'i ışığın enerjisi ile kopan elektronların kinetik enerjisinin doğru orantılı olduğunu ve her frekans değerinde metalden

elektron koparılamayacağını ifade etmektedirler. Son testte bu oranda artış görülmektedir. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Işığın enerjisi arttıkça elektronların kinetik enerjisi de artar. Enerji parçacıklar halinde yayılır. Belirli sayıların tam katları halinde olmalı. Her frekans değerinde elektron koparamaz* (Semih)." Öğrencilerin % 7.6'sı ışığın şiddetinin kopan eketronların kinetik enerjisine bağlı olamadığını düşünmektedirler. Son testte bu oranda az miktarda düşüş görülmektedir. Öğrencilerin % 4.9'u ise elektron koparmak için belli bir enerji limitinin olduğunu düşünmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Metal yüzeyden elektron koparabilmek için belirli bir enerji sınır vardır. Koparabilmek için o sınırı aşabilmek gerekir* (Birkan)." Öğrencilerin % 0.6'sı Bu deneyi tanecik modelinin açıkladığını ifade etmektedirler. Ancak fotoelektrik olayın neden tanecik modeli ile açıklandığını ifade edememiştir. Bu sonuç Görecek (2013)'in kunatum fiziği temel kavramları üzerine yaptığı çalışma sonucu ile benzerlik göstermektedir. Öğrencilerin % 49.9'u yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu yanlış açıklamalarda öğrencilerin % 16.9'u enerji süreklidir. Her enerji düzeyinde elektron kopartılabilir açıklamaları yapmışlardır. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Enerji süreklidir. Işık metal yüzeyden her enerji seviyesinde elektron kopartabilir* (Aynur). Bu durum elektron koparmak için bağlanma enerjisine ihtiyaç olmadığı anlamına gelmektedir. Son testte öğrencilerin % 12.1'i ışık şiddeti ile kopan elektron kinetik enerjisinin doğru orantılı olduğunu düşünmektedirler. Sonuçlara göre bu oranda artış olduğu görülmektedir (Tablo 4.15). Son testte klasik fizik ile aynı görüşte olan öğrenciler % 9.0 oranındadır. Bu oranda oldukça fark edilir bir düşüş görülmektedir.

Tablo 4.15: Soru11'den elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.

CEVAPLAR		ÖN TEST	SON TEST
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Etkileşim sonucu ışık tanecik gibi davranır ve yeni foton saçılır. Saçılan ışığın dalga boyu gelen ışığın dalga boyundan daha büyüktür.	_	_
KISMEN DOĞRU	Saçılan ışığın dalga boyu gelen ışığın dalga boyundan daha büyüktür.	19 (3.9)	74 (15.2)
	Etkileşim sonucu ışık tanecik gibi davranır ve foton saçılır.	_	49 (10.1)
	Saçılan ışığın dalga boyu ile gelen ışığın dalga boyu enerji aktarımı olduğu için birbirinden farklıdır.	107 (22.0)	43 (8.8)
	Yüksek enerjili ışık elektrona enerji aktarır ve elektron ışık saçar. Bu Compton olayıdır. Tanecik modeli ile açıklanır.	_	25 (5.1)
YANLIŞ - 1	Enerji artacağından saçılan dalganın dalga boyu daha büyüktür.	24 (4.9)	22 (4.5)
YANLIŞ - 2	Işık durgun elektrona enerjisinin bir kısmını aktarır. Kalan enerjiyle aynı elektromanyetik dalga yoluna devam eder.	112 (23.0)	38 (7.8)
	Bu deneyi dalga modeli açıklar.	9 (1.8)	_
	Gelen ışık ile saçılan ışığın dalga boyları eşttir.	17 (3.5)	64 (13.1)
	Klasik fiziğin yaklaşımı ile aynı görüşte olanlar.	129 (26.5)	32 (6.5)
	Gelen ışığın dalga boyu saçılan ışığın dalga boyundan daha büyüktür.	_	21 (4.3)
KODLANAMAZ		36 (7.4)	53 (10.9)
YANITSIZ		32 (6.5)	40 (8.2)

Tablo 4.15'e bakıldığında ise X- ışınlarının serbest elektron ile çarpıştırılması deneyine ilişkin ön testte tam doğru cevap veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğrencilerin % 39.2'si bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 22'si enerji aktarımından dolayı gelen ile saçılan ışığın dalga boylarının farklı olacağı açıklamalar yapmışlardır. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: *"X- Işını elektrona çarptığında enerji aktarılır. Işık ilk başta yüksek enerjili geliyor ama enerji aktarıyor elektromanyetik dalganın dalga boyu aynı kalmaz* (Beste)." Ön testte bu gruba ait başka bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Çarpışma sonucu enerji değişimi yaşanır. Dalga boyları da değişir* (*Fehmi).*" Öğrencilerin % 3.9'u ise saçılan ışığın dalga boyu gelen ışığın dalga boyundan daha büyük olduğunu ifade etmektedirler. Öğrencilerin % 59.7'i yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 23'ü ışığın durgun elektrona enerjisinin bir kısmını aktaracağını ve kalan enerjisiyle ışığın yoluna devam edeceğini ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Gelen ışık elektrona çarptığında enerjisinin bir kısmını ona verir ve kalan enerjiyle yoluna devam eder* (Nurgül)." , "*Işık elektronla etkileşir ve enerjisi azalarak gider*. (İlhan)." Öğrencilerin % 3.5'i gelen ile saçılan ışığın dalga boylarının eşit olacağını ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Saçılan ve gelen ışığın dalga boyları eşittir* (Anıl)." Öğrencilerin % 26.5'i klasik fiziğin görüşleriyle aynı fikirde olduklarını ifade etmektedirler. Öğrencilerin % 4.9'u ise enerji artacağı için saçılan ışığın dalga boyunun daha büyük olacağını ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Enerji artacağından saçılan dalganın dalga boyu artmış olur* (Korhan)." Öğrenci ışık elektron çarpışması sonucu ışığın enerjisinin artacağını düşünüyor olabilir. Bu durum X-ışınlarının yüksek enerjiye sahip olmasından kaynaklanıyor olabilir. Öğrenciye göre ışığın enerjisiyle dalga doyu doğru orantılıdır. Bu gruba ait öğrenciler benzer açıklamalarda bulunmuşlardır. Öğrencilerin % 1.8'i ise bu deneyi dalga modelinin açıkladığını ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "Işık *elektrona çarpar enerjisinin bir kısmını aktarır ve emd yayılır. Bu olayı ışığın dalga modeli açıklıyor* (Haluk)." Bu öğrenciye göre deneyde ışık tanecik gibi davranmaz.

Son teste bakıldığında tam doğru cevap veren öğrenci bulunmamaktadır. Öğrencilerin % 39.2'si bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilir açıklamalar

yapmışlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 15.2'si saçılan dalga boyunun gelen ışığın dalga boyundan daha büyük olduğunu ifade etmektedirler. Son testte bu oranda artış gözlenmektedir. Son testte bu gruba ait bazı öğrencilerin açıklamaları şu şekildedir: "Modern *fiziğe göre saçılan fotonun dalga boyu gelen ışının dalga boyundan büyüktür* (Doruk).", "Enerji toplamda korunur. "*Ama saçılan ışık ile gelen ışığın enerjileri farklı olur. Saçılan ışığın dalga boyu artar* (Gaye).", "*Saçılan ışının dalga boyu gelen ışın dalga boyundan fazladır. Gelen ışının enerjisi daha fazla olduğu için enerjisi büyük olanın dalga boyu küçük olur* (Yılmaz)." Öğrencilerin % 10.1'i ışık elektron etkileşiminde ışık tanecik gibi davranır ve foton saçılır açıklamaları yapmışlardır. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Işık elektrona çarptığında enerjisinin bir kısmını elektrona aktarır ve elektron foton yayar* (Kaan)." Öğrencilerin % 8.8'i saçılan ile gelen ışığın dalga boylarının enerji aktarımından dolayı farklı olacağını ifade etmektedirler. Bu oranda son teste düşüş görülmektedir. Öğrencilerin % 5.1'i yüksek enerjili ışığın elektrona enerji aktaracağını ve elektron ışık saçacağını bu deneyi tanecik modelinin açıklayacağını ifade etmektedirler. Öğrencilerin % 36.2'si yanlış açıklamalarda bulunmuşlardır. Bu açıklamalarda öğrencilerin % 13.1'i gelen ile saçılan ışığın dalga boylarının eşit olacağını ifade etmektedirler. Son testte bu oranda düşüş gözlenmektedir. Öğrencilerin % 4.3'ü gelen ışığın dalga boyunun saçılan ışığın dalga boyundan büyük olduğunu ifade etmektedirler. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Gelen ışının enerjisinin bir miktarı kaybolduğu için dalga boyu azalır* (Önder)." Öğrencilerin % 6.5'i klasik fiziğin görüşlerine katılmaktadırlar. Bu oranda son testte düşüş gözlenmektedir.

Tablo 4.14 ve Tablo 4.15'te öğrenci yanıtlarına genel olarak bakıldığında öğrencilerin sahip olduğu alternatif kavramlar vardır. Araştırma sonuçlarına göre öğrenciler ışık şiddeti ile kopan elektronların kinetik enerjileri arasında doğru orantılı ilişki kurmaktadırlar. Dalga boyu ile ışığın enerjisi arasında doğru orantılı ilişki kurmaktadırlar.

4.4 Dördüncü Alt Probleme Ait Bulgular

"Öğrencilerin öğretim öncesi ve sonrasında modern fizik ile ilgili kavramsal anlamaları ne düzeydedir?" Alt problemine dair sorular aşağıda verilmektedir. Bu alt problem 11. ve 12. Soruları kapsamaktadır. 11. Soru için elde edilen bulgular bir önceki alt problemde sunulmaktadır.

4.4.1 Soru 12

Bu soruda Ahmet adında bir öğrencinin ışığın ikili doğası ile ilgili fikri sunulmaktadır. Öğrencilerden Ahmet'in görüşüne katılıp katılmadığı istenmektedir. Bu soruda öğrencinin, görüşünü açıklarken ışığın davranışını açıklayabilen ve açıklayamayan olayları dikkate alıp almadığı amaçlanmaktadır.

Soru 12. Bir bilim dergisini okuyan Ahmet, Işık ışınlarının ikili doğası olduğunu okuyor. Işık hem dalga hem de tanecik gibi davranabiliyormuş. Ahmet bu duruma bir anlam veremiyor. Saçma olarak niteliyor bu durumu. Siz de Ahmet ile aynı görüşte misiniz? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız

Evet ☐ Hayır ☐ Kararsızım ☐

Gerekçeniz:

……

Şekil 4.27: Kavramsal anlama testi 12. Soru.

Bu sorunun doğru cevabı ışık fotoelektrik olayda ve Compton saçılmasında tanecik gibi davranıyor. Girişimde kırınımda dalga gibi davranıyor. Her iki özelliği de taşıdığı için bu fikre katılmıyorum. Bu sorudan elde edilen açıklamalar, başlıca kategoriler ve öğrenci cevaplarının yüzdelerinden elde edilen bulgular Tablo 4.16'da verilmektedir.

Tablo 4.16: Soru 12'den elde edilen bulguların kategorileri ve yüzdeleri.

CEVAPLAR		ÖN TEST	SON TEST
		FREKANSLAR n (%)	FREKANSLAR n (%)
TAM DOĞRU	Hayır katılmıyorum. Işık fotoelektrik olayda ve compton saçılmasında tanecik gibi davranıyor. Girşimde ve kırınım olaylarında dalga gibi davranıyor. Her iki özelliği de taşıyor.	107 (22.0)	121 (24.9)
KISMEN DOĞRU	Hayır katılmıyorum. Işık hem dalga hem de tanecik gibi davranır.	151 (31.1)	172 (35.4)
	Hayır. Ahmet'e katılmıyorum. Işığın ikili doğası vardır.	33 (6.8)	55 (11.3)
YANLIŞ-1	Kararsızım.	86 (17.7)	41 (8.4)
KODLANAMAZ		44 (9.0)	51 (10.5)
YANITSIZ		64 (13.1)	45 (9.2)

Tablo 4.16'da görüldüğü gibi ön testte öğrencilerin % 22.0'si soruya tam doğru cevap vermişlerdir. Bu gruba ait öğrencilerinin birinin açıklaması şu şekildedir: "*Işık gerektiğinde tanecik > fotoelektrik olay, gerektiğinde dalga > çift yarık deneyi gibi davranır* (Nihal)**.**". Bu gruba ait başka bir öğrencinin açıklaması şu şekildedir: "*Fotoelektrik olayla tanecikli, kırınım olayları ile dalga özellikli olduğunu biliyorum* (Engin)**.**" Öğrencilerin % 31.1'i bilimsel olarak kısmen doğru kabul edilebilir açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda öğrenciler ışığın hem dalga hem de tanecik gibi davrandığını ifade etmektedirler. Bu gruba ait bazı öğrencilerin açıklamaları şu şekildedir: "Işık *hem dalga özelliği gösterir hem de tanecik özelliği gösterir de Broglie bunu deneylerinde söylemiş.* (Ceren)**.**", "Yapılan *deneyler ışığın hem dalga hem detanecik gibi davranabildiğini gösterdi* (Mete)**.**"

Öğrencilerin % 24.5'i ise yanlış açıklamalar yapmışlardır. Bu açıklamalarda Öğrencilerin % 17.7'si kararsız olduklarını belirtmişlerdir. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklamaları şu şekildedir: "*Kararsızım. Işık farklı durumlarda farklı şekilde davrandığı için bunu deneyler tam olarak bilemez* (Çağan)**.**''

Son teste bakıldığında öğrencilerin % 24.9'u soruya tam doğru cevap vermişlerdir. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Young deneyi ile ışık dalga özelliği gösterir. Compton ve fotoelektrik olayda da ışık tanecik özelliği gösterir* (Ayşegül)." Son testte oranda bir miktar artış gözlenmektedir. Öğrencilerin % 35.4'ü kısmen doğru cevaaplar vermişlerdir. Son testte oranda artış görülmektedir. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: "*Işık suda dalga modeli ile metal yüzeyde ise tanecik modeli ile hareket eder* (Esin)." Son testte öğrencilerin % 8.4'ü yanlış kabul edilebilir cevaplar vermişlerdir.Son testte bu oranda düşüş görülmektedir. Bu gruba ait öğrencilerden birinin açıklaması şu şekildedir: ''*Işık sadece dalga olsaydı ışığı göremezdik* (Aslıhan)."

Yanıtsız olarak gruplanan öğrencilerin ön testte oranı % 13.1 son testte oranı % 9.2'dir. Bu oranın içine soruya yalnızca evet, hayır ve kararsızım şeklinde yazanlar ve yalnızca bu seçenekleri işaretleyen öğrenciler de dahil edilmiştir. Bu durum öğrencilerin doğru kabul edilebilir ya da yanlış cevap verdiği anlamına gelmemektedir. Öğrenciler tamamı işaretledikleri kutucukları destekleyen açıklamalarda bulunmuşlardır.

Tablo 4.16'da sonuçlara bakıldığında öğrenciler hem ön testte hem de son testte bilimsel olarak doğru kabul edilebilir cevaplar vermişlerdir. Öğrencilerin Fotoelektrik ve Compton olayını daha önceki zamanlarda bildiği ancak neden ışığın tanecik modeli ile açıklandığını ve neden dalga modeli ile açıklanamadığını ifade edememişlerdir. Bu sorunun modelin özelliklerini bilmemelerinden ve yorum yürütme becerilerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Öğrenciler Fotoelektrik olay, Compton saçılması, de Broglie gibi konuları ön testte henüz görmemelerine rağmen ışığın ikili doğası için örneklerde kullanmışlardır.

Bu durum günlük yaşantıların öğrenme üzerinde etkisinden kaynaklanıyor olabilir. Öğrenciler bu bilgileri kendi deneyimleri ve yaşantıları yoluyla yapılandırmış olabilirler. Öğrenciler ışığın ikili doğasına fotoelektrik, girişim, Compton deneylerini örnek olarak gösterirken ders kitaplarına bağlı kaldıkları da görülmektedir.

5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu bölümde çalışmadan elde edilen sonuçlar sunulmuş, tartışması yapılmış ve öneriler sunulmuştur.

5.1 Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmamızın amacı 12. Sınıf fizik dersi programında yer alan "Modern Fizik" ünitesindeki "fotoelektrik olay ve Compton saçılması" konuları ile ilgili olarak lise öğrencilerinin fikirlerini ortaya çıkarmaktır. Araştırma, 2016-2017 eğitim öğretim yılının ikinci yarıyılında Balıkesir il merkezinde bulunan on farklı ortaöğretim okulunda 12. Sınıfta öğrenim görmekte olan 485 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmada fotoelektrik olay ve compton konularına ilişkin kavramsal anlama testi geliştirilmiştir. 12 açık uçlu sorudan oluşan fotoelektrik ve Compton olayları kavramsal anlama testi öğretim öncesinde ve öğretim sonrasında 485 öğrenciye uygulanmıştır. Bu bölümde araştırmanın veri toplama aracı olan kavramsal anlama testinin analizinden elde edilen bulgulara dayalı olarak sonuçlar genel olarak verilmektedir.

Araştırmada elde edilen sonuçlar geleneksel öğretim doğrultusunda öğrencilerin sahip oldukları alternatif kavramların öğretim sonrasında azalma gözlenebilmekle birlikte devam ettiği de gözlenmektedir. Bu araştırmanın sonuçları öğrencilerin fotoelektrik ve compton olaylarına ilişkin alternatif kavramlarının olduğunu göstermektedir. Öğretim öncesinde öğrenciler fotoelektrik olay konusunda oldukça az bir kısmı bilimsel olarak doğru kabul edilebilir fikirlere sahip ve büyük bir kısmı alternatif kavramlara sahiptir. Öğretim sonrası öğrenciler fotoelektrik olay konusunda az bir kısmı bilimsel olarak doğru kabul edilebilir fikirlere ve büyük bir kısmı alternatif kavramlara sahip olduğu görülmüştür. Öğretim öncesi ve sonrasında Compton saçılmasında öğrencilerin çok büyük bir kısmı alternatif kavramlara sahiptirler. Literatürde yer alan fotoelektrik ve Compton olaylarına ilişkin bazı alternatif kavramlar ile bu araştırmanın sonuçlarından elde edilen sonuçlarla

benzerlik göstermektedir. Örneğin, bu çalışmada elde edilen ‘’Bakır alkali metalidir’’ sonucu Yıldız ve Büyükkasap (2011) ‘’Öğretmen Adaylarının Fotoelektrik Olayını Anlama Düzeyleri ve Öğrenme Amaçlı Yazmanın Başarıya Etkisi’’ çalışmasında da aynı sonuca rastlanmaktadır. Bu araştırmadaki ‘’ışığın enerjisi arttıkça frekans azalır’’ sonucu Görecek (2013) ‘’Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kuantum Fiziği Temel Kavramlarını Anlama Düzeylerine 7E Öğretim Modelinin Etkisi’’ çalışmasında ‘’parçacık teorisinde düşük frekanslarda fotonlar yüksek enerjiye sahiptir’’ sonucunu destekler niteliktedir. Ayrıca bu çalışmadan elde edilen ‘’Compton deneyini ışığın dalga modeli açıklar’’ sonucu Görecek (2013) ‘in çalışmasındaki ‘’Dalga modelinde elektronların salınması, yüksek frekanslı ışığın material üzerine düşürülmesi ile açıklanır, elektromanyetik dalganın elektronları titreştirmesiyle değil.’’ sonucu ile benzerlik göstermektedir. ‘’Elektron koparmak ışığn enerjisine bağlı değildir.’’ sonucu ve ‘’Akımı sıfırlamak için ışığı keserek aynı anda pil çıkarılmalı’’ ve ‘’Işığı keserek aynı anda pil bağlanmalı’’ sonuçları Steinberg,Oberem ve Mcdermott (1996) ‘’Fotoelektrik Etki Üzerine Bilgisayar Tabanlı Bir Öğreticinin Geliştirilmesi’’ çalışmasında ‘’Potansiyel fark elektrottan elektron atılmasına neden olur.’’ sonucunu ve Sokolowski (2013) ‘’Fotoelektrik Etkinin Endüktif Olarak Öğretilmesi’’ çalışmasındaki ‘’Voltaj akım kaynağıdır.’’ sonucunu destekler niteliktedir.

Ülkemizde fizik eğitiminde yapılandırmacı kuram benimsenmektedir. Ancak yapılandırmacılığın öğretim programına aktarılması dikkate alındığında geleneksel yöntemlerin devam ettiği görülmektedir. Araştırma sonuçlarına bakıldığında hedeflenen kazanımlara yeterince değişimin sağlanamaması öğretim sürecindeki etmenlerin etkili olamadığının da göstergesidir. Sürecin bu kadar yolunda gitmemesinin yalnızca öğrencilere bağlı tek değişkenli bir durum olduğunu düşünmek doğru olmaz. Öğrencilerin öğretim öncesinde sahip oldukları alternatif kavramlar olağandır. Ancak öğrenciler sınıflara geldiklerinde eğitim öğretim sisteminin belirlediği hedef çerçeve doğrultusunda öğretmenler tarafından geliştirilirler. Alternatif kavramların öğretim sonrasında devam etmesinin yeterince değişmemesinin sebepleri vardır. Bu araştırmanın sonuçlarına bakıldığında öğretim sonrası öğrencilerin fikirleri daha çok yapılan öğretimin ne kadar etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Böylesine mikroskobik boyutta bir olayın, ölçümle gözlenemeyip yorumlanması kolay değildir. Elde edilen sonuçlarda öğretim

sürecinde kullanılan öğretim yöntemi, öğretim sürecinde yeterince deney yapılmaması, öğretmenlerin etkili ders işlememesi büyük sorumluluk taşımaktadır. Bu sebeple hedefler doğrultusunda gerçekleşmeyen kavramsal değişimleri yalnızca öğrencilere yüklemek gerçekçi olmaz. Bu durum öğrencilerin tek başına gösterdiği bir sonuç değildir. Örneğin ‘’ışık şiddeti’’ ile ‘’ışığın enerjisi’’ kavramlarının birbiri yerine kullanılması kolayca değiştirilebilecekken öğrencilerin değiştirememesi tamamıyla öğretmenden ya da kullanılan öğretim yönteminden kaynaklı olabilir. Araştırma sonucundaki başka bir örnekte ise ‘’Bakır alkali metaldir.’’ifadesidir. Öğretim müfredatında periyodik sistem konusunu öğrenciler hem 8. sınıfta hem de 9. sınıfta görmelerine rağmen öğrenciler alternatif kavramlara sahiptirler. Buradaki beklenti öğrencilerin ürettiği kendilerinde var olan alternatif kavramların bilimsel olarak tanımlanmış içerikler üzerinden ulaşılması gereken belirli kavramlardır. Kullanılan öğretim yöntemi sonrasında alternatif kavramlar devam edebilmekte hatta yeni alternatif kavramlar ortaya çıkmaktadır.

Öğrencilere öğretim öncesi ve öğretim sonrası uygulanan kavramsal anlama testinden elde edilen bulgulara göre öğrencilerin sahip oldukları belli başlı alternatif kavramlar ve bu kavramlsardaki değişimler aşağıda sunulmaktadır. Alternatif kavramların yanında hangi sorularda görüldükleri de verilmiştir.

5.1.1 Çalışmada Belirlenen Alternatif Kavramlar

1. Öğrenciler ışığın enerjisinin metalden elektron koparmaya yettiği durumda, bağlanma enerjisinin gönderilen ışığın enerjisi kadar olduğunu düşünmektedirler (Soru 1).

2. Öğrenciler fotoelektik devresinde elektron kopmasının ışığın enerjisine bağlı olmadığını düşünmektedirler. Akımın oluşması için ön koşul olarak devreye pil bağlanması gerektiğini düşünmektedirler. Üreteci akım kaynağı olarak düşünmektedirler. Araştırmanın bu sonucu Sokolowski (2013)‘nin ‘’Fotoelektrik Etkinin Endüktif Olarak Öğretilmesi’’ çalışmasındaki ‘’Voltaj akım kaynağıdır.’’ İfadesini ve Steinberg, Oberem ve Mcdermott (1996)‘un ‘’Fotoelektrik Etki Üzerine Bilgisayar Tabanlı Bir Öğreticinin Geliştirilmesi’’ çalışmasındaki

"Potansiyel fark elektrottan elektron atılmasına neden olur" ifadesini bu sonuç destekler niteliktedir (Soru 1).

3. Öğrenciler ışık şiddeti ile ışığın enerjisi kavramlarını birbiri yerine kullanmaktadırlar (Soru 1, Soru 2, Soru 3, Soru 5). Şiddet ve enerji ayrımını yapamamalarında günlük kullanılan dilin de etkisi olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

4. Öğrenciler fotoelektrik devresine elektron koparmaya yetecek enerji gönderilse bile pil olmadığı için devrenin çalışmayacağını düşünmektedirler (Soru 1).

5. Öğrenciler ışık şiddeti ile elektronların kinetik enerjisini doğru orantılı olduğunu düşünmektedirler. Ayrıca öğrenciler ışık şiddeti ile elektronların kinetik enerjisinin ters orantılı olduğunu da düşünmektedirler (Soru 3, Soru 5- elektronların kinetik enerjisi).

6. Öğrenciler ışığın dalga boyu arttırılırsa elektronun kinetik enerjisinin artacağını düşünmektedirler. Işığın dalga boyu ile ışığın enerjisi arasında doğru orantılı ilişki kurmaktadırlar (Soru 3, Soru 11 – x ışınlarının serbest elektron ile çarpıştırılması). Ayrıca öğrenciler ışığın frekansı azalırsa elektronların kinetik enerjisinin artacağını da düşünmektedirler (Soru 3, Soru 7 a). Öğrenciler aynı zamanda ışığın frekansı ile elektronların kinetik enerjisi arasında herhangi bir ilişki olmadığını da düşünmektedirler (Soru 7 a).

7. Öğrenciler ışığın enerjisi arttıkça frekansın azalacağını düşünmektedirler. Araştırmanın bu sonucu Görecek (2013)'in ''Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kuantum Fiziği Temel Kavramlarını Anlama Düzeylerine 7E Öğretim Modelinin Etkisi'' çalışmasında da "parçacık teorisinde, düşük frekanslarda fotonlar yüksek enerjiye sahiptir" ifadesini destekler niteliktedir (Soru 3).

8. Öğrenciler bakır metalinin ışığı geçirmediği için elektron koparamadığını düşünmektedirler (Soru 4).

9. Öğrenciler bakır metalinin iletken olmadığını ve elektriği iletmediğini düşünmektedirler (Soru 4).

10. Öğrenciler bakır metalinin alkali metal olduğunu düşünmektedirler. Araştırmanın bu sonucu Yıldız ve Büyükkasap (2011)'ın ''Öğretmen Adaylarının Fotoelektrik Olayını Anlama Düzeyleri ve Öğrenme Amaçlı Yazmanın Başarıya Etkisi'' üzerine yaptıkları çalışmada da "Bakır alkali metaldir." ifadesiyle aynı sonuca rastlanmaktadır (Soru 4)

11. Öğrenciler ışığın şiddeti ile akım değerinin ters orantılı olduğunu düşünmektedirler. Ayrıca öğrenciler ışık şiddeti ile akım değeri arasında bir ilişki olmadığını da düşünmektedirler (Soru 5)

12. Öğrenciler fotoelektrik devresinde akımı sıfırlamak için ışık kaynağını kesmenin tek başına yeterli olmadığını pilin de devreden çıkarılması ya da ters bağlanması gerektiğini düşünmektedirler. Aynı zamanda öğrenciler akımı sıfırlamak için devreye yalnızca pil ekleyip seri bağlamak gerektiğini ya da paralel bağlamak gerektiğini düşünmektedirler. Ayrıca öğrenciler Fotoelektrik devresinde akımı sıfırlamak için yalnızca pili çıkarmak gerektiğini pili çıkararak akımı sıfırlayacaklarını düşünmektedirler. Kısaca öğrenciler burada akım kaynağının pil olduğunu düşünmektedirler. Bu sonuç Sokolowski (2013)'nin çalışmasındaki ''Voltaj akım kaynağıdır.'' ifadesini ve Steinberg, Oberem ve Mcdermott (1996)'un çalışmasındaki ''Potansiyel fark elektrottan elektron atılmasına neden olur.'' ifadesini destekler niteliktedir (Soru 6).

13. Öğrenciler ışığın frekansı ile elektronların kinetik enerjisi arasındaki ilişki grafiğini doğru çizememektedirler. Frekans-kinetik enerji grafiğinde eşik frekansını dikkate almamaktadırlar (Soru 7 a). Grafik eğiminin farklı metaller kullanıldığında değişeceğini düşünmektedirler. Ayrıca öğrenciler farklı metaller kullanılsa da ikisi de metal olduğu için grafiğin tamamen aynı kalacağını da düşünmektedirler (Soru 7 b).

14. Öğrenciler X- ışınları serbest elektron ile çarpıştırıldığında elektronun kinetik enerjisinin azalacağını düşünmektedirler. Ayrıca öğrenciler X-ışınları yüksek

enerjili olsa bile fotonun elektron tarafından tamamen soğrulacağını düşünmektedirler (Soru 8, Soru 10-çizim).

15. Öğrenciler elektron gönderilen ışığı tamamen soğurursa yapısının bozulacağını da söylemektedirler. (Soru 8).

16. Öğrenciler fotoelektrik devresinde metal yüzeye X- ışınları gönderildiğinde devrede akım oluşmayacağını düşünmektedirler (Soru 8).

17. Öğrenciler gelen ışık enerjisinin bir kısmını elektrona aktarır, kalan enerjisiyle ışık aynı yoluna devam eder ifadelerinde bulunmaktadır. Burada etkileşimden sonra saçılan foton, gelen fotonun bir kısmı olacağını düşünmektedirler (Soru 10 –çizim, Soru 10 –açıklama).

18. Öğrenciler ışık ile elektronun elektron en dış katmanda değilse etkileşemeyeceklerini düşünmektedirler (Soru 10–açıklama). Ayrıca öğrenciler ışık ile elektron etkileşmez ifadelerinde de bulunmaktadırlar (Soru 9).

19. Öğrenciler X-ışını ile serbest elektronun etkileştiklerinde esnek olmayan çarpışma yaptıklarını söylemektedirler (Soru 10-açıklama).

20. Öğrenciler yüksek enerjili ışığın elektronu durgun hale getirebileceğini düşünmektedirler (Soru 9).

21. Öğrenciler enerjinin sürekli olduğunu ve her enerji düzeyinde elektron koparılabileceğini düşünmektedirler. Ayrıca öğrenciler klasik fizik ile modern fiziğin aynı görüşlerde olduğunu da söylemektedirler (Soru 11- metalden elektron koparılması).

22. Öğrenciler Compton deneyini ışığın dalga modelinin açıkladığını söylemektedirler. Araştırmanın bu sonucu Görecek (2013)'in çalışmasında "Dalga modelinde elektronların salınması, yüksek frekanslı ışığın materyal üzerine düşürülmesi ile açıklanır, elektromanyetik dalganın elektronları titreştirmesiyle

değil.” Sonucuyla benzerlik göstermektedir (Soru 11- X ışınları ile serberst elektronun çarpıştırılması).

23. Öğrenciler enerji artacağından saçılan dalganın dalga boyunun artacağını söylemektedirler (Soru 11 - X ışınları ile serberst elektronun çarpıştırılması).

24. Öğrenciler gelen ışık ile saçılan ışığın dalga boylarının eşit olacağını söylemektedirler (Soru 11 - X ışınları ile serbest elektronun çarpıştırılması).

25. Öğrenciler ışığın doğasından emin olmamakla birlikte ışık farklı durumlarda farklı şekilde davrandığı için bunu deneylerin tam olarak bilemeyeceğini söylemektedirler (Soru 12).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar daha önce bu alanda bilindiği kadarıyla yapılmış çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırıldığında; 1,3,4, 5, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25 nolu alternatif kavramlar bu çalışmada ortaya çıkarılmıştır.

5.1.2 Öğrencilerin Fikirlerindeki Değişimler

Bu araştırma sonuçlarında alternatif kavramlardan bilimsel kavramlara doğru değişim görülmektedir. Ancak hala eksiklikler bulunmaktadır. Bu kısımda öğrencilerin sorulara verdikleri tam doğru cevap oranının ön test ve son teste göre değişim oranlarının sonuçları sunulmaktadır.

- 1. Soruda bağlanma enerjisi kavramını kullanarak tam doğru açıklama yapan öğrenciler ön testte bulunmamakla beraber son testte bu oran % 20.8’e yükselebilmiştir. $E_{gelen} = E_{bağ.} + E_k$ bağıntısını kullanarak tam doğru açıklama yapan öğrenciler ise ön testte bulunmamakta, son testte ise sadece % 6.3 oranına çıkabilmiştir. Bu durum öğrencilerin büyük çoğunluğunun metalden koparma şartlarını elektronun kinetik enerji kazanabileceği durumlarını anlamalarının oldukça düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca veri

analizlerine göre öğrencilerin büyük çoğunluğu açıklamalarında fotoelektrik olay ile ilgili bağıntılara yer vermemişlerdir.

- 2. Soruda akım değerini iki katına çıkarmak için ışık şiddetini iki katına çıkarmalı açıklamasını yapan öğrenciler ön testte bulunmamakta, son testte ise yalnızca % 29 oranına çıkabilmektedir. Bu durum öğrencilerin ışık şiddeti ve akım değeri arasındaki ilişkiyi anlamalarının düşük olduğunu göstermektedir.
- 3. Soruda elektronların kinetik enerjisi ile ışığın frekansını ve enerjisinin doğru orantılı olduğu açıklamalarında bulunan öğrenciler ön testte bulunmamakta, son testte ise % 42 oranına yükselmektedir. Bu durum öğrencilerin yarısından fazlasının elektronların kinetik enerjisiyle ışığın frekansı arasında doğru ilişkiyi kuramadıklarını göstermektedir. Ayrıca öğrencilerin çoğu hala ışık şiddeti ile ışığın enerjisi kavramlarını birbiri yerine kullanmaya devam etmektedir.
- 4. Soruda bağlanma enerjisinin metalin cinsine bağlı olduğunu belirterek açıklama yapanların oranı ön testte % 2.6 oranında olup son testte % 49.4'e yükselmektedir. Bu durum öğrencilerin yaklaşık yarısının metalden elektron koparma şartlarının nelere bağlı olacağını anlamalarında öğretim sonrasında yaklaşık yarı yarıya bir oran gösterdiği anlamına gelmektedir.
- 5. Soruda akım kavramı için akım değerinin ışık şiddeti iki katına çıkarıldığında akım değerinin de iki katına çıkacağı açıklamalarında bulunan bulunan öğrenciler ön testte bulunmamakta, son testte ise % 11.9 oranına yükselebilmektedir. Bu sonuca bakılırsa 2. Soru için öğrencilerin ışık şiddeti ve akım değeri arasındaki ilişkiyi anlamalarının düşük olduğunu desteklemektedir.
- 5. Soruda elektronların kinetik enerjisi kavramı için ışığın şiddetine bağlı olmadığını ışığın frekansına yani enerjisine bağlı olduğunu ifade eden öğrenciler % 38.9'a yükselmektedir. Bu sonuç 3. Soru için öğrencilerin elektronların kinetik enerjisiyle ışığın frekansı arasında doğru ilişkiyi kuramadıklarını desteklemektedir.
- 6. Soruda üreteci ters bağlamak ifadesini kullanarak açıklama yapanların oranı ön testte % 6.3 olup, son testte bu oran % 21.4'e yükselmiştir. Bu durum öğrencilerin durdurucu potansiyel kavramını anlamalarının düşük

olduğunu göstermektedir. Öğrencilerin çoğu hem ön testte hem de son testte soruyu açıklarken önceki öğrenmelerine başvurmuşlardır.

- 7. Sorunun a şıkkında grafiği doğru çizip orantıyı doğru açıklayan öğrenciler ön testte bulunmamakta, son testte ise bu oran yalnızca % 7.2'ye çıkabilmektedir. Bu sonuç öğrencilerin büyük çoğunluğunun grafik çizmekte zorlandıklarını göstermektedir. Frekans ile elektronların kinetik enerjileri arasında doğru orantılı ilişkiyi açıklasalar bile grafiği çizemeyen ya da yanlış çizen öğrenciler oldukça çoğunluktadır.
- 7. Sorunun b şıkkında grafiğin eğiminin değişmeyeceğini fakat farklı metallerin bağlanma enerjisinin farklı olduğu olduğu açıklamasını yapan öğrenci ön testte bulunmamakta, son testte ise yalnızca % 5.9 oranındadır. Bu durum öğrencilerin Planck sabitini anlamalarının düşük olduğunu göstermektedir.
- 8. Soruda atomdan kopan elektronun gelen fotonun enerjisinin tamamını alamayabileceğinden, artan enerjiden yeni bir foton yayılması beklenir açıklamasını yapan öğrenci ön testte bulunmamakta, son testte ise yalnızca % 10.5 oranındadır. Bu durum foton elektron etkileşim durumlarını anlamalarının düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca öğrenciler bu sorunun başında verilen ön bilgi yönergesini de doğru kullanmamış olabilirler.
- 9. Soruda foton ve elektronun etkileşimi sonucu fotoelektrik olay, compton saçılması ya da çift oluşu olaylarından birinin gerçekleşebileceğini ifade eden öğrenciler ön testte bulunmamakta, son testte ise bu oran dikkat çekici şekilde % 0.4 oranındadır. Bu durum öğrencilerin foton elektron etkileşim durumlarını anlamalarının düşük olduğu yorumunu desteklemektedir.
- 10. sorunun sizce çizim doğru mudur? kısmında ön testte tam doğru cevap veren öğrenci ön testte bulunmamakta, son testte ise yalnızca % 5.9 oranındadır. 10. Sorunun sizce açıklama doğru mu? Kısmında ise soruya tam doğru cevap veren öğrenciler ön testte bulunmamakta, son testte ise yalnızca % 8.4 oranındadır. Bu durum öğrencilerin yüksek enerjili ışınların serbest elektronla çarpıştıldıktan sonra yeni bir foton saçılacağını anlamalarının oldukça düşük olduğunu göstermektedir.
- 11. Soruda metalden elektron koparılması deneyinde tam doğru cevap veren toplam öğrenci oranı ön testte % 3.4 olup son testte yalnızca % 6.3'e

yükselmektedir. Yine 11. Soruda X-ışınının serbest bir elektronla çarpıştırılması deneyine ön testte ve son testte tam doğru cevap veren öğrenci bulunmamaktadır. Bu sonuç öğrencilerin modern fiziğin bu deneye hangi görüşlerle yaklaştığını ve neden tanecik modeli ile açıklandığını anlamalarının oldukça düşük olduğunu ve bulgulara bakıldığında çoğunlukla alternatif kavramlara sahip açıklamalar olduğunu göstermektedir.

- 12. Soruda ışığın ikili doğası ile ilgili tam doğru cevap veren öğrencilerin oranı ön testte % 22.0 olup, son testte ise % 24.9 oranındadır. Kısmen doğru cevaplar veren öğrenciler ise ön testte % 31.1 oranında olup, son testte % 35.4'e yükselmiştir. Öğrenciler ön testte ve son testte de ışığın tanecik ve dalga modelinin açıkladığı deneylere doğru örenekler vermişlerdir. Bu durum öğrencinin fotoelektrik olay ve compton saçılmasını daha önceden bildiğini göstermektedir. Bu sonuç Görecek (2013) 'in ''Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kuantum Fiziği Temel Kavramlarını Anlama Düzeylerine 7E Öğretim Modelinin Etkisi'' çalışmasındaki ''Işık hem parçacık hem dalga özelliği gösterir. Örneğin, girişim ve kırınım olayları ışığın dalga modelinde olduğunu açıklar.'' ifadesiyle ve ''Işık bazen dalga bazen parçacık özelliği gösterir. Yapılan çalışmalarda hemdalga hem parçacık özelliği gösterdiği görülmüştür.'' İfadesiyle benzerlik göstermektedir. Ancak burada dikkat çeken nokta öğrencilerin hiçbirinin fotoelektrik ve compton olaylarının neden tanecik modeliyle açıklandığını ve neden dalga modeliyle açıklanmadığını ifade edememiş olmasıdır. Bu problem öğrencilerin yorum yapma becerilerinin düşük olduğunu ve ışığın ikili doğasını bilimsel olarak doğru kabul edilebilir şekilde yüzeysel olarak anlamlandırdığını göstermektedir.
- Öğrencilerin soruları açıklama ve yorumlamada önceki öğrenmelerine başvurmakta olduğu görülmektedir. Ayrıca öğrenciler açıklamalarında yalnızca fizik sınırları içerisindeki birikimlerini kullanmaktadırlar. Bu açıklamalarında günlük deneyimlerinden bir şey katmadıkları görülmektedir.

- Araştırma sonuçlarına bakıldığında bazı alternatif kavramların oranlarında düşüş ya da artış gözlenirken bazılarında ise öğretim öncesi var olmayıp öğretim sonrasında karşılaşılmaktadır. 1. Soruda öğretim öncesinde ''ışık şiddeti'' ile ''ışığın enerjisi'' kavramlarını birbiri yerine kullanarak '' 2E

şiddetindeki ışık daha şiddetli olduğu için elektron kopar ve devreden akım geçer.'' Açıklamalarında bulunan öğrenciler ön testte % 37.9 oranında iken son testte % 11.7 oranına sıçrayarak düşüş gözlenmektedir. Bu olumlu yöndeki düşüş ile yalnızca öğretim sonrasında açığa çıkan alternatif kavramlar ve kısmen doğru kabul edilebilir yanıtlar da ortaya çıkmıştır. Öğretim sonrasında öğrencilerin 1.4'ü metalin bağlanma enerjisinin 2E olduğunu ifade etmişlerdir. Öğrencilerin % 2.4'ü ise bağlanma enerjisinin E değerinin altında olduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan öğretim sonrasında yeni alternatif kavramlar ortaya çıkmıştır. Bunun yanısıra öğrencilerin % 15.0'i elektron koparmak için bağlanma enerjisinden daha büyük enerjili ışık gönderilmeli ifadelerinde bulunmuşlar ve kısmen doğru kabul edilebilecek yanıtlara gitmişlerdir Burada öğretimin olumlu yönde kavramsal değişim gerçekleştirdiği görülmekterdir.

- 3.Soruya bakıldığında öğretim öncesinde öğrencilerin % 64.1'i elektronların kinetik enerjilerinin artması için ışık şiddetini arttırmak gerektiği açıklamlarında bulunmuşlardır. Öğretim sonrasında ise bu oran % 12.1'e sıçrama yaparak fark edilir olarak düşüş gerçekleştirmiştir. Buna bağlı olarak öğretim sonrasında öğrencilerin % 27.4'ü gelen ışığın enerjisi arttırılmalıdır yanıtlarına, % 14.6'sı ise ışığın frekansı arttırılmalıdır yanıtlarına gitmişlerdir. Burada öğretimin olumlu yönde kavramsal değişim gerçekleştirdiği görülmektedir.
- 5. Soruda öğretim öncesinde öğrencilerin % 48.2'si ışık şiddeti iki katına çıkarılırsa akımın değişmeyeceğini ifade etmişlerdir. Bu oran öğretim sonrasında % 26.1'e sıçrama yaparak düşüş gerçekleştirmiştir. Bununla birlikte ışık şiddeti artarsa kopan elektron sayısı artar ve akım artar açıklamalarında bulunan öğrenciler ön testte % 3.7 oranında olup son testte % 40.6 oranına sıçrama yapmaktadır. Bu iki sonuç öğretimin olumlu yönde kavramsal değişim gerçekleşmesinden kaynalı olabilir. Öğrenciler öğretim sonrasında kısmen doğru kabul edilebilecek yanıtlara gitmişlerdir.
- 6. Soruda öğretim öncesinde öğrencilerin % 36.4'ü akımın sıfırlanması için üreteci çıkartmak gerektiği açıklamarında bulunmuşlardır. Bu oran öğretim sonrasında % 10.3'e düşmüştür. Bununla birlikte öğretim sonrasında öğrenciler hem yanlış hem de kısmen doğru kabul edilebilecek yanıtlara gitmişlerdir. Öğrencilerin % 6.5'i öğretim sonrasında ışık kaynağını keserek

aynı anda da üreteci ters bağlamak gerektiğini düşünmüşlerdir. Öğretim sonrasında yeni alternatif kavramlar ortaya çıkmıştır. Uygulanan öğretim olumsuz yönde kavramsal yapılanma oluşmuştur. Öğrencilerin % 1.8'i bağlanma enerjisi ışığın enerjisinden büyük olan metal yüzey kullanmak açıklamalarına, % 4.1'i bağlanma enerjisi ışığın enerjisine eşit olan metal yüzey kullanmak açıklamalarına, % 7.6'sı ise elektronların bağlanma enerjisinden daha düşük enerjili ışık kaynağı kullanmak açıklamalarına gitmişlerdir. Bu sonuca göre öğretim hem olumlu hem de olumsuz yönde kavramsal değişim gerçekleştirmiştir.

- 7. Sorunun b şıkkında öğretim öncesinde öğrencilerin % 87.2'si grafiği yanlış çizip grafiğin tamamen aynı kalacağını ifade eden açıklamalarda bulunmuşlardır. Öğretim sonrasında ise bu oran % 22.0'ye fark edilir düşüş gerçekleştirmiştir. Bunun yanında öğrenciler hem yanlış yanıtlara hem de kısmen doğru kabul edilebilir yanıtlara gitmişlerdir. Öğretim sonrasında öğrencilerin % 14.9'unu grafiği yanlış çizenler oluşturmaktadır.% '16.9'u ise grafiğin eğiminin değişeceğini düşünmektedirler. Öğrencilerin yalnızca % 5.9'u tam doğru yanıtlara gitmişlerdir. Öğrencilerin % 13.5'i grafiği doğru çizmiş ancak eksik açıklama yapmışlardır. Öğrencilerin % 5.5'i ise doğru açıklamalarda bulunup grafiği çizmemişlerdir. Genel sonuca bakılırsa yapılan öğretim hem olumlu hem de olumsuz yönde etki gerçekleştirmiştir.
- 11. Soruda metalden elektron koparılması deneyine yapılan açıklamalarda öğrencilerin % 40.8'i klasik fiziğin yaklaşımıyla modern fizik aynı görüştedir açıklamalarında bulunmuşlardır. Bu oran öğretim sonrasında % 9.0 oranına fark edilir düşüş gerçekleştirmiştir. Bununla birlikte öğretim sonrasında öğrenciler hem yanlış hem de kısmen doğru yanıtlara da gitmişlerdir. Öğrencilerin % 16.9'u enerji süreklidir, her enerji düzeyinde eleketon kopartılabilir açıklamalarına gitmişleridir. Öğrencilerin % 4.9'u metalden eelktron koparmak için belli bir eşik frekansı yani enerji limiti vardır açıklamalarında bulunmuşlardır. Öğrencilerin % 3.5'i ise ışığın şiddeti ile kopan elektronların sayısı doğru orantılıdır açıklamlarına giderek kısmen doğru kabul edilebilir yanıtlar vermişlerdir. Bu sonuca göre yapılan öğretim öğrencilerin bilimsel kavramlara doğru değişimi kısmen gerçekleştirmiş olsa da öğretim sonrasında oluşan yeni alternatif kavramların oluşmasına neden olmuştur.

- 11. Soruda X-ışınlarının serbest elektron ile çarpıştırılması deneyine yapılan açıklamalarda öğretim öncesinde öğrencilerin % 26.5'i klasik fizik ile modern fiziğin aynı görüşte olduğunu ifade etmektedirler. Öğretim sonrasında ise bu oran % 6.5'e düşmektedir. Elde edilen bulgularda öğretim öncesinde var olmayıp öğretim sonrası ortaya çıkan alternatif kavramlar yer almaktadır. Bu açıklamalardan öğrencilerin % 4.3'ü gelen ışığın dalga boyunun saçılan ışığın dalga boyundan daha büyük olacağını düşünmektedirler. Yapılan öğretim kavramların yapılanmasını olumsuz yönde etkilemiştir. Öğrencilerin % 15.2'si kısmen doğru açıklamalara gitmişlerdir. Ayrıca Öğrencilerin % 1.8'i öğretim öncesinde compton deneyini dalga modelinin açıkladığı yanıtını vermişlerdir. Bu açıklamalarla ön testte yer almakta olup son testte karşılaşılmamıştır.

Senemoğlu(2009) özümleme ve yeniden düzenleme süreci arasındaki ilişki dinamiğinin aktif tutulmasıyla öğrenme ve gelişmenin sağlanabileceğini belirtmektedir. Dengeleme sürecinin doğru şekilde ilerlemesi ve uygun etkinliklerin kullanılması ile öğrencilerin bilimsel olarak doğru kabul edilen kavramlara doğru değişimi sağlanmaktadır.

5.2 Öneriler

Bu kısımda araştırmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda öğretime, bu çalışmaya ve ileride yapılacak olan çalışmalara yönelik öneriler sunulmaktadır.

Alternatif kavramların büyük bir çoğunluğunun öğretim sonrasında da devam ettiği görülmektedir. Öğrencilerin öğretim öncesi sahip oldukları bazı alternatif kavramların öğretim sonrasında da görülmesi uygulanan öğretimin öğrencilerin bilimsel kavramlara doğru değişimini tamamıyla sağlayamadığı anlamına gelebilir. Bu bağlamda konu ile ilgili kavramsal anlamayı kolaylaştıran simülasyonlara veya deneylere yer verilebilir.

Göze çarpan en belli başlı alternatif kavram olan ışığın şiddeti ile ışığın enerjisinin birbiri yerine kullanılmasıdır. Problemin buradan başlaması fotoelektrik olayı etkileyen diğer değişkenlerin ilişkilendirilmesini de olumsuz etkilemiş olabilir.

Öğrencilerin klasik fizikten getirdikleri alternatif kavramların tespit edilebilmesi için fotoelektrik ve Compton konularına kavramsal olarak daha çok yer verilmesi ve ön bilgilerin kontrol edilmesine yeterli zamanın ayrılması önerilmektedir.

Yine araştırmanın bir başka sonucuna göre öğrenciler ışığın tanecik modeline doğru örnekler verse de modelin neden fotoelektrik olay ve Compton olayını açıkladıklarına yorum getirememektedirler. Işığın ikili doğası konusunda dalga ve parçacık modellerinin simülasyon veya deneyler gibi öğretim tekniklerinden doğru şekilde yararlanmalı ve öğrencinin modelin özelliklerini tanıması ve yorum yapmasına fırsat verilmelidir. Bu konu da MEB kitabında fotoelektrik konusunun başında Hertz deneyini sunarken "Hertz yaptığı deneyler sonucunda ürettiği dalgaların kırınım, kırılma, yansıma ve kutuplanma gibi ışık olaylarını gerçekleştirdiğini kanıtlar." ifadesinde bulunması tanecik modelinin açıkladığı bir deneyde dalga modelinin açıkladığı örnekler öğrencide yanılgıya sebebiyet verebilir. Bu bağlamda programda sunulan öğretim literatürde bulunan alternatif kavramları dikkate almamaktadır. Program literatürde yer alan alternatif kavramları dikate almalı ve örnek kavramsal değişim etkinliklerine yer vermelidir.

Öğretim programında yapılandırmacı kuram benimsenmekte olsa da bu kurama dayalı bir öğretimin uygulanmasında hala zorluklar çekilmektedir. Kavramsal değişimin bilimsel olarak doğru kabul edilen kavrama doğru gerçekleşebilmesi için dersin nasıl bir seyir izlediği oldukça önemlidir. Öğretim yapılandırmacı kurama uygun göre hazırlansa da öğretmenler yüklü müfredat programından dolayı geleneksel öğretimi tercih etttikleri söylenebilir. Bu da öğrecilerin sahip olduğu alternatif kavramların giderilmesinde etkili olmamaktadır. Bilimsel bilginin öğrencilerin zihinlerinde doğru bir şekilde yapılandırılması için öğretmenlerin özellikle kavramsal değişim etkinlikleri yapmaları oldukça önemlidir. Öğretmenlere yapılandırmacı kurama uygun öğretim tasarlayabilmeleri için hizmet içi eğitimler veya çalıştaylara katılımları önerilmektedir.

Araştırma sonuncunda öğrencilerin grafik çizme ve yorumlama becerilerinin düşük olduğu görülmektedir. Ders süresince konu ile ilgili simülasyonlara daha fazla yer verilmesi öğrencilerin grafik çizme ve yorumlama becerilerinin gelişmesine yarar sağlayabilir.

Bu çalışmanın örneklemini 485 öğrenci oluşturmaktadır. Bunun yerine örneklem daha az sayıda öğrenciyle oluşturularak çalışma sınıf içi gözlemler ve öğrencilerle birebir görüşmeler içererek uygulanabilir. Biz genel bir görüş elde etmek amacıyla bu çalışmayı yaptığımızdan dolayı araştırmayı bu şekilde planlamadık. Sonraki araştırmacılar için daha az sayıda öğrenci ile ve derinlemesine veri almayı içeren çalışmalar önerilebilinir.

Araştırmada öğretime müdahale edilmemiştir. Örneklem küçültülerek deney ve kontrol grubu oluşturulabilir. Deney grubuna araştırmacı tarafından farklı bir öğretim uygulanabilir. Bu şekilde yapılan öğretimin alternatif kavramaları nasıl etkilediği daha verimli sonuçlarla görülür.

Araştırmada literatürde olmayan bazı alternatif kavramlar tespit edilmiştir. Gelecekte yeni ortaya konulan alternatif kavramlar ve onların değişimi üzerine çalışmalar yapılabilinir.

Literatürde fotoelektrik ve compton olayları ile ilgili yapılan az sayıda çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar daha çok yükseköğretim düzeyinde olan öğrencilere odaklıdır. Kuantum fiziğinin temel kavramlarının yer aldığı fotoelektrik olay ve Compton saçılması konularıyla öğrenciler fizik dersinde, ilk defa 12. Sınıfta karşılaşmaktadırlar. Bu alanda ortaöğretimin daha erken zamanlarında modern fiziğin en temel kavramlarının tanıtılmaya başlanması öğrencilerin bakış açısı oluşturmasını ve konuya karşı yabancılık hissetmemesini sağlayabilir. Sahip olunan alternatif kavramların tespit edilmesiyle de ileriki dönemde yeni alternatif kavramların oluşması önlenebilir.

6. KAYNAKLAR

Akarsu, B. (2007). Students' Conceptual Understanding Of Quantum Physics In College Level Classroom Environments. Ph.D Thesis, *The Faculty Of Education Indiana University-Bloomington*, Indiana.

Anıl, Ö. (2010). Öğrenme Sarmalına Göre Tasarımlanan 5E Öğretim Modeli Uygulamaları İle Dokuzuncu Sınıf Öğrencilerinin Aynalar Konusundaki Kavramsal Değişimlerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ofma Anabilim Dalı Fizik Eğitimi Bilim Dalı*, Balıkesir.

Ausubel, D.P., Novak, J. D. and Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Balım, A. ve Aydın, G. (2013). Kavramsal Değişim Stratejilerine Dayalı Olarak Hazırlanan Fen ve Teknoloji Plan ve Etkinlikleri. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi,* 2 (1), 1-11.

Baysen, E. (2003). Fen Eğitiminde Yeni Gelişmeler ve (1960-1985 Dönemi) Türkiye'deki Uygulamaları. Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Fizik Eğitimi Bilim Dalı*, Ankara.

Baysen, E., Baysen, F. ve Güneyli, A. (2012). Kavram Öğrenme-Öğretme ve Kavram Yanılgıları. *International Journal Of New Trends In Arts, Sports & Science Education*, 1, 2.

Bodner, G. M. (1986). Constructivism: A Theory Of Knowledge. *Journal Of Chemical Education*, 63, 873-878.

Boeree, C. G. (2006). Jean Piaget. Retrieved October, 2, 2008, link: Http://Webspace.Ship.Edu/Cgboer/Piaget.Html

Budde, M., Niedderer, H., Scott, P. and Leach J. (2002). Electronium: A Quantum Atomic Teaching Model. *Physics Education*, 37 (3), 197-203.

Büyüköztürk, Ş., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., Demirel, F. ve Kılıç, E. (2013). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Pegem Akademi. Ankara.

Chi, M. T. H. (1992). Conceptual Change Within and Across Ontological Categories: Examples From Learning and Discovery in Science. *Cognitive Models of Science: Minnesota Studies in The Philosophy of Science*, 129-186.

Clement, J. (1982). 'Students' Preconceptions in İntroductory Mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66-71.

Çimen, Ü. (2010). İlköğretim 7. Sınıf Bilişim Teknolojileri Dersinde Problem Temelli Yaklaşıma Göre Oluşturulan Sosyal Yapılandırmacı Öğretim Ortamı Tasarımının Etkililiği. Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Eğitim Bilimleri Ana Bilim Dalı Eğitim Programları ve Öğretim Programı*, İstanbul.

Didiş, N., Özcan, Ö. ve Abak, M. (2008). Öğrencilerin Bakış Açısıyla Kuantum Fiziği: Nitel Çalışma, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 34, 86-94.

Driver, R. H. (1981). Pupils' Alternative Frameworks In Science. *European Journal of Science Education*, 3(1), 93-101.

Driver, R., Guesne, E. and Tibergihen A. (1998). *Childrens' Ideas in Science*. Milton Keynes: Open University Press.

Duman, M. Ş. ve Avcı E. (2014). Fen ve Teknoloji Eğitiminde Kavram Yanılgıları Üzerine 2003-2013 Yılları Arasında Yapılmış Çalışmaların Değerlendirilmesi, *Fen Eğitimi ve Araştırmaları Derneği Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 2 (2).

Ecevit T. ve Özdemir, Şimşek, P. (2017). Öğretmenlerin Fen Kavram Öğretimleri, Kavram Yanılgılarını Saptama ve Giderme Çalışmalarının Değerlendirilmesi. *Elementary Education Online*; 16(1): 129-150.

Findlay, M. J. (2010). From Teaching Physics To Teaching Children: The Role Of Craft Pedagogy. Ph.D Thesis, *University Of Strathclyde Department Of Educational*. Glasgow, Scotland.

Fletcher P. R. (1997). How Students Learn Quantum Mechanics. Ph.M.A Thesis, *School of the Physics at the University of Sydney*, Sydney.

Gezer, K., Köse, S. ve Sürücü, A. (1999). Fen Bilgisi Eğitim ve Öğretimin Durumu ve Bu Süreçte Laboratuarın Yeri. *III. Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu*, M.E.B. ÖYGM

Görecek, M. (2013). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kuantum Fiziği Temel Kavramlarını Anlama Düzeylerine 7e Öğretim Modelinin Etkisi. Doktora Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Eğitimi*, Balıkesir.

Gunstone, R. F. and White, R. (1994). *The Content of Science: A Constructivist Approach to İts Teaching and Learning.* London: The Falmer Press. 131-146.

Gülçiçek, Ç. ve Yağıbasan, R. (2003). Fen Eğitiminde Kavram Yanılgılarının Karakteristiklerinin Tanımlanması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13 (1), 102-120.

Güneş, B. (2017). *Fizikte Kavram Yanılgıları*. Palme Yayıncılık. 1.Baskı, Ankara.

Ireson, G. (1999). A Multivariate Analysis of Undergraduate Physics Students' Conceptions of Quantum Phenomena. *Department Of Education, Loughborough University*. Uk, Eur. J. Phys. 20, Pll: S0143-0807(99)00058-6, 193–199.

Karasar, N. (2012). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Nobel Yayın Evi. 24. Baskı, Ankara.

Keser, A. (2007). Afyonkarahisar İl Merkezindeki 9. Sınıf Öğrencilerinin Isı ve Sıcaklık Konusundaki Kavram Yanılgıları. Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı,* Afyon.

Kural, M. (2015). Sıcak Kavramsal Değişim İçin Öğretim: 11. Sınıf Modern Fizik Örneği. Doktora Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı Fizik Eğitimi,* Balıkesir.

Küçüközer, H. (2004). Yapılandırmacı Öğrenme Kuramına Dayalı Olarak Geliştirilen Öğretim Modelinin Lise 1. Sınıf Öğrencilerinin Basit Elektrik Devrelerine İlişkin Kavramsal Anlamalarına Etkisi. Doktora Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Eğitimi Anabilim Dalı*, Balıkesir.

Mashhadi, A. and Woolnough, B. (1999). *Insights into Students' Understanding of Quantum Physics: Visualizing Quantum Entities*. University of Oxford, UK.

Mckagan, S. B., Handley, W., Perkins, K. K. and Wieman, C. E. (2007). *A Research-Based Curriculum for Teaching the Photoelectric Effect*. http://Arxiv.Org/Abs/0706.2165v1.

MEB. (2018). *Fizik Dersi Öğretim Programı*, S.4, Ankara.

Murphy, E. (1997). *Constructivism: From Philosophy to Practice,* link: https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED444966.pdf

Mutimucuio, I. V., (1998). Improving Students' Understanding of Energy Druk. Ph. D. Thesis, *VU Huisdrukkerij, Amsterdam, Lay out: Rene Almekinders*.

Nesher, P. (1987). *Towards an Instructional Theory: The Role of Students' Misconceptions For the Learning of Mathematics*, 7 (3) , 33-40.

Olsen, R. V. (2002). Introducing Quantum Mechanics in the Upper Secondary School: A Study in Norway. *Department of Teacher Education and School Development, University of Oslo, Research Report, Int. J. Sci. Educ*., 24 (6), 565–574.

Osborne, R. and Freyberg, P. (1985). *Learning in Science: The Implications Of Children's Science*. Portsmouth, Nh: Heinemann.

Osborne, R. J. and Wittrock, M. C. (1983). Learning Science: A Generative. *Process Science Education*, 67 (4), 498-508.

Özkan, G. ve Sezgin, Selçuk, G. (2015). Kavramsal Değişim Metinleri ve Yaşam Temelli Öğrenmenin Öğrencilerin Fizik Öğrenme Yaklaşımları Üzerindeki Etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12 (30), sf. 1-12.

Resnick, L. (1983). Mathematics And Science Learning: *A New Conception Science*. 220, 477-478.

Robblee, K. M., Garik, P. and Abegg, G. (1999). *Using Computer Visualization Software To Teach Quantum Science: The Impact On Pedagogical Content Knowledge*. Research on Teaching And Learning Quantum Mechanics. sf.11-14. Link: Https://Www.Academia.Edu/6416547/Research_On_Teachıng_And_Learnıng_Quantum_Mechanıcs_Table_Of_Contents,

Sadaghiani, H. R. (2005). Conceptual And Mathematical Barriers To Students Learning Quantum Mechanics. Ph.D Thesis, *The Ohio State University*,

Sarwar, G. S. (2008). Structural Assessment of Knowledge For Misconceptions. Ph.M. A., *University Of Ottawa The Faculty Of Education*. Ottawa.

Saydam, G. (2009). Sınıf Öğretmenlerinin Yapılandırmacı Öğretim Uygulamalarına İlişkin Görüş Ve Tutumları. Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Eğitim Programı Ve Öğretim Ana Bilim Dalı*, Epö-Yl–2009-0004, Aydın.

Senemoğlu, N. (2009). *Gelişim Öğrenme ve Öğretim*. Pegem Akademi Yayıncılık. Ankara, ISBN 978-605-5885-96-0.

Seyedmonir, M. (2000). The Development And Validation Of Science Learning Inventory (Slı): A Conceptual Change Framework. Ph.D Thesis, *Education At West Virginia University Education In Educational Psychology*, West Virginia.

Slauson, L. V. (2008). Students' Conceptual Understanding of Variability. Ph.D Thesis, *The Ohio State University*, Ohio.

Sokolowski, A. (2013). Teaching The Photoelectric Effect Inductively. *Department Of Teaching, Learning and Culture, Texas A&M University*, USA. Link: http://Www.Iop.Org/Journals/Physed

Soylu, H. ve İbiş, M. (1999). Bilgisayar destekli fen bilgisi eğitimi. III. Fen *Bilimleri Eğitimi Sempozyumu*, M.E.B. ÖYGM.

Steinberg, R. N., Oberem, G. E. and Mcdermott L. C. (1996). Development of A Computer-Based Tutorial On The Photoelectric Effect. *Department of Physics, University of Washington, Seattle, Washington* 98195-1560. Link: Https://Www.Researchgate.Net/Publication/253626203_Development_Of_A_Computer-Based_Tutorial_On_The_Photoelectric_Effect.

Taşlıdere, E. (2015). A Study Investigating The Effect Of Treatment Developed By Integrating The 5e And Simulation On Pre-Service Science Teachers' Achievement In Photoelectric Effect. *Eurasia Journal Of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(4), 777-792.

Ülgen, G. (2001). *Kavram Geliştirme, Kavram Öğrenme*. Pegem A Yayınevi, Ankara.

Wuttiprom, S., Sharma, M. D., Johnston, B. R., Chitaree, R. and Soankwan, C. (2006). *Preliminary Results From A New Quantum Mechanics Conceptual Survey*. Australian Institute Of Physics 17th National Congress Riverphys, Paper No. Wc0228.

Yıldırım, A. (1999). Nitel Araştırma Yöntemlerinin Temel Özellikleri ve Eğitim Araştırmalarındaki Yeri ve Önemi. *Eğitim ve Bilim Dergisi*. 112. sayı.

Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2013). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara, 9. Baskı.

Yıldırım, C. (2008). *Bilim Tarihi*. Remzi Kitabevi, 11. Cilt. İstanbul.

Yıldız, A. ve Büyükkasap, E. (2011). Öğretmen Adaylarının Fotoelektrik Olayını Anlama Düzeyleri Ve Öğrenme Amaçlı Yazmanın Başarıya Etkisi, *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 11(4).

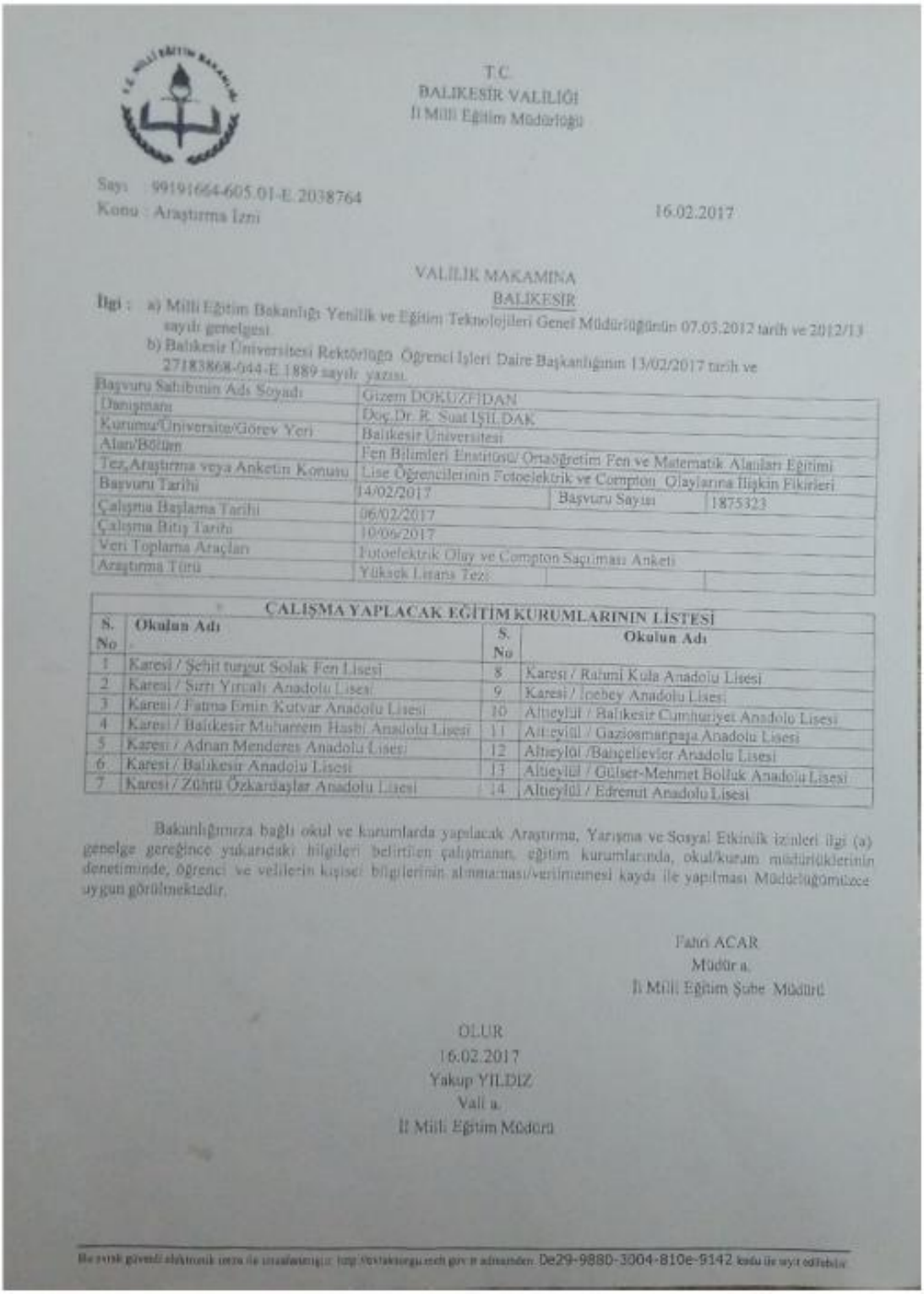
Yurdakul, B. ve Demirel, Ö. (2005). *Eğitimde Yeni Yönelimler, Yapılandırmacılık*. Pegem A Yayınevi, Ankara.

Yuruk, N. (2005). An Analysis Of The Nature Of Students' Metaconceptual Processes And The Effectiveness Of Metaconceptual Teaching Practices On Students' Conceptual Understanding Of Force And Motion, Ph.D. Thesis, *The Ohio State University*.

EKLER

7. EKLER

7.1 EK A: Milli Eğitim Müdürlüğü'nden Alınan İzin



T.C.
BALIKESİR VALİLİĞİ
İl Milli Eğitim Müdürlüğü

Sayı : 99191664-605.01-E.2038764
Konu : Araştırma İzni

16.02.2017

VALİLİK MAKAMINA
BALIKESİR

İlgi : a) Milli Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğünün 07.03.2012 tarih ve 2012/13 sayılı genelgesi.
b) Balıkesir Üniversitesi Rektörlüğü Öğrenci İşleri Daire Başkanlığının 13/02/2017 tarih ve 27183868-044-E.1889 sayılı yazısı.

Başvuru Sahibinin Adı Soyadı	Gizem DOKUZFİDAN		
Danışmanı	Doç.Dr. R. Suat IŞILDAK		
Kurumu/Üniversite/Görev Yeri	Balıkesir Üniversitesi		
Alanı/Bölüm	Fen Bilimleri Enstitüsü/ Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi		
Tez,Araştırma veya Anketin Konusu	Lise Öğrencilerinin Fotoelektrik ve Compton Olaylarına İlişkin Fikirleri		
Başvuru Tarihi	14/02/2017	Başvuru Sayısı	1875323
Çalışma Başlama Tarihi	06/02/2017		
Çalışma Bitiş Tarihi	10/06/2017		
Veri Toplama Araçları	Fotoelektrik Olay ve Compton Saçılması Anketi		
Araştırma Türü	Yüksek Lisans Tezi		

ÇALIŞMA YAPILACAK EĞİTİM KURUMLARININ LİSTESİ

S. No	Okulun Adı	S. No	Okulun Adı
1	Karesi / Şehit turgut Solak Fen Lisesi	8	Karesi / Rahmi Kula Anadolu Lisesi
2	Karesi / Sırrı Yırcalı Anadolu Lisesi	9	Karesi / İnebey Anadolu Lisesi
3	Karesi / Fatma Emin Kutvar Anadolu Lisesi	10	Altıeylül / Balıkesir Cumhuriyet Anadolu Lisesi
4	Karesi / Balıkesir Muhammem Hasbi Anadolu Lisesi	11	Altıeylül / Gazіosmanpaşa Anadolu Lisesi
5	Karesi / Adnan Menderes Anadolu Lisesi	12	Altıeylül /Bahçelievler Anadolu Lisesi
6	Karesi / Balıkesir Anadolu Lisesi	13	Altıeylül / Gülser-Mehmet Bolluk Anadolu Lisesi
7	Karesi / Zühtü Özkardaşlar Anadolu Lisesi	14	Altıeylül / Edremit Anadolu Lisesi

Bakanlığımıza bağlı okul ve kurumlarda yapılacak Araştırma, Yarışma ve Sosyal Etkinlik izinleri ilgi (a) genelge gereğince yukarıdaki bilgileri belirtilen çalışmanın, eğitim kurumlarında, okul/kurum müdürlüklerinin denetiminde, öğrenci ve velilerin kişisel bilgilerinin alınmaması/verilmemesi kayda ile yapılması Müdürlüğümüzce uygun görülmektedir.

Fahri ACAR
Müdür a.
İl Milli Eğitim Şube Müdürü

OLUR
16.02.2017
Yakup YILDIZ
Vali a.
İl Milli Eğitim Müdürü

Bu evrak güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır. http://evraksorgu.meb.gov.tr adresinden De29-9880-3004-810e-9142 kodu ile sayısı edilebilir.

7.2 EK B: Uygulanan Anket

FOTOELEKTRİK OLAY VE COMPTON SAÇILMASI ANKETİ

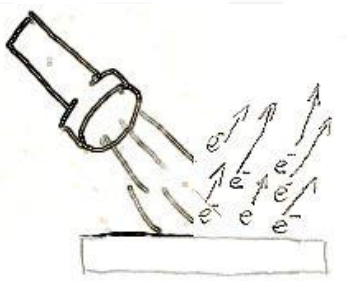
Bu ölçme aracı bir test olmayıp sizin Kuantum fiziğinin ortaya çıkmasına neden olan iki olaya ilişkin görüşlerinizi öğrenmek amacı ile hazırlanmıştır. Bu konuda sizin düşünceleriniz çok önemli olup yanıtlarınızın doğru ya da yanlış olması önemli değildir. **Lütfen cevaplanmayan soru bırakmayanız.**

Ön Bilgi:

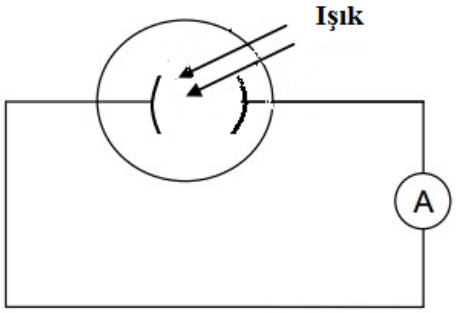
Bir metal yüzey üzerine görünür veya

mor ötesi ışık düşürüldüğünde

Yandaki gibi metalden elektron koparılabilir.



Bu metal yüzey aşağıdaki Şekil 1'deki gibi bir devreye bağlandığında devreden bir akım geçtiği gözlemlenmektedir. Eğer, metal yüzey üzerine düşen ışık elektron koparamasaydı devreden akım geçmeyecekti



Şekil 1.

Şekil-1'de bir elektrik devresinde metal yüzeye gönderilen ışın (görünür veya mor ötesi ışın) demeti bulunmaktadır. Görünür ışık ve/veya UV ışığı ile aydınlatılan parlatılmış metal yüzeyleri elektron yayarlar.

Soru 1. Şekil 1'de verilen deney düzeneğinde, E enerjisine sahip ışık metal yüzeye gönderildiğinde herhangi bir elektron yayılımı gerçekleşmediği için devreden akım geçmiyor. Işığın enerjisi 2E olunca ise devreden akım geçiyor. Bunun nedeni ne olabilir? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız.

Cevabınız:

……

……

Gerekçeniz:

……

……

Soru 2. Şekil 1'de verilen deney düzeneğinde metal yüzeye gönderilen ışık metalden elektron koparark devreden akım geçmesini sağlamaktadır. Akımın değerini iki katına çıkarmak için ne yapmalıyız? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız.

Cevabınız:

……

……

Gerekçeniz:

……

……

Soru 3. Şekil 1'de verilen deney düzeneğinde metal yüzeye gönderilen ışık metalden elektron koparabilmektedir. Kopan elektronların Kinetik enerjisinin daha fazla olmasını isteyen bir öğrenci ne yaparsa bu durumu gerçekleştirir? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız.

Cevabınız:

……

……

Gerekçeniz:

……

……

Soru 4. Şekil 1'de verilen deney düzeneğinde kalsiyum olan metal yüzeye ışık düşürüldüğünde elektron koparılıp devreden akım geçiyor iken, kalsiyum yerine

bakır kullanıldığında ise ışığımız bakır yüzeyden elektron koparamıyor ve devreden akım geçmiyor. Bu durumu nasıl açıklarsınız? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız.

Cevabınız:

……

……

Gerekçeniz:

……

……

Soru 5: Şekil 1'de verilen deney düzeneğinde, ışığın şiddeti iki katına çıkarıldığında Akım ve Elektronların Kinetik enerjisi bu durumdan nasıl etkilenir? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız

Akım

Artar ☐ Azalır ☐ Değişmez ☐

Gerekçeniz:

……

……

Elektronların Kinetik enerjisi

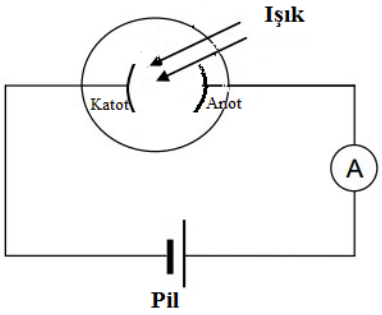
Artar ☐ Azalır ☐ Değişmez ☐

Gerekçeniz:

……

……

Soru 6. Yukarıdaki Şekil 1'deki devreye aşağıdaki gibi bir pil bağlanıyor. Bu sayede devreden geçen akımın arttığı gözleniyor. Bir öğrenci devreden geçen akımı durdurmak istiyor. Yani akımın sıfır olmasını istiyor. Bunun için ne yapmalıdır? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız.



Şekil 2

Cevabınız:

……

……

Gerekçeniz:

……

……

Soru 7. a) Şekil 2'de metal yüzeyin Sodyum olduğunu varsayalım. Koparılan elektronların kinetik enerji ile ışığın frekans arasında sizce bir ilişki vardır? Varsa bunu bir grafikle çizerek gösteriniz.

Cevabınız:

……

……

Çiziminiz:

b) Metal yüzey Alüminyum olsaydı, çizeceğiniz grafik farklı olur muydu? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız.

Cevabınız:

……

……

Çiziminiz:

Ön Bilgi: Metal yüzeyden elektron koparılması olayında yüzeye çarpan ışık ışınlarının (foton) enerjisinin tamamı elektron tarafından soğrulur. Bu yüzden bu olay sonucunda ışığın yok olduğu tespit edilmiştir.

Soru 8. Şekil 1'deki metal yüzeye görünür ve mor ötesi ışın yerine çok çok yüksek enerjili bir ışın (örneğin X-ışınları) gönderilirse bu durumunda neler olabileceğini kısaca açıklayınız.

Açıklamanız:

……

……

Soru 9. Bir öğrenci; metal yüzeye çok çok yüksek enerjili bir ışın gönderilirse, bu durumda elektronların neredeyse durgun olduğunu bu yüzden de bu olayın bir ışık-elektron etkileşmesi olacağını belirtiyor. Bu fikre katılır mısınız? Neden?

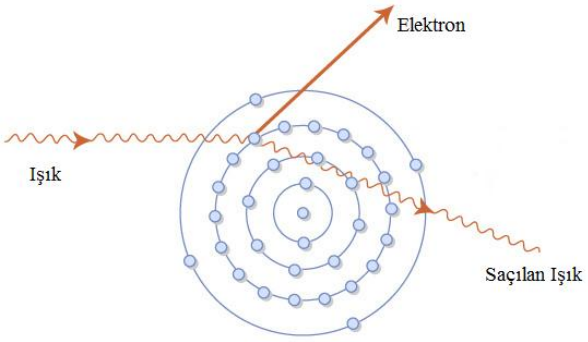
Evet ☐ Hayır ☐ Kararsızım ☐

Gerekçeniz:

……

……

Soru 10. Bu öğrenci ışık-elektron etkileşmesini aşağıdaki gibi çiziyor ve "gelen elektrona çarparak enerjisinin bir kısmını ona aktarır, kendisi de kalan enerjisiyle yoluna şekildeki gibi devam eder" şeklinde bir açıklama yapıyor.



Sizce bu çizim doğru mudur? Nedenini Açıklayınız.

Evet ☐ Hayır ☐ Kararsızım ☐

Gerekçeniz:

……

……

Sizce açıklaması doğru mudur? Nedenini Açıklayınız.

Evet ☐ Hayır ☐ Kararsızım ☐

Gerekçeniz:

……

……

Soru 11. Aşağıdaki tabloda klasik fizikte; metalden elektron koparılması ve X-ışınlarının serbest bir elektron ile çarpıştırılması deneylerinin nasıl açıklandığı belirtilmektedir. Sizce Modern fiziğin bu görüşlere yaklaşımı nasıldır, açıklayınız? Açıklamanızı tablodaki boşluklara yapınız.

	Klasik Fizik	**Modern Fizik**
Metalden Elektron Koparılması	• Işığın şiddeti artınca, metal yüzeyden sökülen fotoelektronlar daha büyük kinetik enerjiye sahip olacaktır. • Metal yüzeye gönderilen elektromanyetik dalgaların elektron koparmaları için bir frekans yani enerji limiti olmadığı ve her frekans değerinde yüzeyden elektron kopabileceği ifade edilmektedir.	Açıklamanız:
X-Işınlarının serbest elektron ile çarpıştırılması	• Metal yüzeye gelen elektromanyetik dalganın elektrik alanının etkisiyle elektronlar titreşmeye başlar ve titreşen elektronlar (ivmeli hareket nedeniyle) değişik yönlerde yeni elektromanyetik dalga yayınlar. • Saçılan elektromanyetik dalganın dalga boyu ise gelen ışının dalga boyuna eşit olduğu ifade edilmektedir.	Açıklamanız:

Soru 12. Bir bilim dergisini okuyan Ahmet, Işık ışınlarının ikili doğası olduğunu okuyor. Işık hem dalga hem de tanecik gibi davranabiliyormuş. Ahmet bu duruma bir anlam veremiyor. Saçma olarak niteliyor bu durumu. Siz de Ahmet ile aynı görüşte misiniz? Cevabınızın gerekçesini açıklayınız

Evet ☐ Hayır ☐ Kararsızım ☐

Gerekçeniz:

……

……